

# PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE LAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS EN EL SECTOR AERONÁUTICO

**AUTOR**

**ANDRÉS ERNESTO RODRÍGUEZ HERRERA**

Ingeniero Aeronáutico  
andresrodriguez1494@gmail.com

**Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia de la Calidad**

**DIRECTOR**

**Ing. Laura Marcela Perdomo Fonseca**

Ingeniero en Telecomunicaciones - Universidad Militar Nueva Granada  
Especialista en Gerencia de proyectos de la Universidad Militar Nueva Granada  
Auditor Interno - Sistemas de Gestión Integrada:  
ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007  
PRINCE2 Foundation Certificate in Project Management  
Professional Scrum Master PSM I  
sinvestigacion.umng@gmail.com // lamajiela.ing@gmail.com



La U  
**acreditada**  
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD  
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
JUNIO 2018**

# PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE LAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS EN EL SECTOR AERONÁUTICO

## PROPOSAL FOR THE MANAGEMENT OF ENERGY ALTERNATIVES IN THE AERONAUTICAL SECTOR

Andrés Ernesto Rodríguez Herrera  
Especialista en Gerencia De la Calidad, Ingeniero Aeronáutico.  
Universidad Militar Nueva Granada.  
Bogotá, Colombia  
Andresrodriguez1494@gmail.com

### RESUMEN

El siguiente artículo de investigación presenta la propuesta para la gestión de alternativas energéticas en el sector aeronáutico, enfocado a los biocombustibles y basándose en normativas concernientes a la calidad y medio ambiente, con el objetivo de brindar una solución efectiva para la disminución de agentes contaminantes provenientes del combustible utilizado en las aeronaves. El documento abarca el marco teórico del tema a tratar que incluye el desarrollo que han tenido los biocombustibles en el sector aeronáutico y los aspectos legales y normativos que los rigen, se constituyen los resultados y desafíos de la incorporación de los biocombustibles a la aviación en aspectos como problemas sociales, ambientales derivados de su producción y su relación con la ISO 9001:2015 y 50001:2011. Teniendo en cuenta la situación actual y haciendo un análisis DOFA de la propuesta, para concluir en la selección de dos tipo de plantas para la formación y el uso de un biocombustible apropiado en el sector aeronáutico donde se concluye que estas plantas son totalmente adecuadas a este propósito ya que cumplen con los estándares y características de calidad necesarias para su aplicación en los motores de las aeronaves, aportando a la reducción de los niveles de contaminación generados por el sector.

**Palabras Clave:** Biocombustible, Gestión de calidad, Jatropha curcas, Camelina.

### ABSTRACT

The following research article presents the proposal for the energy alternatives management in the aeronautical sector, focused on biofuels and based on regulations concerning quality and environment, with the aim of providing an effective solution to reduce polluting agents coming from of the fuel used in aircraft. The document covers the theoretical framework of the topic to be discussed, which includes the development of biofuels in the aeronautical sector and the legal and regulatory aspects that govern them. The results and challenges of the incorporation of biofuels into aviation are

included in aspects as social, environmental problems derived from its production and its relationship with ISO 9001: 2015 and 50001: 2011. Taking into account the current situation and doing a SWOT analysis of the proposal, to conclude in the selection of two types of plants for the formation and use of an appropriate biofuel in the aeronautical sector where it is concluded that these plants are fully adequate to this purpose due to they full fit the standards and quality characteristics necessary for their application in aircraft engines, contributing to the reduction of pollution levels generated by the sector.

**Keywords:** Biofuel, Quality management, Jatropha curcas, Camelina.

## INTRODUCCIÓN

La industria aérea abarca el sector aeronáutico donde se encuentra el área de transporte comercial, incluyendo las aerolíneas que prestan el servicio, lo que nos lleva a enfocarnos en los equipos utilizados para este fin como lo son las aeronaves las cuales utilizan combustibles fósiles. La industria aeronáutica es una de las más grandes industrias, y adicionalmente una economía estable, pero como toda industria posee problemáticas enfocadas al consumo de energía, por ende uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta el sector aeronáutico en el futuro es la reducción del consumo de energía o generación de la misma. Como es bien sabido la escasez y agotabilidad de las reservas de combustibles fósiles, el incremento desmesurado de los precios del combustible, y la demanda creciente para el transporte aéreo hace necesario el estudio e implementación de alternativas de suministro de nuevas energías para el sector [4]. Teniendo en cuenta la problemática ambiental y energética que se presenta en el sector aeronáutico, el resultado será reducir el problema de las emisiones de azufre y gases contaminantes y mitigar el problema energético del sector aeronáutico, aportando combustibles alternativos y generando una menor dependencia de los combustibles fósiles [4-1]. Para esto se debe considerar que por un lado, hay que analizar cómo mejorar la eficiencia de consumo del combustible por parte de las aeronaves y por otro, cómo generar energía más limpia, más segura, más efectiva y más económica. Actualmente las aeronaves se alimentan con queroseno, hidrocarburo derivado del petróleo. El inconveniente está en que esta fuente de energía es una fuente agotable de energía, además que en el proceso de combustión emite, al quemarse, gases contaminantes a la atmósfera, siendo responsables del efecto invernadero [2]. Cabe aclarar que no quiere decir que el sector aeronáutico sea el responsable del cambio climático, ni que sea el sector que más contribuya, pero sí que representa un porcentaje importante del mismo y por ende tomar las medidas oportunas podría reducir las emisiones de forma considerable.

Teniendo en cuenta la problemática ambiental y energética que se presenta en el sector aeronáutico, es viable incurrir en las alternativas para solucionar el problema, no es tanto el hecho de investigar cómo seguir reduciendo emisiones de gases dañinos para el medio ambiente, sino cómo obtener energías alternativas para este medio de

transporte masivo [1]. Son varias las líneas de investigación en las que se está trabajando en este momento. Pero este artículo se enfocará en concretar los tipos de combustible alternativo de alta calidad que sean viables para el sector aeronáutico. Lo anterior generará beneficios como, la disminución de emisiones de azufre y de gases responsables del efecto invernadero en un 15%, adicionalmente los motores actuales de las aeronaves 0% de modificaciones y finalmente la reducción en un 20% de la dependencia del petróleo, aunque también se han de considerar los contra beneficios del proyecto los cuales son: resistencia al cambio, conflicto con la industria de hidrocarburos y finalmente el carburante obtenido a partir de biomasa podría entrar en competencia con la producción de alimentos.

El proyecto es altamente factible ya que abarca una problemática que en casi todas la industrias se presenta, cuando se habla de un proyecto que es beneficioso para el medio ambiente existen muchas posibilidades de realizarlo, proponer combustibles alternativos para la industria aeronáutica no es una propuesta nueva ya que existe actividad legislativa para intentar minimizar el impacto ambiental de este medio de transporte [11]. En cuanto a los marcos tecnológicos los adelantos en biocombustibles han avanzado bastante en los últimos años y es posible proponer una alternativa de alta calidad para el sector aeronáutico. Pero es un poco complicado definir la viabilidad de la utilización de un combustible alternativo para el sector aeronáutico, ya que hasta el momento no se ha utilizado 100 % un biocombustible en una aeronave, la industria considera que la viabilidad es posible en un par de décadas, pero no sería viable en la actualidad, ya que interfieren muchos factores para que esta sea una idea rentable, el principal factor es la industria de hidrocarburos que está en declive pero aun es la líder del mercado en el que se quiere incursionar.

También se tendrá en cuenta la normatividad y legislación aplicable a cuestiones ambientales como los son: La Norma ISO 14001:2015 y la política ambiental trazada por la Aeronáutica civil específicamente para el sector aeronáutico mediante Resolución 4730 de 2000.

La norma ISO 14001:2015 establece ciertos lineamientos que se deben llevar a cabo para hacer una gestión ambiental adecuada para cualquier organización, en resumen el objetivo de la norma es proporcionar a las organizaciones una base referencial para subsanar el impacto ambiental y mejorar el medio ambiente respondiendo a las condiciones climaticas en constante cambio, y buscando un equilibrio con las necesidades socio-económicas. la norma detalla los requisitos que permitan que una organización cumpla con los resultados previstos que ha establecido para su sistema de gestión ambiental [6].

La política ambiental trazada por la aeronáutica civil destaca tres factores importantes en los cuales se fundamentan todas las acciones tomadas a nivel ambiental en el sector aeronáutico.

1. La eliminación de causas ambientales riesgosas que generen pérdidas. El control de los agentes de riesgo deberá realizarse en la fuente que los genera.

2. Cumplir y acatar las normas establecidas por la entidad.
3. Promover el mejoramiento continuo.

En resumen se basa en La reducción de la generación de residuos (sólidos, líquidos, emisiones y ruido), dar cumplimiento a las normativas ambientales y al desempeño satisfactorio de los acuerdos ecológicos establecidos por la Aeronáutica Civil o propios de cada Aeropuerto y finalmente el mejoramiento de forma continua correspondiente al concepto de rendimiento limpio, el cual obedece a un proceso dinámico y sistemático, que debe aplicarse permanentemente, con objetivos de mayor alcance [7].

## **1. MATERIALES Y MÉTODOS**

En esta sección se dará un preámbulo a toda la información teórica necesaria para el desarrollo y el buen entendimiento del artículo abarcando temas como situación actual, normatividad y algunas herramientas que son parte fundamental para la elaboración del artículo investigativo.

### **1.1 Desarrollo de La Aviación**

Teniendo en cuenta las estadísticas a lo largo de la historia se determina que los niveles de eficacia de las aeronaves, que entran en las nuevas flotas hoy en día son 80% [15] más eficientes en combustible que las aeronaves que volaban en la década de los 60, y esto es el resultado de los avances que se realizan en el diseño y en la operación diaria, en la que los sistemas de vuelo se encargan de elegir la estructuración de velocidad de crucero y ajustes de potencia más óptimos en cada fase del vuelo.

Los fabricantes, tanto de combustibles como de aeronaves, han cooperado para la investigación y desarrollo de nuevos materiales compuestos y combustibles más eficientes que logren un menor consumo y con ello a una menor contaminación atmosférica por la emisión de gases de efecto invernadero entre estos se puede destacar compañías como Airbus y Boeing.

Los fabricantes de aeronaves están dando a conocer cada vez más sus avances novedosos en la última década haciendo que el tema de desarrollo de combustibles se tenga mucho más en cuenta como también el diseño en sus sistemas y finalmente resaltar la importancia de la gestión de los combustibles alternativos. Las aeronaves se diseñan cuidadosamente tanto en la utilización de materiales compuestos más livianos y resistentes y el análisis para reducir la resistencia al viento, debido a que en los vuelos largos y con altas velocidades, estos materiales y resistencia al viento son factores cruciales en el consumo del combustible.

Como se menciona anteriormente se evidencia en las nuevas generaciones la integración de nuevos materiales en las estructuras; materiales compuestos basados fundamentalmente en fibras de carbono, las cuales reducen un 20% de peso a las aeronaves. Además de tener un desempeño estructural mucho mayor que el aluminio anteriormente utilizado. Estos nuevos materiales contribuyen con una mayor flexibilidad en la fabricación de componente con formas complejas para las aeronaves, reduciendo el número de piezas del avión.

finalmente, es muy importante enfatizar en los aeronaves modernas, todos los adelantos que se generan en temáticas de motores, cada vez más eficientes en la ejecución, con reducción en consumos y emisiones de partículas y con mayores velocidades que hacen más agradable la experiencia del viaje en avión.[4-2]

## **1.2 Los biocombustibles y sus ventajas**

Los biocombustibles son combustibles generados a partir de productos agrícolas y tratados para la obtención de un líquido con características óptimas para su utilización en motores. Estos pueden ser mezclados con combustibles fósiles para reducir el daño ambiental y ser utilizados en vehículos convencionales. los biocarburantes comerciales y más utilizados son el bioetanol y el biodiésel. El Etanol, que se produce a partir de maíz, trigo, caña de azúcar o remolacha, puede usarse como sustituto de la gasolina. El Biodiesel puede usarse como sustituto del diesel y usualmente es un derivado de oleaginosos como el aceite de colza o el aceite de palma [4-3].

Un biocarburante o biocombustible es la combinación de hidrocarburos que se usan como combustible en motores de combustión interna que son el resultante de la derivación de la biomasa, materia orgánica obtenida de un proceso biológico, espontáneo o provocado, y finalmente idónea como fuente de energía [4-4].

Son una opción muy llamativa en contrariedad con el keroseno actualmente utilizado ya que no requiere ningún tipo de modificaciones en los motores de las aeronaves y puede ser combinado con el combustible actual y finalmente compatible con la generación de motores existentes para promover una aviación con emisiones y energías limpias sin perjudicar el medioambiente [4-5].

## **1.3 Normatividad**

La normatividad es parte sustancial para el desarrollo investigativo del artículo, por ende se deben tener en cuenta los documentos más relevantes para la buena formación de propuesta para la gestión de las alternativas energéticas en el sector aeronáutico.

### **1.3.1 ISO 14001:2015**

La Norma Internacional ISO 14001:2015 brinda los requisitos para la formación de un sistema de gestión ambiental aplicable a cualquier organización se puede usar para enriquecer su desempeño ambiental. La norma es para uso de las organizaciones que

busquen gestionar y mejorar sus responsabilidades ambientales de forma sistemática aportando al medio ambiental de forma sostenible.[6-2]

La norma ayuda a una organización en la obtención y logro de los resultados de su sistema de gestión ambiental, aportando al medio ambiente, a la empresa y a sus partes interesadas. En cohesión con las políticas ambientales de la empresa, y los resultados esperados de un sistema de gestión ambiental incluyen[6-3]:

- la mejora del desempeño ambiental;
- el ejecución de los requisitos legales y otros requisitos;
- el cumplimiento de los objetivos ambientales.

La norma es adaptable para cualquier organización, sin importar su tamaño, tipo y naturaleza, se acopla a los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que la empresa determine que puede hacer seguimiento y contro o intervenir en ellos, considerando una perspectiva de ciclo de vida [6-4].

### **1.3.2 Norma ISO 50001:2011**

La norma ISO 50001 es la nueva norma internacional de sistemas de gestión de la energía (SGEn). Después de un amplio número de normas nacionales y regionales, es la primer norma aplicable a nivel general para cuestiones energeticas. La norma ISO 50001 SGEN está basada en un modelo de sistema de gestión que aporta a las organizaciones y se está implantado y empleando por todo el mundo. Esta norma esta sustentada en el ciclo de mejora del estadista y experto en calidad total Deming, como también se apoya en las directrices de la norma ISO 9001, ISO 14001 y otras normas de sistemas de gestión establecidos para sistemas de gestion. [16]

### **1.3.3 Resolución 4730 del 2000 Aeronáutica civil**

Es política integral de la Aeronáutica Civil de Colombia realizar sus labores y servicios reduciendo riesgos en cuestiones de salud, seguridad y el medio ambiente direccionadas a las políticas, planes y programas gubernamentales nacionales, y normatividad nacional e internacional a nivel del sector aeronáutico; además da cumplimiento a las normas medio ambientales aplicables a sus operaciones, y a las labores que cumpla el personal como persona natural o jurídica interviniendo en el desarrollo de la aviación civil Colombiana [12].

Para ello, la AEROCIVIL:

- Establece y mantiene procedimientos para la ejecución de sus actividades que garantizan y difunden el cumplimiento de las leyes, convenios y reglamentos nacionales e internacionales que sean aplicados a sus operaciones[12-1].
- Adopta sus propios estándares cuando las leyes o reglamentos no existan o no sean lo suficientemente estrictos[12-2].
- Racionaliza el consumo de los recursos naturales, minimizando el uso de materiales peligrosos y reduciendo la generación de residuos[12-3].
- Controla todas sus operaciones y las del sector aeronáutico en cuanto al riesgo sobre la salud, la seguridad o el medio ambiente[12-4].

- Provee la tecnología, los recursos humanos y económicos apropiados para el cumplimiento de los objetivos, metas y compromisos ambientales[12-5].

### **1.3.4 Decreto 1076 de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

**ARTICULO 1.1.1.1 Objetivo.** El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetaran la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores [8].

### **1.4 Análisis DOFA CRUZADO**

El análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la propuesta para la gestión de las alternativas energéticas en el sector aeronáutico orienta al desarrollo de estrategias para un futuro modelo de negocios sostenible y responsable social y ambientalmente aplicado al biocombustible más apropiado para el proyecto. La Matriz FODA Cruzada da como resultado detallado las actividades que se deben tomar en cuenta o ser consideradas para panificar e implantar un plan estratégico para la propuesta del presente artículo según el biocombustible seleccionado.

## **2. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **2.1 Situación actual**

La aviación se encuentra en un punto crítico en cuanto al tema de combustibles, ya que en la actualidad el tema medio ambiental es de mucho interés, y sobre todo se está evaluado el impacto que genera cada industria, el sector aeronáutico es uno de las economías más estables y una de las industrias más grandes, por ende está en constante análisis por parte de las organizaciones medioambientales, por esta razón se han venido desarrollando métodos y estrategias para reducir el gran impacto que genera el sector a nivel medioambiental, solo un Boeing 747 en los 2 primeros minutos de despegue genera la polución equivalente a 3000 automóviles, y solo se habla de una aeronave, es decir que el problema es bastante grave, por esto se han desarrollado muchas innovaciones para mitigar este impacto, como lo son desarrollos tecnológicos en materiales, estructuras, eficiencia de motores y en biocombustibles.

Como tema principal de este artículo se desplegarán los resultados de la investigación sobre combustibles alternativos para el sector aeronáutico, como es su tratamiento y sus posibles ventajas en cuanto a características químicas y aplicabilidad en el sector.



## 2.2 Clasificación de materias primas para biocombustibles.

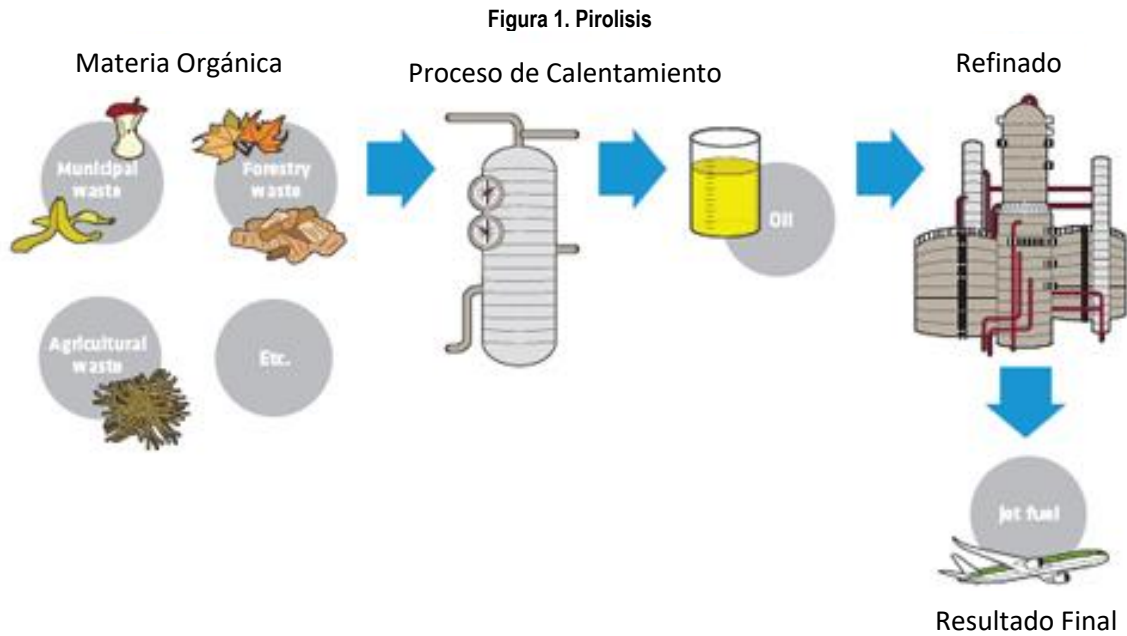
Como parte fundamental de la investigación se realizó un estudio para determinar qué tipos de biocombustibles existen actualmente y poder clasificarlos para su uso en la industria aeronáutica, con esto se llegó a la siguiente clasificación:

- La **primera generación** de los biocombustibles son combustibles que se generan desde la fermentación de plantas hasta residuos orgánicos, forestales y desechos de la industria de la agricultura, que generan etanol y que se podrían usar como aditivo o como un sustituto del petróleo, desafortunadamente esta primera generación de biocombustibles no podía ser utilizada en la aviación al no tener las características necesarias ni la compatibilidad con los atributos de seguridad necesarios para su uso en los motores modernos de las aeronaves, uno de los inconvenientes es que involucra un bajo nivel de potencia principalmente lo que afecta la calidad y rendimiento de la aeronaves. [4-6]
- Los biocombustibles de **segunda generación**, tienen una gran ventaja ya que evitan la utilización de recursos alimenticios por ende se estudian opciones como algas, madera, Jatropha, camelina, plantas halófilas como la salicornia (plantas que crecen en el mar), residuos y levadura. También se está considerando el generar biocombustible a partir de eucalipto, una propuesta que actualmente se está lleva a cabo en Australia por parte de la gigantesca compañía del sector aeronáutico Airbus. Esta iniciativa tiene por objetivo utilizar el mallee, un tipo de eucalipto cultivado en el “cinturón cerealero” de Australia occidental, y tratarlo por medio del proceso de pirolisis en un biocombustible alternativo para la aviación que a través de métodos o procesos químicos y de transformación obtienen combustibles de alta calidad aptos para su uso en este medio de transporte que es la aviación. [4-7]

### 2.2.1. Procedimientos de tratamiento.

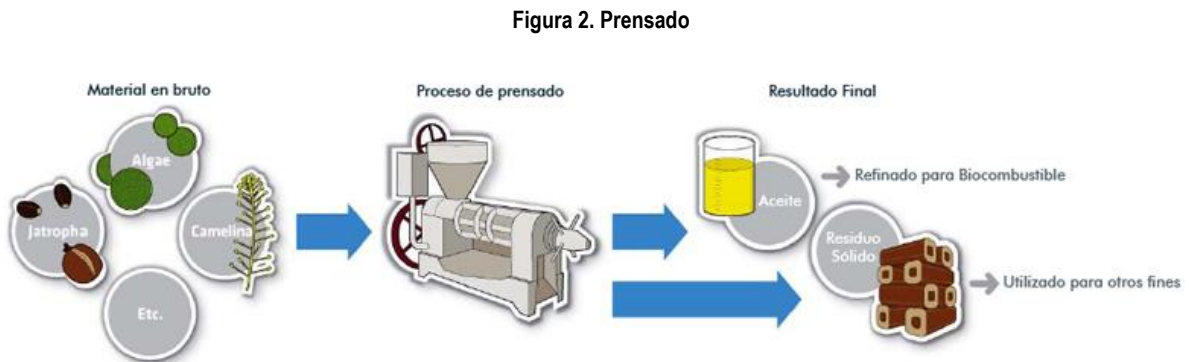
El tratamiento para la **primera generación** de combustibles es el proceso de pirolisis que trata de la descomposición química de materiales orgánicos y en general de cualquier tipo de materiales, con excepción de metales y vidrios, definida por la exposición de estos materiales a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, de la siguiente manera en la **figura 1** se distinguen las etapas del proceso debe hacer este tratamiento:

1. Obtención de materia prima
2. Proceso de calentamiento de los residuos.
3. Obtención del aceite.
4. Refinación del aceite.
5. Obtención del biocombustible.



El tratamiento para **la segunda generación** de combustibles es a través de un proceso de prensado en la **figura 2** se observa las etapas del proceso y de esta manera se debe hacer este tratamiento:

1. Obtención de Materia prima
2. Proceso de prensado.
3. Obtención del aceite refinado y residuos sólidos utilizados para otros fines.
4. Obtención del biocombustible.



Ahora como parte de los resultados se establecerán las ventajas de estos biocombustibles de segunda generación según la investigación para este artículo y se detallaran de la siguiente manera:

- Estos biocombustibles tienen altas ventajas ambientales para el sector aeronáutico ya que reducen de manera constante la emisión de CO<sub>2</sub>. Lo cual permite que las aeronaves emitan muchos menos gases de efecto invernadero y permitiendo también una total compatibilidad con los motores actuales, y esto da como resultado menores penalizaciones a las compañías en tasas de emisiones.
- De las ventajas más relevantes del biocombustible para el mejoramiento del medio ambiente, es que los gases CO<sub>2</sub> que generan los motores de aviación son asimilados de nuevo por las plantas y entran a formar parte del ciclo de vida natural, en comparación con los gases CO<sub>2</sub> de los combustibles utilizados actualmente que al momento de ser emitidos ya no hay posibilidad de ser "recuperados". Además es una alternativa novedosa y posiblemente rentable en contraste con los combustibles fósiles utilizados en la aviación hoy en día, y finalmente proporcionan una solución a la reducción a los precios de producción en masa con bajos costos, altos rendimientos en todo momento, y un impacto medioambiental mínimo.

## **2.2 Resultados y Desafíos de la incorporación de los biocombustibles a la aviación: problemas sociales, ambientales derivados de su producción y su relación con la ISO 9001:2015 y 50001:2011.**

Como resultado de la investigación de biocombustibles y su expansión se puede decir que inicialmente se vivió con un gran entusiasmo por varios sectores no solo en el sector aeronáutico, ya que vieron en ellos una solución a la contaminación una alternativa para dejar la dependencia energética del petróleo y a su agotamiento.

La producción de biocombustibles puede ofrecer la posibilidad de mejorar el nivel de vida de campesinos en países en vías de desarrollo. Además, puesto que muchos países en vías de desarrollo deben importar la mayor parte de su combustible, los biocombustibles ofrecen la posibilidad de sustituir las costosas importaciones de petróleo por combustibles de cosecha propia [12], lo que mejoraría parte de la economía del país y aportaría a un medio ambiente más sano y estable para todos, entonces podemos concluir que es posible y vital para el planta el uso de los biocombustibles, ahora se tiene que establecer un orden u organización para la aplicación de estos, es aquí donde interviene las normas del sistema de gestión, en este caso aplican la norma ISO 9001:2015 para darle un ordenamiento a la implantación de un sistema nuevo relacionado con los biocombustibles, la norma ISO 50001:2011 es la norma que está dirigida a la gestión energética y abarca lo relacionado con biocombustibles y adicionalmente puede ser aplicada en cualquier organización independientemente de su tamaño o ubicación geográfica.

Ahora se analizara la propuesta para la gestión de las alternativas energéticas en el sector aeronáutico y se dejara claro cómo se debe llevar el ordenamiento de la propuesta según la norma ISO 9001:2015 y la Norma 50001:2011.

### 2.2.1 Gestión de calidad

Con la finalidad de cumplir con una calidad mínima para la implementación de un biocombustible en el sector aeronáutico, se debe llevar a cabo un sistema básico de calidad en las instalaciones de la organización encargada de la producción y distribución de la biomasa, de aquí en adelante se determinarán las directrices de gestión de calidad interna, y la forma en la que se deben implantar estas directrices.

**Producción:** Las instalaciones de producción deben dar cumplimiento con los siguientes requisitos mínimos:

- Se debe disponer de equipos técnicos adecuados para la producción, carga y la distribución de biomasa, y se deben verificar las funciones y la condición de estos equipos de manera regular.
- Al momento de recibir materias primas de los proveedores se debe verificar su idoneidad
- Se debe hacer un proceso de descontaminación o limpieza de las materias primas, donde se retiren residuos como tierra, piedras, granos, etc.
- Se debe tener la biomasa en una zona aislada para evitar contacto con agua condensada, lluvia o nieve.
- En el caso de que se detecte algún error en el proceso de producción se debe pasar la no conformidad verificando la cantidad de biomasa defectuosa y retirándola del proceso y aplicar la acción correctiva necesaria.
- Al completar las reparaciones mantenimientos o aplicación de la acción correctiva la biomasa retirada debe someterse a una inspección de calidad interna para determinar su disposición.
- Todos los empleados deben recibir capacitación en los tiempos establecidos para que tengan conocimiento de las exigencias de calidad requeridas para la producción de biomasa.
- Finalmente la organización debe disponer de los elementos y equipos apropiados para la verificación y validación de los biocombustibles fabricados y su posterior distribución.

**Documentación:** La organización a través del representante de calidad debe garantizar que todos sus documentos se encuentren de manera ordenada y tener registros de la evaluación de los procesos operativos que influyen en la calidad de la biomasa, los elementos deben tener la siguiente información documentada:

- Documento que demuestre la recepción de aditivos y materias primas con todas las características de entrega (fecha, cantidad, nombre del proveedor, tipo de material, etc.)
- Documento de mercancías salientes con las características de salida (fecha, categoría de calidad, cantidad, nombre del cliente) y se especifique si la carga tiene alguna característica especial o si su modo de distribución es especial.
- Documento de aditivos (tipo, ficha técnica de su composición química, etc.)
- Certificación de Fabricación de biomasa (periodo, calidad, cantidad)

- Reportes de fallos de producción
- Reportes de reparación y mantenimiento de la maquinaria y elementos utilizados en la fabricación de biocombustibles.
- Documento relacionado con las capacitaciones realizadas a los empleados.
- Documento de auto inspección
- Registro de PQRS

La documentación siempre debe estar actualizada y presentarse en los tiempos establecidos a la gerencia de la organización para su revisión.

**Comercialización:** se debe explicar detalladamente como se hace el manejo, almacenamiento y la entrega de biomásas. Por lo cual se deben cumplir ciertos requisitos establecidos para el almacenamiento y posterior entrega al cliente final:

- La organización debe disponer de equipos y personal técnico adecuado para el almacenamiento y/o transporte de las biomásas.
- Los equipos del área de producción como las cintas transportadoras deben ser revisadas regularmente para detectar suciedad o algún agente contaminante que pueda afectar la biomasa transportada.
- En el proceso de almacenamiento la biomasa no debe estar expuesta a ningún tipo de humedad.
- Se debe evitar la mezcla de biomásas de diferente calidad ya que se pueden contaminar entre si, para esto se debe generar una planificación de los procedimientos realizados en la organización.
- En el proceso de carga de las biomásas se debe hacer una verificación de las temperaturas para evitar la auto combustión, y verificar que el vehículo no generara ningún tipo de calor en la zona donde transporta la carga.
- Se debe tomar una muestra cuando se entregue el producto a al cliente final para verificar que la biomasa llego a su destino con los parámetros establecidos entre el cliente y a organización.

Todos los procesos y procedimientos anteriormente mencionados son basados en las normas ISO 9001:2015 y ISO 50001:2011 con el fin de dar cumplimiento a la gestión de la propuesta para de las alternativas energéticas en el sector aeronáutico, evidenciando la utilización de los requisitos estipulados en estas dos normas. Ya que ambas normas son importantes para el desarrollo del proyecto, aplicando los requisitos de calidad y organización de la ISO 9001:2015, y los requisitos para el uso más eficiente de la energía con una reducción en costos y un impacto medioambiental positivo.

### **2.3 Matriz DOFA CRUZADA Combustibles de Primera Generación**

El análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la propuesta para la gestión de las alternativas energéticas en el sector aeronáutico como se observa en la **tabla 1** orienta al desarrollo de estrategias para un futuro modelo de negocios sostenible y responsable social y ambientalmente aplicado al biocombustible

más apropiado para el proyecto. La Matriz FODA Cruzada da como resultado detallado las actividades que se deben tomar en cuenta o ser consideradas para panificar e implantar un plan estratégico para la propuesta del presente artículo según el biocombustible seleccionado.

Tabla 1. Matriz DOFA

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desarrollar una industria nueva a través de los biocombustibles de segunda generación para el sector aeronáutico.</li> <li>✓ Aprovechar el nuevo conocimiento en el desarrollo de biocombustibles de segunda generación, procesos para su elaboración, y beneficios de su utilización.</li> <li>✓ Penetración de mercado internacional tomando provecho de las expectativas del sector e impulsar el crecimiento de la industria de biocombustibles de segunda generación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Incrementar el uso de biocombustibles de segunda generación mediante la implementación de nuevos servicios como un punto de abastecimiento de biocombustible en los aeropuertos.</li> <li>✓ Buscar alianzas estratégicas para fomentar el uso de los biocombustibles de segunda generación en las aeronaves y aportar a la reducción de las emisiones contaminantes producidas por el sector aeronáutico.</li> </ul>
	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<b>AMENAZAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Buscar un balance entre la industria de hidrocarburos y la de biocombustibles Incrementando las ventas mediante la idea de amabilidad con el medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alentar el uso de biocombustibles mediante estudios que demuestren la eficiencia de estos.</li> <li>✓ Desarrollar estrategias que permitan el desprendimiento de los biocombustibles de segunda generación de la industria de hidrocarburos resaltando el factor diferenciador “ecológico”</li> </ul>

Fuente: Elaboracion Propia.

## 2.4 Estudio Preliminar de Biocombustibles de Segunda Generación: combustible seleccionado.

Parte de los resultados de este artículo es la segregación de las materias primas para la producción de un biocombustible adecuado para el sector aeronáutico, como resultado de la investigación se encontraron dos tipos de plantas que cumplen con las características y potencial para generar un combustible alternativo para aeronaves de todo tipo, a continuación se despliega el estudio preliminar de estas materias primas.

**Jatropha curcas.** Se le denomina Piñón en Colombia siendo una planta que crece en forma de arbusto como se observa en la **figura 3** y se da en la mayoría de países tropicales como América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África.

Todas las partes de esta planta tienen propiedades significativas para el bienestar humano y el ambiente, pero el actual auge del cultivo del piñón radica en su capacidad de producir biocombustibles (aceite, bioqueroseno, biodiesel) así como la generación de energía renovable a partir de la torta obtenida en el proceso de extracción de aceite [9].

Figura 3. Fruto y semilla de la *Jatropha Curcas*



Fuente: SNV-SERNA. Guía Técnica Ambiental para el cultivo de la *Jatropha Curcas*. 2012. p.18

**Condiciones climáticas para su producción.** No requiere un tipo de suelo especial y se desarrolla normalmente en suelos áridos y semiáridos, esta planta crece casi en cualquier parte, incluso en las tierras arenosas y salinas, puede crecer en un ambiente lleno de piedras climáticamente, la *Jatropha curcas* se encuentra en los trópicos y subtropicos [14]. Resiste normalmente el calor aunque también soporta bajas temperaturas y puede resistir hasta una escarcha ligera. Su requerimiento de agua es sumamente bajo y puede soportar períodos largos de sequedad. Habita en campos abiertos, como en parcelas nuevas no es susceptible a inundaciones pero se desarrolla mejor en suelos que filtren. [10].

Para fines del artículo de investigación se analizaron y detallaron las propiedades de la *Jatropha Curcas* como se observa en la **tabla 2** sus propiedades más importantes y compatibles con los motores de aviación, teniendo en cuenta su aplicación como biocombustible alternativo en el sector aeronáutico.

Tabla 2. Propiedades del Aceite obtenido de la planta *Jatropha curcas*

PROPIEDADES JATROPHA CURCAS		
Ítem	Cifra	Unidad
Punto de llamarada	250	°C
Punto de destilación	296	°C
Poder calorífico	9,470 (kcal/kg)	40 (MJ/kg)
Punto de ebullición	8	°C
Punto de solidificación	2	°C

Fuente: N.R.Chakraborty, S C Sarkar. Development of a biofuel lamp and its comparison with a kerosene lamp. 2008

**Camelina Sativa.** La camelina es una planta de rústica y fácilmente adaptable como se observa en la **figura 4**, es una especie originaria de Europa del Norte y Asia central, es una planta prometedora para su uso como biocombustible debido a su composición de ácidos grasos en el aceite el cual se extrae de la semilla representando una solución que es sostenible y que puede ser viable en el largo plazo para la industria aeronáutica.

Su aceite vegetal se puede emplear en la producción de biocombustibles para el sector automoción como es el biodiesel y para aviación como el bioqueroseno. Se han realizado estudios en Estados Unidos los cuales apuntan a que la elaboración de biodiesel y bioqueroseno para aviación a partir de su semilla puede conseguir una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> superior al 80% [9-1].

Este aceite ya se ha comercializado en los Estados Unidos para producción como biocombustible, el cual permite realizar mezclas junto con el queroseno convencional (Jet A-1) dando lugar a un bioqueroseno que ayuda al impacto medio ambiental sin necesidad de realizar cambios a los motores de las aeronaves comerciales [13].

“Un ejemplo de su utilidad en la industria aeronáutica se registró en vuelos de demostración a nivel civil con un vuelo de KLM en noviembre de 2009 e IBERIA en un Airbus A320 en octubre de 2011 y demostración militar en vuelo de la U.S. Navy en abril de 2010” [13-1].

Figura 4. Camelina Sativa en Clima Templado



Fuente: OSSA BASAÑES, Federico José. Cultivos energéticos para biocombustibles.



**Condiciones climáticas para su producción.** La camelina es una planta que crece anualmente y tiene capacidad de producción tanto en invierno como en verano teniendo un mejor desarrollo en climas templados y no crece muy bien por encima de 25°C, que se puede producir en zonas con baja precipitación ya que posee una gran resistencia a la sequía y heladas y no tiene tantas necesidades al momento de su producción. Tiene varios atributos positivos entre ellos está que requiere de bajos insumos, fertilizantes y pesticidas. Posee un ciclo de cultivo corto (85-100 días) si se siembra en primavera; en cambio sí se siembra en invierno el ciclo se puede extender a 200 días aproximadamente; crece bien en regiones semiáridas y en suelos de baja fertilidad o salinos. En los últimos años, la producción de camelina se ha incrementado en el mundo debido a las grandes prestaciones que tiene esta el aceite de esta planta para su uso como biocombustible.[10]

Para fines del artículo de investigación se analizaron y detallaron las propiedades de la camelina sativa como se observa en la **tabla 3** sus propiedades más importantes y compatibles con los motores de aviación, teniendo en cuenta su aplicación como biocombustible alternativo en el sector aeronáutico.

Tabla 3. Propiedades del Aceite obtenido de la Planta de Camelina Sativa

PROPIEDADES CAMELINA SATIVA		
Ítem	Cifra	Unidad
Punto de llamarada	245	°C
Punto de destilación	291	°C
Poder calorífico	40	MJ/kg
Punto de ebullición	6	°C
Punto de solidificación	-5	°C

Fuente: LLAMAS, Alberto. AL-LAL Ana María. HERNANDEZ, Miguel. LAPUERTA, Magín. CANOIRA Laureano. Biokerosene from Babassu and Camelina Oils.

### 3. CONCLUSIONES

- La investigación para este artículo abarco la información general de biocombustibles teniendo en cuenta las normativas necesarias como los son la ISO 9001:2015 e ISO 50001:2011, las cuales fueron fundamentales para el entendimiento de la propuesta ya que ofrecen los requisitos necesarios para hacer la gestión de implantación de un biocombustible apto y eficaz para el sector aeronáutico.
- Como resultado fueron seleccionadas dos tipo de plantas con el propósito de la formación de un biocombustible apropiado para el uso en el sector aeronáutico, estas plantas son totalmente adecuadas a este propósito ya que cumplen con los estándares y características de calidad necesarias para su aplicación en los motores de las aeronaves, la producción de estas plantas no entra en conflicto con la industria agrícola y las aeronaves no requieren de ningún tipo de modificación, como combustible de aviación se estaría ayudando a reducir las emisiones de gases efecto invernadero ya que aunque los motores sigan generando emisiones, dichas emisiones serán utilizadas en la obtención y producción del biocombustible, cumpliendo así con el objetivo de reducir la contaminación en el medio ambiente.
- Se logró una clasificación satisfactoria de las materias primas utilizadas para la producción de biocombustible, analizando la primera y segunda generación de biocombustibles y sus respectivos procesos, se analizó a grandes rasgos la producción de las dos plantas seleccionadas para corroborar que la producción de las mismas no entrara en conflicto con la producción agrícola, finalmente se llegó a la segregación de los aceites derivados de la **JATROPHA CURCAS** y **CAMELINA SATIVA** como alternativa factible para la formación de un biocombustible eficiente para el sector aeronáutico.
- A partir de un análisis DOFA cruzado se pudieron hallar estrategias para un futuro modelo de negocios sostenible y responsable social y ambientalmente aplicado al biocombustible más apropiado para el proyecto, y orientando la concientización con el medio ambiente, incluyendo los requisitos generales de las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 50001:2011. Se concluyo que una de las estrategias mas importantes es buscar un balance entre la industria de hidrocarburos y la de biocombustibles ya que se busca incursionar en el mercado con un increment de las ventas mediante la idea de amabilidad con el medio ambiente
- A partir del estudio preliminar de las dos plantas seleccionadas (Jatropha Curcas y Camelina Sativa), se caracterizaron las propiedades más importantes para la producción de un biocombustible a partir del aceite resultante de estas dos plantas, donde se evaluaron cinco (5) propiedades para finalmente concluir que los aceites son totalmente adecuados para la producción de un biocombustible efectivo y rentable en las aeronaves.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. p. e. c. madridmasd, «madridmasd,» 25 Septiembre 2008. [En línea]. Available: <http://www.madrimasd.org/informacionidi/analisis/opinion/opinion.asp?id=36308>. [Último acceso: 13 Febrero 2018].
- [2] I. n. d. a. c. INAC, «inac,» 9 Diciembre 2010. [En línea]. Available: <http://www.inac.gob.ni/2010/12/advierten-viabilidad-de-uso-de-biocombustibles-en-industria-aerea/>. [Último acceso: 14 Febrero 2018].
- [3] a. news, «aerolatinnews an IATA publication,» 8 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://aerolatinnews.com/2014/01/08/los-problemas-de-la-industria-aeronautica-frente-a-las-tormentas/>. [Último acceso: 14 Febrero 2018].
- [4] H. a. p. y. p. profesionales, «Hispaniacion,» [En línea]. Available: <http://www.hispaviacion.es/biocombustibles-en-aviacion/>. [Último acceso: 15 Febrero 2018].
- [5] U. Airlines, «United Airlines,» 02 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.united.com/web/enUS/apps/genericError.aspx?aspxerrorpath=/web/es/content/company/globalcitizenship/environment/alternative-fuels.aspx>. [Último acceso: 26 Marzo 2018].
- [6] Icontec, «www.informacion.unad.edu.co,» 23 Septiembre 2015. [En línea]. Available: [https://informacion.unad.edu.co/images/control\\_interno/NTC\\_ISO\\_14001\\_2015.pdf](https://informacion.unad.edu.co/images/control_interno/NTC_ISO_14001_2015.pdf). [Último acceso: 20 Abril 2018].
- [7] Aerocivil, «www.aerocivil.gov.co,» 10 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion-aerea/gestion-ambiental-y-peligro-aviario/gestion-ambiental>. [Último acceso: 20 Abril 2018].
- [8] M. d. A. y. D. Sostenible, «Minambiente,» 26 05 2015. [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/81-normativa/2093-plantilla-areas-planeacion-y-seguimiento-30>. [Último acceso: 23 04 2018].
- [9] C. A. R. DIAZ, «ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN MOTORES A REACCIÓN QUE UTILIZAN BIOCMBUSTIBLES,» FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES, Bogotá, 2016.
- [10] M. d. M. y. Energía, «Biocombustibles en Colombia,» Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, Bogotá, 2009.
- [11] A. C. U. A. ESPECIAL, «La Aviación en Cifras,» Bogotá, 2017.
- [12] OACI, «PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE,» 01 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.icao.int/Pages/default.aspx>. [Último acceso: 26 04 2018].
- [13] FAA, «Federal Aviation Administration,» 01 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.faa.gov/>. [Último acceso: 28 04 2018].

[14] T. 21, «Navegacion Aerea,» 20 10 2010. [En línea]. Available: [https://www.tendencias21.net/El-aceite-de-Jatropha-se-consolida-como-biocombustible-para-la-aviacion\\_a4969.html](https://www.tendencias21.net/El-aceite-de-Jatropha-se-consolida-como-biocombustible-para-la-aviacion_a4969.html). [Último acceso: 29 04 2018].

[15] C. Á. Maciel, «Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional,» Mexico D.F, 2009.

[16] L. register, «IRQA,» 26 Junio 2012. [En línea]. Available: <http://www.Irqa.es/certificaciones/iso-50001-eficiencia-energetica/>. [Último acceso: 20 Mayo 2018].