

# ECONOMÍA E INGENIERÍA PARA BIOREFINERÍAS INTEGRADAS:

las expectativas del inversionista

## ECONOMICS AND ENGINEERING FOR INTEGRATED BIOREFINERIES:

The Investor's Expectation

### AUTOR



**Lawrence D. Sullivan**

Director de Desarrollo de Negocios  
Biodiésel y Diésel Renovable  
Delta-T Corporation  
Estados Unidos  
lsullivan@deltacorp.com

### Palabras CLAVE

Biorefinerías integradas,  
biodiésel, diésel renovable,  
derivados de materiales  
vegetales y animales,  
retorno del capital invertido,  
control de calidad.

Integrated BioRefineries,  
biodiésel, renewable diesel,  
derived from vegetable and  
animal, returns on capital  
employed, quality controls.

Editado por Fedepalma.

### RESUMEN

Los cambios en la regulación de Estados Unidos con relación al biodiésel y al diésel renovable apuntan a un mercado mucho más grande que el esperado para los productos derivados de materiales vegetales y animales. Las instalaciones integradas de procesamiento presentan las mayores utilidades y el gran potencial de las biorefinerías le permite a los dueños y a los operadores disfrutar de un retorno del capital invertido de más de 15% con inversiones a largo plazo. Este documento aborda las tecnologías empleadas existentes, las nuevas tecnologías y los costos de operación de la planta. Analiza los costos de capital con una mirada hacia mayores volúmenes en plantas de bajo costo. De igual modo, se analiza la penetración total del mercado para el biodiésel y el diésel renovable y concluye con una sección sobre pureza y control de calidad.

### SUMMARY

The changes in the US laws regarding biodiésel and renewable diésel point to a larger market for products derived from vegetable and animal materials than expected. Integrated processing facilities yield the higher returns and potentials for biorefineries allow owners and operators to enjoy returns on capital employed in excess of 15% in long term investments. Presentation covers technologies currently used, new technologies and plant operational costs. Capital costs are examined with an eye towards higher volumes in lower cost plants. Total market penetration for biodiésel and renewable diésel are discussed with final section on purity and quality controls.

## ¿QUÉ ES LA COMPAÑÍA DELTA T?

Esta presentación aborda el punto de vista del inversionista sobre la industria del biodiésel y diésel. La compañía Delta T es responsable de la factibilidad de la extracción integrada de oleaginosas y grasa animal, y también del diseño de plantas de etanol y el desarrollo de productos de diésel renovable. Además está involucrada con el proyecto de factibilidad y demostración para la planeación de biorefinerías capaces de producir estos productos renovables.

En esta intervención me enfocaré en la fracción de diésel y no de la gasolina, y asimismo se hará referencia a las instalaciones integradas y a la integración vertical, que sirve para una mayor interacción en la producción de biodiésel o bioquímicos. El petróleo también es una industria de interacción vertical.

En Estados Unidos existen tres compañías que han construido las plantas más grandes de etanol: una en Minesota, la Browing de Iowa y la Delta T de Virginia. No somos los dueños de la planta de etanol, sino los constructores del diseño y construcción, es decir, la parte de ingeniería con pre-construcción, somos un proveedor libre, que significa la introducción de la parte molecular que deshidrata el etanol, lo que ha revolucionado la industria de etanol desde hace cerca de 15 años.

En las instalaciones normales el etanol lleva 5% de agua y 95% de etanol, entonces los años ochenta en la primera generación resultaba muy costoso extraer el agua. La compañía diseñó una tecnología para purificar el etanol pasándolo por un dispositivo molecular, como una especie de tamiz molecular.

Delta T también es la compañía que tiene la mayor oportunidad y desarrollo de negocios fuera de Estados Unidos, en tanto las otras dos lo han hecho en el mismo país. Delta T ha hecho construcciones en China, Suramérica y Europa. Tiene más de 20 años de experiencia, 50 ingenieros en el *staff* y más de 100 proyectos de plantas de etanol. Fue fundada en Carolina del Norte.

De igual modo provee diseños de etanol para la industria petrolera, porque como se sabe las

compañías petroleras fabrican etanol sintético. Se trabaja también en muchas otras industrias como deshidratación y con la de alimentos y bebidas en el proceso de deshidratación incluyendo niveles de 1 ppm de agua e inclusive para la de cosméticos, pero sin duda el etanol para la gasolina ha sido el proyecto más grande en el que se ha participado. Mi función consiste en mirar las nuevas tecnologías que cumplan con los estándares ASTM, procesamiento de precisión y alta pureza.

## COMPORTAMIENTO DEL BIODIÉSEL EN ESTADOS UNIDOS Y EUROPA

Al respecto hay unas definiciones muy estrictas y en Estados Unidos se tienen los estándares ASTM que es la sociedad americana de materiales y pruebas, es la D6751 y los europeos los han puesto bajo la denominación CEN14214. Esta es una definición bastante larga porque es mono-alkyl éster con una larga cadena de ácidos grasos y se puede producir material cetano, se puede hidropresar o hacer un hydrocracking.

En Estados Unidos cuando el Presidente Bush firmó la ley de política energética, incluyó una sección, la 1346, que permite la despolimerización térmica, es una expresión bastante larga y fue incluida por una compañía que había construido una planta con Conagro para coger la grasa animal, la proteína, los desechos animales procesarlos y convertirlos en un aceite con alto contenido de cetano. Este proceso lo llamaron despolimerización térmica, que permite una tecnología alternativa a la del metiléster y se reciben todos los beneficios tributarios, en Europa también se han adoptado estas medidas.

En Estados Unidos el 70% de las grasas provienen de los vegetales y el material que queda, la torta, se le da a los animales y en el procesamiento se obtiene 31% de grasa animal. Entre el país del norte y Canadá se producen 13 millones de toneladas de aceite y 6 millones de grasa animal por año, el salto está en el aceite de desecho, porque su origen está en el aceite vegetal hidrogenizado que va al mercado y luego regresa o sea que en total son cerca de 20 millones de toneladas. Se dice que un tercio de este aceite está disponible para biodiésel. Muchos gobiernos han

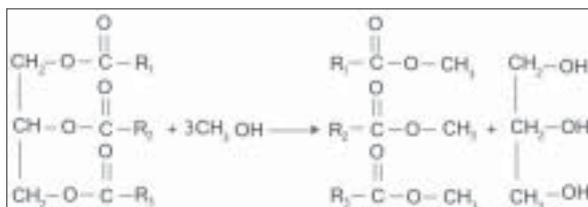


obligado el uso del contenido renovable en los combustibles existentes de transporte para reducir la importación de los productos de petróleo.

Con respecto a las reacciones básicas: es una reacción química y la relación es de tres a uno de metanol a los triglicéridos, la palabra más común es un lípido que produce tres ésteres metil y una glicerina (Figura 1).

El hydrocracking es horizontal sin metanol y los biodiésel son verticales con alcoholysis, o sea si se hace así, horizontal con el hydrocracking no se va a obtener la glicerina y tendrá tres moléculas efectivas creadas por este proceso. Por el eje vertical se coge el triglicérido con el metanol y se obtiene el resultado de la Figura 1. En este caso el biodiésel sería de mil kilogramos de aceite de soya, 96 kilogramos de metanol y se obtiene un ligero aumento, la densidad varía, así que se tiene un aumento de 005, 125 kilogramos de glicerina cruda y en la mayoría de los procesos éstos contienen la glicerina activa y 15% del subproducto de la reacción. El proceso puede ser con un catalizador homogéneo o con uno heterogéneo y los *inputs* de energía pueden ser altos o bajos y se puede refinar la glicerina.

He estado involucrado con este diseño durante muchos años y en este caso se usó 15% de la fracción de agua en la glicerina más las grasas y el material de desecho para sacar de la planta el material de desecho o sea que se tiene un permiso de cero descarga. Estas son como una especie de economías falsas porque la planta supuestamente es de cero descarga, mientras que el agua sale como un producto comercial y éste llega casi a los niveles de los precios de los combustibles, más o menos de 40 a 80 dólares por tonelada, o sea que algunas plantas inclusive queman la glicerina porque la distancia que tienen que recorrer con este producto es



**Figura 1.** Reacción química de metanol y triglicéridos.

demasiado grande y el transporte destruye el valor.

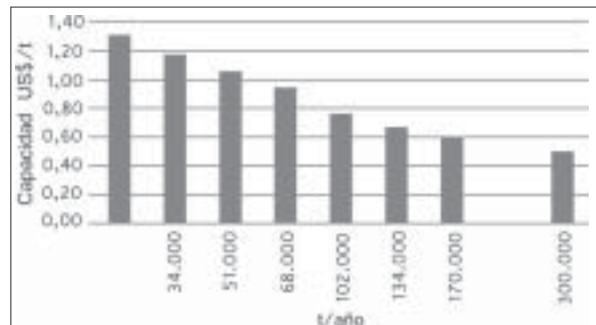
Existe por ejemplo una planta en Minesota con una capacidad de mil toneladas al año, que costó 26 millones de dólares. Es el caso típico de una planta que se denomina “por sí sola”, expresión en inglés que se utiliza para referirse a “campo verde” o “*clean field*”. En este caso el metiléster y la glicerina producida son transportados con carbón o sea que es una instalación “por sí sola”, es un modelo utilizado para el biodiésel.

A continuación en la Figura 2 se presentan algunas cifras económicas que muestran una instalación “por sí sola”:

Estas son las plantas actuales en Estados Unidos en términos de tamaño: 34.000 toneladas, que produce 1,20 dólar por tonelada, porque es una planta piloto que obviamente se hizo con dineros de investigación y dentro de esta gama hay muchas otras por el estilo. Estas plantas son autosuficientes y muy completas.

## TIPOS DE NEGOCIOS Y DE BIODIÉSEL

A continuación se presenta un modelo de negocios diferente para el biodiésel en Estados Unidos. Se trata de una planta de biodiésel y de extracción de aceite integrada, se recibe la soya, se prepara, se tritura, se extrae, se seca y el aceite llega a esta planta, que ya no está “por sí sola” porque tiene integración: el vapor, el agua procesada, el agua de desecho y el nitrógeno se traen a la planta y por ello el costo de construcción de esta planta puede ser de 20 ó 30% menor que la de Minesota, porque en este caso se trata de un proceso integrado y se comparten las instalaciones.



**Figura 2.** Precio en dólares para el estándar actual de las plantas “por sí solas”.

<b>Tabla 1. Costos de plantas convencionales de biodiésel capacidad de 100.000 t/año</b>							
Producto	US\$ /lb	US\$ /galón	US\$ kg	Unidad	Notas	US\$ /lb	US\$ /t
Materia prima	\$ 0,25	\$ 1,90	\$ 0,55		99,9% puro	\$ 0,250	\$ 551,25
Metanol (99,9%)	\$ 0,29	\$ 1,78	\$ 0,65			\$ 0,011	\$ 24,08
Catalizador (25% MeOH)	\$ 0,61	\$ 4,81	\$ 1,35			\$ 0,024	\$ 53,80
NaOH (50% Activo)	\$ 0,15	\$ 1,91	\$ 0,33			\$ 0,001	\$ 1,65
HCl (37% Activo)	\$ 0,05	\$ 0,50	\$ 0,11			\$ 0,001	\$ 2,76
Subtotal Químicos						\$ 0,287	\$ 633,54
Vapor LP				lbs	US\$/t		
Agua de proceso				galones	US\$/t		
Agua enfriada				galones	US\$/t		
Nitrógeno				lbs	US\$/t		
Electricidad				KW/h	US\$0,05/KWh	\$ 0,0004	
Subtotal proceso							
Depreciación de planta	\$ 0,010	\$ 0,07				\$ 0,010	\$ 21,29
Recuperación de capital de planta	\$ -					\$ -	\$ -
Laboratorio O&M, QA/QC	\$ 0,008	\$ 0,06				\$ 0,008	\$ 18,25
Mano de obra	\$ 0,008	\$ 0,06				\$ 0,008	\$ 18,25
Costos totales operacionales de planta						\$ 0,314	\$ 691,33

En la Tabla 1 se presenta el modelo de una planta biodiésel convencional en cuanto se refiere a una tecnología de primera generación.

Básicamente se tienen los dólares por libra y por galón, 12 dólares por kilogramo y 550 dólares por tonelada lo que representa 25 centavos de dólar por libra. En tanto en una instalación integrada a lo mejor no tendrá ese mismo precio comercial, sino que podrá ser menor porque se transfiere el aceite de la extracción del aceite de soya o aceite de palma hasta la instalación de biodiésel y esta es una transacción comercial que no se ve reflejada en el mercado o en la Bolsa de Chicago. Existen un costo eléctrico y de agua muy pequeños. Se debe agregar la depreciación de la planta. Se dejó por fuera la recuperación de la misma.

También se dejó por fuera la recuperación de capital porque algunas personas en el negocio del biodiésel hasta ahora construyen su propia planta con sus propios recursos y no tienen una estructura de capital o deuda, y no tienen que pagarle nada al banco o a otros inversionistas. Debido a la ley, en la actualidad en Estados Unidos cualquier construcción que pase de un millón de dólares debe ser certificada y sellada para la aprobación del gobierno. Pero en el caso de esta industria hay

rentabilidades altas que justifican este tipo de inversiones. El producto se termina en el país del norte en 691,33 dólares por tonelada y se vende con facilidad en Ámsterdam o Róterdam en 1.050 dólares.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos es la encargada de llegar a un estándar de renovación, hay una asociación o una junta de biodiésel y obviamente está también la RFA que es la Asociación renovable. El diésel se está considerando no solo como metiléster, sino como grasa, líquidos y diésel hydrocraqueados. Hace parte de una familia de diésel alternativos. Hay una familia de diésel bajo la WWF (World Wildlife Fund. Inc. ) y los metilésteres deben limitarse a 5% mundialmente, y lo ven como un paso intermedio hacia los procesos ya más altos de carbón a líquido y gas a líquido: Estados Unidos en la actualidad está entrando en el diésel de muy bajo contenido de azufre, menos del 15 PPM.

En efecto hay muchos tipos de biodiésel, incluso el de aceite vegetal o animal no recibirá el crédito total o impositivo, esa es una carga valiosa para el gobierno que no quiere que se tenga un crédito completo, es la diferencia entre el material "virgen" o "crudo" y los aceites vegetales usados.



## EXPECTATIVAS DEL NEGOCIO

Ahora bien ¿qué clase de capital y de expectativas hay en esta industria y en el negocio? En la extracción de oleaginosas, de soya o palma de aceite se tiene un rendimiento anual de menos del 5% y las pocas pérdidas que se producen se emplean en la elaboración de tortas o harinas. En Estados Unidos en la mayoría de los casos la soya no se hace por el aceite sino por la harina o la torta, que es excelente como alimento para animales. Estas plantas son reconocidas como seguras para alimento parte de la Gras, FDA, EPA y la Osha, que es la agencia de seguridad del Gobierno Federal. Estas agencias federales operan con una rigurosa revisión regulatoria.

Las nuevas plantas pueden procesar muy altos volúmenes, pero las tecnologías, menos la de hexano, son poco económicas, así que estas plantas de hexano se están construyendo pero no en Estados Unidos, sino en Argentina, Brasil y China.

La producción de biodiésel de cierta manera puede desacelerar este movimiento de ubicación en otras partes para la extracción con hexano. La razón es que la historia de las emisiones del hexano al aire nunca han sido buenas, así que al gobierno no le gusta tener ese estilo de plantas, pero al aumentar el biodiésel en Estados Unidos es posible que se tengan que construir más plantas de este tipo.

Dos tipos de plantas de trituración han tenido éxito en el país del norte: aquellas que tienen producción de más de 4.000 toneladas diarias o las que geográficamente están aisladas y protegidas en cerca de 2.000 toneladas diarias. En la actualidad es el caso del fríjol de soya en la Bolsa de Chicago. Si al fríjol de soya se le suma aceite y harina pasa de 580 a 640, para un mejoramiento de 10,5%, con un retorno histórico sobre capital en esta industria de 6,5% desde 1980 hasta 2005.

Esta no es una industria atractiva, la extracción del aceite a partir de las semillas ha sido del dominio de grandes compañías en Estados Unidos porque es una industria que viene y va y tiene picos altos y bajos. La imagen de la industria de la trituración no es atractiva para invertir y por lo general lo hacen las corporaciones industriales mas no las

cooperativas. La situación económica en cifras es la siguiente:

2,000 toneladas al día	90 kilómetros, 35% de la tierra en cultivos
3,000 toneladas al día	110 kilómetros, 35% de la tierra en cultivos
3,500 toneladas al día	130 kilómetros, 35% de la tierra en cultivos

## LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

En cuanto al biodiésel se han previsto 300 millones de galones para 2010. De ahí que la industria ha ido en pos de estas expectativas gracias a las ventajas tributarias dadas por el Gobierno Federal a 50 Estados.

Cuando se trata de obtener un permiso para estas plantas las agencias del gobierno o de seguros no las ven como plantas de biodiésel sino de metanol, clase 1, división 2, sin embargo, básicamente son las plantas mejor calificadas y más aptas para seguridad. Cada proceso de la planta tiene que estar diseñado alrededor de la seguridad, porque en esta industria ha habido muchos accidentes en plantas mal diseñadas.

También se ha avanzado mucho en cuanto a la evolución de la tecnología: la esterificación de las grasas que tienen un alto FFA o la transesterificación utilizando en este caso el metilato de sodio como un catalizador homogéneo, son grandes avances en este campo, sumados a que estas plantas agregan un mejoramiento para purificar el metiléster. La segunda generación es el mismo catalizador homogéneo, metilato de sodio, pero de alta pureza de filtración y lechos de resina en el diseño o sea correspondería a remodelación de la primera generación. Los nuevos estándares de la STF requieren de una alta pureza.

Es difícil reconocerlo pero ahora se están viendo los problemas que traen el mal diseño de muchas plantas de biodiésel en Estados Unidos por causa de una mala ingeniería y una deficiente construcción.

La verdadera segunda generación corresponde a IFPA Axens en Francia, que construyen su primera planta en Estados Unidos y con buenas opciones en ciertas áreas. Se trata de un catalizador heterogéneo de lecho fijo. Este diseño tiene la misma transes-

terificación del metiléster pero la glicerina que sale de la planta es pura, no tiene agua ni tampoco productos residuales, pero el costo de la planta es menor por galón que las de primera generación, pero todavía queda por ver cuánto se va a construir aún, pero en realidad esto es como una planta petroquímica.

Hay además una tercera generación de plantas que corresponde a una entrada de alta energía, a través de corte y turbulencia, que son reacciones en las cuales el aceite y el alcohol se ponen en un reactor, tienen un corte y una energía muy altos y luego se obtiene la separación de biodiésel y glicerina.

Biox una compañía en Canadá disuelve el alcohol y el aceite en un solvente mutuo y de esta manera se acelera la reacción.

Asimismo se tiene el hydrocracking, la despolimerización térmica. La primera planta de línea es la de ConAgra, los canadienses han diseñado otra en Finlandia y BP ha construido una de estas plantas en Australia y Petrobras tiene una tecnología similar. En último lugar aunque no menos importante Wolfgang precisó una de estas plantas como una gasificación de biomasa, en la que se hacen reacciones posteriores a alcoholes primarios llamados análogos de diésel que es el proceso de Fischer-Tropsch.

Actividad	Rentabilidad (%)
Venta al por mayor de materias primas agrícolas (estilo de vida)	4,5%
Venta al por mayor de productos agrícolas (extracción de aceite)	6,5%
Venta al por mayor y distribución de petróleo (cadena crítica de suministro)	7,8%
Producción (Refinación de petróleo)	10,7%
Químicos agrícolas y oleaginosas (biodiésel)	11,3%
Químicos industriales, plásticos y sintéticos (Petroquímicos)	12,5%
Químicos especiales (Ej. Lubricantes bioticos)	19,4%
Jabones, limpiadores y productos de tocador	33,7%
Exploración y producción de petróleo ("paretian rent")	0-45%

La rentabilidad del capital empleado se basa en el valor en libros de la entidad (patrimonio) para efectos de declaración de renta y se ve afectada en forma importante por el método contable predominantemente usado dentro de la industria

Fuente: www.BizStats.com 1980-2004

## EXPECTATIVAS DE CAPITAL

Desde el punto de vista de los banqueros ¿qué harían en caso de que fueran propietarios u operadores de una planta?

En caso de la renovación de combustibles hay una similitud, en petroquímica hay tres áreas: la costa del Golfo en Estados Unidos; el Mar del Norte, Ámsterdam y Róterdam, y luego Singapur. Desde 1980 el retorno sobre el capital ha sido de cerca de 10% y con frecuencia se trataba de integrar la carga de la refinación a petroquímicos. Cuando era gerente de CI se consideraba aumentar el valor de la posición de la compañía con gas natural convertido a amoniaco, incluso a metanol, pero se exigía alta rentabilidad para hacer el proyecto. La Tabla 2 explica porque se debe entrar en esta industria.

El refinador, el agricultor, el ganadero comparten un bajo retorno sobre capital, son retornos de extracción y siempre están teniendo las tasas igual, el riesgo es lo que conduce a esto. El supuesto es la base del flujo de caja para la tierra, la agricultura, la ganadería, el aceite del gas, esta extracción es amortizada, la tierra que produce los recursos pasa de generación a generación y si se cuida bien pues tendrá un valor expresado como renta. El biodiésel le agrega valor a esa renta y mejora ese bajo retorno por encima de la extracción aunque por debajo de los químicos especiales, por ello no hay compañías oleoquímicas devolviéndose al biodiésel, pero sí hay agricultores mirando inclinándose hacia el biodiésel.

Componente	Valor (US\$/t)
Grasas y aceites de materia prima	US\$ 185
Hidrógeno	US\$ 37
Vapor	US\$ 10
Costos Operacionales	US\$ 23
Recuperación de capital	US\$ 53
Regalía	US\$ 13
Costos	US\$ 321
Crédito tributario Sección 1346	(US\$ 245)

Costo de US\$ 76/tonelada después de mezclar en refinación o dentro del equipo de refinación como un componente del diésel. Esto se compara con S VGO API 2% de 19º típico para productos diésel de hidrocracker a US\$ 314/tonelada (reducción de 41% o US\$ 163/tonelada) dependiendo de la edad del hidrocracker (recuperación de capital).



En la Tabla 3 se observan los inventivos y el retorno del biodiésel renovado.

Las compañías de petróleo están muy interesadas en el hydrocracking de aceites vegetales o de grasas animales por la recuperación de capital de la unidad de hydrocracking.

En la actualidad el etanol tiene 102 plantas con aproximadamente unas 30 plantas de producto y en comparación con estas plantas el etanol es un negocio grande con cerca de 152.000 toneladas comparadas con estas pequeñas plantas. Las plantas de etanol son construidas por grandes compañías de ingeniería como Delta T, en tanto el biodiésel se sigue produciendo con la mentalidad de planta pequeña.

## PROS Y CONTRAS DEL BIODIÉSEL

Mientras en Estados Unidos el diésel crece a ritmos del 2,4% por año, la gasolina lo hace a 1,7%, incluso menos, lo que permite presumir que no hay un mercado de trabajo liviano, porque en ese país es poco el uso de diésel comparado con el de Europa que es de cerca del 50%.

El diésel renovable abre la puerta a nuevas tecnologías de biomasa líquida y espacio para ellas de 5 a 10%; otra de las ventajas es que existe crédito si se mezcla biodiésel con petróleo en la planta de Delta T y el aceite de calefacción, que es uno de los mayores mercados en Estados Unidos, además de los camiones que reciben todo el crédito, y este es un mercado grande que empieza a desarrollarse.

Entre los problemas del biodiésel se destaca lo que sucedió en el Estado de Minesota cuando la glicerina se empezó a filtrar con el éster, y por ese

motivo se tuvo que cerrar la planta de biodiésel; otra dificultad es cuando los esteroides no se están sacando y entran en el éster y luego el biodiésel no es estable; y, finalmente, la carga se van a convertir en un problema pues se tienen 2.000 millones de galones de plantas anunciadas con 700 millones de galones, así que Estados Unidos necesita aceite; los incentivos podrían llegar a su fin en 2008; el ACPM podría cambiar y entonces haber muchas plantas obsoletas; no se ha resuelto el problema del hydrocracking, y en California y Texas no les gusta el biodiésel.

En cuanto al desarrollo del mercado, la EPA de Estados Unidos así como su hermana en Europa, la Agencia de Protección Ambiental, señala que en la actualidad el biodiésel ha aumentado en 128 millones de toneladas con un crecimiento del 2% si se tiene trabajo liviano. En Europa las metas son de 5,75%, y en Estados Unidos se busca 5% de contenido renovable en el diésel de petróleo, lo cual representa 14 millones de toneladas, de tal forma que es un mercado que muestra una clara tendencia a crecer.

La situación general del mercado corresponde a 3 millones de toneladas de metilésteres, 4 millones de diésel renovable y el resto es FT diésel de biomasa y petróleo de 95% con un muy bajo nivel de azufre y diésel de carbono o de gas natural.

En conclusión, en el mercado de Estados Unidos se presenta una bonanza de biodiésel y más si el petróleo continúa con su tendencia de precios altos. Las grasas animales y el petróleo continúan siendo fuerte y cuentan con el apoyo de ambos partidos políticos, sin embargo, el diésel continúa ganándole a la gasolina en el mercado de trabajo liviano y en Canadá y Estados Unidos sigue en aumento.