



Plantas Catalíticas de Biomasa

Para Generación de Biocombustible Líquido

Introducción

Uno de los grandes retos actuales es conseguir tecnologías limpias capaces de valorizar los residuos que generamos. Para ello las tecnologías deben ser capaces de tratar los distintos residuos y conseguir que se produzca un reciclaje en un porcentaje elevado de la materia tratada, tanto **orgánica como inorgánica**.

OpenMS es la denominación comercial de la mercantil española Open Media Solutions S.L. Nuestra compañía ofrece como alternativa altamente eficiente para la generación de energía y biocombustibles, plantas de valorización de biomasa cuya base es la Hidro-Gasificación Catalítica con Plasma (HGCP).

OpenMS ofrece además un amplio conjunto de soluciones innovadoras relacionadas la nanotecnología para la ecología, los servicios de telecomunicaciones avanzadas y redes de sensores medioambientales con el fin de monitorizar su funcionamiento y optimizar sus procesos.

La Hidro-Gasificación Catalítica con Plasma (HGCP) es una tecnología innovadora, altamente rentable para producir electricidad o bio-combustibles líquidos, que se distingue por su flexibilidad de alimentación y su elevada eficiencia energética, llegando a duplicar la de las tecnologías más modernas.

Esta tecnología actúa como sumidero de dióxido de carbono (CO₂), contribuye a la independencia energética, mejora la economía de las áreas rurales y sin aporte de energía externas.

El objetivo que logra esta tecnología es la revalorización de cualquier tipo de biomasa, incluyendo también la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales, residuos comerciales e industriales, convirtiéndolas en un syngas apto para ser utilizado directamente tanto en unidades de cogeneración, motores a combustión interna y/o turbinas de gas, generando energía eléctrica y térmica para autoconsumo y/o para entregarla a red, como en procesos de síntesis de combustibles líquidos aptos para ser utilizado puro y/o mezclado con gasolina o diesel.

Esta tecnología destaca también por ser muy compacta y modular, siendo escalable desde pocos cientos de KW hasta varios MW, y contribuir a bajar el nivel de CO₂ en la atmósfera sin producir residuos apreciables o que dañen el ambiente.

OpenMS ofrece esta solución en colaboración directa con nuestro partner *BluePlasma Power S.L.* (BPP) desarrollador de la tecnología de Hidro-Gasificación Catalítica con Plasma (HGCP)...

BPP cuenta con un equipo altamente profesional, con más de veinte años de experiencia en empresas industriales, y con una amplia red de colaboraciones con universidades y centros de investigaciones como la Universidad de Graz, en Austria, con respecto a la gasificación con plasma, y el Austrian Institute of Technology, con respecto a la conversión del gas de biomasa a combustible en forma líquida.

¿Qué Hacemos?

Las plantas energéticas que hemos desarrollado y que estamos comercializando, basada sobre una tecnología innovadora denominada Plasma Hidro-Gasificación Catalítica (HGCP), logra de una forma económica, la oxidación parcial del gas de biomasa con vapor de agua, y a la vez añade hidrógeno al gas de síntesis que produce, elevando su contenido energético, aportando así la energía necesaria para que el sistema sea autosuficiente energéticamente.

El gas de síntesis que se obtiene, es un gas de alto contenido energético y con muy bajo contenido de dióxido de carbono y nitrógeno, ideal para usarse en generar electricidad con motores estándar de combustión interna, o bien para convertirlo en un biocombustible líquido.

Los orígenes del proceso de obtener gas de síntesis datan del año 1923. Durante la segunda guerra mundial, el ejército Alemán lo utilizó para suplir el acceso a fuentes exteriores de petróleo, y también porque el país producía mucho carbón convertible en gas de síntesis.

Las innovaciones aportadas por BluePlasma Power S.L. al proceso, consistentes principalmente a la introducción del plasma en el proceso de gasificación y a la utilización de la nanotecnología aplicada a los catalizadores, han conseguido de forma eficiente y económica la producción de un combustible sintético, que con los aditivos apropiados para cada caso, puede reemplazar 100% el combustible de material fósil como la gasolina y el diesel, sin modificar los motores convencionales y sin añadirle aditivos, es mezclable directamente con gasolina o diesel hasta en un 20% sin afectar su rendimiento.

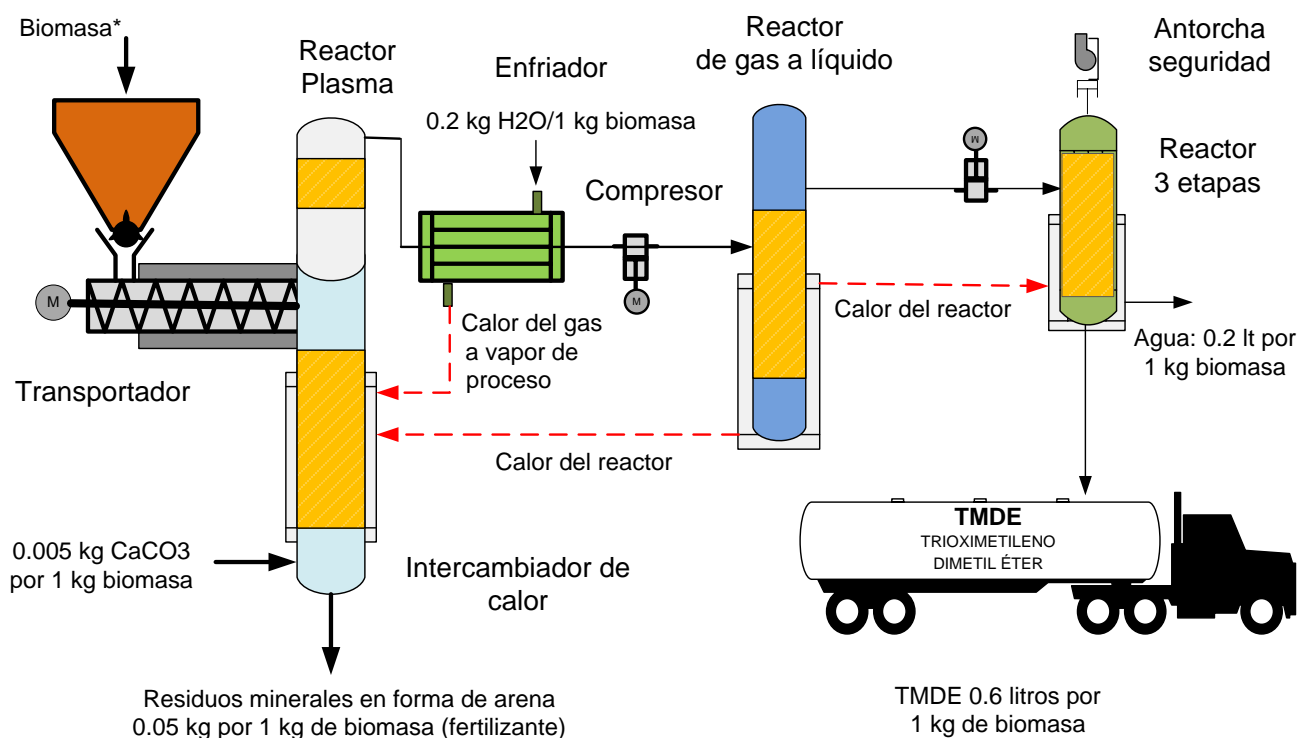
Con la tecnología BPP, de 1 kg de biomasa se puede producir 0.6 lt de biocombustible líquido limpio denominado trioximetileno dimetil éter, en adelante TMDE cuya fórmula química es: $\text{CH}_3\text{O}(\text{CH}_2\text{O})_3\text{CH}_3$.

Esto proceso supera los actuales sistemas convencionales de producir gasolina o diesel sintético, que logran producir solamente 0.25 lt por cada kg de biomasa agrícola.

DE BIOMASA AGRÍCOLA A BIOCOMBUSTIBLE LÍQUIDO (TMDE)

Apto para mezclar al 20% con gasolina o diesel

FLUJO DEL PROCESO BPP SIMPLIFICADO



* La biomasa puede ser desecho agrícola o animal, residuo sólido urbano, aceite usado, disolventes, neumático de coche, cultivo energético, micro-alga, serrín de madera y residuos petroleros.

Primera Etapa: Gasificación

La biomasa triturada desde el silo cae por gravedad a una tolva dotada de un tornillo transportador. La tolva posee una entrada para incorporar un aditivo a la biomasa, carbonato de calcio, que se utiliza para capturar los ácidos presentes en la biomasa y convertirlos principalmente en sulfato o cloruro de calcio, evitando así la formación de dioxinas o furanos en el gas de síntesis.

En el tornillo transportador, gracias al intercambiador del calor recuperado de los varios procesos de la planta, se produce el secado de la biomasa e inicia el proceso de pirolisis. Los productos generados en esta fase pasan al gasificador catalítico de lecho fluido circulante, para lograr pureza en el gas final de síntesis.

En el gasificador catalítico se inicia el proceso de oxidación parcial de los productos de pirolisis con vapor de agua, generado con el calor producido durante la fase final del proceso que tiene lugar en el reactor de plasma. El gasificador catalítico posee una doble chaqueta para recuperar el calor y transmitirlo a la biomasa entrante. También posee una salida para canalizar y expulsar controladamente los minerales presentes en la biomasa que reaccionan con la cal formando compuestos sólidos en forma de arena.

Después de la gasificación catalítica, el gas de síntesis junto con las moléculas pesadas y los alquitranes, pasan por el reactor de plasma, que se encarga de la disociación termo física de las moléculas pesadas y de la oxidación parcial de sus componentes con el vapor de agua, para dar como resultado un gas de síntesis compuesto principalmente de hidrógeno y monóxido de carbono en su gran mayoría.

Segunda Etapa: Licuefacción

El gas de síntesis resultante es enfriado y al mismo tiempo se recupera este calor para generar el vapor de agua que se utiliza en la etapa de gasificación; posteriormente se acondiciona a los requerimientos de presión y temperatura necesarios para el proceso de licuefacción que, en presencia de unos determinados catalíticos, convierte el gas de síntesis a un producto intermedio en estado líquido.

El reactor posee una antorcha de seguridad que se activa en caso de una sobreproducción de gas o un exceso de temperatura.

Tercera Etapa: Producción TMDE

La unidad está compuesta por un reactor de tres etapas. En la primera etapa el gas licuado, en presencia de unos determinados catalizadores y a unas determinadas condiciones de presión y temperatura, se oxida parcialmente para dar un segundo producto intermedio.

En la segunda etapa los productos intermedios generados en la primera etapa vienen enfriados y pasan en un segundo reactor para darle las condiciones requeridas por la siguiente etapa, donde también se realiza la separación del agua formada en la fase de enfriamiento, la cual se recupera y se utiliza en la etapa de gasificación.

En la tercera etapa este segundo producto intermedio es enfriado y posteriormente acondicionado a la presión y temperatura requerida por el reactor que, en presencia de unos determinados catalizadores, reacciona para convertirse en el producto final TMDE.

Una parte de la energía térmica generada en los procesos de conversión del gas a biocombustible líquido, es utilizada en el reactor de tres etapas y otra parte está disponible para ser aprovechada en procesos de baja temperatura como el de calefacción y/o refrigeración.

De una forma resumida y expresada en lenguaje químico convencional podemos resumir las etapas de la siguiente manera:

1era etapa:	2da etapa	3era etapa
Biomasa → CO+H ₂ +C _n H _x → CO+2H ₂	CO+2H ₂ → CH ₃ OH	CH ₃ OH → CH ₃ O(CH ₂ O) ₃ CH ₃




¿Qué puedo utilizar?

Las materias primas que se pueden utilizar con esta tecnología son muy variadas tanto en sus características físicas como químicas, en estado puro o en mezcla. Las fuentes de biomasa las podríamos agrupar en **cinco tipos diferentes**:

1. **Los residuos industriales** derivados de la producción industrial como son los de la industria alimentaria, de la manufacturación de madera y de la industria papelera.
2. **Los residuos agro-ganaderos** derivados de las industrias agrícolas, como poda y rastrojos, y de la ganadería como los purines y estiércoles de animales.
3. **Los residuos forestales** que se obtienen de las podas y de la limpieza de las explotaciones forestales.
4. **Los residuos urbanos** que se originan en los núcleos de población como consecuencia de la actividad del hombre. Se clasifican en dos grupos:
 - 4.1 Los residuos sólidos urbanos (RSU).
 - 4.2 las aguas residuales urbanas (ARU).
5. **Los cultivos energéticos**, plantaciones de árboles o plantas destinadas únicamente a la obtención de energías u otras sustancias combustibles. Se suelen distinguir entre cultivos productores de biomasa ligno-celulósica, básicamente cultivos de chopo, eucaliptos y sorgo, y cultivos de semillas oleaginosas, básicamente cultivos de colza, soja y girasoles destinados a la obtención de aceites vegetales aptos para ser usados como biocombustibles.

A parte de la biomasa anteriormente mencionada, con las oportunas modificaciones necesarias a cada caso, se pueden también utilizar residuos peligrosos y de la industria química, como aceites usados, papel y plásticos reciclados, disolventes químicos, neumáticos fuera de uso (hule), carbón y residuos petroleros.

La versión estándar del gasificador admite biomasa con las siguientes características:

-  Biomasa con Granulometría inferior a 10 mm.
-  Biomasa con Humedades máximas del 40%.
-  Biomasa con densidad superior a 500 Kg/m³.

Para biomasa con características diferentes a la arriba descrita, es necesario un tratamiento previo y/o modificaciones al equipo estándar que se evaluarán para cada caso.

En la siguiente tabla se resumen las características principales de una planta de 300 lt-hr usando astilla de madera y sus parámetros de operación.

Gasificación y Generación Eléctrica de Auto-consumo	
Tipo de gasificador	Hidro Catalítica con Plasma
Caudal syngas Nm ³ /lt	4.00 – 4.33
Composición del syngas (%) volumen	CO 35-45%; H ₂ 45-55%; CO ₂ 5-7%; N ₂ 1-3%; O ₂ 1-2%; CH ₄ 0.5-1.5%
PCI syngas Kwh/Nm ³	3.0 - 3.5
Temperatura de operación (°C)	1.200
Tipos de biomazas utilizables	Astilla de Madera – PCI: 4.5 Kwh/ kg
Consumo biomasa Kg/h	600 - incluye biomasa de autoconsumo
Humedad máxima de la biomasa (%)masa	20-30
Granulometría de la biomasa (mm)	10 diámetro o longitud máxima de la partícula
Rendimiento Térmico (%)	80
Agente gasificante	Vapor de agua
Caudal agente gasificante (%) masa	20 – (120 l/h incluye autoconsumo eléctrico)
Caudal de Catalizador CaCO ₃ (%) masa	0.5 – (3.0 Kg/h incluye autoconsumo eléctrico)
Residuos minerales generados (%) masa	5 – (30 Kg/h incluye autoconsumo eléctrico)
Producción de Biocombustible Líquido TMDE	
Capacidad neta en lt/hr	300
Horas de funcionamiento anual	7.600
Producción anual en lt/año	2.280.000
Rendimiento neto post auto-consumo: lt/kg	0,5
Potencia Térmica aprovechable Kwht	200 del motor + 1300 de los reactores
Temperatura Máxima Fluido ° C	90
Producción Térmica neta anual Mwht	11.4
Motor-generator Autoconsumo kwe	200
Operación y Mantenimiento	
Personal por turno	2
Coste promedio de Mantenimiento €/lt	0.105 - incluye catalíticos
Dimensiones Planta	
Dimensiones equipo (m)	5 X 12 X 4 (ancho x largo x alto)
Emisiones	
Acústicas en Db	78
Atmosféricas NO _x (mg/Nm ³)	Menor a 68
Atmosféricas CO (PPM)	Menor a 900
Atmosféricas SO ₂ (PPM)	Menor a 10
Partículas dioxinas y furanes (PPM)	No detectables

Los requerimientos aproximados de consumos y residuos generados se indican en las siguientes tablas para los diferentes tamaños de plantas que comercializamos, con diferentes materias primas utilizadas.

Con astilla/desecho agrícola: Humedad: 20% - PCI 4.5 Kwh/kg;				Rendimiento: 0,60		lt/kg	
Unidades Estándar LT-HR neto Dimensiones (m) y operarios/turno	Consumo de cal (CaCO3) kg-hr	Consumo de Agua lt al iniciar lt-hr proceso	Residuos Arena Mineral kg-hr	Consumo Astilla kg-hr	Energía Térmica 90 C kwht	Energía para iniciar (kwe) Energía proceso (kwh)	Espacio de Operación en m2
60 3A X 8L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	0,5	20 0	5	100	300	40 40	200
300 5A X 12L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	2,5	100 0	25	500	1.500	200 200	300
750 7AX 15L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	6,3	250 0	63	1.250	3.750	500 500	400
1.500 10A X 20L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	12,5	500 0	125	2.500	7.500	1.000 1.000	600
% sobre kg de materia prima:	0,5%	20,0%	5,0%	N/A	N/A	N/A	N/A

El espacio de operación no incluye stock para materia prima. * El equipo no incluye, tanques ni nave.

Con combustible derivado de residuos urbanos (CDR): Humedad: 30% - PCI 2.1 Kwh/kg;				0,23		lt/kg	
Unidades Estándar LT-HR neto Dimensión(m) y operarios/turno	Consumo de cal (CaCO3) kg-hr	Consumo de Agua lt al iniciar lt-hr proceso	Residuos Arena Mineral kg-hr	Consumo RSU kg-hr	Energía Térmica 90 C kwht	Energía para iniciar (kwe) Energía proceso (kwh)	Espacio de Operación en m2
60 3A X 8L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	1,5	13 -7	10	257	300	103 103	200
300 5A X 12L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	7,7	64 -36	48	1.286	1.500	514 514	300
750 7AX 15L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	19,3	161 -89	119	3.214	3.750	1.286 1.286	400
1.500 10A X 20L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	38,6	321 -179	238	6.429	7.500	2.571 2.571	600
% sobre kg de materia prima:	0,6%	5,0%	3,7%	N/A	N/A	N/A	N/A

El espacio de operación no incluye stock para materia prima. * El equipo no incluye, tanques ni nave.

Nota: El signo “-“en la tabla del consumo de agua para el proceso indica que se produce un exceso de agua que se tiene que gestionar.

Con carbón mineral (antracita): Humedad: 3% - PCI 8.5 Kwh/kg;				Rendimiento: 0,76		lt/kg	
Unidades Estándar LT-HR neto Dimensión(m) y operarios/turno	Consumo de cal (CaCO3) kg-hr	Consumo de Agua lt al iniciar lt-hr proceso	Residuos Arena Mineral kg-hr	Consumo Carbón Mineral kg-hr	Energía Térmica 90 C kwht	Energía para iniciar (kwe) Energía proceso (kwh)	Espacio de Operación en m2
60 3A X 8L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	2	409 389	22	79	300	32 32	200
300 5A X 12L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	12	2.045 1.945	111	397	1.500	159 159	300
750 7AX 15L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	30	5.112 4.862	278	993	3.750	397 397	400
1.500 10A X 20L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	60	10.224 9.724	556	1.985	7.500	794 794	600
% sobre kg de materia prima:	3%	515%	28%	N/A	N/A	N/A	N/A

El espacio de operación no incluye stock para materia prima. * El equipo no incluye, tanques ni nave.

Con aceite usado: Humedad: 5% - PCI 10.2 Kwh/kg				Rendimiento: 1,36		lt/kg	
Unidades Estándar LT-HR neto Dimensión(m) y operarios/turno	Consumo de cal (CaCO3) kg-hr	Consumo de Agua lt al iniciar lt-hr proceso	Residuos Arena Mineral kg-hr	Consumo Aceite Usado kg-hr	Energía Térmica 90 C kwht	Energía para iniciar (kwe) Energía proceso (kwh)	Espacio de Operación en m2
60 3A X 8L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	3	40 20	4	44	300	18 18	200
300 5A X 12L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	13	199 99	20	221	1.500	88 88	300
750 7AX 15L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	33	496 246	50	551	3.750	221 221	400
1.500 10A X 20L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	66	993 493	99	1.103	7.500	441 441	600
% sobre kg de materia prima:	6%	90%	9%	N/A	N/A	N/A	N/A

El espacio de operación no incluye stock para materia prima. * El equipo no incluye, tanques ni nave.

Con neumático de ruedas para coche: Humedad: 2% - PCI 9.3 Kwh/kg Rendimiento: 1,24 lt/kg							
Unidades Estándar LT-HR neto Dimensión(m) y operarios/turno	Consumo de cal (CaCO3) kg-hr	Consumo de Agua lt al iniciar lt-hr proceso	Residuos Arena Mineral kg-hr	Consumo Neumático kg-hr	Energía Térmica 90 C kwht	Energía para iniciar (kwe) Energía proceso (kwh)	Espacio de Operación en m2
60 3A X 8L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	3	40 20	5	48	300	19 19	200
300 5A X 12L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	15	201 101	24	242	1.500	97 97	300
750 7A X 15L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	36	502 252	60	605	3.750	242 242	400
1.500 10A X 20L X 4 ALTO; OPERARIOS: 2	73	1.004 504	121	1.210	7.500	484 484	600
% sobre kg de materia prima:	6%	83%	10%	N/A	N/A	N/A	N/A

El espacio de operación no incluye stock para materia prima. * El equipo no incluye, tanques ni nave.

El Mercado

El TMDE actualmente es utilizado como aditivo a la gasolina y el diesel en un porcentaje variable según el país considerado. En Europa el porcentaje de uso de biocombustible en mezcla con hidrocarburos convencionales para el transporte es del 10% y existe un compromiso de llegar a ser el 20% para el año 2020. En Estados Unidos de América y Japón este porcentaje es similar.

En este mercado el TMDE compite principalmente con el Etil Tert-Butil Éter (ETBE) que se fabrica a partir de etanol e isobutileno, subproducto del refinado del petróleo. El ETBE es un aditivo que se adiciona a las gasolinas para elevar el octanaje y generar gases de emisión más limpios. Gran parte de la producción de bioetanol se destina a producir etil-tert-butil éter. Debido a la escasez mundial del subproducto isobutileno, procedente de las refinadoras de petróleo, la demanda de este producto no está completamente satisfecha.

Existen otras competencias como el metil tert butil éter (MTBE) pero se está prohibiendo por problemas medioambientales, al contaminar aguas subterráneas, el tert amil metil éter (TAME) y el disopropil éter (DIPE) pero no son tan populares por ser de mayor precio al del ETBE.

Las principales ventajas del TMDE:

- ✿ En mezcla con gasolina o diesel, hace que se generen emisiones limpias en la combustión.
- ✿ Contribuye a mantener estables las mezclas de bioetanol con combustibles de petróleo como gasolina, diesel y biodiesel, formando una sola fase líquida aunque existan residuos de agua presentes.
- ✿ Tiende a mantener la potencia usual del motor.
- ✿ Sin aditivos y sin modificar motores convencionales, puede usarse puro o en mezclas con etanol, hasta en un 20% v/v en gasolina o en diesel.
- ✿ El TMDE, con los aditivos adecuados, puede operar sin combustible fósil, sustituyendo así la gasolina o el diesel.
- ✿ La composición/calidad de TMDE generado es constante con independencia de la composición inicial de la biomasa utilizada para generarlo, gracias al sistema automático acoplado al analizador de gases que controla la planta para que cualquier biomasa aunque tenga diferente grado de humedad, composición y contenido calórico, el gas de síntesis generado siempre alimente al sistema con la misma eficiencia y sin intervención humana.

La fabricación del TMDE es industrialmente conocida, sin embargo, el TMDE no está presente en el mercado debido a su elevado coste de fabricación con las actuales tecnologías utilizadas. Se estima vender el MTDE a 0.80€/kg, lo que implica un precio 28% inferior al de la principal competencia.

Al 1 de enero del 2012, el precio FOB del ETBE para Europa, publicado por "ICIS pricing", fue de 1.11 euro por kg mientras que el coste total del MTDE es de 0,50 €/kg utilizando una planta de 1.000 kg/h, consumiendo materia prima desecho agrícola a un costo de 40 euros la tonelada métrica, amortizando el equipo a 15 años, operando con 10 operarios en nave alquilada y un mantenimiento/consumibles de acuerdo a lo recomendado por los fabricantes de los diferentes equipos que se utilizan.

A continuación se presentan los resultados de unos test realizados por la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE) y del Instituto Nacional de Aprendizaje de Costa Rica

Bio-TMDE TEST RESULTS AND TECHNICAL DATA

Specifications of 30% bio-TMDE with Gasoline: 90 octane (RON) and LHV 12.2 kwh/kg.

Color	None	Solubility (in water % weight)	21
Density Gr/ccm	0.77	Corrosion (on copper strip, class 1)	A
Vapor pressure KPa	60	Combustion efficiency (%) kWh in / kWh out	45
Gums	None	Lead	None
Sulfur	None	RON (Octane)	95
Flash point Celsius grade	12	Distillation (in Celsius grade)	
Heat of combustion kwh/kg	11.7	10% Recovered	42
Air fuel ratio	14	50% Recovered	64 to 135
Inflammability % in air	10%	90% Recovered	135 to 150
Solubility in hydrocarbons	Infinite	Residue	None

Specifications of 30% BIOTMDE with Diesel: 52 CETANE with LHV 13.1 kwh/kg.

Gums	None		
CETANE	51	Flash point C	55
Sulfur (mg/kg)	5	Opacity (more, less or equal to standard)	50% less
Viscosity (mm ² /s)	2	Combustion efficiency (%) kWh in/net kWh out)	46

En las Tablas que siguen se resume el comportamiento en motores de Gasolina y Diesel del TMDE puro y en mezcla con gasolina y diesel en diferentes porcentajes.

