


**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1		
Nombre (s):	CAMILO ANDREY	
Apellido (s):	SUESCA MARROQUIN	
Código:	20112375042	
E-mail:	caansuma@hotmail.com	
Teléfono fijo:	(57 +1) 7496388	
Celular:	(57) 3134982455	
Ejecutor 2		
Nombre (s):	GERMAN FELIPE	
Apellido (s):	SUAREZ PACHECO	
Código:	20112375088	
E-mail:	fhilipi2580@hotmail.com	
Teléfono fijo:	(57 +1) 6878072	
Celular:	(57) 3165777831	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	CONVERSION DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS DE GASOLINA E10 A GAS NATURAL DOMICILIARIO PARA SU POSTERIOR USO CON BIOGAS.	
Duración (estimada):	9 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Investigación	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Conversión de energías y mecánica de fluidos.	
Grupo de Investigación:	GIEAUD (Grupo de investigación de energías alternativas de la Universidad Distrital) – SEA (Semillero de energías alternativas)	
Proyecto de Investigación:	Conversión de un motor de dos tiempos a gas natural para su posterior uso con biogás en una planta de generación eléctrica.	
Áreas del conocimiento que involucra:	Biocombustibles	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	Ing. Germán López M
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	Héctor Pinilla

Contenido

1. Problema de investigación	1
2. Estado del arte	3
2.1 Diseño y construcción de un sistema de conversión de un sistema de conversión a gas propano (GLP) para motor de cuatro tiempos.....	3
2.2 Elaboración de un banco didáctico mediante la adecuación de un motor de dos tiempos de combustión interna.....	3
2.3 Diseño y fabricación de un prototipo de biodigestor utilizando los desechos de la cafetería de la facultad tecnológica.	4
2.4 Planta de biogás de Bogotá para la captación de los gases de efecto invernadero que se generan por la descomposición de 6.500 toneladas diarias de basuras que produce la capital del país.....	4
2.4.1 Antecedentes.....	5
2.4.2 Datos del proyecto.....	5
2.4.3 Logros	6
2.5 Oportunidades para Colombia con proyectos de mecanismos de desarrollo limpio..	7
2.5.1 El mercado de carbono	7
2.5.2 ¿Para qué un proyecto MDL?	8
2.5.3 Opciones MDL para Colombia	9
2.6 Uso del gas de gasificación termoquímica de biomasa (gg) en motores de combustion interna alternativos en la universidad de los andes (bogotá, colombia) convenio ciemat.	9
2.7 Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario a través de la firco y la universidad autónoma de la ciudad de México. ..	10
2.8 Generación de energía eléctrica a partir de biogás en la universidad earth.....	11
2.9 Rendimiento y reducción de emisiones de motor a gasolina usando gnc.	11
2.10 La planta de biogás más grande del mundo	12
2.11 Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos en la Universidad Carlos III De Madrid.....	13
2.12 Diseño De Un Biorreactor Y Conducción Del Biogás Generado Por Las Excretas De Ganado Vacuno, Estación Tunshi-Espoch.....	13
3. Justificación	14
4. Objetivos.....	15
4.1 Objetivo general	15
4.2 Objetivos específicos.....	16
5. Marco teórico.....	16

5.1 El gas natural	16
5.2 La combustión del gas natural	17
5.3 Temperatura de ignición - límites de inflamabilidad	17
5.4 Bi-combustible.....	18
5.6 Factores de emisión	18
5.7 kit de conversión	19
5.7.1 Funcionamiento del sistema	20
5.8 Motor alternativo de dos tiempos.....	23
5.8.1 Funcionamiento	23
5.9 Biogás	24
5.9.1 Proceso de producción del biogás	25
6. Metodología.....	26
6.1 Fase descriptiva	26
6.2 Fase experimental.....	26
6.2.1 Lubricación.....	26
6.2.2 Conversión motor a gas natural domiciliario	26
6.2.3 Pruebas de funcionamiento y análisis productos de combustión	27
6.2.4 Estimar la potencia eléctrica máxima a generar.....	27
6.2.5 Calcular la cantidad de biogás necesaria.....	27
6.3 Fase construcción	27
6.3.1 Fabricar un banco de soporte para el motor.	27
6.3.2 Montaje de los componentes en el banco de soporte.	27
7. Cronograma.....	28
8. Presupuesto	30
9. Bibliografía.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Conversión para vehículos carburados</i>	19
<i>Figura 2. Motor de dos tiempos</i>	23
<i>Figura 3 Diagrama teórico de un ciclo de dos tiempos</i>	24
<i>Figura 4. Proceso de producción del biogás</i>	25

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Factores de emisión de carbono y CO2 por combustible (kg/GJ)</i>	18
<i>Tabla 2 Presupuesto General Proyecto</i>	30

1. Problema de investigación

En el mundo 31000 millones toneladas de dióxido de carbono se produjeron en el 2011, estadística que tiende a crecer teniendo una estimación de 35000 millones de toneladas para el año 2020¹, cifras que preocupan y nos hacen reflexionar sobre el uso de energías renovables para el aprovechamiento de biocombustibles con el fin de disminuir estos índices. En el año 2009 estas energías representaron el 13% del balance del uso de la energía primaria en el mundo siendo un 77 % de este porcentaje perteneciente a bioenergía; la cual se distribuye en desechos municipales, residuos agrícolas y biomasa de madera dándonos a entender que es la energía con la estimación más importante y en crecimiento para disminuir las emisiones de dióxido de carbono.

En Colombia, la perspectiva de producción energética a partir de biomasa es prometedora, como consecuencia de la elevada actividad agroindustrial que genera gran cantidad de residuos agrícolas provenientes de cultivos de banano, arroz, caña, café y desperdicios animales, entre otros.² Según datos de UPME (Unidad de planeación minero energética) la producción estimada de Colombia en cuestión de biomasa es de 16GW los cuales están distribuidos entre residuos agrícolas bioetanol, residuos de zonas forestales y naturales, biodiesel y residuos de bosques plantados, aunque este potencial sólo representa el mucho menos que el 0.1% de la producción eléctrica actual del país, observando la fuente tan valiosa que posee, hacen de Colombia una prometedora opción de energía renovable y el biogás es un biocombustible que puede aportar en gran parte para que ello se haga realidad, por ende, es necesario trabajar en no hacer una mala disposición final de los residuos generados para así aprovecharlos en el proceso de producción así como crecer en infraestructura en instalaciones de bioenergía altamente eficientes y con pocas emisiones.

En Bogotá, según datos de la secretaria de ambiente se emiten al año 10.873.331 toneladas de dióxido de carbono (CO₂)³, con la planta de biogás instalada en el relleno Doña Juana se aprovechan 6500 toneladas diarias de basuras con el fin de reducir 800 toneladas de emisiones contaminantes (CO₂); esta es la mayor cantidad de reducción obtenida a partir de las plantas de generación eléctrica de este biocombustible en el momento. Podemos ver que es una cantidad mínima de reducción así que se necesita aumentar el campo de acción de la generación eléctrica a partir de dicho combustible.

¹ Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (pdfnce) [Publicado el 30 de Diciembre de 2010] http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_2_Diagnostico_FNCE.pdf

² Biomasa como fuente de energía renovable. [Publicado el 10 de abril de 2011]. <http://www.asociacionenergiasrenovables.org/energias-renovables/biomasa>

³ Bogotá emite 10 millones de toneladas de dióxido de carbono al año [Publicado el 3 de Noviembre de 2010] <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/articulo-232957-bogota-emite-10-millones-de-toneladas-de-dioxido-de-carbono-al-ano>

Según las estadísticas anteriores y con respecto a los cambios climáticos que se están observando, en el momento es importante disminuir el efecto invernadero causado por los gases contaminantes resultado de muchos procesos industriales y en mayor parte del parque automotor que circula por las calles a diario. Por esta razón es importante desarrollar nuevos tipos de combustibles para disminuir dicho impacto ambiental, el tema de este tipo de energías renovables ha sido desarrollado en la universidad distrital por el Grupo de investigación GIEAUD y el semillero de energías alternativas SEA, se ha trabajado en la parte de refrigeración pasiva, energía eólica y energía solar pero en la parte de biomasa hasta el momento sólo se encuentran proyectos en curso, en la parte de biogás sólo se ha desarrollado un prototipo de biodigestor para producir biogás el cual en estos momentos no se encuentra en uso.

Según lo anterior, surge el interrogante de si los motores de dos tiempos convertidos a gas natural domiciliario para un uso posterior con biogás contribuyen a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono causante de la contaminación en Bogotá. De ser afirmativo este planteamiento, resultaría importante empezar a desarrollar los componentes de una planta de generación eléctrica para la investigación, en especial el motor de combustión interna para que los integrantes del grupo GIEAUD y del semillero SEA puedan empezar a investigar y producir este tipo de biocombustible para así, generar conciencia de su importancia para que el resto de la comunidad estudiantil se interese en el desarrollo de plantas para la generación eléctrica a base de este tipo de biocombustible, Por tal razón, es necesario empezar con las modificaciones al motor y más específicamente el de dos tiempos con el fin de que los estudiantes inscritos al semillero SEA y el grupo de investigación GIEAUD puedan evaluar los productos de la combustión y comparar entre combustibles fósiles como la gasolina E10, el gas natural domiciliario y posteriormente evaluar el biogás, finalmente, utilizar el motor con este biocombustible para generar electricidad siendo esta una opción importante, en primera instancia, para la facultad tecnológica ya que se podría aprovechar dicha electricidad para la iluminación de los salones con el desarrollo de futuros proyectos, para las empresas en la cercanía de la facultad con ofertas de estudiantes hacia ellas mostrando las ventajas en costos ya que ellas mismas tendrían un auto-sostenimiento eléctrico y para el sostenimiento futuro de comunidades rurales apartadas de Bogotá para que aprovechen el procesamiento de los residuos orgánicos que sus fincas generan; todo lo anterior con un fin principal, la reducción al máximo de dichos índices de contaminación por dióxido de carbono.

2. Estado del arte

Se ha encaminado el estado de arte al desarrollo de trabajos que hayan trabajado la misma temática con respecto a las conversiones de motores a gas natural y al desarrollo de componentes que tengan relación a los que se van a estudiar para los cálculos preliminares de la planta de generación eléctrica a base de biogás.

2.1 Diseño y construcción de un sistema de conversión de un sistema de conversión a gas propano (GLP) para motor de cuatro tiempos.

En este trabajo se puede observar el kit de conversión para gas natural vehicular como una guía para la instalación y los componentes a utilizar en la conversión a gas natural domiciliario, con los recursos del estudiante egresado de ingeniería mecánica Edwar Ramírez se entregó a la universidad en el primer semestre de 2012, un proyecto en el que se diseñó y se construyó un sistema de conversión a gas propano y gasolina en un motor de combustión interna instalado en un banco de pruebas didáctico, con el fin de realizar pruebas comparativas de medición de gases, de consumo de combustible y de potencia generada, para lograr conciencia de el uso de combustibles alternativos , más limpios. Se logró demostrar la reducción de emisión de gases nocivos hasta en un 70 % y un ahorro de consumo de combustible del 50 % utilizando gas GLP. Aunque en el país no esté autorizado el uso de combustible gas GLP para vehículos automotores, lo contrario si sucede en otros países, en donde se utilizan como combustibles aparte del gas natural, también el gas GLP, y esperamos que con este proyecto se habrán caminos hacia el uso de esta otra alternativa de cero emisión de contaminantes, la cual es el gas GLP.

2.2 Elaboración de un banco didáctico mediante la adecuación de un motor de dos tiempos de combustión interna.

En este proyecto los estudiantes egresados de ingeniería mecánica Yenny JazmínPérez Arguello y Wilder Vargas Rodríguez en el año 2005 identificaron el proceso para la adecuación del motor de dos tiempos a una unidad didáctica se puede entender la orientación técnica que se tuvo consultando libros especializados en motores de dos tiempos de combustión interna de los cuales se extrajeron parámetros físicos, además de tener en cuenta conocimientos de áreas como termodinámica, mecánica de fluidos, estática y dinámica.

Se realizó la inspección del motor a utilizar, marca Suzuki modelo FR80 con una cilindrada de 80 cc con el fin de evaluar su estado mecánico, de igual manera el sistema eléctrico para percibir un diagnostico de su estado real, finalmente se realizó el cálculo y se analizó el modelo más adecuado para la adaptación del motor de dos tiempos y sus componentes en una estructura metálica, conformado por tubo de 1" de diámetro sobre la cual reposa una lámina de calibre 18, a los extremos se acopló un par de mogollas de caucho con el fin de absorber las vibraciones al hacer funcionar el motor, éste descansa en una estructura metálica de tubo cuadrado cuyo ancho es de 19,05 mm el cual se apoya a su vez en la lámina.

El motor activa una bomba hidráulica de engranajes externos marca Casappa por medio de un cadena de transmisión secundaria, la función de la bomba hidráulica es dar a conocer la potencia y el torque del motor de una manera indirecta, para ellos se requiere conocer una serie de datos que son proporcionados en un panel de control el cual permite observar las variables presentes en el instante de la maniobra del motor de combustión interna.

Adicionalmente el banco de pruebas posee una caja de aire, cuya función es estabilizar el flujo másico; mediante el empleo de un tubo pitot, se mide el consumo de aire, como complemento a esta prueba, se realiza una de consumo de combustible con el empleo de una bureta graduada con el fin de determinar el consumo estequiométrico del motor.

2.3 Diseño y fabricación de un prototipo de biodigestor utilizando los desechos de la cafetería de la facultad tecnológica.

Con respecto a este proyecto se ha encontrado un estudio interesante que sirve de guía para comprender el funcionamiento del biodigestor con el fin del cálculo preliminar del flujo de biogás requerido para el motor de dos tiempos que se va utilizar en el proyecto. Considerando la producción de desechos orgánicos que existe en la cafetería de la facultad, se tomó la idea de aprovecharlos utilizándolos en un biodigestor, para este propósito se realizaron estudios pertinentes a la humedad, peso específico, sólidos volátiles, porcentaje de peso de cada residuo (cáscaras, tallos, hortalizas, etc.), PH y cantidad diaria generada.

Se diseñó y construyó un prototipo de biodigestor de acuerdo con las necesidades particulares del proyecto como: espacio, costo, ubicación, operación; al cual se le alimentaría con los desechos antes mencionados.

Se determinó como sería el proceso de carga, la frecuencia con que se haría y cuáles de los residuos servirían por sus características (PH y cantidad producida), como resultado del proceso, se obtuvieron cantidades muy pequeñas de metano dejando planteado el punto al cual otro grupo de trabajo podría iniciar.

2.4 Planta de biogás de Bogotá para la captación de los gases de efecto invernadero que se generan por la descomposición de 6.500 toneladas diarias de basuras que produce la capital del país

El proyecto más grande en el país con respecto a plantas de generación eléctrica a partir de biogás, se encuentra en el sur de Bogotá en el relleno sanitario Doña Juana, está una de las plantas más grandes del mundo de generación de energía limpia, la cual evita que, cada año, 800 toneladas de emisiones contaminantes (CO₂) del relleno sanitario vayan a parar al medio ambiente y contribuyan al calentamiento global.

Después de una planta de este tipo localizada en Río de Janeiro (Brasil) y dos en China y Singapur, la planta de biogás de Bogotá es el más importante proyecto ambiental, puesto que, capta los gases efecto invernadero que se generan por la descomposición de 6.500 toneladas diarias de basuras que produce la capital del país.

La planta cuenta con un sistema de cuatro kilómetros de tubería, instalados en el relleno sanitario, que captan los gases producidos por los desechos y los separan de los lixiviados (líquidos contaminantes de las basuras). Mientras los gases que produce la basura se conducen a través de las tuberías a la planta -que cuenta con tres chimeneas procesadoras de gases-, los lixiviados se conducen a una piscina, que los trata antes de ser vertidos a las aguas del río Bogotá.

Las basuras que producen los bogotanos generan cada día unos 12.000 metros cúbicos de gases contaminantes. La mitad es gas metano, que se usa en parte para la generación de 350 kilovatios de energía. Para aprovechar esta energía, se trabaja en un proyecto con la industria ladrillera de la zona de influencia del relleno.⁴

Para ser autosostenible, el proyecto se apoya en la venta de certificados de captación de carbono o bonos verdes, que se negocian en mercados europeos especializados. En el 2011, un bono, equivalente a la captación de una tonelada de CO₂, podría valer 12 euros.

Gracias a este sistema de tratamiento de basuras, no sólo se generan ingresos, pues el 24 por ciento de los bonos se destinan al Distrito, sino que el costo de disponer de una tonelada de basura en la ciudad es de los más bajos del mundo (5 dólares), mientras que, en promedio, en los países de Europa asciende a 70 dólares.

2.4.1 Antecedentes

El proyecto de extracción, tratamiento y aprovechamiento del biogás del relleno sanitario Doña Juana, nace como una necesidad de:

- Reducir las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero – GEI que genera el Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ con el fin de contribuir al derecho al ambiente sano.
- Mitigar los impactos ambientales atribuibles a la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera como medida preventiva del calentamiento global.
- La posibilidad de acceder al Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL previsto en el Protocolo de Kyoto, con el fin de participar en el mercado de Certificados de Reducción de Emisiones (CRE).
- La generación de recursos de inversión destinados al desarrollo social de las poblaciones cercanas al RSDJ.

2.4.2 Datos del proyecto

⁴Conozca el proceso de la energía limpia que sale de la basura urbana. [Publicado el 12 de julio de 2012]
http://www.eltiempo.com/colombia/bogota/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-12033214.html

Bogotá tiene uno de los mayores rellenos sanitarios en Latinoamérica, con el cuarto proyecto MDL más grande del mundo en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, provenientes de un relleno sanitario y el número uno en Colombia.

Anualmente se reducen un poco más de 700.000 toneladas de CO2 eq, lo que es equivalente a:

- Las emisiones de CO2 generadas durante un año por 157.000 vehículos compactos en buen estado con un promedio diario de recorrido de 30 km.
- La captación de CO2 de 116'000.000 de árboles maduros durante un año.
- La captación de CO2 de un bosque de 128.000 hectáreas.
- Durante la ejecución del proyecto se tiene proyectado reducir 14.7 millones de toneladas de CO2 eq.
- En la actualidad de generan 600 Kw/h de energía eléctrica, que se utiliza para el autoconsumo de la planta de extracción, tratamiento y aprovechamiento.

El 24% de los recursos obtenidos por los Certificados de Reducción de Emisiones, son entregados al Distrito Capital, para ser invertidos en programas sociales que buscan:

- Mitigación, minimización y compensación de los impactos generados por la operación del RSDJ.
- Disminución de la vulnerabilidad de los hogares y garantía de la vida, la subsistencia y la dignidad.
- Recuperación, protección y conservación de los ecosistemas.
- Fortalecimiento económico de las comunidades.
- Aumento de la competitividad de la zona de influencia del RSDJ.

2.4.3 Logros

Biogás Doña Juana S.A. E.S.P. ha obtenido las siguientes certificaciones de calidad: ISO 9001:2008 - extracción, destrucción térmica, tratamiento y aprovechamiento del biogás; ISO 14001:2004 - extracción, destrucción térmica, tratamiento y aprovechamiento del biogás.

2.5 Oportunidades para Colombia con proyectos de mecanismos de desarrollo limpio

Desde el 2006 Colombia ha registrado ante la Organización de Naciones Unidas (ONU) diez proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio, vinculados por la implementación de tecnologías que reducen las emisiones de CO₂. Estos corresponden a la utilización de energías renovables, al uso de biomasa, al aprovechamiento residual de rellenos sanitarios, al aumento de eficiencia energética y a la sustitución de combustibles.

Luego de Honduras, Colombia es el país latinoamericano en el que las empresas le apuestan con mayor énfasis a nuevos proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). De ahí que cuente ya con 958.166 certificados de reducción en emisiones de Carbono, vendidos al año. “Sin embargo, falta explorar con determinación en sectores como el agrícola, pues las posibilidades existen y los créditos se han otorgado rápidamente”, aseguró Alejandro Saravia, representante del Fondo de Carbono Alemán KfW, organización que se encarga de financiar proyectos emprendedores de MDL en América Latina.

Colombia, así como Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Perú, Bolivia, Ecuador y Venezuela, hace parte de los países no vinculados al anexo 1 del Protocolo de Kyoto, aprobado el 16 de febrero del 2005, pero que contribuyen con los que sí están adheridos al mismo. Por estar en vía de desarrollo no se les fija límite a corto plazo para la reducción de emisiones de los gases provocadores del calentamiento global, puesto que en comparación con los países industrializados no se considera que aporten muchos contaminantes.

El Protocolo de Kyoto estableció que países como Estados Unidos, Rusia, Canadá, Francia y Alemania tendrían que reducir al menos en un 55% sus emisiones de CO₂ o hallar un mecanismo que les permitiese acatar adecuadamente lo convenido, y por ello se integran a la compra de certificados de reducción de carbono en los países no adheridos al anexo 1.

2.5.1 El mercado de carbono

“Lo que definimos como mercado de carbono es un conjunto flexible de transacciones en las que se intercambian emisiones de gases de invernadero. En lo que se refiere a precios no hay un sistema central para las transacciones de carbono y en consecuencia, es difícil comparar precios en todo el mercado”, afirmó Efraín Peña, consultor de la firma de abogados GM&A, especializada en consultorías para el diseño de proyectos MDL.

El mercado de carbono, que se constituye a finales del 2005 permite a los países industrializados, como se explicó antes, comprar certificados de reducción en emisiones de CO₂ a las empresas de los países no-anexo 1, que se consideran con mayores facilidades para la implementación de MDL por su mismo nivel de desarrollo. Así, contribuyen a cumplir las metas establecidas en el Protocolo de Kioto con el fin de evitar más perjuicios originados por el calentamiento global.

Se crean entonces los fondos de carbono, que son los encargados de concebir, aprobar y financiar los proyectos propuestos por las empresas generadoras de MDL que luego se

acreditarán ante la ONU para vender certificados de reducción en emisiones de carbono. Estos son comprados por los mismos fondos, que de este modo favorecen el cuidado medioambiental a nivel mundial.

2.5.2 ¿Para qué un proyecto MDL?

Si un proyecto desea ser tenido en cuenta como MDL debe producir beneficios reales que influyan en la mitigación del cambio climático y que a su vez puedan ser medidos a través de metodologías de monitoreo y línea base aprobadas por la junta mundial MDL, específicas para cada actividad del proyecto.

De este modo, un MDL tiene como objetivo proporcionar a los países adheridos al anexo 1 la facilidad de cumplir su compromiso en reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), lo cual conlleva a obtener Certificados de Reducción de Emisiones (CER) y luego, a proporcionar mecanismos de desarrollo sostenible que ayuden a la descontaminación global.

En consecuencia, los proyectos elegibles son aquellos que cumplen con alguna de las siguientes condiciones: generadores de energía renovable, cogeneración de energía, eficiencia energética de instalaciones y procesos, cuidado de bosques, reducción directa en la emisión de gases, transporte y/o sustitución de combustibles y, aprovechamiento de residuos en rellenos sanitarios. Si la legislación gubernamental obliga a alguna empresa a adoptar un determinado Mecanismo de Desarrollo Limpio por normas de sanidad, esta no podrá acceder a certificarse ni a vender bonos CER.

“Es importante que los diferentes sectores evalúen sus potenciales y oportunidades para plantear un proyecto MDL buscando potencializar el uso de los Certificados de Reducción de Emisiones (CER) al igual que el valor de la empresa y el aporte al control de los cambios climáticos en el país y en el mundo”, afirmó Sergio Salas, representante de la firma Price WaterhouseCoopers, especialista en consultorías de proyectos MDL.

Los países no-anexo 1 buscan integrar MDL no sólo con el fin de obtener beneficios económicos –pues el presupuesto para llevar a cabo los proyectos es alto– sino por otras razones, como por ejemplo, obtener certificación internacional por implementación de desarrollo sostenible, demostrar liderazgo, cumplir metas corporativas, reconocimiento empresarial, exploración de nuevos mercados y actividades de negocios y capitalización de proyectos sustentables.

Ahora, adoptar tecnologías MDL y adecuar el proyecto para ser viable tanto económicamente como productivamente requiere de unos pasos a seguir que se complementan en un ciclo que puede tardar entre seis meses y dos años para ser efectivo.

Lo primero es la presentación del documento de diseño del proyecto, luego, este debe ser aprobado y validado a nivel nacional para que se le otorgue un registro único (PIN), de lo cual se encarga una firma autorizada; el inversionista viene a involucrarse en el proceso para estudiar el caso y financiar e implementar los equipos necesarios, como también adecuar los utensilios de monitoreo. Finalmente la entidad o firma encargada verifica y certifica a la empresa por su reducción de emisiones para poder vender los CER a los

fondos de carbono, que en algunos casos, son los mismos inversionistas, quienes después de financiar el proyecto obtienen ganancia.

2.5.3 Opciones MDL para Colombia

“En Colombia, los fondos de carbono extranjeros buscan proyectos de biomasa, hidroeléctricos, de generación de energía eólica y biotérmica, de rellenos sanitarios, de reforestación y, ojalá, en el sector agropecuario”, afirmó Saravia.

En el país la oferta de posibilidades para la implementación de MDL se distribuye con un 46% en reforestación, un 26% en captación de metano de rellenos sanitarios y sistemas de aguas residuales, un 24% en suministro de energía y energía renovable y un 4% en uso eficiente de energía para sustitución de combustibles.

En consecuencia, las opciones en reducción de emisiones son amplias. Ya se han integrado algunas como: interruptores programables para calentadores de agua, sistemas de iluminación eficiente, mitigación de gasolina con alcohol, biogás de cañerías para generación de electricidad, conversión de buses, camiones y taxis de gasolina a gas natural, biogás de rellenos sanitarios para generar electricidad y sistemas solares para electricidad rural. Entre algunos de los proyectos que han adoptado estos mecanismos, se encuentran: Transmilenio Fase II-V, la planta Hidroeléctrica de Santa Ana, Centrales Hidroeléctricas de La Vuelta y La Herradura, y aprovechamiento de desechos orgánicos en el Centro Industrial del Sur.

Por su parte, Colombia se comprometió también con el Protocolo de Kyoto, y como país no-anexo 1 tiene también responsabilidades con el mejoramiento del clima global. Entonces debe desarrollar, actualizar periódicamente, publicar y ofrecer a la Conferencia de las Partes los inventarios nacionales de emisiones antropogénicas de todos los GEI no controlados por el protocolo de Montreal; además, debe formular, implantar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático mediante el tratamiento de las emisiones antropogénicas.

Colombia cumple con su misión, mientras colabora también con los países anexo 1 habiendo logrado en casi tres años, reducir 100.000 toneladas de CO₂.⁵

2.6 Uso del gas de gasificación termoquímica de biomasa (gg) en motores de combustión interna alternativos en la universidad de los andes (bogotá, colombia) convenio ciemat.

La autora Natalia Fonseca en julio de 2003 desarrolló en Madrid (España) en el marco del Convenio de Cooperación educativa entre la ETSII - UPM y el Ciemat, que se realiza con el fin de determinar líneas futuras de investigación y/o aplicación de la tecnología de gasificación termoquímica de biomasa integrada a motores de combustión interna alternativos (MCIA) para generación de potencia, motivados por la necesidad de reducir las emisiones contaminantes, aumentar el uso de las fuentes renovables de energía,

⁵Oportunidades para Colombia con proyectos de mecanismos de desarrollo limpio. [Publicado el 20 de junio de 2008] http://www.desechos.net/news_items/26-oportunidades-para-colombia-con-proyectos-de-mecanismos-de-desarrollo-limpio

reducir la dependencia económica de los combustibles fósiles, aprovechar energéticamente infinidad de residuos del sector agroindustrial y por la necesidad de generar energía a base de combustibles autóctonos que permitan resolver los problemas de suministro eléctrico en zonas no interconectadas eléctricamente en países en vía de desarrollo.

Se hace una breve descripción del proceso de gasificación termoquímica, mostrando los diferentes tipos de gasificadores existentes, las propiedades del combustible primario usado y los factores que afectan la eficiencia de este proceso, se estudia el gas de gasificación desde el punto de vista de la composición, propiedades como combustible motor, requisitos, tratamiento necesario para su uso como combustible en motores de combustión interna, otros usos del GG y riesgos que conlleva su utilización y se presentan un estudio general de los motores de gas la operación de estos motores, se hace una descripción cualitativa de la combustión, se muestran algunas aplicaciones y se estudia la combustión en los motores a gas desde el punto de vista de los factores que la afectan.

2.7 Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario a través de la firco y la universidad autónoma de la ciudad de México.

En México los lineamientos de Política de la Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), se han instrumentado diversas acciones buscando fomentar el uso y aplicaciones de la energía renovable en el sector agropecuario, con el fin de generar un desarrollo rural sustentable, que coadyuve a disminuir los impactos negativos del medio ambiente. Con base en las experiencias desarrolladas por la SAGARPA, a través del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), se generó la oportunidad de instrumentar en el 2006 un proyecto de aprovechamiento de biogás, en Convenio con la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM).

En términos generales el proyecto consistió en establecer 9 módulos demostrativos mediante la instalación de motogeneradores accionados con biogás, para la generación de energía eléctrica; buscando superar las barreras de desconocimiento de la tecnología, y lograr un efecto multiplicador de la misma. Los resultados obtenidos en dicho proyecto han abierto la oportunidad de realizar diversas acciones de promoción y difusión de la tecnología, por lo que esta experiencia es el motivo de desarrollar el tema de "Potencialidad del aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario". En este sentido se retoman los resultados del proyecto desarrollado con la UACM y se da una prospectiva de esta aplicación tecnológica, que muestra su viabilidad técnica en cuanto a la obtención de ahorros sustanciales con respecto a los consumos tradicionales de la energía utilizada; así como su viabilidad económica, debido su rentabilidad y tiempo de recuperación de la inversión.

El desarrollo de este tipo de proyectos permitirá generar diversos beneficios para el país, dentro de los que destaca por un lado la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de biogás, con los consecuentes ahorros en este concepto. Por otro lado, los sistemas de biogás atienden la problemática de impacto ambiental al disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, vectores transmisores de enfermedades y diseminación de malos olores. Finalmente es de destacar que el efecto multiplicador de

dicho proyecto, al ser innovador en la utilización de sistemas de biogás con fines productivos, ha hecho que muchos productores por cuenta propia estén incorporando esta aplicación en sus explotaciones y por otro lado se está generando una demanda de bienes y servicios relacionados con biogás que está impulsando un desarrollo del mercado en esta materia. Ante esta demanda, y para coadyuvar a su financiamiento, el FIRCO actualmente está apoyando con sus recursos, a nivel nacional, a aquellos agronegocios que cuenten con potencial para la utilización de energía renovable en sus procesos productivos.

2.8 Generación de energía eléctrica a partir de biogás en la universidad earth.

Los autores R. Quesada, N. Salas, M. Arguedas y R. Botero en enero 2007 plantearon en la Finca Pecuaria Integrada (FPI) de la Universidad EARTH en limón Costa Rica la implementación de un sistema de biodigestores para la descontaminación productiva de aguas servidas. En este proceso se ha obtenido un doble resultado: la descontaminación de las aguas, logrando cumplir y superar la normativa vigente, y además se obtiene como subproducto el biogás. Recientemente se implementó un sistema de generación de energía eléctrica a partir de biogás, que permite aprovechar el biogás generado a partir de excretas de origen animal. La energía eléctrica será generada mediante el uso de un motor de combustión interna y su propio generador. El objetivo de este trabajo fue la evaluación de un filtro de óxido de calcio y filtros de alambriña que se instalaron en la tubería de conducción para incrementar la calidad del biogás. La acción de ambos filtros sobre el incremento de la calidad de biogás fue evaluada mediante análisis químicos del contenido de ácido sulfhídrico. Además se determinó la eficiencia del generador en la producción de energía eléctrica. Con el filtro de óxido de calcio se logró una disminución del 40 % de ácido sulfhídrico mientras que con el filtro de alambriña no pudo ser cuantificado debido a la fluctuación de la concentración de ácido sulfhídrico en las muestras tomadas en la bolsa reservorio de la lechería. La eficiencia del generador encontrada fue de 7 %, con una producción por turno aproximada de 19 kWh con un consumo promedio de 16 m³h⁻¹ Esto indicó una relación de 2 m³ de biogás por cada kilowatt hora generado.

2.9 Rendimiento y reducción de emisiones de motor a gasolina usando gnc.

Los autores Pravin T. Nitnaware y Jiwak G. Suryawanshi en agosto de 2011, plantean en este trabajo en India los resultados obtenidos en la ejecución de un motor de 3 cilindros con gasolina y gas natural comprimido (GNC). El rendimiento y las emisiones se registran en el estado de equilibrio operativo. El motor se convirtió de gasolina a GNC Bi-combustible operando mediante la instalación de un inyector secuencial GNC. Un sistema de control del motor y un analizador de gases portátil. En promedio, dio un consumo 19% menos de combustible, en comparación con la gasolina. Sin embargo, la eficiencia volumétrica se redujo en 5-17% con la operación de GNC. En términos de emisiones de escape, los resultados mostraron que el HC, CO y CO₂ se redujo significativamente en comparación con la gasolina.

La gasolina y el diesel se vuelven escasos y más costosos. La disponibilidad y el uso se harán más comunes en las próximas décadas para motores de combustión interna. El Gas

natural comprimido (GNC) es el más favorito para la sustitución de combustibles fósiles, este causa menos contaminación, los objetivos es diseñar y mejorar propagación de la llama baja y la pobre estabilidad de la combustión del gas natural como combustible par motor e investigar los comportamientos de la combustión de gas en el funcionamiento del motor.

2.10 La planta de biogás más grande del mundo

Situada en el länder alemán de Mecklemburgo-Pomerania Occidental, la planta, cuya construcción comenzó en noviembre de 2007, ha sido promovida por la compañía NawaroBioEnergie y planificada y construida por EnviTec Biogás. Güstrow, en cuyas obras han participado 160 operarios, se asienta sobre una superficie de veinte hectáreas y ha demandado una inversión de 42 millones de euros.

La planta de Güstrow procesa en veinte digestores la materia prima que recibe: maíz, otros cereales y hierba que aportan granjeros radicados en un radio de cincuenta kilómetros. Según EnviTec, el objetivo de NawaroBioEnergie es verter en la red de gas natural, a principios de 2010, 46 millones de metros cúbicos anuales de biogás, lo suficiente como “para cubrir las necesidades energéticas de una ciudad de 50.000 habitantes”. La producción de Güstrow, señala EnviTec, “equivale a 160 millones de kilovatios hora de electricidad y 180 de calor”.⁶

Según EnviTec, ingeniería asimismo responsable de la hasta ahora mayor planta de biogás del mundo, Penkun, también en Alemania (20 MW), la tecnología que usa Güstrow para convertir el biogás en biometano (equivalente del gas natural) “elimina en una primera fase una gran parte de dióxido de carbono (CO₂), comprimiendo el gas y enfriándolo posteriormente; para, a continuación, separar el CO₂ y el sulfuro de hidrógeno con ayuda de agua; consiguiendo así que el contenido de metano en el biogás aumente de un promedio del 55% a por lo menos el 97%”.

El biogás de Güstrow –combustible vegetal producto de la descomposición natural de materiales orgánicos– alcanza gracias a ese proceso unas cualidades similares a las del gas natural (el combustible fósil) y por ello “puede ser almacenado en depósitos de gas, transportado por las tuberías ya existentes y empleado donde requiera el consumidor o usado como combustible en vehículos”. Según el director de Güstrow, FelixHess, “si queremos lograr un suministro seguro y fiable de energía por medio de fuentes renovables, plantas como la de Güstrow son indispensables”.

Según la ingeniería alemana, para 2020, la Unión Europea podría reducir a la mitad sus importaciones de gas natural gracias al biogás. En este sentido, el gobierno alemán se ha puesto el objetivo de hacer llegar seis millones de metros cúbicos de biometano a la red de gas natural para el año 2020. Esto, según la Agencia Alemana de la Energía (Dena), supondría contar con 2.000 nuevas plantas de biogás para dicho año; siendo en la actualidad sólo veinte las plantas que producen biometano”.

⁶La planta de biogás más grande del mundo. [Publicado el 11 de marzo de 2007]

<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2009/11/11/la-planta-de-biogas-mas-grande-del-mundo/>

2.11 Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos en la Universidad Carlos III De Madrid.

Alejandro Bautista Buhigas en octubre de 2010 en Nicaragua realizó en dicho proyecto el tratamiento de los desechos orgánicos procedentes de la agroindustria tales como el despulpado del café (pulpa y aguas mieles), la cáscara del plátano, sueros de leche producidos por las queserías y la gallinaza (estiércol de gallina preparado para ser utilizado como abono o complemento alimenticio para ganado); constituye una valiosa oportunidad de evitar la contaminación de los acuíferos, reducir la deforestación, obtener energía proveniente del biogás y producir fertilizantes orgánicos. Este es un proyecto realizado en el ámbito de la cooperación al desarrollo, cuyo objetivo es la construcción de un biodigestor y la creación de una metodología que permita la replicación de dicha tecnología, a través de un convenio entre la Universidad Carlos III de Madrid, la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí) y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua).

El proyecto se centra en dos líneas; una parte experimental y otra orientada a la práctica constructiva de tres biodigestores portátiles para su uso como herramienta docente en la universidad. La parte experimental consistirá en los análisis de la digestión dentro de los tres biodigestores portátiles con el fin de caracterizar la biodigestión de cada uno de los desechos orgánicos anteriormente citados. En la parte práctica, la idea central es proponer un sistema biodigestor en el Parque Científico Estelimar cuyo diseño estará basado sobre los resultados experimentales, considerando, por supuesto, las condiciones de terreno, disponibilidad de agua y otros recursos locales de la finca.

2.12 Diseño de un biorreactor y conducción del biogás generado por las excretas de ganado vacuno, estación Tunshi-Espoch

Los autores Edwin Lara y María Hidalgo en febrero de 2011 implementaron en Riobamba Ecuador, la tecnología de los biorreactores para el procesamiento del estiércol de ganado vacuno y su posterior fermentación para obtener biogás y bioabono puede contribuir sustancialmente a la conservación del ambiente y al desarrollo de sectores que se encuentran con una sobresaturación de materia orgánica principalmente sobre el suelo y agua.

En Ecuador esta técnica se ha desarrollado levemente, ya que no es muy conocida y tampoco existe el interés de implementarlo en las grandes haciendas que producen carne y leche a gran escala. Son escasos los estudios que se han realizado en la utilización de esta técnica comprobada y eficiente si es que tiene un manejo adecuado del sistema.

En este trabajo de tesis se encuentra enfocado en el diseño de un biorreactor el cual permitirá el tratamiento de los desechos orgánicos provenientes del ganado vacuno, mediante la utilización de una matriz de decisión eligiendo al modelo chino o de domo fijo, los análisis físico-químicos, microbiológicos y la producción de biogás a nivel de laboratorio permitieron elegir a este biorreactor como el que mejor se adapta a las necesidades de la planta, mediante fórmulas y ecuaciones geométricas se determinaron los parámetros de diseño del mismo, para su posterior construcción.

El proyecto del diseño del biorreactor se encuentra asistido por el convenio ESPOCH, Consejo Provincial y Climate and Development. Comunidec, H.Consejo Provincial de Chimborazo, Climate and Development (CDS).

3. *Justificación*

En los últimos años el biogás ha despertado interés por ser una fuente de energía renovable con un gran potencial de desarrollo, siendo una de las tecnologías de más fácil implementación en los sectores rurales con abundancia de materia orgánica de desecho para la generación de electricidad, en el mundo este tipo de energía ha sido en gran

proporción implementada en países como China, Tailandia, Malasia en los cuales se han desarrollado plantas de generación utilizando diferentes tipos de desechos orgánicos y Alemania país en el cual se encuentra la planta de biogás más grande del mundo en Güstrow con una producción de 160 millones de kilovatios hora de electricidad utilizando desechos que aportan granjeros radicados en un radio de cincuenta kilómetros.

En Colombia la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) junto con la empresa gas natural ESP han realizado estudios y su respectiva implementación con una planta de generación productora de biogás aprovechando 6500 toneladas diarias de basuras que produce la capital del país en el relleno sanitario de Doña Juana con el fin de reducir 800 toneladas de emisiones contaminantes (CO₂), la UPME ha realizado estudios concretos en cuanto al potencial de cultivos y de producción de residuos vegetales y empresas como energreencol prestar sus servicios desolucionesintegrales para la recogida, tratamiento y comercialización de biocombustibles sólidos, con fin de asesorar y realizar proyectoren el campo de la biomasa; es importante ver que Colombia posee los recursos necesarios y los conocimientos para desarrollar este tipo de proyectos pero se necesita incursionar con tecnología colombiana para lo cual se debe reforzar la investigación en el campo.

En las instalaciones de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el grupo GIEAUD (Grupo de investigación de energías alternativas de la Universidad Distrital) y el semillero SEA (Semillero de Energías Alternativas) han trabajado en el estudio y realización de proyectos que fortalezcan y sustenten avances en el manejo y aprovechamiento de fuentes energéticas alternativas, dichas fuentes poseen la sostenibilidad en cuanto a ciclo energético e impacto ambiental, por eso con este proyecto se iniciará el estudio del biogás como energía renovable sostenible para la generación eléctrica, con el fin de tener los cálculos preliminares para el desarrollo posterior de la construcción de una planta de generación eléctrica, la cual en este proyecto inicia con el primer componente con la conversión del motor de dos tiempos de gasolina E10 a gas natural domiciliario para luego utilizarlo con el biocombustible. Los estudiantes inscritos al semillero y el grupo de investigación con el motor tendrían una herramienta fundamental para el desarrollo final de la planta así se podrá estudiar los beneficios del biogás y se podrán analizar la importancia que tiene el dejar depender de los combustibles fósiles para la generación de electricidad como también verificar la reducción que tiene la contaminación que genera el motor de dos tiempos al no usar este tipo de combustibles.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Convertir un motor de gasolina E-10 de dos tiempos a gas natural domiciliario, con el fin de realizar los cálculos preliminares de los componentes de una planta de generación eléctrica en la cual se use el motor de dos tiempos con biogás, en un proyecto posterior, como prototipo de investigación en el laboratorio de ciencias térmicas de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

4.2 Objetivos específicos

- Efectuar la conversión a gas natural domiciliario del motor de dos tiempos.
- Garantizar la correcta lubricación del motor de dos tiempos.
- Realizar el análisis de los productos de la combustión con gasolina E-10 y gas natural domiciliario.
- Realizar cálculos preliminares de los componentes necesarios para una planta de generación eléctrica a base de biogás (Biodigestor, motor de combustión interna, generador eléctrico).
- Estimar la potencia eléctrica máxima a generar.
- Calcular la cantidad de biogás necesaria para la combustión en el motor de dos tiempos.
- Fabricar un banco de soporte para el motor.

5. Marco teórico

5.1 El gas natural

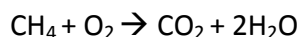
Se puede comenzar definiendo al gas natural como un combustible fósil compuesto por una mezcla de hidrocarburos livianos, los cuales se componen entre 80% a 90% por metano (CH₄). Este componente es el hidrocarburo más simple formado por un átomo de carbono, es el primer miembro de la familia de los alcanos que, en condiciones atmosféricas, se presenta en forma gaseosa y por lo general es hallado en depósitos subterráneos profundos.

5.2 La combustión del gas natural

El gas natural está conformado en su totalidad por metano (CH₄). Se define a la combustión como la reacción química de oxígeno + combustible que produce el calor como consecuencia de la descomposición de las moléculas originales y la formación de las moléculas de productos finales (productos de combustión). Una de las ventajas principales que presenta la utilización del gas natural como combustible, es que los motores presentan menos emisiones contaminantes debido al bajo contenido de carbono de este gas.

Las emisiones están dadas por el tipo de mezcla realizada, como en todo motor de combustión interna, se tiene:

Mezcla estequiométrica del metano (CH₄) está regida por la ecuación



Sin embargo, en la práctica se halla que no es posible obtener combustión completa, suministrando el aire teórico requerido. Así pues, es necesario alimentar aire en exceso a la reacción (factor lambda), dependiendo del tipo de combustible:

Para combustibles sólidos: 40 a 150% de exceso de aire (lambda 1,4 – 2,5)

Para combustibles líquidos: 25 a 60% de exceso de aire (lambda 1,25 – 1,6)

Para gases: 10 a 40% de exceso de aire (lambda 1,1 – 1,4).

Una vez establecidos los productos de la combustión y su concentración en el gas quemado es posible, mediante la definición de su poder calorífico, precisar los factores de emisión correspondientes.

5.3 Temperatura de ignición - límites de inflamabilidad

La temperatura de ignición es la temperatura mínima a la que debe llevarse un punto de una mezcla combustible aire/gas para que la combustión comience y se propague. La dosificación aire/gas que requiere la llama, determina los límites inferiores y superiores de inflamabilidad, más allá de los cuales la combustión no puede comenzar.

Por otra parte, los dos parámetros que influyen en la temperatura de auto-ignición son:

- La presión; sobre la presión atmosférica, algunos gases como el metano tienen una temperatura de ignición que disminuye ligeramente cuando la presión aumenta.
- La temperatura; la zona de inflamabilidad aumenta cuando se incrementa la temperatura de la mezcla.

Principio de la velocidad de deflagración. La combustión es una reacción en cadena que puede propagarse de dos maneras:

- La detonación.
- La deflagración; el cual es un fenómeno que tiene lugar en las llamas de la mezcla combustible. La deflagración es producida, en particular, por un mecanismo de calentamiento por conducción; la capa de mezcla en reacción calienta a la capa vecina, y

así sucesivamente. La velocidad de deflagración (velocidad de propagación del frente de llama) depende de la conductividad térmica y la temperatura de ignición de la mezcla. La velocidad de deflagración de una mezcla aire/gas combustible, se mide en m/s. Para el caso del metano, esta es 0.38 m/s.

5.4Bi-combustible

Son los sistemas en los cuales los vehículos pueden operar con gasolina (o algún otro combustible) o gas natural alternadamente, sin necesidad de detener el motor. Los vehículos bi-combustible son el resultado de una conversión. La mayoría de estos vehículos utiliza la gasolina para encender el motor y una vez encendido, utilizan el sistema de gas.

5.6Factores de emisión

Los factores de emisión son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante, generada por la fuente en estudio. Varían no solamente de acuerdo con el tipo de combustible sino con la actividad en la que se aplique su proceso de combustión (generación de energía, procesos industriales, aplicaciones residenciales) y la tecnología utilizada para tal fin (calderas, hornos, estufas). La Tabla 1 presenta los factores de emisión de carbono para los combustibles más comunes y su equivalente como factores de emisión de CO₂, calculado a través de la relación estequiométrica.

Tabla 1 Factores de emisión de carbono y CO₂ por combustible (kg/GJ)

Combustible	Estado	Factor de emisión (kg C/GJ) ^a	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ) ^b
Carbón	Sólido	26.8	94.53
Crudo	Líquido	20	73.28
Diesel	Líquidos	20.2	74.01
Gasolina		18.9	69.25
Kerosene		19.5	71.45
Gas propano GLP	Gas	17.2	63.02
Natural gas		15.3	56.06

- a. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual

5.7 kit de conversión

Los componentes utilizados en conversiones a gas para motores carburados son los siguientes:

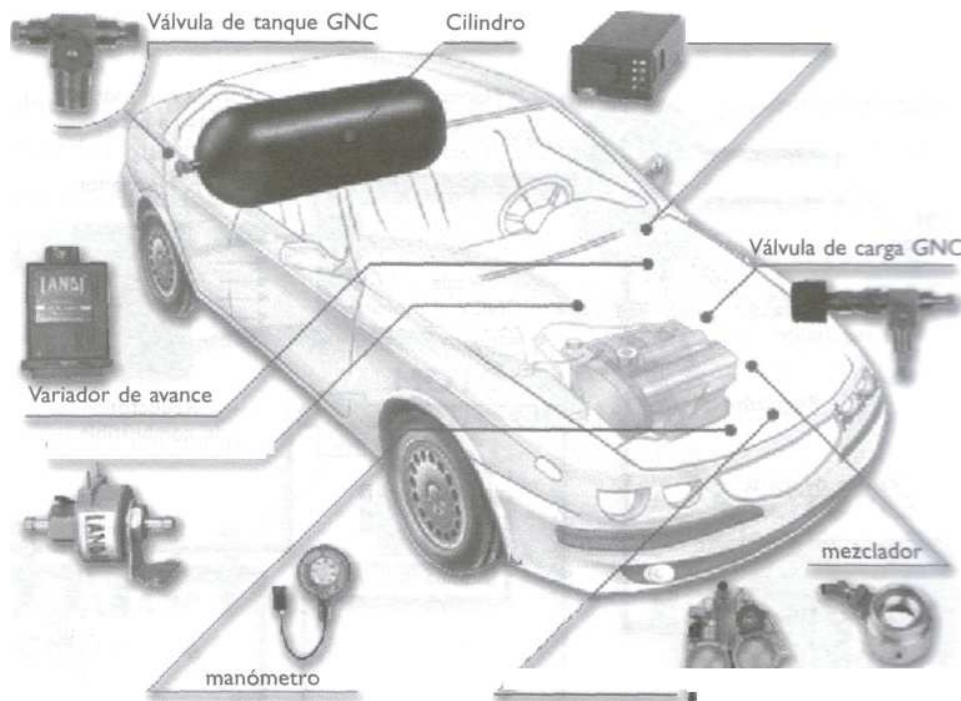


Figura 1 Conversión para vehículos carburados⁷

- Cilindro: ubicado en el baúl ó chasis.
- Válvula del Cilindro: instalada en el cuerpo del cilindro.
- Válvula de cierre manual: Instalada normalmente con la válvula de cilindro.
- Sistema de venteo: colocado en la válvula del cilindro.
- Tubería de alta presión: conexión entre el cilindro y el mezclador.
- Válvula de llenado: permite el abastecimiento de combustible.
- Manómetro indicador: permite controlar el nivel de combustible, a través.

⁷Centro de desarrollo tecnológico del gas. Conversión y postconversión. En: GAS NATURAL COMPRIMIDO VEHICULAR GNCV; Folletos de información técnica, p. 34.

- Mangueras de baja presión.
- Selector de combustible (conmutador).
- Interfaz para el sistema de información.
- Variador de encendido.
- Regulador/reductor.
- Mezclador.
- Electroválvulas de combustible.

5.7.1 Funcionamiento del sistema

El funcionamiento de un vehículo con motor a gasolina y convertido a GNCV se realiza de la siguiente manera: Estando la válvula manual de cierre del cilindro abierta, permite que el GNCV salga del o (los) cilindro (s) a una presión aproximada de 205 bares (3000 PSI) a la tubería de alta presión; a través de la tubería el gas es conducido a la válvula de cierre de emergencia, de esta válvula (posición abierta) pasa el GNCV por la válvula de llenado, medidor de presión y llega al regulador/reductor de presión.

En el habitáculo del motor está situado el reductor de presión también llamado regulador, donde el GNCV entra a alta presión (205 bar) y sufre una reducción de presión hasta alcanzar la presión de alimentación del motor (ligeramente superior a la atmosférica). En Bogotá la presión atmosférica es aproximadamente 0,765 bar (11 psi) y a nivel del mar es aproximadamente 1.0235 bar (14,7 psi).

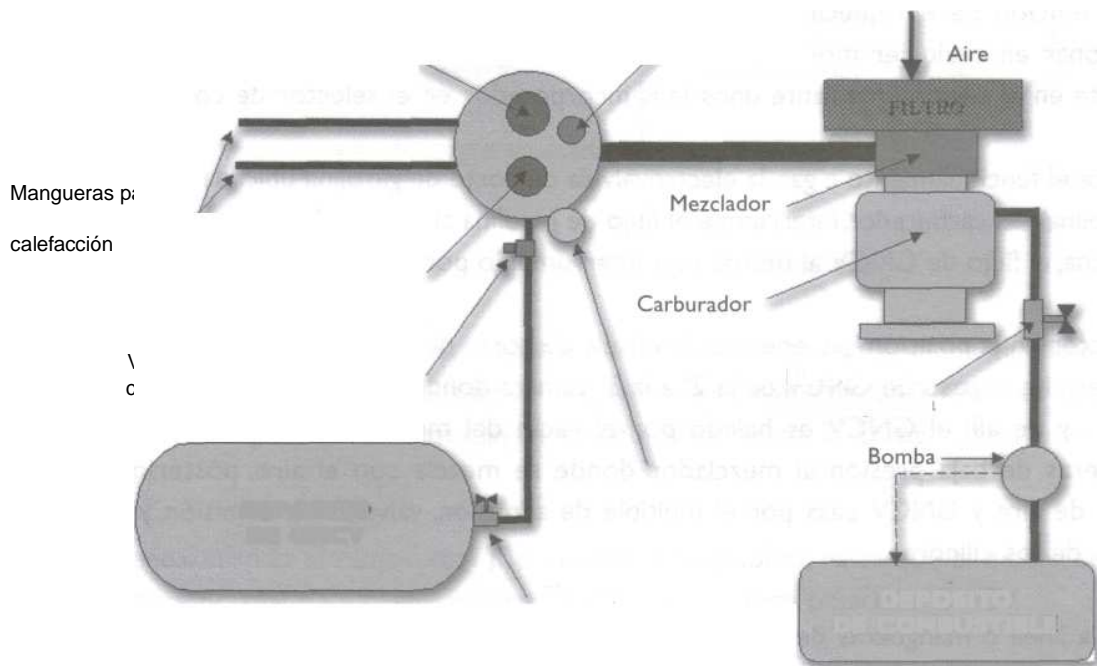


Figura 2 Esquema de funcionamiento de un motor carburado con GNCV⁸

Desde el reductor/regulador el GNCV llega al mezclador, el cual está instalado sobre el carburador o en el conducto de aspiración, el mezclador suministra de modo óptimo en términos de consumos y emisiones, la relación aire / combustible y proporcionalmente a la necesidad del motor (representada por la depresión o vacío que se genera en el carburador).

A la salida de la segunda cámara se encuentra la electroválvula de corte de combustible GNCV. Dependiendo del tipo de combustible que en ese momento este utilizando el motor y de la posición de la electroválvula (abierta o cerrada), se permite o no el paso del gas a la tercera cámara del regulador. Cuando se va hacer funcionar el motor con GNCV, y si éste previamente está trabajando con gasolina, se debe ubicar el selector de combustible en la posición neutra (motores carburados).

El selector en posición neutra, desenergiza la válvula de corte de gasolina, la cual está ubicada entre la bomba⁴ y el carburador, esta operación cierra el paso de gasolina al carburador, se debe esperar unos minutos para permitir que el motor consuma la gasolina remanente de la cuba del carburador hasta que el motor tienda a fallar por escasez de combustible, en este momento se pasa el selector de combustible de la posición neutra a la posición de GNCV.

⁸Centro de desarrollo tecnológico del gas. Conversión y postconversión. En: GAS NATURAL COMPRIMIDO VEHICULAR GNCV; Folletos de información técnica, p. 35.

Existen reguladores y selectores que permiten el arranque de motor con GNCV y cuentan con la función de enriquecimiento en el arranque en frío y además permiten al usuario seleccionar en cualquier momento el combustible deseado, visualizando el nivel de GNCV presente en el cilindro mediante unos leds incorporados en el selector de combustible.

Durante el funcionamiento a gas, la electroválvula de corte de gasolina ubicada entre la bomba de gasolina y el carburador, interrumpe el flujo de gasolina al motor; durante el funcionamiento a gasolina, el flujo de GNCV al motor está interrumpido por la electroválvula de corte de gas.

El selector en la posición gas, energiza la válvula de corte de combustible (GNCV), abriéndola y así permite el paso de GNCV de la 2a a la 3a cámara donde la presión se reduce a 0.5 bares (7 psi) y de allí el GNCV es halado por el vacío del motor pasando por las tuberías y mangueras de baja presión al mezclador, donde se mezcla con el aire, posteriormente la mezcla de aire y GNCV pasa por el múltiple de admisión, válvulas de admisión y entra a la cámara de los cilindros.

Sobre la línea o mangueras de baja presión se instala un control de flujo máximo de GNCV, cuya función es la de permitir el paso de gas hacia el mezclador; además posee un orificio calibrado por un tornillo que determina el flujo máximo de gas en marchas de cruce y altos regímenes.

En los motores convertidos a GNCV y carburados encontramos sistemas de encendido convencional (a platinos) y electrónico, cuando se hace el cambio a combustible GNCV, automáticamente se energiza el módulo variador de avance adelantando la chispa unos 20° más con respecto al avance normal del sistema de encendido del motor. En la figura 3.5 se muestra un esquema eléctrico de motor carburado.

Los equipos de conversión están diseñados para aplicaciones de encendidos electrónicos, lo que implica su poca aplicación en vehículos con sistemas de encendido convencionales (platinos); por lo tanto, los motores carburados con encendido convencional SE DEBEN pasar a encendido electrónico.

Se recomienda, cuando el motor está frío iniciarlo con gasolina, hasta que el motor adquiera la temperatura normal de funcionamiento ($T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) y luego pasarlo a GNCV.

Para cambiar el funcionamiento del motor de GNCV a gasolina se pasa directamente el selector a la posición de gasolina, con lo cual se desenergiza la electroválvula de corte de combustible de GNCV, cerrándola e impidiendo el paso de gas al motor. Se recomienda realizar esta operación teniendo el motor funcionando a 2500 r.p.m. aprox. para facilitar el llenado de la cuba del carburador.

El modulo variador de avance automáticamente se desactiva, dejando al sistema de encendido con el avance de chispa inicial o normal, simultáneamente se energiza la electroválvula de corte de gasolina, permitiendo el paso de esta de la bomba al carburador, el motor debe estar girando a unas 2500 rpm para realizar esta operación.

5.8 Motor alternativo de dos tiempos

En el ciclo de dos tiempos se realiza el ciclo completo en dos carreras de pistón. Son motores mucho más simples que los de cuatro tiempos pues no poseen válvulas ni distribución.

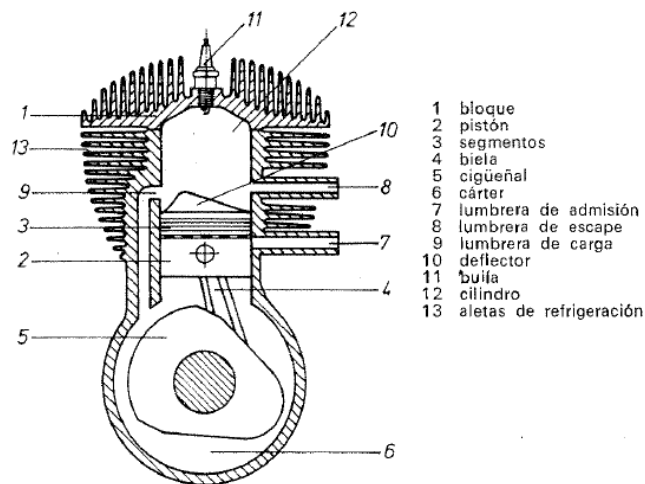


Fig. 1.20 Motor de dos tiempos.

Figura 3. Motor de dos tiempos

5.8.1 Funcionamiento

- a) Primera media vuelta de cigüeñal: el pistón sube comprimiendo la mezcla fresca y descubriendo una (admisión y compresión) lumbrera (orificio situado en la parte inferior de la pared de cilindro) o abriéndose una válvula por donde entra la mezcla al cárter. Se produce la chispa y comienza a bajar el pistón.
- b) Segunda media vuelta de cigüeñal: casi al final de la bajada del pistón se descubre la lumbrera de (expansión +escape) escape o se abre la válvula de escape y se expulsan los productos quemados (inicio de expulsión). Poco después entra el combustible que entró al cárter, a través de la lumbrera de transferencia y entra mezcla fresca procedente del cárter desalojando los productos quemados a través de la lumbrera de escape.

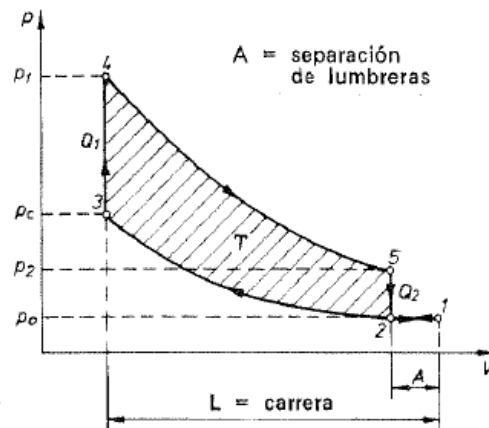


Fig. 1.25 Diagrama teórico de un ciclo de dos tiempos.

Figura4 Diagrama teórico de un ciclo de dos tiempos

El proceso es similar al 4T y la diferencia es que tiene aproximadamente un poco menos del doble de potencia por giro del cigüeñal, por el contrario el rendimiento es ligeramente menor porque se expulsa parte del combustible sin quemar (cortocircuito) y además en el cilindro en la fase de compresión junto con la mezcla fresca queda algo de gas quemado no desalojado.

En la cabeza del pistón suele haber una cresta para evitar en la medida de lo posible el proceso de cortocircuito

5.9 Biogás

El biogás es un gas que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de aire (esto es, en un ambiente anaeróbico).

El producto resultante está formado por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y otros gases en mucha menos medida que los anteriores. El biogás es el resultado de la digestión de la biomasa en condiciones anaerobias, posee un valor calórico de unos 5.500 kcal/m³.

Los Países de la Unión Europea están cada vez más y más interesados por las características del biogás en términos de medio ambiente y de producción de energía, desarrollando sus canales adecuados de valorización de acuerdo a su potencial. De esta manera, la producción de biogás alcanzó casi los 5,3 millones de toneladas equivalentes de petróleo en 2006, lo cual, representa un 13,6% de aumento con respecto a 2005.

5.9.1 Proceso de producción del biogás

En la figura 4 se describe el proceso de producción del biogás según la empresa colombiana energreencol.

Proceso de Producción

- 1 Tras la recogida de purines, residuos agroalimentarios y orgánicos se procede a elaborar la dieta en un depósito mezclador que más tarde se trasladará a los digestores.
- 2 En el interior de los digestores se produce la reacción anaeróbica que dará lugar a la emisión de gas metano. El residuo de la digestión pasa por un sistema separador, dando como resultado abono en estado sólido y agua de riego abonada.
- 3 Tras conducir el gas metano hasta los motores de combustión se produce la generación de energía eléctrica que será volcada a la red general. La energía térmica resultante en forma de agua caliente es utilizada en la planta y en instalaciones próximas.

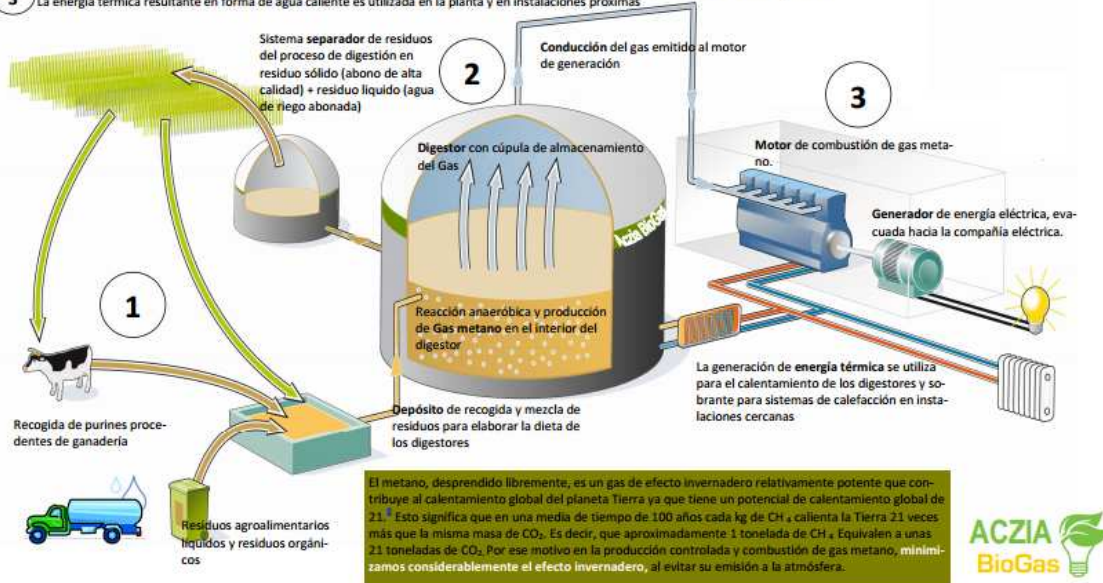


Figura5. Proceso de producción del biogás⁹

⁹ACZIA-BIOGAS. Proceso de producción del BIOGAS. En: Plata de Biogas Dossier inversores. [En línea]. [Consultado 29 octubre 2012]. Disponible en: <http://www.energreencol.com/ficheros_pdf/Plata%20de%20%20Biogas%20Dossier%20inversores.pdf>

6. Metodología

6.1 Fase descriptiva

En esta fase se realizará un levantamiento de información del motor de dos tiempos a emplear, al igual que investigar y conocer el funcionamiento de este, con tal forma que se pueda llevar a cabo de manera exitosa la conversión a gas natural domiciliario e incorporar el equipo necesario para realizar este proceso y se pueda operar el motor bajo unas condiciones óptimas de funcionalidad para la posible conversión.

De igual forma también hay que investigar y conocer los componentes relacionados al kit conversión de gas natural vehicular (el tipo de equipo que se va a montar, los dispositivos electrónicos que tiene este), para determinar cuáles son los necesarios para implementarlos en una conversión de gas natural domiciliario en un motor dos tiempos, de esta manera realizaremos un diseño teórico de la posible adaptación de un equipo de GNV para un sistema de gas natural domiciliario en el motor teniendo en cuenta los componentes y herramienta necesaria. Después, efectuaremos un chequeo de funcionamiento para determinar las condiciones en las que se encuentra el motor operando con gasolina E-10 (encendido de este, análisis de gases orsat) antes de la conversión, los cuales servirán de parámetros cuando el motor este funcionando con gas natural domiciliario.

Por último identificar los diferentes cálculos que se requieren para la conversión a gas natural domiciliario (balance estequiométrico, capacidad calorífica del combustible, mezcla apropiada lubricante y combustible), para realizar la respectiva conversión y el diseño más apropiado, así como la información necesaria para los cálculos de los demás componentes de la planta de generación eléctrica (biodigestor, generador).

6.2 Fase experimental

6.2.1 Lubricación

Teniendo en cuenta los equipos necesarios para realizar la conversión a gas natural domiciliario, se seleccionará la mejor opción para la lubricación en el motor durante la mezcla para realizar la combustión y de esta manera garantizar la correcta lubricación del motor de dos tiempos, teniendo en cuenta los procesos y pasos necesarios para determinar y garantizar la correcta lubricación.

6.2.2 Conversión motor a gas natural domiciliario

Basándose en la información obtenida en la documentación, se llevará a cabo la respectiva conversión del motor dos tiempos a gas natural domiciliario, donde se dejará funcionando con dicho combustible.

6.2.3 Pruebas de funcionamiento y análisis productos de combustión

Se realizarán pruebas de encendido y de análisis de gases para determinar la calidad de los gases de escape y poner a punto el motor operando con gas natural domiciliario.

6.2.4 Estimar la potencia eléctrica máxima a generar

Basándose en la información obtenida en las pruebas de funcionamiento, se determinará la potencia máxima que pueda entregar el motor de dos tiempos con la mezcla ideal del combustible y el lubricante la cual aprovechara el generador para la producción eléctrica.

6.2.5 Calcular la cantidad de biogás necesaria.

Se realizarán los cálculos preliminares para una futura implementación del motor de dos tiempos usándolo con combustible biogás en una segunda fase del proyecto de investigación, para operarlo de manera adecuada con la cantidad necesaria de combustible y de esta manera implementarlo en un generador eléctrico, basándonos en los datos de las pruebas realizadas con gas natural domiciliario al igual, determinar los cálculos preliminares para el biodigestor necesitado en la producción de biogás estimada previamente.

6.3 Fase construcción

6.3.1 Fabricar un banco de soporte para el motor.

Se realizará un banco para el acople del motor convertido a gas natural domiciliario para que pueda ser empleado en el laboratorio de ciencias térmicas, como material didáctico y de investigación para el grupo de investigación GIEAUD y el semillero SEA.

6.3.2 Montaje de los componentes en el banco de soporte.

Se realizara el montaje del motor, los componentes utilizados en la conversión a gas natural domiciliario y el tablero de mando en el banco de soporte fabricado para su disposición final en el laboratorio de ciencias térmicas.

7. Cronograma

Fase	Descripción Actividad	Duración (semanas)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Elaboración del documento final	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Descriptiva	Identificar las partes y el ciclo de funcionamiento del motor de dos tiempos.	■																							
	Identificar el procedimiento para la conversión del motor de gasolina a gas natural domiciliario.	■	■																						
	Verificar la viabilidad de utilizar un lubricante de origen vegetal para el correcto funcionamiento del motor de dos tiempos.			■	■	■	■																		
	Garantizar la correcta mezcla del gas natural domiciliario con el lubricante.			■	■	■	■																		
Experimental	Inspección de los componentes del motor							■																	
	Mantenimiento Mecanismos del motor							■	■																
	Pruebas iniciales de funcionamiento del motor									■															
	Análisis de gases con gasolina E10									■															
	Identificación de los componentes del equipo de conversión										■	■													
	Compra equipo conversión gas natural domiciliario											■													
	Conversión motor a gas natural domiciliario												■	■											
	Instalación de los controles del gas natural domiciliario														■										
	Pruebas de la conversión															■									
	Instalación del tablero de mando																■								
	Análisis de gases con gasolina E10 y gas natural domiciliario																	■							
	Calcular la cantidad de biogás necesaria para la combustión en el motor de dos tiempos.																		■	■					
	Estimar la potencia eléctrica máxima a generar.																				■	■			

8. Presupuesto

Tabla 2 Presupuesto General Proyecto

Presupuesto General Proyecto			
Duración estimada en meses		6	
Semanas		24	
Descripción	Costo asociado	Fuentes de financiación	
Recurso Humano Asociado	\$ 3.827.478	Personal	
Gastos Generales	\$ 713.500	Personal	
Diseño Prototipo	\$ 729.000	Grupo de investigación, personal	
Subtotal		\$ 5.269.978	
10%	Imprevistos	\$ 526.998	
Total presupuestado		\$ 5.796.976	

Tabla 3 Materiales

Materiales				
	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Total
Prototipo	Motor de dos tiempos	1	\$ 100.000	\$ 100.000
	Equipo de gas natural	1	\$ 400.000	\$ 400.000
	otros	-	\$ 100.000	\$ 100.000
	Gasolina	1 galón	\$ 9.000	\$ 9.000
	Lubricante	1/4 galón	\$ 10.000	\$ 10.000
	Prueba de gases	2	\$ 25.000	\$ 50.000
	Fabricación Banco	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Total prototipo				\$ 729.000
Generales	Fotocopias	\$ 50	\$ 50	\$ 2.500
	Impresiones	\$ 150	\$ 100	\$ 15.000
	Transportes	\$ 480	\$ 1.450	\$ 696.000
Total general				\$ 713.500
Total Materiales				\$ 1.442.500

Tabla 4 Recursos Humanos

Recursos humanos					
Descripción	Cantidad de personas	Dedicación semanal	Semanas trabajadas	Valor Hora	Costo personal
	Número	Horas	Semanas	Pesos	Pesos
Autores del proyecto	2	14	24	\$ 2.369	\$ 1.591.652
Carga prestacional				50%	\$ 795.826
Director o tutor	1	3	24	\$ 20.000	\$ 1.440.000
Total					\$ 3.827.478

Del costo total del proyecto el cual es de \$ 5.697.976, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas apoyará con el préstamo del equipo para análisis de gases y el Grupo de investigación de energías alternativas de la universidad distrital GIEAUD con las asesorías y el costo del motor, estos tres ítems con un valor de \$ 1.590.000 pesos, el resto del dinero (\$ 4.107.976) será financiado por los ejecutores del proyecto.

9. Bibliografía

Motores de dos tiempos. En: MAQUINAS TÉRMICAS: PRINCIPIOS, FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES. [En línea]. [Consultado 30 octubre 2012]. Disponible en <<http://www.catedu.es/aratecno/images/quintana/Energias/4%BA%20maquinas%20termicas%20.doc>>.

ACCEFYN. Factores de Emisión. En: FACTORES DE EMISIÓN DE LOS COMBUSTIBLES COLOMBIANOS. [En línea]. [Consultado 29 octubre 2012]. Disponible en: <http://www.siame.gov.co/siame/documentos/documentacion/mdl/DOC/18_FECOC.doc>

Especificaciones técnicas kits de conversión para GNV. En: ADQUISICION DE KIT'S DE CONVERSIÓN Y CILINDROS PARA GNV. [En línea]. [Consultado 29 octubre 2012]. Disponible en: <http://www.ypfb.gob.bo/documentos/contrataciones/gnrgd/CDA-041/ANEXO_2.doc>

ACZIA-BIOGAS. Proceso de producción del BIOGAS. En: Plata de Biogas Dossier inversores. [En línea]. [Consultado 29 octubre 2012]. Disponible en: <http://www.energreencol.com/ficheros_pdf/Plata%20de%20%20Biogas%20Dossier%20inversores.pdf>

Sanz ángel. Motor alternativo de dos tiempos. En: Tecnología automoción 4; Ed. Edebé, España (1981) p. 18-22.

Pravin T. Nitnaware, Jiwak G. Suryawanshi. PERFORMANCE AND EMISSION REDUCTION OF MULTI-CYLINDER GASOLINE ENGINE USING CNG SEQUENTIAL INJECTION [En línea]. [Consultado 10 de noviembre 2012]. Disponible en: <[http://gjpast.com/Documents/Volumes/Vol%201%20Iss%201%20JA/gjpast2011v1i1\(5\).pdf](http://gjpast.com/Documents/Volumes/Vol%201%20Iss%201%20JA/gjpast2011v1i1(5).pdf)>

Universidad de Los Andes. Estado del arte del uso del gas de gasificación termoquímica de biomasa (gg) en motores de combustión interna alternativos [En línea]. [Consultado 10 de noviembre 2012]. Disponible en: <http://oa.upm.es/10905/2/NATALIA_ELIZABETH_FONSECA_GONZALEZ._xpdf.pdf>

Universidad EARTH. Generación de energía eléctrica a partir de BIOGÁS [En línea]. [Consultado 10 de noviembre 2012]. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/archivos-de-usuario/Edicion/51_v3.2-02_QuesadaSalas.pdf>

FIRCO. Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario [En línea]. [Consultado 10 de noviembre 2012]. Disponible en: <http://www.cmp.org/apoyos/BIOGAS0902/0524_LIBRO_de_BIOGAS.pdf>

Bautista Alejandro. Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos [En línea]. [Consultado 12 de noviembre 2012]. Disponible en: <<http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/10807/1/PFC%20Alejandro%20Bautista%20Buhigas.pdf>>

Lara Edwin, Hidalgo María. Diseño De Un Biorreactor Y Conducción Del Biogás Generado Por Las Excretas De Ganado Vacuno, Estación Tunshi-Epoch [En línea]. [Consultado 12 de noviembre 2012]. Disponible en: <<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1652/1/236T0056.pdf>>