

1-1-2016

Planificación del montaje de una planta piloto productora de biocombustible a partir de aceite de pino

Milton Marino Rodríguez Perdomo
Universidad de La Salle

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ingenieria

Citación recomendada

Rodríguez Perdomo, M. M. (2016). Planificación del montaje de una planta piloto productora de biocombustible a partir de aceite de pino. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ingenieria/16

This Tesis de maestría is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Maestría en Ingeniería by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.



**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Planificación del montaje de una planta piloto productora de
biocombustible a partir de aceite de pino**

Milton Marino Rodríguez Perdomo

Bogotá, Enero de 2016



**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Planificación del montaje de una planta piloto productora de
biocombustible a partir de aceite de pino**

**Proyecto de Grado requisito para optar por el título de Magister en
Ingeniería**

Milton Marino Rodríguez Perdomo

Asesora

Ángela María Otalvaro

Bogotá, Enero de 2016

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| 1. Introducción..... | 15 |
| 2. Planteamiento del problema | 17 |
| 2.1 Descripción del problema | 17 |
| 2.2 Formulación del problema..... | 19 |
| 3. Justificación..... | 20 |
| 4. Objetivos | 23 |
| 4.1 Objetivo general..... | 23 |
| 4.2 Objetivos específicos | 23 |
| 5. Marco teórico | 24 |
| 6. Antecedentes | 32 |
| 7. Diseño metodológico..... | 36 |
| 8. Localización la planta..... | 41 |
| 8.1 Zonas productoras de pino en Colombia y su potencial para la ubicación de la planta | 41 |
| 8.2 Descripción técnica del producto..... | 43 |
| 8.2.1 Composición | 44 |
| 8.2.2 Obtención | 45 |
| 8.3 Identificación de procesos | 45 |
| 8.4 Producción de aceite de pino | 46 |
| 8.5 Costos | 48 |
| 8.5.1 Mano obra directa | 48 |
| 8.5.1.1 Establecimiento y mantenimiento del cultivo | 48 |
| 8.5.1.2 Proceso de producción | 49 |
| 8.5.2 Mano obra indirecta | 50 |
| 8.5.3 Materia prima..... | 50 |
| 8.5.4 Costos indirectos | 51 |
| 8.5.5 Resumen de costos | 51 |

| | | |
|---------|---|----|
| 8.5.6 | Margen de contribución | 52 |
| 8.6 | Capacidad de la planta | 53 |
| 8.7 | Equipos e insumos | 53 |
| 8.7.1 | Equipos..... | 53 |
| 8.7.2 | Insumos | 54 |
| 8.8 | Operación de la planta | 55 |
| 9. | Viabilidad económica..... | 56 |
| 9.1 | Costos de montaje y operación de la planta..... | 56 |
| 9.1.2 | Inversiones | 56 |
| 9.1.2.1 | Costos fijos..... | 56 |
| 9.1.2.2 | Capital de trabajo | 58 |
| 9.1.2.3 | Inversión total | 59 |
| 9.1.3 | Costos variables de producción..... | 60 |
| 9.1.4 | Total costos variables de producción | 60 |
| 9.2 | Flujo de efectivo | 61 |
| 9.3 | Estado de resultados | 62 |
| 9.4 | Balance general..... | 63 |
| 9.5 | Indicadores y análisis financieros | 64 |
| 9.5.1 | Valor presente neto (VPN)..... | 64 |
| 9.5.2 | Tasa interna de retorno (TIR)..... | 65 |
| 10. | Factibilidad jurídica | 66 |
| 11. | Impacto ambiental | 68 |
| 12. | Planeación del montaje | 70 |
| 12.1 | Acta de constitución | 70 |
| 12.2 | Estructura de desglose del trabajo | 74 |
| 12.3 | Cronograma | 77 |
| 12.4 | Presupuesto del montaje de la planta..... | 78 |
| 12.5 | Recursos asignados | 84 |
| 12.6 | Planificación de costos | 85 |
| 12.7 | Flujo de caja..... | 86 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 12.8 | Planificación de la calidad | 89 |
| 12.9 | Planeación de las comunicaciones | 89 |
| 12.10 | Planificación de gestión riesgos | 90 |
| 12.11 | Planificación de las adquisiciones..... | 96 |
| 13. | Conclusiones y recomendaciones | 97 |
| 14. | Bibliografía..... | 101 |
| Anexo A | Función y perfil del cargo | 109 |
| Anexo B | Datos de cálculo | 111 |
| Anexo C | Cronograma | 112 |

Índice de Graficas

| | |
|---|----|
| Grafica 1 Variación de los precios mundiales entre la perspectiva de la CE y el escenario de la propuesta de biocombustibles, 2022 | 26 |
| Grafica 2 Distribución general de la producción y el uso mundial de biodiésel en 2022 | 27 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 - Resumen de las actividades y recursos involucrados en el cumplimiento de los objetivos del proyecto | 38 |
| Tabla 2 - Principales industrias de transformación en el sector forestal | 42 |
| Tabla 3 - Costos mano de obra directa - Mantenimiento..... | 49 |
| Tabla 4 - Costo mano de obra - Producción | 49 |
| Tabla 5 - Costo mano de obra indirecta..... | 50 |
| Tabla 6 - Costo de materia prima | 50 |
| Tabla 7 - Costo de servicios..... | 51 |
| Tabla 8 - Costo de fabricación de un litro de trementina | 52 |
| Tabla 9 - Margen de contribución | 52 |
| Tabla 10 - Equipos requeridos | 54 |
| Tabla 11 - Insumos | 54 |
| Tabla 12 - Personal requerido para la operación de la planta..... | 55 |
| Tabla 13 - Costo equipos de planta procesadora | 56 |
| Tabla 14 - Inversión equipos de oficina | 57 |
| Tabla 15 - Inversión terreno | 58 |
| Tabla 16 - Inversión montaje y adecuación | 58 |
| Tabla 17 - Inversión salario mensual con prestaciones | 58 |
| Tabla 18 - Inversión servicios mes | 59 |
| Tabla 19 - Inversión total en pesos primer mes | 59 |
| Tabla 20 - Inversión insumos | 60 |
| Tabla 21 - Inversión total costos variables | 61 |
| Tabla 22 - Flujo de efectivo..... | 61 |
| Tabla 23 - Estado de resultados | 62 |
| Tabla 24 - Balance general | 63 |
| Tabla 25 - Flujo de caja | 65 |
| Tabla 26 - Diccionario de la EDT..... | 75 |
| Tabla 27 - Costo por actividad programada | 78 |
| Tabla 28 – Costos mano de obra..... | 84 |
| Tabla 29 - Costos administrativos | 85 |
| Tabla 30 - Planificación de pagos..... | 86 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 - Esquema General del Planta..... | 30 |
| Ilustración 2 - Sistema de resinación de copa y canal | 34 |
| Ilustración 3 - Composición del biocombustible de aceite de pino | 44 |
| Ilustración 4 - Producción de biocombustible de aceite de pino | 47 |
| Ilustración 5 - EDT montaje planta | 75 |
| Ilustración 6 - Flujo de caja | 88 |
| Ilustración 7- Criterios de definición de impacto | 92 |
| Ilustración 8 - Estructura de desglose de riesgos (RBS)..... | 92 |
| Ilustración 9 - Matriz de probabilidad e impacto..... | 93 |
| Ilustración 10 - Escala de tratamiento de riesgos | 93 |
| Ilustración 11 - Matriz de impacto..... | 94 |
| Ilustración 12 - Estructura de desglose de riesgos (RBS)..... | 94 |
| Ilustración 13 - Registro de riesgos | 95 |

Dedicatoria

*A mi madre Teresa Perdomo, a mi esposa Lina María Delgado
y a mis hijas Daniela Rodríguez y Gabriela Rodríguez
quienes son el motor de mi vida.*

Agradecimientos

Doy gracias a Dios por todas las bendiciones recibidas.

A la Dra. Ángela María Otálvaro A. mi directora de tesis por su invaluable guía.

A la Ing. Sonia Patricia Camargo U. por su constante colaboración.

Al Ing. Alber Geovany Rodríguez Z. por sus consejos y colaboración.

Resumen

Este trabajo de investigación propone la producción de biocombustible a partir de la destilación de la resina de pino para uso en máquinas diésel, a través del montaje de una planta piloto productora de biocombustible a partir de este aceite de pino. Se trabajó en la identificación de las zonas productoras de pino en Colombia así como de las empresas dedicadas a la explotación forestal que cuentan con la infraestructura necesaria para el montaje y operación de la planta y se encontró que, la compañía Smurfit Kappa Cartón de Colombia (SKCC) localizada en la ciudad de Yumbo Valle del Cauca, cumple con todas las condiciones necesarias para el montaje de la planta piloto de biocombustible.

Se llevó a cabo el estudio técnico que permitió la identificación de los procesos de obtención del aceite de pino y la selección de la planta piloto adecuada para el proyecto; hallando que los métodos de resinación de copa y canal y de espina de pescado que utiliza la estimulación con levadura (E2), producen un buen rendimiento por hectárea en la explotación de la resina. En cuanto al proceso para la obtención de biocombustible de pino adecuado para este proyecto se seleccionó la destilación por arrastre a vapor de la resina y su posterior hidratación con ácido orto fosfórico. De esa manera, el biocombustible obtenido puede ser mezclado directamente con diésel fósil en una proporción B50/D50 para su uso en máquinas diésel.

Se pudo comprobar además, la factibilidad jurídica del proyecto a través de la identificación de las leyes gubernamentales que promueven la producción y comercialización de biocombustibles para uso en motores diésel como la Ley 939 de 2004 y los estímulos tributarios del gobierno colombiano para proyectos agroindustriales en materia de biocombustibles como el Decreto 383 de 2007. La viabilidad económica del proyecto fue evaluada teniendo en cuenta los costos asociados de producción del biocombustible, así como los costos asociados al montaje de la planta y los ingresos generados por la venta del producto. Apoyándose en el uso

de herramientas contables y proyectando la producción a tres años, se demuestra que el negocio es rentable. Igualmente, se estableció la viabilidad ambiental del proyecto a través del cumplimiento de las normas gubernamentales como el uso adecuado del recurso hídrico, manejo de aguas residuales, emisiones admisibles de contaminantes a la atmosfera, entre otras.

Finalmente se realizó la planeación del montaje de la planta piloto de biocombustible apoyándose en los lineamientos del PMI, específicamente en el grupo de procesos de planificación y las diez áreas de conocimiento. Con el uso de las técnicas y herramientas que brinda la guía de PMBOK, se realizó paso a paso la planeación del proyecto, planeando cada una de las actividades del montaje y previendo los riesgos asociados al proyecto durante cada una de las etapas del montaje. De este modo, se logró hacer el seguimiento permanente durante todo el proceso, brindando de esta manera el tratamiento adecuado a cada una de las diferentes áreas como costos, calidad, comunicaciones, tiempo, riesgos y adquisiciones.

Se concluye que es factible el montaje de la planta piloto productora de biocombustible a partir de aceite de pino y la utilización del biocombustible en máquinas diésel en Colombia.

Abstract

This paper proposes the production of biofuel from the distillation of pine resin for use in diesel engines by means of a planning a plant for biofuel production from pine oil. We identify pine growing areas in Colombia as well as forestry companies that have the necessary infrastructure for the installation and operation of the plant and it was found that Smurfit Kappa Carton de Colombia (SKCC) located in the city of Yumbo Valle del Cauca, meets all the conditions necessary for mounting the pilot biofuel plant.

The technical study also allowed the identification of processes for obtaining pine oil and the selection of the appropriate pilot plant for the project. The methods of resin extraction as cup and lip and thorn of fish stimulation using yeast (E2) were associated to a good yield per hectare in the exploitation of the resin. Regarding the process to obtaining biofuel suitable pine for this project, steam distillation of the resin and subsequent hydration with ortho phosphoric acid was selected. In this manner, the biofuel obtained can be mixed directly with fossil diesel in a B50/D50 blend for use in diesel engines.

The legal feasibility of the project was proven through the identification of government regulations that promote the production and marketing of biofuels for use in diesel engines, specifically Law 939 of 2004 and government tax incentives for industrial projects in biofuels in Decree 383 of 2007. The economic viability of the project was evaluated, taking into account the costs associated with biofuel production and the installation of the plant, as well as the revenue generated from the sale of the product. Based on the use of financial tools and projecting production to three years, the project was proven to be profitable. In addition, the environmental feasibility is established by complying with government regulations such as the proper use of water resources, wastewater management, and allowable emissions of pollutants into the atmosphere, among others.

Finally, planning of the assembly of a biofuel pilot plant was done based on PMI guidelines, specifically in the group of planning and ten areas of knowledge. Using the techniques and tools provided by the PMBOK guide, step by step project planning was done, where each assembly activity was planned and the risks associated with each step in the project were anticipated, achieving a continuous monitoring throughout the process and thus providing an adequate response to each of the different areas including costs, quality, communications, time, risks and acquisitions.

In conclusion, this paper found that the assembling biofuel production pilot plant from pine oil and the use of biofuel in diesel engines in Colombia is feasible.

1. Introducción

Es innegable que los combustibles fósiles han jugado un papel muy importante en el desarrollo y el progreso de la sociedad; sin embargo debido a su carácter no renovable y a la contaminación que producen, se ha venido buscando soluciones alternativas como la utilización de fuentes renovables para la generación de energía.

Dentro de las fuentes renovables de energía se encuentran las energías solar, geotérmica, eólica y la biomasa, entre otras. Todos estos tipos de energía están siendo utilizados como alternativos a los combustibles fósiles; la biomasa, en especial, se convierte en una buena opción para reemplazarlos, esencialmente en el transporte, debido a que ésta puede transformarse en combustible líquido susceptible de ser empleado en motores de combustión interna. Sin embargo, se debe tener cuidado a la hora de pensar en los biocombustibles como la solución a los problemas energéticos, ya que para su producción se requiere grandes extensiones de tierra por lo que estos han llegado a competir con la producción agropecuaria, influyendo en el mercado alimentario con las correspondientes consecuencias sobre su aceptación social (Zelaya, 2007).

En Colombia, se tienen limitadas reservas de combustibles fósiles, pero se cuenta con una gran cantidad de tierras para la producción de biomasa. Es así como parte de las tierras disponibles se han empleado para el cultivo de la caña de azúcar, palma aceitera, maíz y soya, materia prima para la producción de etanol y biodiésel.

Esta práctica está llevando a que la obtención de biocombustibles interfiera con la producción alimentaria ya que el maíz, la soya y el aceite vegetal al ser utilizados como materia prima para biocombustibles se hacen menos asequibles como productos de consumo humano.

Ante esta situación, resulta interesante considerar opciones aplicadas en los últimos años en Europa y Estados Unidos, como la producción de biocombustibles (biodiésel) a partir de aceite de pino, alternativa que ha tenido aceptación debido a que ya existen grandes plantaciones de éste, utilizadas esencialmente para la

producción de madera y papel, que no estarían en conflicto con la producción de alimentos.

En ese sentido, basándose en las herramientas de planeación de proyectos según el PMI, este trabajo plantea realizar la planeación del montaje de una planta productora de biocombustible a partir de aceite de pino, mostrando que Colombia cuenta con la posibilidad de materializar esta alternativa, pues tiene grandes plantaciones de éste así como tierras para la reforestación que podrían ser empleadas para su cultivo, sin interferir con las tierras de producción alimentaria, al tiempo que se estaría contribuyendo a la disminución de las emisiones puesto que la combustión de biocombustible es más limpia que la del combustible fósil.

2. Planteamiento del problema

2.1 Descripción del problema

Uno de los grandes factores que influye sobre la contaminación ambiental es el uso de combustibles fósiles; por esta razón, desde hace varios años se viene buscando combustibles alternativos y renovables que ayuden a disminuir su consumo, para contribuir a la reducción de las emisiones y al cuidado del medio ambiente.

En ese sentido, se ha venido estudiando el uso de biocombustibles como bioetanol, biodiésel y biogás, producidos a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos que constituyen opciones renovables y menos contaminantes que los combustibles derivados del petróleo (BAC CONVENIO CORPOICA, 2008).

Una de las soluciones que más ha adquirido fuerza en los últimos años, es el uso del biodiésel como combustible renovable; sin embargo, esta solución tiene muchos detractores debido a que los biocombustibles se producen a partir de cultivos agrícolas, que aunque son fuentes renovables de energía han originado un efecto de competencia con la producción alimentaria, resultando en el aumento del precio de los alimentos (Hogan, 2013).

A manera de ejemplo, Colombia ha venido incrementando considerablemente la producción de biodiésel a partir del aceite de palma pasando de producir 169.411 toneladas anuales en 2009 a 489.991 toneladas en 2012 (Fedebiocombustibles, 2013).

Según la Federación Colombiana de biocombustibles, “En los dos últimos años Colombia duplicó la producción de biodiésel ubicándose como el tercer productor en Sudamérica después de Argentina, e incrementó los volúmenes de producción de etanol en más del 20%, lo que la posiciona en segundo lugar después de Brasil en la región. Sin embargo, las proyecciones de aumento de producción de los

biocombustibles en Colombia indican que ésta aumentará con la construcción de nuevas plantas, posibilitando alcanzar una mezcla del 20% de biodiésel con diésel convencional. En Colombia, los biocombustibles generan actualmente 30 mil empleos directos y 60 mil indirectos de los cuales el 85% pertenecen a personas del área rural. Otro de los impactos a la economía desde su aplicación, fue la reducción de importación de gasolina de 16 mil barriles diarios a tan sólo mil barriles” (Fedebiocombustibles, 2013).

Considerando este escenario y que Colombia cuenta con más de 80.000 hectáreas sembradas de pino sólo en reforestación comercial (Marticorena, Mandagarán y Campanella, 2010) y 17 millones de hectáreas aptas para reforestación de las que sólo se usan 2,06 % (350 mil hectáreas) (Proexport, 2012), éste se constituye en una fuente potencial de materia prima para la producción de biodiésel. De ese modo, este proyecto busca aprovechar los recursos existentes, con el fin de realizar la planificación del montaje de una planta piloto productora de biodiésel a partir de aceite de pino, contribuyendo de esta manera con la producción de biodiésel de manera sustentable, sin interferir con la producción alimentaria y contribuyendo además a la generación de empleo directo e indirecto, actividades que aportan al desarrollo económico del país.

Para cumplir este objetivo, se cuenta con abundante material bibliográfico resultado de investigaciones anteriores realizadas en el área de la producción de biodiésel, así como con la información pública sobre las ventajas que ofrece el gobierno a través de las políticas de desarrollo energético, establecidas para incentivar la producción de combustibles renovables, a partir de productos agrícolas.

Teniendo como base esta problemática y con el fin de aprovechar las oportunidades descritas, se formula la pregunta de investigación, que se presenta a continuación.

2.2 Formulación del problema

¿Cómo desarrollar la etapa de planificación del montaje de una planta piloto productora de biocombustible a partir de aceite de pino que se ajuste al contexto colombiano?

Preguntas Orientadoras:

- ¿Es factible producir biocombustible a partir de aceite de pino y usarlo como combustible en motores diésel en Colombia?
- ¿Cuáles son las implicaciones jurídicas de la producción de biocombustible a partir de aceite de pino en Colombia?
- ¿Cuál es el proceso más adecuado para producir biocombustible a partir de aceite de pino?
- ¿Cuáles son las leyes para la producción y el uso de biocombustible en Colombia?
- ¿Cuáles son las herramientas gerenciales de planeación que facilitarían la planificación del montaje de la planta productora biocombustible?

3. Justificación

Debido al incremento constante del consumo de combustibles en el mundo entero, se vienen buscando alternativas energéticas, sobre todo de combustibles líquidos renovables que permitan disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. En ese sentido, en los Estados Unidos se están produciendo biocombustibles como bioetanol y biodiésel a base de remolacha azucarera y soya respectivamente. En ese país la producción de biodiésel pasó de 25 millones de galones anuales en 2004 a más de 450 millones de galones en 2007. Hasta el 2004, la producción de biodiésel en el mundo fue bastante estable, alrededor de tres millones de toneladas anuales; entre 2005 y 2008 la producción se incrementó en 37% anual, llegando a 11,1 millones toneladas (Biodiésel 2020, 2008).

Entre los principales productores de biodiésel en el mundo para 2013, se encontraban la Unión Europea con 9,6 millones de toneladas, Estados Unidos 3,9 millones de toneladas, seguido por Alemania 2,60 millones de toneladas y Francia 2,05 millones de toneladas (OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022).

En Colombia, que es un país con limitados recursos en materia de combustibles fósiles se está produciendo biodiésel industrialmente desde enero de 2008 usando como materia prima el aceite de palma, pasando de producir 169.411 toneladas anuales en 2009 a 489.991 toneladas en 2012. Las proyecciones de producción de los biocombustibles en Colombia indican un aumento de ésta con la construcción de nuevas plantas en 2015, posibilitando alcanzar una mezcla del 20% de biodiésel con diésel convencional (Fedebiocombustibles, 2013). Para ello, el gobierno ha promovido el cultivo de palma y ha creado incentivos y exenciones tributarias para impulsar la producción y comercialización de biodiésel (Ministerio de Minas y Energía Colombia, 2009). Sin embargo, esta situación ha incrementado el uso de tierras en cultivo de palma afectando en parte la producción alimentaria.

También, las superficies de siembra y las cantidades de demanda de aceite de palma se han planeado de acuerdo a las mezclas proyectadas por el gobierno. Se estima que

para satisfacer la demanda de 5% de biodiésel (B5) en la mezcla, se requerirán de 66,4 miles de hectáreas y 236,4 miles de toneladas de aceite de palma.

Por lo tanto se requerirá de 131,3 miles de hectáreas y 472,8 miles de toneladas de aceite de palma para la proyección de demanda de 10% de biodiésel (B10) y además la oferta establecida en el escenario del año 2010 crecería a 502,0 miles de toneladas de aceite de palma (Mesa, 2010).

Por su parte, la demanda de biodiésel proyectada por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia en función de las metas propuestas de mezcla, del 5%, 7% y 10% pasará de 529.200 toneladas en 2015 a 1'075.700 toneladas en 2020 (UPME, 2009).

De acuerdo a Mesa (2010), se requiere de 131.300 ha/año para producir 472.800 ton/año de aceite de palma que permitan cubrir la demanda de la mezcla B10, así como 262.700 ha/año para producir 945.700 ton/año de aceite de palma que permitan cubrir la demanda de la mezcla B20.

Afortunadamente, Colombia posee una gran riqueza forestal en especies coníferas, más de 80 mil hectáreas sembradas de pino sólo en reforestación comercial, (Marticorena, Mandagarán y Campanella, 2010). Las cuales pueden ser utilizadas como materia prima para la producción de biodiésel, sin llegar a competir con la producción alimentaria. Adicionalmente, los biocombustibles generan actualmente 30 mil empleos directos y 60 mil indirectos de los cuales el 85% pertenecen a personas del área rural. Otro de los impactos a la economía desde su aplicación, fue la reducción de importación de gasolina de 16 mil barriles diarios a tan sólo mil barriles (Fedebiocombustibles, 2013).

En ese sentido, en el desarrollo de esta investigación se pretende utilizar los conocimientos gerenciales de innovación e investigación adquiridos en la maestría en ingeniería, para realizar el modelo gerencial para la planificación del montaje de una planta piloto productora de biodiésel a partir del aceite de pino; identificando la factibilidad de implementar dicha planta utilizando los cultivos ya existentes de pino

sembrado para reforestación comercial, contribuyendo a la protección ambiental y al crecimiento económico en Colombia.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Planificar el montaje de una planta piloto productora de biocombustible a partir de aceite de pino empleando herramientas gerenciales.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar las zonas productoras de pino en Colombia y su posible aprovechamiento en la producción de biocombustible.
- Realizar un estudio técnico que permita hacer la selección de la planta piloto adecuada para el proyecto.
- Determinar la factibilidad económica, jurídica y el impacto ambiental de instalar una planta productora de biocombustible en Colombia.
- Diseñar la etapa de planeación del montaje de una planta piloto productora de biocombustible basado en los lineamientos del PMI.

5. Marco teórico

El biodiésel es un combustible renovable y biodegradable, usado en motores diésel. Se produce a través de una gran variedad de grasas de origen animal, aceites vegetales limpios o reciclados, derivados de productos agrícolas como soya, palma, girasol, colza y canola entre otros. La producción de biodiésel se logra mediante la mezcla de grasa animal o aceite vegetal (nuevo o reciclado) con algún alcohol (metanol o etanol) en presencia de un catalizador (KOH o NaOH), (Alba, 2011).

El biodiésel (fatty acid methyl esters or FAME) puede ser usado como mezcla con diésel fósil como combustible en máquinas de arranque por compresión. La mezcla de biodiésel con diésel fósil ha mostrado ser amigable con el medio ambiente debido a que el biodiésel es biodegradable con un bajo contenido de sulfuros y metales; mientras que el diésel fósil contiene hasta un 20% de hidrocarburos aromáticos policíclicos, el biodiésel tiene muy pocos hidrocarburos aromáticos policíclicos lo que lo hace seguro y fácil de almacenar y transportar; también se ha comprobado que el uso de la mezcla biodiésel con diésel fósil reduce significativamente las emisiones comparado con el diésel (Ishaq et al, 2013).

Sin embargo, en los últimos años, el biodiésel (“combustible verde”) ha recibido constantes críticas debido a su producción a partir de materias primas agrícolas (alimentarias) ocasionando un aumento de precios de los alimentos (Hogan, 2013).

Entre los principales productores de biodiésel en el mundo para el 2013 se encontraban la Unión Europea con 9,6 millones de toneladas, Estados Unidos 3,9 millones de toneladas seguidos por Alemania 2,60 millones de toneladas y Francia 2,05 millones de toneladas.

Según el informe “Perspectivas Agrícola 2013-2022” de la OCDE y de la FAO

se espera que la producción mundial de biodiésel alcance las 35 millones de toneladas en 2022; también, que la Unión Europea siga siendo el mayor productor y consumidor de biodiésel. Además, en los países en desarrollo, la producción y uso de estos combustibles se incrementó ligeramente más allá de la tendencia de años anteriores, observando la mayor parte del crecimiento en Brasil, Indonesia, Tailandia y Malasia (OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022).

El mandato para el biodiésel, tal como se define en programa de estándar de combustible renovable (RFS2) de Estados Unidos de América, se amplió de 3,2 millones de toneladas a 4,1 millones de toneladas efectivos en 2012 y años posteriores.

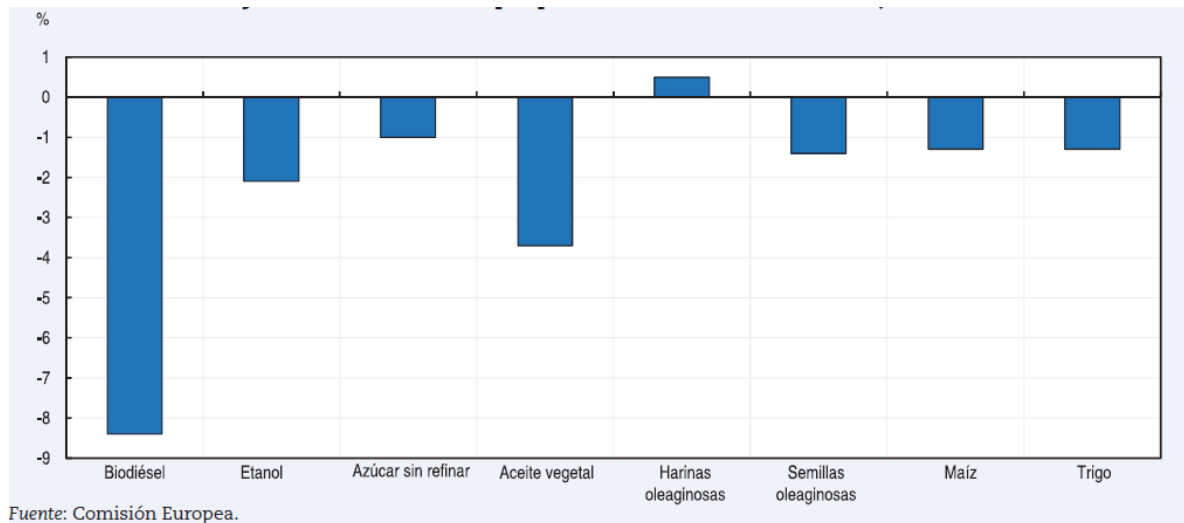
Del mismo modo, la Directiva sobre Energía Renovable (RED) de la Unión Europea (UE) estableció que los combustibles renovables (incluso los no líquidos) deberán aumentar a 10% del consumo total de combustibles para el transporte en 2020 en la Unión Europea. Tomando en cuenta los mandatos y las reducciones fiscales de los Estados miembros de la Unión Europea, se prevé que el uso total de biodiésel alcance 15,6 millones de toneladas en 2022, lo que supone una cuota media de 7,4% del biodiésel en los combustibles tipo diésel. En ese sentido, la producción nacional de biodiésel deberá aumentar al mismo ritmo que la demanda.

Sin embargo, es necesario reconocer que debido a la utilización de aceite vegetal, maíz, trigo y remolacha azucarera como principales materias primas para la producción de biocombustible en la Unión Europea (UE), se está generando un impacto directo en el costo los alimentos

Por esa razón, la Comisión Europea (CE) hizo la propuesta: “Impacto limitado sobre precios mundiales”, en la cual se menciona:

“El 17 de octubre de 2012, la Comisión Europea (CE) publicó una propuesta que limita la conversión de tierras para la producción de biocombustibles y que pretende mejorar los beneficios climáticos de los biocombustibles utilizados en la Unión Europea. El objetivo es reducir el cambio de uso indirecto de la tierra”.

Basado en la propuesta de la Comisión Europea (CE), en la gráfica 1, se muestra la expectativa de variación de precios esperada en la producción agrícola de la Comunidad Europea para 2022.

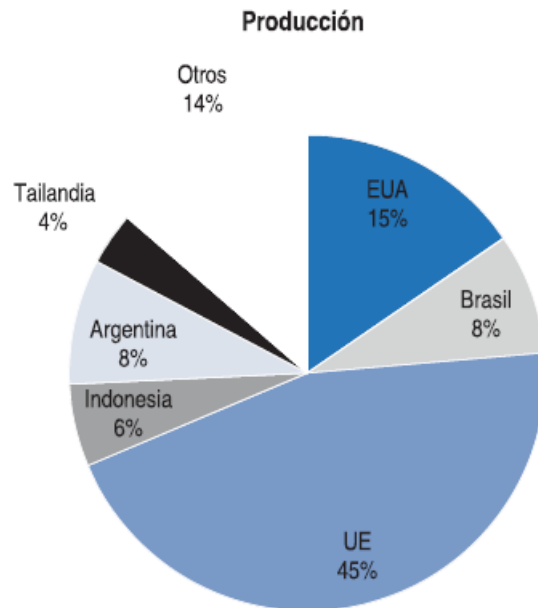


Gráfica 1 Variación de los precios mundiales entre la perspectiva de la CE y el escenario de la propuesta de biocombustibles, 2022

Fuente: OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022

A continuación, en la gráfica 2, también se pueden ver las expectativas de la distribución de la producción de biodiésel en el mundo.

Observando que la Unión Europea (UE) seguirá liderando la producción con un 45% de la producción mundial, seguido por Estados Unidos (EUA) con 15% y Brasil con el 8%.



Grafica 2 Distribución general de la producción y el uso mundial de biodiésel en 2022

Fuente: OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022

En Colombia se ha venido trabajando con políticas de apoyo al uso de combustibles renovables promoviendo el incremento de las mezclas tanto para motores de gasolina como para motores diésel a través de normas que incentivan el incremento gradual de la mezcla, así como el impulso al cultivo de materias primas para su producción. Esto, a través de estímulos al consumo de biocombustibles y a la producción de palma africana. Este proceso se da a través de leyes como la 939 de 2004 que promueve el biodiésel para uso en motores diésel.

De acuerdo a la proyección hecha por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) se espera que para el 2020 se adicione unas 703.259 hectáreas en palma de aceite para la producción de biodiésel y una producción de 3'383.892 litros diarios del producto, con lo cual Colombia podría reducir su demanda de petróleo crudo. Adicionalmente, Colombia ha avanzado en aspectos técnicos y normativos que

permiten un programa de largo alcance con un impacto positivo en cuanto a aumento de área cultivada, generación de empleo y ahorro de petróleo crudo (Corredor, 2009).

Por lo anterior es imprescindible la utilización de materias primas distintas a los productos agroalimentarios para la producción de biodiésel.

De ese modo, el aceite de pino se está viendo como una fuente alternativa y renovable de combustible para máquinas diésel y por ello, sus características físicas y térmicas están siendo estudiadas, mostrando ventajas notables como la baja viscosidad, el punto de chispa y sus valores caloríficos que son comparables a los del diésel fósil (Raman et al, 2013).

En cuanto a su producción, el proceso de obtención del biodiésel a partir de aceites vegetales como el aceite de pino, se conoce como transesterificación. Este proceso consiste en la reacción de los triglicéridos de la grasa con un alcohol (metanol o etanol) en presencia de un catalizador, produciendo ésteres (biodiésel) y glicerina. El rendimiento de la reacción es afectado por la relación molar alcohol- aceite, se requiere una relación de 3 moles de alcohol por 1 mol de triglicéridos entregando 3 moles de éster monoalquílico de ácido graso y 1 mol de glicerina.

También, la temperatura influye en la reacción de transesterificación, pues una temperatura elevada aumenta la velocidad de reacción incrementando las tasas de saponificación y otras reacciones secundarias, influyendo directamente en el rendimiento del biodiésel; por esta razón la temperatura debe mantenerse en el punto óptimo, generalmente por debajo del punto de ebullición del alcohol para evitar pérdidas del mismo por evaporación (Dinis, 2012).

Referente al uso del aceite pino en la producción de biocombustible, se han realizado algunas investigaciones en las que éste es usado directamente como biocombustible, como lo demuestra Raman et al (2013), que proponen el uso de aceite proveniente de la destilación de la resina de árboles de pino como combustible renovable, puesto que

éste tiene propiedades físicas y térmicas como son baja viscosidad y punto de ebullición que mejoran la mezcla de aire y combustible. Sin embargo, tiene un número inferior de cetano por lo que debe ser mezclado con diésel para que éste se incremente mejorando la ignición. La mezcla con el diésel se propone como alternativa renovable y medioambiental, debido a que en las pruebas experimentales se encontró que los mejores resultados de operación se logran con la proporción 50% aceite de pino y 50% de diésel (B50/D50), ya que genera una reducción de las emisiones producidas por el biodiésel (B50), usando un catalizador de reducción selectiva (SCR) y un convertidor catalítico (CC), demostrando que el uso de aceite de pino como combustible genera un impacto positivo sobre el medio ambiente.

Adicionalmente, Raman (2014) encontró que el aceite de pino obtenido por destilación de la resina de árboles de pino, contiene terpinol ($C_{10}H_{18}O$), una forma natural de monoterpeno de alcohol y pinene ($C_{10}H_{16}$) que es un hidrocarburo alicíclico y que en la mezcla (B50/D50) hacen que sea óptima la operación de máquinas diésel con la utilización SCR y CC, para la reducción de emisiones, pues en proporciones mayores de aceite de pino, la máquina sufre por vibraciones.

Como se pudo ver anteriormente el uso de aceite de pino como combustible para máquinas diésel, con sus ventajas de baja viscosidad, bajo punto de ebullición y valor calórico comparable al de diésel, es una alternativa que contribuye con la disminución de emisiones, sin embargo existe otra posibilidad de uso que permitiría el remplazo total del diésel, es el caso de biocombustible doble que consiste en la mezcla de aceite de pino con biodiésel. A este respecto, Raman et al (2013) muestran el resultado experimental de esta mezcla en diferentes proporciones utilizando aceite de pino y biodiésel obtenido de aceite kapok - *Ceiba pentandra* - (KME) encontrando que la mezcla óptima correspondiente a B50/P50 tiene las características de viscosidad, punto de ebullición y número de cetano apropiado para su uso en

máquinas diésel sin modificación alguna; las características de desempeño y combustión de la máquina usando la mezcla B50/P50 fueron comparables a las del diésel.

En cuanto a la extracción de aceite de pino, ésta se realiza por destilación por arrastre con vapor; el proceso de destilación se compone de cuatro elementos: caldera, destilador, condensador y florentino, como muestra en la ilustración 1.

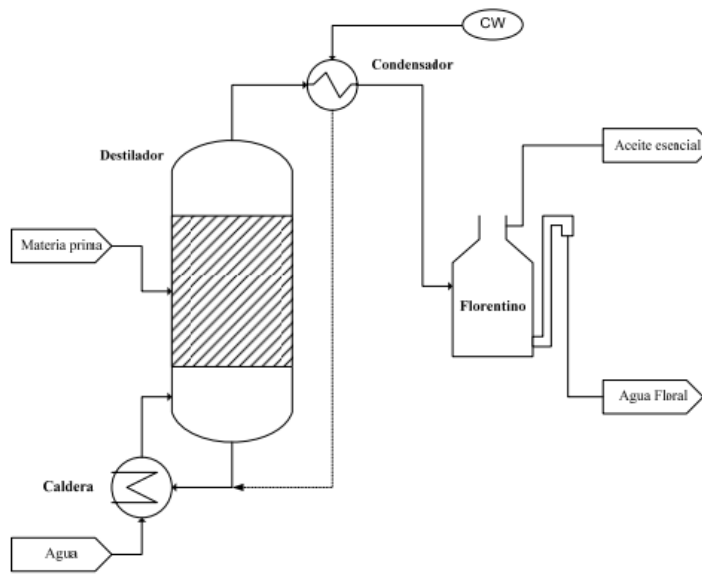


Ilustración 1 - Esquema General del Planta

Fuente: (Cerpa, 2007)

En la caldera es generado el vapor necesario que es llevado mediante un distribuidor interno a la base del hidroddestilador, en el cual se encuentra una rejilla que separada el material a destilar del fondo del tanque de destilación, el vapor proveniente de la caldera pasa a través del material. En la medida en que el material es calentado libera el aceite que se mezcla con vapor saturado y es arrastrado hacia la parte superior del destilador hasta el condensador a través de una prolongación curva del conducto de salida del hidroddestilador. La mezcla se condensa, se enfría a temperatura ambiente entregando una emulsión líquida que es separada en un florentino; por la

inmiscibilidad del aceite en agua y debido a su diferencia de viscosidad y densidad, es posible hacer la separación del mismo (Cerpa, 2007).

Respecto al cultivo de pino como materia prima, en Colombia se cuenta con más de 17 millones de hectáreas (ha) con aptitud forestal diferentes del bosque nativo y las tierras dedicadas a la agricultura. Cinco millones son tierras sin restricción (no requieren ningún tipo de adecuación de suelo para el cultivo y proyectos forestales) y 12 millones que tienen restricciones menores, de las cuales sólo se está usando actualmente el 2,06% (350.000 hectáreas) de la capacidad forestal del país.

También, la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) realizó la zonificación forestal por núcleo (departamento) diferenciando entre cantidad de tierras sin restricciones y tierras con restricciones menores, identificando tres regiones potenciales para el desarrollo de la actividad forestal (Eje Cafetero, Caribe y Orinoquia); ratificando que en Colombia se pueden conseguir excelentes rendimientos en coníferas, similares a los calculados entre los mayores productores del mundo, e identificando las principales compañías que intervienen en la industria de transformación forestal y que además tienen plantaciones en diferentes regiones como Smurfit Kappa, Cartón de Colombia entre otros (Proexport, 2012).

En cuanto a la dirección de proyectos, el PMI en su guía el PMBOK plantea los pasos a seguir y muestra las herramientas necesarias para llevar a buen término la dirección de un proyecto, a través de los cinco grupos de procesos como son los grupos de iniciación, planeación, ejecución, seguimiento y control y cierre que tienen correspondencia con diez áreas de conocimiento de la dirección de proyectos; estas áreas de administración de proyectos están conformadas por las áreas de integración, alcance, tiempo, costos, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados con las cuales se lleva a cabo la administración total de proyectos, siendo una parte muy importante la planeación del proyecto como punto fundamental del éxito del mismo (PMBOK, 2013).

6. Antecedentes

El constante aumento en tierras cultivadas para la producción de biocombustibles ha llevado a la interferencia de éstos en la producción alimentaria, por lo cual se ha venido trabajando en la producción de biocombustibles de segunda generación, a partir de madera y otros subproductos agrícolas. Este es el caso de la producción de biodiésel a partir de aceite de pino.

En ese sentido, a nivel internacional *Industrial Crops and Products*, revista internacional dedicada a la publicación de investigaciones académicas e industriales sobre cultivos y productos de industria no alimentarios, publicó un estudio comparativo de la composición de resinas y ácidos grasos de los pinos escocés y contorta del norte de Suecia para usos en biorefinerías, con el objeto de generar entre otros subproductos biodiésel. Ellos identificaron 31 compuestos entre ácidos grasos y resinas. El total de ácidos grasos y resinas identificados en el pino escocés fue de 2,4 mg/g (0,24%) y 41,4 mg/g (4,1%) de material seco en 30 diferentes muestras de extracto. Para el pino contorta en 30 muestras se obtuvieron valores de 2,3 mg/g (0,23%) y 26,0 mg/g (26%) para ácidos grasos y resinas respectivamente, compuestos encontrados de forma muy similar en todas las especies de pino sin importar su zona de cultivo, convirtiéndose el pino en una materia prima importante para la producción de biodiésel (Arshadi et al, 2013).

Asimismo, en un estudio realizado en la *Universidad de Peshawar de Pakistán*, donde se produjo biodiésel a partir de aceite de pino por transesterificación se demostró que el aumento de la temperatura acelera el proceso. Determinando que la temperatura óptima para del proceso era 80°C en tratamiento de una hora. Se comprobó también que el biodiésel “the final fatty acid methyl esters” (FAME) producido a partir de aceite de pino cumple con los estándares de calidad y las especificaciones D6751-02 de la ASTM (Ishaq et al, 2013).

De otro lado, en la universidad de Singapur, la necesidad de estudiar energías alternativas esencialmente biocombustibles, impulsó la investigación en su

producción a partir de materiales como pino, kapok, eucalipto entre otros. Allí, se realizó un estudio para probar la mezcla de aceite de pino con biodiésel como combustible para eliminar completamente el uso de diésel de origen fósil en máquinas diésel. Se experimentó con varias mezclas de aceite de pino – biodiésel de Kapok (KME) a nivel de laboratorio utilizando un generador eléctrico diésel de uso agrícola, mostrando que la mezcla adecuada correspondió a 50% biodiésel- 50 % aceite de pino (B50P50) con la cual se obtuvo reducción de las emisiones de hidrocarburo (HC), monóxido de carbón (CO) y humo de 8,1%, 18,9 y 12,5 respectivamente comparado con el diésel. Además el desempeño y las características de combustión del B50P50 fueron iguales a las del diésel (Raman et al, 2013).

Sin embargo, a la hora de pensar en estas alternativas, es necesario considerar la viabilidad económica de la producción, en el caso del biodiésel ésta depende del valor de la materia prima, costos de fabricación, suministros, mano de obra, almacenamiento, transporte entre otros. Por esto es muy importante la optimización del proceso maximizando el rendimiento de esteres y logrando un proceso químico de bajo costo (Dinis, A, 2012).

La materia prima para la obtención del aceite de pino se conoce como oleorresina Plata, (2003). Al sufrir algún daño natural o artificial el pino exuda una sustancia denominada oleorresina por la herida, lo que permite su recolección; por esta razón, para obtener la resina de los pinos se hacen incisiones en los troncos de árboles y después la oleorresina es recogida en cubetas.

Actualmente, en Cajibío departamento del Cauca, Colombia, se está empleando el sistema de resinación conocido como de copa y canal que consiste en retirar la corteza del árbol desde 30 cm del suelo, con un ancho de $\frac{3}{8}$ de la circunferencia del tronco y por una longitud de 80 cm. El siguiente paso es hacer una franja vertical de 2 cm de ancho en el centro del área descortezada llegando al límite inferior con el fin de que fluya la resina. En la parte inferior se coloca una grapa o placa que dirigirá la resina hacia la copa recolectora que se instala justo debajo de la placa; posteriormente se

procede a realizar franjas laterales oblicuas de 1 cm de ancho con un ángulo de 45° respecto a la franja central como se muestra en la ilustración 2; a medida que la copa se llena, se recolecta la resina usando cucharas de mango largo y cubetas plásticas que van llenando barriles de 30 kg adecuados para el transporte a los centros de acopio donde se almacena en barriles de 200 kg, de aquí se extraen muestras para el análisis de calidad para luego ser llevada al proceso de extracción de colofonia y trementina (Plata, 2003).

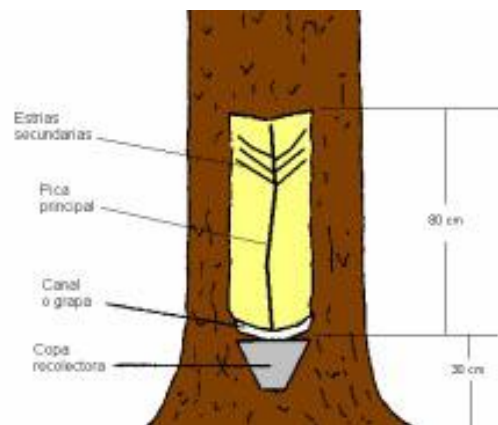


Ilustración 2 - Sistema de resina de copa y canal

Fuente: (Plata, 2003, Pág. 64)

De otro lado, a nivel económico, un factor determinante en el montaje de una planta productora de biodiésel es la ubicación de la misma; en este sentido en la Universidad Federal de Tocantins Brasil, llevó cabo un estudio para la determinación de puntos óptimos para la localización e implantación de plantas de biodiésel considerando como variables el transporte, producción, almacenamiento, abastecimiento de materia prima, distribución y utilizando un modelo matemático de programación lineal mixta, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Municipios con más de 10000 habitantes (puntos óptimos).

- Municipios productores de materias primas.
- Municipios cerca de las redes de transporte (terrestre, fluvial y férreo).
- Costo de construcción de planta.

Además se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se consideró entrega de 5 toneladas de materia prima semanal por proveedor.
- Distancia máxima de la planta de biodiésel hasta el área de consumo de hasta 500km.
- Producción de planta de biodiésel de hasta 10.000 toneladas semanales.
- Capacidad de producción y almacenamiento de la planta.
- Si, la materia prima, la planta y el consumo están localizadas en la misma área, se considera como mínimo 1 km de transporte para el cálculo del coste.

Teniendo en cuenta lo anterior se identificaron inicialmente 33 municipios aptos para la ubicación de una planta productora de biodiésel antes de correr el modelo. Luego de correr el modelo matemático fueron seleccionaron 25 de ellos como los más adecuados de acuerdo al estudio (Siebert & Quintana, 2011).

7. Diseño metodológico

La investigación que se desarrolló es de tipo Descriptiva – Cuantitativa, puesto que se utilizaron herramientas de investigación como la observación, además de una revisión documental, para describir el objeto de estudio, así como se menciona a continuación:

“Una de las funciones principales de la investigación descriptiva es la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes, categorías o clases de dicho objeto” (Bernal, 2006).

En ese sentido las fuentes de información fueron: productores de pino y documentos de diferente tipo como: resultados de investigación, políticas públicas, estadísticas, proyecciones, etc.

De acuerdo a Bernal (2006, p.164), la población es “La totalidad de los elementos e individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia”, de ese modo para esta investigación la población corresponderá al grupo de empresas con plantaciones de pino en tierras de reforestación comercial en Colombia, en las que pudiera ser viable el proyecto.

En cuanto al alcance del trabajo, éste se limitará a hacer la planificación del montaje de la planta piloto productora de biocombustible.

Con estos criterios las etapas a desarrollar fueron:

Levantamiento de la información.

Análisis de la información y diagnóstico.

Evaluación económica, factibilidad jurídica e impacto ambiental.

Planeación del montaje de la planta piloto productora de biocombustible teniendo en cuenta los lineamientos del PMI.

Levantamiento de la información:

Búsqueda de información en documentos oficiales, tesis, proyectos e investigaciones, etc.

Análisis de la información y diagnóstico:

La información recogida fue revisada y analizada, filtrando la información pertinente a cada uno de los objetivos específicos del proyecto de investigación para después hacer el diagnóstico respectivo. Como resultado de esta etapa también se logró la identificación de las zonas productoras de pino en Colombia, que podían ser aprovechadas en la producción de biocombustible, las vías de transporte de cada una de éstas y su cercanía al casco urbano, de modo que se pudieran tomar decisiones adecuadas respecto a la ubicación de la planta. Igualmente esta información también permitió realizar el estudio técnico de la planta de biocombustible, definiendo el proceso más adecuado y seleccionando el tipo de planta piloto más adecuado para el proyecto.

Evaluación económica, factibilidad jurídica e impacto ambiental:

Establecida la ubicación y el tipo de planta, se procedió a realizar el análisis económico del proyecto y sus implicaciones jurídicas y ambientales.

Terminado lo anterior se estableció la planeación del montaje de la planta piloto productora de biocombustible teniendo en cuenta los lineamientos del PMI.

Planeación del montaje de la planta piloto productora de biocombustible teniendo en cuenta los lineamientos del PMI.

En esta etapa se establecieron las actividades y los recursos involucrados en la ejecución del proyecto.

A manera de resumen en la tabla 1, se presentan las actividades requeridas para el cumplimiento de los objetivos.

Tabla 1 - Resumen de las actividades y recursos involucrados en el cumplimiento de los objetivos del proyecto

| Objetivo | Actividad | Recursos |
|---|---|---|
| <p>Identificar las zonas cultivadas con pino en Colombia y su potencial para la ubicación de una planta productora de biocombustible.</p> | <p>Ubicar las zonas productoras de pino en el país. Establecer la facilidad de transporte y distancia al lugar de entrega de combustible desde las posibles locaciones de la planta productora de biocombustible.</p> | <p>Informes oficiales de ubicación de zonas productoras de pino. Mapas de carreteras y vías de comunicación de las zonas respectivas.</p> |
| <p>Realizar el estudio técnico y selección de la planta piloto adecuada al proyecto.</p> | <p>Revisar diferentes proyectos de plantas productoras de biocombustible e identificar diferentes procesos de producción, técnicas y costos. Seleccionar uno de estos procesos para la producción de biocombustible a partir de aceite de pino en Colombia.</p> | <p>Proyectos implementados, tesis e investigaciones realizadas.</p> |
| <p>Determinar la factibilidad jurídica y económica de instalar una planta productora de biocombustible en Colombia.</p> | <p>Identificar las leyes Colombianas referentes a biodiésel; beneficios tributarios e incentivos gubernamentales para impulsar la producción de biodiésel. Determinar las leyes que son aplicables al proyecto.</p> | <p>Documentación oficial.</p> |

| | | |
|---|---|--|
| <p>Establecer el impacto ambiental del proyecto.</p> | <p>Identificar los factores positivos o negativos del proyecto que pueden afectar el medio ambiente en sus alrededores y la población involucrada.</p> | <p>Proyectos implementados, tesis e investigaciones realizadas.</p> |
| <p>Establecer la planeación del montaje de una planta piloto productora de biocombustible basado en los lineamientos del PMI.</p> | <p>Llevar a cabo los procesos de planeación del proyecto de acuerdo a los lineamientos del PMI como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar el plan del proyecto. - Definir el alcance. - Crear al Estructura de Desglose de Trabajo (EDT). - Definir las actividades. - Secuenciar las actividades. - Estimar recursos de actividades. - Estimar duración de las actividades. - Elaborar el cronograma. - Estimar costos. - Determinar presupuesto. - Planificar calidad. | <p>PMBOK. Proyectos realizados. Documentos. Consulta a expertos.</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none">- Definir plan de recursos humanos.- Planificar comunicaciones.- Planificar gestión de riesgos.- Identificar riesgos.- Análisis cualitativo de riesgos.- Planificar respuesta a riesgos.- Planificar adquisiciones. | |
|--|---|--|

8. Localización la planta

Para la selección de la ubicación de la planta se tuvieron en cuenta algunos de los parámetros considerados en el estudio realizado por Siebert & Quintana, (2011) en la Universidad Federal de Tocantins Brasil, como la identificación de las zonas productoras con posibilidad de ser aprovechadas en la producción de biocombustible, las vías de transporte de cada una de las zonas y su cercanía al casco urbano, el acceso a servicios de energía, agua y alcantarillado entre otros.

8.1 Zonas productoras de pino en Colombia y su potencial para la ubicación de la planta

De acuerdo a la publicación Sector forestal en el país – perfil forestal 2012, en Colombia se cultivan diferentes tipos de coníferas para la explotación de la industria de madera, papel y cartón entre otras (Proexport, 2012).

En la tabla 2 se pueden ver las principales industrias de transformación en el sector forestal.

Tabla 2 - Principales industrias de transformación en el sector forestal

| Compañía | Tipo de Plantación | Hectáreas Reforestadas | Ubicación | Usos de la madera |
|--|-----------------------|------------------------|------------------|---|
| Refocosta | Teca | 1.269 | Magdalena | Línea arquitectónica |
| | Roble | 762 | Magdalena | Línea carpintería |
| | Pino Caribe | 1.525 | Casanare | Línea agroindustrial y construcción |
| | Eucalipto | 1.279 | Magdalena | |
| Smurfit Kappa, Cartón de Colombia | Eucalipto (17.000 Ha) | 11.000 | Pereira | Papel y cartón |
| | Pino (27.000 Ha) | 18.000 | Cali | |
| | | 15.000 | Popayán | |
| Pizano | Ceiba Roja | 20.000 | Barranquilla | Construcción Triplex, madecor, puertas, muebles Distribuidores industria |
| | Melina | | Urabá | |
| | | | Valle del Cauca | |
| Reforestadora Industrial de Antioquia | Pinus Pátula | 10.555 | Antioquia | La madera se destina para el abastecimiento continuo de materia prima para diferentes empresas |
| | Melina | | | |
| | Pinus Oocarpa | | | |
| | Acacia | | | |
| Kanguroid. 3F Proyectos Bosques del Futuro | Teca | 4.100 | Córdoba | Construcción, fabricación de muebles y cocinas |
| | Acacia | | | |
| | Melina | | | |
| Reforestadora el Guásimo | Teca | 98 | Antioquia | Manejo integral de plantaciones e industria forestal |
| | Pinus Maximinoi | | | |
| | Pinus Pátula | | | |
| | Ciprés | | | |
| Industria Forestal Doña María | Otras especies | 7.400 | Medellín Yarumal | La madera se destina para el abastecimiento continuo de materia prima para diferentes empresas |
| | Pinus Patula | | | |
| | Pinus Oocarpa | | | |
| Cipresses | Pinus Tecumani | 2.000 | Caldas | Produce y suministra madera de óptima calidad proveniente de cultivos forestales para la industria de aserrios. |
| | Pinus Maximinoi | | | |
| | Pinus Pátula | | | |
| Madeflex | Cupressus Lusitánica | 4.000 | Magdalena | Puertas, marcos y closets |
| | Eucalipto | | | |

Fuente: Proexport, 2012

Según los datos mostrados en la tabla 2, se observa que para el año 2012 la mayor plantación de pino en el país se encuentra en zona rural cercana a la ciudad de Cali, perteneciente a la compañía Smurfit Kappa Cartón de Colombia (SKCC) cuyo objetivo es la explotación en terrenos de aptitud forestal con especies que le aseguren la madera como materia prima para la producción de pulpa, papel y cartón (Proexport, 2012, p. 14 y 15).

Actualmente, Smurfit Kappa Cartón de Colombia (SKCC) cuenta con 26.153 hectáreas (ha) sembradas con pino. Tiene además una planta productora de pulpa ubicada en la ciudad de Yumbo, Valle del Cauca a la que llega el pino para su procesamiento (372.000 toneladas en 2014). La compañía cuenta con toda la infraestructura de plantación, manejo de cultivos, mantenimiento, cosecha, recolección, vías y transporte necesaria para mantener de manera sustentable la materia prima necesaria para la operación de la planta (Smurfit Kappa Cartón de Colombia, 2013).

De ese modo, la planta de Smurfit Kappa Cartón de Colombia localizada en la ciudad de Yumbo, se presenta como lugar idóneo para la ubicación de la planta productora de biodiésel.

La ciudad de Yumbo, se encuentra localizada a doce kilómetros al norte de la ciudad de Cali, es uno de los cuarenta y dos municipios del departamento del Valle del Cauca y por tener más de 2.000 fábricas ubicadas en la zona limítrofe con la ciudad de Cali se le conoce como la capital industrial del Valle del Cauca.

8.2 Descripción técnica del producto

En su trabajo experimental Raman (2014), confirma que el aceite obtenido por destilación de la resina de los árboles de pino contiene terpinol ($C_{10}H_{18}O$), un alcohol, junto con pineno ($C_{10}H_{16}$), que es un hidrocarburo alicíclico y mezclado en proporción B50/D50 con diésel fósil muestra un óptimo desempeño en la operación máquinas diésel y disminuye las emisiones. Por tal razón este estudio técnico se basa en la producción de aceite de pino por destilación para ser usado como biocombustible en combinación con diésel fósil en máquinas diésel.

8.2.1 Composición

Usando la técnica de cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) para identificar los compuestos del biocombustible obtenido por la destilación de la resina de pino se identificó que éste está constituido en su mayor parte por terpinol ($C_{10}H_{18}O$) y pineno ($C_{10}H_{16}$), como se puede ver en la siguiente ilustración 3.

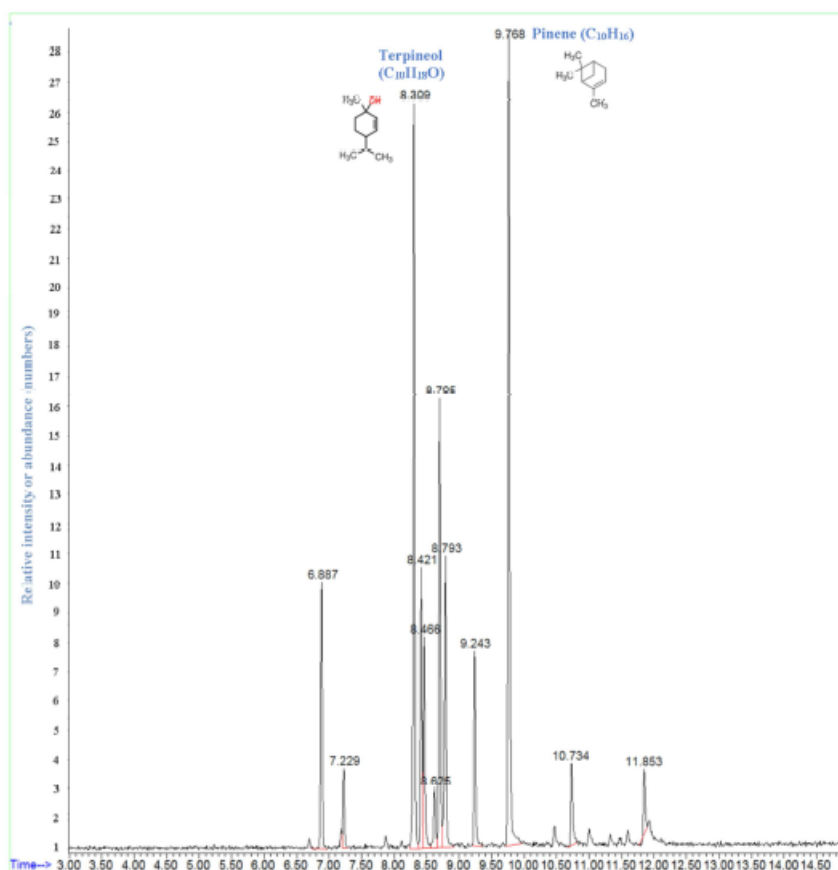


Ilustración 3 - Composición del biocombustible de aceite de pino

Fuente: RAMAN, 2014. pág. 48

El aceite de pino (terpinol) tiene dentro de sus componentes átomos de oxígeno, hidrógeno y carbón lo que lo convierte en un fuente alternativa dentro de los combustibles renovables (RAMAN, 2014).

8.2.2 Obtención

El biocombustible se obtiene por destilación por arrastre por vapor de la resina de los árboles de pino.

Unidad de Medida. La unidad de medida usada para su comercialización es el litro.

Almacenamiento

Se debe mantener el producto en un lugar fresco, herméticamente empacado. Por su característica inflamable y para conservar sus propiedades, se debe almacenar en recipientes metálicos y herméticos con capacidad para almacenar entre 25 y 220 litros generalmente (ProtoKimica, 2011).

8.3 Identificación de procesos

La primera parte del proceso inicia con la resinación de los pinos, es un procedimiento que consiste en extraer la resina del pino, para realizarlo existen diferentes métodos los cuales afectan directamente el rendimiento de la recolección.

De acuerdo a Gallo et al (2012) en estudio realizado en 2 hectáreas (2.472 árboles) de pino pertenecientes a Kappa Cartón de Colombia (SKCC), ubicadas en Cajibío, departamento del Cauca, Colombia, utilizando el método de resinación de copa y canal y asignando un obrero por hectárea para realizar toda la labor de resinación; estimando que SKCC cuenta con un promedio de 1.236 pinos por hectárea con una capacidad de producir 206 kg de oleoresina al mes. Cabe anotar que el daño que causa el proceso de resinación a los arboles no es significativo para su aprovechamiento por parte de SKCC.

Aunque el periodo normal de resinación de los pinos es de entre 20 a 25 años, en bosques maderables la resinación se realiza entre los 3 a 5 años anteriores al corte final del árbol (Sustforest, 2009)

A su vez Plata (2003), en su estudio realizado en las plantaciones de pino pertenecientes a Kappa Cartón de Colombia (SKCC), ubicadas en Cajibío, departamento del Cauca, Colombia, utilizando el método de resinación de copa y canal, estimó una producción anual de resina por árbol es en promedio de 2,5 kg equivalente a unos 257,5 kg al mes.

De otro lado, según López (1996, p. 58), la producción de oleorresina por árbol es de 9 kg anual (927 kg mensual por hectárea) usando el método de resinación de espina de pescado y levadura (E2) como estimulante biológico.

Se considera entonces, que si se usa el método de resinación de espina de pescado y levadura (E2) como estimulante biológico el rendimiento por hectárea en la producción de resina se incrementaría en 27%, aumentándose también la producción de aceite de pino por hectárea.

8.4 Producción de aceite de pino

Recolectada la resina de los pinos (oleorresina) que es usada como materia prima para la producción del aceite; la oleorresina es lavada y se lleva al reactor para su destilación, donde se pone en contacto con vapor a presión, produciendo dos compuestos, colofonia (resina de pino) y trementina (aguarrás) evaporada, esta última sube y llega al condensador donde es recolectada en estado líquido. La trementina en sí misma es biocombustible compuesto principalmente por α – pineno y β – pineno. La colofonia que tiene las características del alcanfor, queda como subproducto en el proceso. La trementina se deja reaccionar con ácido orto-fosfórico para sintetizar el aceite de pino. Al terminar la reacción el biocombustible de pino es recolectado y almacenado (Raman, 2014).

La ilustración 4 muestra el proceso de producción de biocombustible de aceite de pino.

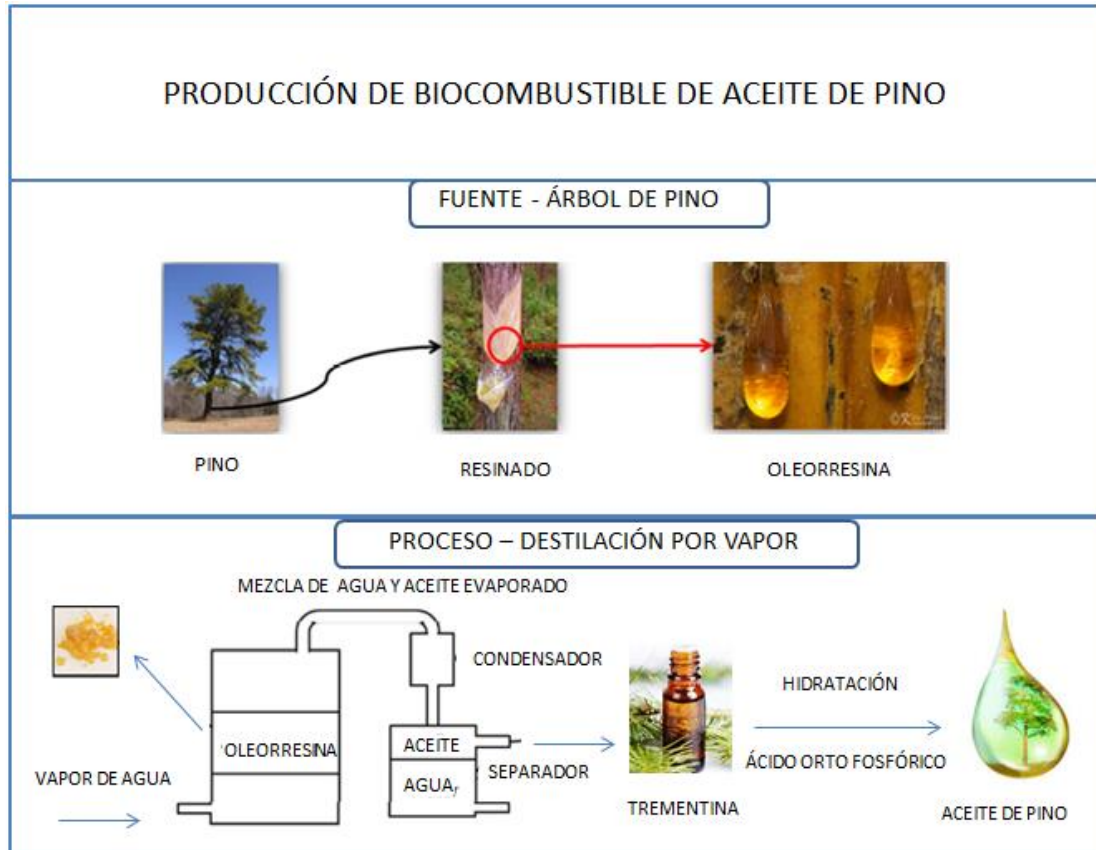


Ilustración 4 - Producción de biocombustible de aceite de pino

Fuente: Modificada de Raman, 2014. pág. 47

De este modo, se establece el proceso de destilación por vapor como el adecuado para la planeación del montaje de la planta productora de biocombustible a partir de aceite de pino.

8.5 Costos

Para conocer los costos de producción, se identificaron los costos implicados para producir un litro de biocombustible. Según Varela (2008), para el cálculo del costo de fabricación se tiene en cuenta mano obra directa, mano obra indirecta, materia prima directa y costos indirectos de fabricación identificando variables como la cantidad de litros de biocombustible que se puede producir con una hectárea de cultivo.

8.5.1 Mano obra directa

Corresponde a los costos en mano de obra de establecimiento del cultivo, mantenimiento del cultivo (labor cultural), labor de resinación (oleorresina) y operarios del proceso de producción del aceite.

8.5.1.1 Establecimiento y mantenimiento del cultivo

Según el informe de CONIF (2013), el costo anual correspondiente a labores de establecimiento y mantenimiento del cultivo por hectárea de pino en Colombia es de \$376.075 COP valor a 2015.

Blanco (2011), indica que se requiere 1 sólo obrero para realizar adecuadamente la labor de resinación de 5.000 árboles.

Para calcular los costos se tiene en cuenta el número de árboles por hectárea que teóricamente pueden ser hasta 1.250 (Montoya 2010); en este caso en particular, Smurfit Kappa Cartón de Colombia (SKCC) tiene un promedio de 1.236 pinos por hectárea (Gallo et al, 2012).

Las labores de mantenimiento están incluidas dentro del trabajo del resinero, pues éste sólo dedica una cuarta parte de su tiempo a la resinación.

Se puede entonces calcular el costo de mano de obra en resinación por hectárea de pino como sigue:

Salario mínimo mensual en Colombia 2014 => \$ 644.350 * (1 + 0,53) = \$ 985.585

Costo mensual por hectárea => \$ 31.339 + \$ 61.615 = \$ 92.954

En la tabla 3 se calcula el costo de mano de obra para obtener un kilo de oleorresina.

Tabla 3 - Costos mano de obra directa - Mantenimiento

| Costo Mano Obra Directa –Por Kilo de Oleorresina COP | |
|---|--------------|
| Costo mano obra por hectárea | \$ 92.954,64 |
| Oleorresina por hectárea mes | 257,50 |
| Costo mano obra por kilo oleorresina | \$ 360,99 |

8.5.1.2 Proceso de producción

Para el proceso de producción, el costo de mano de obra se calculó en un valor de \$ **17,76 Pesos** por litro de trementina, la siguiente tabla muestra el cálculo:

Tabla 4 - Costo mano de obra - Producción

| Costo Mano Obra Directa - Operarios de Producción en COP | |
|---|--------------|
| Tiempo de producción (horas) | 2 |
| Costo 2 SMLV x hora (2 operarios) | \$ 16.426,42 |
| Costo mano obra por 1850 L de trementina | \$ 32.852,83 |
| Costo mano obra por litro de trementina | \$ 17,76 |

8.5.2 Mano obra indirecta

El costo generado por el tiempo de dedicación del gerente a labores de coordinación y control de la producción, se estima en **8,88 Pesos** por litro de trementina como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5 - Costo mano de obra indirecta

| Costo Mano Obra Indirecta en COP | |
|---|--------------|
| Costo 4 SMLV x hora | \$ 16.426,20 |
| Costo minuto | \$ 273,77 |
| Litros día | 1.850 |
| Minutos de dedicación x día | 60 |
| Costo mano obra por litro de trementina | \$ 8,88 |

8.5.3 Materia prima

El costo de la materia prima se calcula teniendo en cuenta el valor de la plantación. De acuerdo a Rodríguez, Rodríguez, (2012), el valor por hectárea de pino en la zona es de 21.649.875,30 de Pesos.

El cálculo se puede ver en la tabla 6.

La producción de oleorresina por árbol es 9 kg anual (927 kg mensual por hectárea) usando el método de resinación de espina de pescado y levadura (E2) como estimulante biológico (López, 1996. pp 58).

Tabla 6 - Costo de materia prima

| Costo Materia Prima – Material Vegetal (MV) en Pesos | |
|--|------------------|
| Valor hectárea pino | \$ 21.649.875,30 |
| Pinos por hectárea | 1.236 |
| Valor del pino | \$ 17.516,08 |
| Oleorresina por árbol en kilogramos | 45 |

| | |
|---|--------|
| Valor de kilogramo de oleoresina | 389,25 |
| Kilogramos de oleoresina x litro de trementina | 1,85 |
| Costo materia prima x litro de trementina | 720,11 |

Calculados los costos de mano de obra, se calcula a continuación los costos indirectos de producción.

8.5.4 Costos indirectos

Corresponde a los costos de energía, gas y agua requeridos para la producción de un litro de trementina. Para calcular estos costos se toma como base los resultados de la investigación de Martínez, (2004). Para un tiempo de destilación de dos (2) horas, la siguiente tabla muestra los cálculos (1kw/h 482,32 COP, 1 m³ de agua 1.669,33 COP (emcali.com.co) y 1 m³ de gas natural 286,12 COP (gases de occidente).

Tabla 7 - Costo de servicios

| Costos Indirectos (Servicios) en Pesos | | |
|---|----------------------------|--------------------|
| Ítem | Cantidad | Valor |
| KW / Hora | 9 | \$4.340,88 |
| Agua (m³) / Hora | 10 | \$16.693,30 |
| Gas (m³) / Hora | 179 | \$51.215,48 |
| | Total x destilación | \$72.249,66 |
| | Total x litro | \$39,05 |

Se puede ver que el gas corresponde al 70% del valor total.

8.5.5 Resumen de costos

Con la mano de obra, materia prima y costos indirectos, se obtiene el valor total de fabricación de un litro de trementina. La tabla 8 muestra los costos involucrados:

Tabla 8 - Costo de fabricación de un litro de trementina

| Costos de fabricación x litro de trementina COP | |
|--|--------------|
| Ítem | Valor |
| Mano obra Directa | |
| Mantenimiento | 360,99 |
| Destilación | 17,76 |
| Indirecta | 8,88 |
| Materia prima | 720,11 |
| Servicios | 39,03 |
| Costo fabricación | 1.146,77 |

Por cada tonelada de oleorresina procesada se obtiene 700 kg de colofonia y 1.850 litros de trementina.

La colofonia es un producto de alta demanda en el mercado, para efectos de este estudio no se tendrá en cuenta su precio de venta en el cálculo de la factibilidad económica del proyecto.

De acuerdo a Zaub Technologies & Data Services, (2015) el precio promedio de venta de la colofonia es de 4800 COP por kilogramo.

8.5.6 Margen de contribución

Se calcula como la diferencia entre el valor de venta por unidad de producto menos el costo de fabricación por unidad (costos variables). El precio de venta del biodiésel en el mercado nacional, es de \$ 10.244,51 por galón (3,785 L) que equivale a \$2.706,61 por litro, (Federación Nacional de Biocombustibles, 2015).

Tabla 9 - Margen de contribución

| Margen de Contribución | |
|-----------------------------------|------------|
| Precio venta biodiésel x L | \$2.706,61 |
| Costo de fabricación x L | \$1.146,77 |
| Total | \$1.559,84 |

El margen de contribución positivo, indica que el producto genera una utilidad.

8.6 Capacidad de la planta

Partiendo de que se planea el montaje de una planta piloto y aunque Smurfit Kappa Cartón de Colombia (SKCC) cuenta con 26.153 hectáreas de pino sembradas en zona rural cercana a la ciudad de Cali con las cuales se podrían producir 6.734,4 toneladas de oleoresina al mes, según Plata (2003), se requiere sólo de 1.166 hectáreas para garantizar la extracción de 300 toneladas de resina de pino al mes, que provee el abastecimiento de materia prima necesaria para la producción de aceite pino para una planta productora de biocombustible con capacidad de destilar 10 toneladas de oleoresina de pino por turno, 220 toneladas mes, 2.640 toneladas año (operando 22 días al mes).

Por lo anterior, la capacidad instalada de la planta será de 12 toneladas por turno la cual operará en un 83,33 % de su capacidad que corresponde al procesamiento de 10 toneladas de oleoresina, produciendo 1.850 L de trementina por turno de 8 horas.

8.7 Equipos e insumos

De acuerdo a Cruz, (2004) por cada tonelada de oleoresina destilada se obtienen 185 litros (L) de trementina y 0,7 toneladas de colofonia, por lo tanto se producirán 1.850 L de trementina por turno de destilación, por lo tanto con una producción de 22 días al mes se obtendrán 40.700 L de trementina mensual.

8.7.1 Equipos

En la tabla 10 se listan los equipos necesarios para la operación de la planta productora de biocombustible con capacidad de procesar 10 toneladas de oleoresina por turno de 8 horas. (Capacidad de equipos ver tabla 25)

Tabla 10 - Equipos requeridos

| Equipos | | |
|---------|-----------------------|----------|
| Ítem | Descripción | Cantidad |
| 1 | Destilador principal | 1 |
| 1 | Destilador secundario | 1 |
| 2 | Caldera | 1 |
| 3 | Torre de enfriamiento | 1 |
| 4 | Tuberías | 1 |
| 5 | Válvulas | 1 |
| 6 | Tanque preparación | 2 |
| 7 | Tanque de oleoresina | 2 |
| 8 | Tanque reposo | 1 |
| 9 | Tanque lodos | 1 |
| 10 | Tanque de trementina | 1 |
| 11 | Tanques de traslado | 8 |
| 12 | Tanque de gas | 1 |
| 13 | Motobomba 1 HP | 2 |
| 14 | Motobomba 2 HP | 2 |
| 15 | Bascula 500 Kg | 1 |

Fuente: Cruz, (2004)

Cabe anotar que todos los equipos necesarios se pueden adquirir dentro del país, por lo tanto no serán necesarios trámites aduaneros o de importación.

8.7.2 Insumos

Cruz (2004) y Gutiérrez (2011), indican que para la producción del biocombustible de pino se requiere de materiales adicionales. En la tabla 11, se muestran los insumos requeridos en el procesamiento de 10 toneladas de oleoresina.

Tabla 11 - Insumos

| Insumos | | |
|---------|-------------|----------|
| Ítem | Descripción | Cantidad |

| | | |
|----------|-------------------------|-------|
| 1 | Cloruro de sodio (Kg) | 15 |
| 1 | Bisulfito de sodio (Kg) | 15 |
| 2 | Aguarrás (L) | 2.000 |
| 3 | Agua (L) | 1.250 |
| 4 | ácido fosfórico (L) | 450 |

Fuente: Cruz, 2004 y Gutiérrez, 2011

Los insumos son de venta libre para uso industrial.

8.8 Operación de la planta

La planta sería operada por el personal que se muestra a continuación en la tabla 12: (función y perfil del cargo ver anexo A)

Tabla 12 - Personal requerido para la operación de la planta

| Administrativo | Cantidad |
|--------------------------|-----------------|
| Gerente de producción | 1 |
| Secretaria | 1 |
| Auxiliar de contabilidad | 1 |
| Operativo | |
| Recibidor y preparador | 1 |
| Calderero | 1 |
| Destilador y envasador | 1 |
| Controlador calidad | 1 |
| Mantenimiento | 1 |

9. Viabilidad económica

En este capítulo se evalúa la viabilidad económica del proyecto, teniendo en cuenta los costos asociados a la producción del biocombustible, así como los costos asociados al montaje de la planta y por supuesto los ingresos generados por la venta del producto. Para lo cual, se elaboran las proyecciones financieras y se hace el análisis de liquidez de la empresa.

9.1 Costos de montaje y operación de la planta

Tiene en cuenta todos los costos para poner en funcionamiento la planta incluyendo, costos fijos, servicios, personal, equipos e insumos entre otros.

9.1.2 Inversiones

9.1.2.1 Costos fijos

En los costos fijos, se consideran todos los costos de operación de la planta que no dependen del volumen de producción como son equipos de oficina, equipos de destilación entre otros que se detallan a continuación en las tablas 13. (Capacidad de equipos ver tabla 25)

Equipos requeridos para el montaje de la planta procesadora:

Tabla 13 - Costo equipos de planta procesadora

| Costo Equipos | | | | |
|---------------|-----------------------|----------|---------------------|--------------------|
| Ítem | Descripción | Cantidad | Valor Unidad en COP | Valor Total en COP |
| 1 | Destilador principal | 1 | 180.200.000 | 180.200.000 |
| 1 | Destilador secundario | 1 | 60.200.000 | 60.200.000 |
| 2 | Caldera | 1 | 120.600.000 | 120.600.000 |
| 3 | Torre de enfriamiento | 1 | 25.640.000 | 25.640.000 |
| 4 | Tuberías | 1 | 21.200.000 | 21.200.000 |
| 5 | Válvulas | 1 | 11.548.000 | 11.548.000 |
| 6 | Tanque preparación | 2 | 15.300.000 | 30.600.000 |
| 7 | Tanque de oleoresina | 2 | 13.500.000 | 27.000.000 |
| 8 | Tanque reposo | 1 | 9.000.000 | 9.000.000 |

| | | | | |
|-----------|----------------------|---|--------------|--------------------|
| 9 | Tanque lodos | 1 | 2.645.600 | 2.645.600 |
| 10 | Tanque de trementina | 1 | 13.000.000 | 13.000.000 |
| 11 | Tanques de traslado | 8 | 2.000.000 | 16.000.000 |
| 12 | Tanque de gas | 1 | 4.000.000 | 4.000.000 |
| 13 | Motobomba 1 HP | 2 | 1.200.000 | 2.400.000 |
| 14 | Motobomba 2 HP | 2 | 2.000.000 | 4.000.000 |
| 15 | Bascula 500 Kg | 1 | 3.500.000 | 3.500.000 |
| | | | Total | 531.533.600 |

Fuente: Focar ingenieros

Se puede ver que el 45% de los costos de equipos de producción corresponde a los destiladores.

Equipos de oficina requeridos:

La tabla 14 muestra los equipos de oficina requeridos para la administración.

Tabla 14 - Inversión equipos de oficina

| Equipos de Oficina | | | | |
|---------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| Ítem | Descripción | Cantidad | Valor Unidad Pesos | Valor Total Pesos |
| 1 | Escritorios | 4 | 600.000 | 2.400.000 |
| 2 | Sillas | 7 | 80.000 | 560.000 |
| 3 | Computador | 3 | 1.500.000 | 4.500.000 |
| 4 | Multifuncional | 1 | 1.000.000 | 1.000.000 |
| 5 | Teléfono | 3 | 500.000 | 1.500.000 |
| 6 | Archivo | 1 | 500.000 | 500.000 |
| 7 | Otros Implementos | 1 | 300.000 | 300.000 |
| | | | Total | 10.760.000 |

Para el montaje de la planta se debe adquirir un terreno de 3000 m² cuyo valor se muestra en la tabla 15.

Tabla 15 - Inversión terreno

| Terreno | | | | |
|----------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| Ítem | Descripción | Cantidad | Valor Unidad Pesos | Valor Total Pesos |
| 1 | Lote de 3000 m ² | 1 | 600.000.000 | 600.000.000 |
| | | | Total | 600.000.000 |

Fuente: Inmobiliaria de occidente

A continuación se muestra el valor total del montaje de la planta que corresponde únicamente a los costos de obra civil y mano de obra. (Ver tabla 27)

Tabla 16 - Inversión montaje y adecuación

| Montaje y adecuación de Planta | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| Ítem | Descripción | Cantidad | Valor Unidad Pesos | Valor Total Pesos |
| 1 | Materiales y mano de obra | 1 | 2.256.225.788 | 2.256.225.788 |
| | | | Total | 2.256.225.788 |

Fuente: Focar ingenieros

9.1.2.2 Capital de trabajo

Consiste en los costos fijos distintos a la inversión que se requieren para la operación de la empresa como mano de obra, servicios, etc. como se detalla en las siguientes tablas 17 y 18.

Tabla 17 - Inversión salario mensual con prestaciones

| Administrativo | Cantidad | Salario Base | Salario Total |
|--------------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Gerente de producción | 1 | \$3.221.750 | \$4.892.400 |
| Secretaria | 1 | \$644.350 | \$978.480 |
| Auxiliar de contabilidad | 1 | \$644.350 | \$978.480 |
| Operativo | | | |
| Recibidor y preparador | 1 | \$644.350 | \$978.480 |
| Calderero | 1 | \$1.288.700 | \$1.956.960 |

| | | | |
|------------------------|---|--------------|---------------------|
| Destilador y envasador | 1 | \$1.288.700 | \$1.956.960 |
| Controlador calidad | 1 | \$1.288.700 | \$1.956.960 |
| Mantenimiento | 1 | \$1.288.700 | \$1.956.960 |
| | | Total | \$15.655.680 |

Fuente: Mintrabajo

La tabla 18 corresponde al costo de servicios por mes para la operación de la planta

Tabla 18 - Inversión servicios mes

| Servicios | |
|-----------------------------------|------------------|
| Ítem | Valor Mes |
| Energía | 1.500.000 |
| Gas | 2.500.000 |
| Teléfono/Internet | 830.000 |
| Acueducto y Alcantarillado | 2.350.000 |
| Otros Gastos | 350.000 |
| Total | 7.530.000 |

Fuente: Consulta a tarifas de servicios de energía, acueducto, alcantarillado y gas según uso en el departamento del Valle del Cauca para 2015 (Emcali y Gases de occidente).

9.1.2.3 Inversión total

Corresponde a la suma total de activos fijos y capital de trabajo detallado anteriormente. Se puede observar que la mayor inversión corresponde al valor del montaje y a adecuación de la planta, para lo cual se toman las medidas necesarias realizando la planificación basada en los lineamientos del PMI anticipando los riesgos posibles y asegurando el éxito del proyecto, estos costos se resumen en la tabla 19.

Tabla 19 - Inversión total en pesos primer mes

| Inversiones | |
|--|---------------|
| Equipos (Ver tabla 13) | \$516.233.600 |
| Equipos de Oficina (Ver tabla 14) | \$10.760.000 |
| Terreno (Ver tabla 15) | \$600.000.000 |

| | |
|--|------------------------|
| Montaje y adecuación de planta (Ver tabla 16) | \$2.256.225.788 |
| Salarios personal (Ver tabla 17) | \$15.166.440 |
| Servicios (Ver tabla 18) | \$7.530.000 |
| Total Inversiones | \$3.405.915.828 |

9.1.3 Costos variables de producción

Los costos variables son los que dependen del volumen de producción en este caso corresponde al costo de los insumos requeridos para procesar 10 toneladas de oleorresina, entre estos se encuentran los reactivos a utilizar, el agua y la energía. Estos costos se detallan en la tabla 20 y el total de costos variables en la tabla 21.

Tabla 20 - Inversión insumos

| Insumos | | | | |
|---------|-------------------------|----------|---------------------|--------------------|
| Ítem | Descripción | Cantidad | Valor Unidad en COP | Valor Total en COP |
| 1 | Cloruro de sodio (Kg) | 10 | 850 | 8.500 |
| 1 | Bisulfito de sodio (Kg) | 15 | 7.000 | 105.000 |
| 2 | Aguarrás (L) | 2.000 | 5.000 | 10.000.000 |
| 3 | Agua (L) | 1.250 | 25.640.000 | 25.640.000 |
| 4 | ácido fosfórico (L) | 450 | 5.000 | 2.250.000 |
| | | | Total | 38.003.500 |

Fuente: Col química

El valor total de la tabla 20, corresponde al valor de los insumos necesarios para procesar 10 toneladas de oleorresina y producir 1850 L de biocombustible.

9.1.4 Total costos variables de producción

La tabla 21 muestra el total de costos variables requeridos para el procesamiento de 10 toneladas de oleorresina.

Tabla 21 - Inversión total costos variables

| Costos variables | |
|------------------------|---------------------|
| Insumos (Ver tabla 20) | \$38.003.500 |
| Materia prima | \$29.308.477 |
| Imprevistos (5%) | \$3.365.599 |
| Total | \$70.677.576 |

De la tabla 21 se puede deducir que los insumos corresponden al 53,7% de los costos variables de producción y la materia prima al 41,4% de los mismos, información que permite anticipar los requerimientos necesarios para el aumento de la producción en cualquier momento que la demanda lo requiera.

9.2 Flujo de efectivo

Esta herramienta permite determinar las entradas y salidas de efectivo al proyecto. A continuación en la tabla 22 se presenta el flujo de efectivo proyectado a tres (3) años y muestra el efectivo generado durante este periodo. Para esto se utiliza la inflación del 2.94 % anual a partir del año 2014. Asumiendo así mismo un incremento en las ventas del 3 % anual.

Todos los valores corresponden a los costos de operación de la planta así como los ingresos por ventas, obtenidos anteriormente para una producción de dos turnos por día. (Ver anexo B)

Tabla 22 - Flujo de efectivo

| ESTADO DE FLUJO DE EFECTIVO | | | | |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | AÑO 0 | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 |
| <i>INGRESOS DE EFECTIVO</i> | | | | |
| RECAUDOS DE CLIENTES | | \$ 2.644.197.600 | \$ 2.801.961.958 | \$ 2.946.612.532 |
| APORTES SOCIALES | \$ 4.304.243.265 | | | |
| PRESTAMOS BANCARIOS | | | | |
| VENTA DE OTROS ACTIVOS | | | | |
| INGRESOS NO OPERACIONALES | | | | |

| | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|
| TOTAL INGRESOS | | \$ 2.644.197.600 | \$ 2.801.961.958 | \$ 2.946.612.532 |
| <i>SALIDAS DE EFECTIVO</i> | | | | |
| PROVEEDORES | | \$ 1.120.389.600 | \$ 1.120.389.600 | \$ 1.120.389.600 |
| MANO DE OBRA | | \$ 114.325.346 | \$ 117.686.511 | \$ 121.146.494 |
| OTROS COSTOS INDIRECTOS | | \$ 0 | \$ - | \$ - |
| GASTOS OPERACIONALES | \$ 418.209.128 | \$ 261.672.161 | \$ 281.365.322 | \$ 289.637.463 |
| PAGO PRESTAMOS | | | | |
| PAGO DE INTERESES | | | | |
| PARA OTROS GASTOS NO OPER | \$ 10.042.831 | | | |
| COMPRA DE ACTIVOS FIJOS | \$ 3.430.392.178 | | | |
| TOTAL SALIDAS DE EFECTIVO | | \$ 1.496.387.107 | \$ 1.519.441.433 | \$ 1.531.173.557 |
| <i>SUPERAVIT O DEFICIT DE TESORERIA</i> | | \$ 1.147.810.493 | \$ 1.282.520.524 | \$ 1.415.438.975 |
| SALDO INICIAL EN TESORERIA | \$ 0 | \$ 0 | \$ 1.147.810.493 | \$ 2.430.331.018 |
| SALDO FINAL DE TESORERIA | \$ 0 | \$ 1.147.810.493 | \$ 2.430.331.018 | \$ 3.845.769.992 |

Con el flujo de efectivo, se puede establecer que el negocio genera las ganancias necesarias para hacerlo atractivo a los inversionistas.

9.3 Estado de resultados

Muestra el comportamiento financiero de la empresa durante los primeros tres (3) años, el cual es positivo generando ingresos para la compañía, esto bajo los siguientes supuestos:

2.94 inflación, crecimiento ventas 3 %. (Inflación 2.94 origen DANE 2014).

La tabla 23 indica una utilidad neta positiva lo que permite suponer que es un negocio rentable.

Tabla 23 - Estado de resultados

| ESTADO DE RESULTADOS | | | |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 |
| VENTAS | \$ 2.644.197.600 | \$ 2.801.961.958 | \$ 2.946.612.532 |
| COSTO DE PRODUCCION Y VENTAS | \$ 1.234.714.946 | \$ 1.304.923.439 | \$ 1.379.219.154 |
| UTILIDAD BRUTA EN VENTAS | \$ 1.409.482.654 | \$ 1.497.038.518 | \$ 1.567.393.378 |

| | | | |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| GASTOS OPERACIONALES | \$ 261.672.161 | \$ 281.365.322 | \$ 289.637.463 |
| DE ADMINISTRACION | \$ 228.432.192 | \$ 247.148.099 | \$ 254.414.253 |
| DE VENTAS | \$ 33.239.969 | \$ 34.217.224 | \$ 35.223.210 |
| UTILIDAD EN OPERACIÓN | \$ 1.147.810.493 | \$ 1.215.673.196 | \$ 1.277.755.915 |
| INGRESOS NO OPERACIONALES | \$ - | \$ - | \$ - |
| GASTOS NO OPERACIONALES | \$ - | \$ - | \$ - |
| UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS | \$ 1.147.810.493 | \$ 1.215.673.196 | \$ 1.277.755.915 |
| PROVISION DE IMPUESTOS | \$ 378.777.463 | \$ 401.172.155 | \$ 421.659.452 |
| UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO | \$ 769.033.031 | \$ 814.501.041 | \$ 856.096.463 |

9.4 Balance general

Indica el estado financiero de la empresa para los primeros 3 años, todos los cálculos son realizados utilizando los ingresos por ventas, costos de operación, etc; obtenidos anteriormente para una operación de dos turnos por día. (Ver anexo B)

Tabla 24 - Balance general

| BALANCE GENERAL | | | |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 |
| ACTIVOS | | | |
| DISPONIBLE | \$ 1.147.810.493 | \$ 2.430.331.018 | \$ 3.845.769.992 |
| INVERSIONES | | | |
| DEUDORES | \$ - | \$ - | \$ - |
| INVENTARIOS | \$ - | \$ - | \$ - |
| PROPIEDAD. PLANTA Y EQUIPO | \$ 3.430.392.178 | \$ 3.087.352.960 | \$ 2.744.313.742 |
| DEPRECIACION ACUMULADA | \$ - | \$ 343.039.218 | \$ 686.078.436 |
| INTANGIBLES | | | |
| DIFERIDOS | | | |
| OTROS ACTIVOS | | | |
| VALORIZACIONES | | | |
| TOTAL DE ACTIVOS | \$ 4.578.202.671 | \$ 5.860.723.196 | \$ 7.276.162.170 |
| PASIVOS | | | |
| OBLIGACIONES FINANCIERAS | | | |
| PROVEEDORES | \$ 0 | \$ 66.847.328 | \$ 204.530.388 |
| CUENTAS POR PAGAR | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 |
| OBLIGACIONES FISCALES | 378.777.463 | 779.949.617 | 1.201.609.069 |
| OBLIGACIONES LABORALES | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 |
| PASIVOS ESTIMADOS Y PROVISIONES | | | |
| PASIVOS DIFERIDOS | | | |
| BONOS Y PAPELES COMERCIALES | | | |
| OTROS PASIVOS | | | |
| TOTAL DE PASIVOS | 378.777.463 | 846.796.946 | 1.406.139.458 |

| PATRIMONIO | | | |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| CAPITAL SOCIAL | 3.430.392.178 | 3.430.392.178 | 3.430.392.178 |
| RESERVAS | | | |
| SUPERAVIT GANADO | | | |
| SUPERAVIT POR VALORIZACION | | | |
| UTILIDADES ACUMULADAS | | | |
| UTILIDAD DEL EJERCICIO | 769.033.031 | 1.583.534.072 | 2.439.630.535 |
| TOTAL DEL PATRIMONIO | 4.199.425.209 | 5.013.926.250 | 5.870.022.713 |
| TOTAL PASIVO MAS PATRIMONIO | 4.578.202.671 | 5.860.723.196 | 7.276.162.170 |
| CIFRA CONTROL | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 |

En el balance general se observa un proyecto productivo con finanzas sanas y buena capacidad de inversión.

9.5 Indicadores y análisis financieros

Calculando la VPN y la TIR se pueden medir la viabilidad y rentabilidad del proyecto. En este caso arrojan valores que justifican la inversión del negocio como se verá a continuación.

9.5.1 Valor presente neto (VPN)

Utilizando las variables, inversión inicial, flujos netos de efectivo y tasa de descuento (tasa de retorno esperada) se puede calcular el VPN. Si el VPN es positivo indica que el proyecto es rentable ya que se encuentra por encima de la tasa de descuento y en el caso del VPN negativo el proyecto no es rentable. (Aristizábal, 2015).

A continuación se indica la VPN positiva obtenida en el proyecto, lo que demuestra la viabilidad del negocio. Tomando como tasa de rendimiento esperado: 24,52%. (Basado en la tasa de colocación de los bancos 2015) y el flujo de caja obtenido en los datos de cálculo (Ver anexo B).

Tabla 25 - Flujo de caja

| | AÑO 0 | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 |
|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Flujo de Caja | (3.430.392.178) | 1.147.810.493 | 1.282.520.524 | 3.439.691.695 |

VPN = 100. 116.451 Pesos

Con este resultado se puede establecer que el negocio es financieramente viable.

9.5.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno corresponde a la tasa de interés más alta que se puede pagar para financiar el proyecto. Si se utiliza la TIR para el cálculo de la VPN esta última será igual a cero (0) (Aristizábal, 2015).

TIR obtenida del proyecto es de 26%. (Ver anexo B)

10. Factibilidad jurídica

De acuerdo a la Federación Colombiana de Biocombustibles (2015), para la producción de biocombustibles en Colombia, la empresa productora legalmente registrada debe dar cumplimiento a las normas establecidas entre las que se encuentran:

- Aplicación de técnicas de análisis de ciclo de vida (ACV); Norma ISO 14044 (ICONTEC, (2007).
- Cumplimiento de las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas de acuerdo a la resolución número 0909 del 5 de junio de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008).
- Cumplimiento a la resolución 1289 de 2005 septiembre 7 de 2005 que establece los requisitos técnicos y ambientales del biocombustible para uso en motores diésel y sus mezclas con diésel de origen fósil. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007).

Adicionalmente, de acuerdo a Vera (2001), el gobierno de Colombia a través de Ley 939 de 2004, promueve la producción y comercialización de biocombustibles para uso en motores diésel a través de estímulos tributarios como son:

- La producción de biodiésel nacional de origen vegetal o animal destinada a uso en motores diésel es exento de impuesto a las ventas y exento al impuesto global del ACPM.

- La renta líquida generada por cultivos tardíos es exenta impuestos durante los primeros 10 años desde el inicio del cultivo.
- Se estimula el establecimiento de zonas francas destinadas a proyectos agroindustriales en materia de biocombustibles (Decreto 383 de 2007).

11. Impacto ambiental

Durante todo proceso de producción donde se transforma la materia prima para la obtención de un producto se altera del medio ambiente, esta alteración o impacto de la producción en el medio ambiente, puede ser positivo o negativo. En el caso específico de la producción de biocombustible de pino para minimizar el impacto ambiental negativo se debe hacer el manejo adecuado de los residuos que genere el proceso de producción dando cumplimiento a las normas establecidas por el gobierno (Federación nacional de biocombustibles, 2015). De este modo la atención a los impactos se realizaría en tres frentes:

Aguas residuales conclusiones

- Todas las aguas utilizadas durante el proceso deben someterse a tratamiento para su reutilización en el proceso o uso en riego para dar cumplimiento a las normas RAS 2002 (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico).
- Dar cumplimiento al decreto 3930 de octubre de 2010 que reglamenta la ley 9 de 1979. referente al uso del recurso hídrico y residuos líquidos vertidos al suelo y alcantarillado.

Nota: El 90 % del agua es reutilizada y el costo de tratamiento del 10 % restante se encuentra incluido dentro de los costos operativos.

Aire

- Dar cumplimiento a las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas de acuerdo a la resolución número 0909 del 5 de junio de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Biocombustible

- Deben aplicarse las técnicas de análisis de ciclo de vida (ACV) relacionado a la protección ambiental. y los posibles impactos asociados con los productos para lo cual se aplica la norma la Norma ISO 14044 (ICONTEC, 2007).

Debe cumplirse la resolución 1289 de 2005 septiembre 7 de 2005 establece los requisitos técnicas y ambientales del biocombustible para uso en motores diésel y sus mezclas con diésel de origen fósil (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

Ruido: El nivel de ruido producido en el proceso de producción será inferior a 80 dB que se encuentra en el rango permitido para la zona industrial. (Resolución 0627 DE 2006)

12. Planeación del montaje

Teniendo en cuenta los lineamientos del PMI se realiza la planeación del montaje a partir de la reunión de inicio de proyecto el día 1 de junio de 2015 donde se lleva a cabo la redacción del acta de constitución del proyecto definiendo el gerente de proyecto, los interesados internos y externos, el alcance inicial y se comprometen los recursos financieros. Se debe tener en cuenta que la planeación del montaje de la planta de biocombustible supone que el montaje será realizado por una empresa contratista especialista en obra civil y montaje industrial contratada por el patrocinador.

La planeación del montaje se refiere únicamente a la obra civil y montaje de equipos de la planta. Todo lo relacionado a la producción de biocombustible, como obtención de materia prima, proceso de producción etc. se mencionó anteriormente.

12.1 Acta de constitución

| | |
|-----------------------------|---|
| Proyecto | Planificación del montaje de una planta piloto productora de biocombustible a partir del aceite de pino |
| Organización | Smurfit Kappa Cartón de Colombia |
| Fecha Inicio | 01 de Junio de 2015 |
| Fecha Finalización | 17 de Marzo de 2016 |
| Cliente | Smurfit Kappa Cartón de Colombia |
| Patrocinador | Smurfit Kappa Cartón de Colombia |
| Gerente del Proyecto | Milton Rodríguez |
| Gerente de obra | Asignado por empresa contratista |

Justificación y Descripción del Proyecto

Smurfit Kappa Cartón de Colombia es una empresa dedicada a la explotación de terrenos de aptitud forestal con especies que le garantizan la madera como materia prima para la producción de pulpa, papel y cartón. Igualmente opera una flota de camiones diésel para el transporte de madera desde los sembrados hasta la planta procesadora localizada en Yumbo, Valle del Cauca.

Con este estudio se determinó que Smurfit también tiene la materia prima necesaria para la producción de biocombustible a partir de aceite de pino, el cual puede ser

usado para consumo interno de su flota de camiones transportadores, lo cual reduciría el costo en combustible y adicionalmente contribuiría a la conservación del medio ambiente.

Objetivo general

Realizar la planeación del montaje de la planta productora de biocombustible.

Objetivos específicos

Realizar el esquema de distribución de la planta

Definir el cronograma de trabajo

Definir y asignar el presupuesto

Definir los costos administrativos

Realizar el montaje de los equipos de planta

Hacer la entrega de la planta.

Gerente del proyecto asignado

El Ing. Milton Rodríguez, será la Gerente del proyecto y tendrá la autoridad para tomar todas las decisiones de asignación de personal, cronograma, gestionar y aprobar presupuesto.

Interesados del proyecto

Directivos de Smurfit Kappa Cartón de Colombia, el gerente del proyecto, personal asignado de empresa contratista y todos los involucrados en la financiación y ejecución del mismo.

Tiempo: 300 días finalizando el 17 de Marzo de 2016

Costo: Inversión máxima de 3500 millones de pesos.

Calidad: La obra debe cumplir las normas Retie; RAS 2002. NSR 10 y GAS

Riesgos Generales

La continuidad del proyecto estará supeditada a la expedición de los diferentes permisos otorgados por las entidades gubernamentales como son las licencias y otros, así como la posibilidad de servicios expedida por las entidades encargadas de los servicios públicos (acueducto, alcantarillado y energía).

Algunos de los riesgos que se pueden presentar son:

- Incumplimiento de las normas. que puedan afectar al desarrollo del proyecto.
- Retraso en entregas de materiales.
- Lluvias.

El montaje de la planta sería realizado por una empresa contratista especialista en obra civil y montaje industrial; por lo tanto ésta estará encarga de registrar, controlar y mitigar y/o asumir los riesgos.

Interesados Clave

- Junta directiva de Smurfit Kappa Cartón de Colombia
- Gerente administrativo de Smurfit Kappa Cartón de Colombia
- Gerente del proyecto
- Gerente asignado de empresa contratista

Lista de Hitos (entregables cronograma):

| FECHA | HITO | DESCRIPCIÓN |
|------------|------|-------------------------------|
| 14/06/2015 | 1 | Preliminares |
| 26/07/2015 | 2 | Cimentación |
| 23/08/2015 | 3 | Instalaciones hidrosanitarias |
| 13/09/2015 | 4 | Estructura |
| 11/10/2015 | 5 | Movimiento de tierras |

| | | |
|------------|----|--------------------------|
| 11/10/2015 | 6 | Cubierta |
| 15/11/2015 | 7 | Instalaciones Eléctricas |
| 29/11/2015 | 8 | Oficinas |
| 13/12/2015 | 9 | Aparatos sanitarios |
| 20/03/2016 | 10 | Tanques sistema |
| 27/03/2016 | 11 | Varios |
| 28/03/2016 | 12 | Cierre del proyecto |

Alcance: Se limita a la planeación del montaje de la planta piloto productora de biocombustible con una capacidad de procesamiento de 10 toneladas de oleoresina de pino por turno para producir 1.850 L de biocombustible de pino por turno, para lo cual debe realizarse el montaje de cada uno de los componentes del proceso de obtención del biocombustible que consiste en los equipos y tanques de limpieza y destilación de oleoresina; purificación, recolección y empaque del biocombustible, cumpliendo con los requerimientos técnicos para preparación y adecuación del terreno para el montaje de la planta que permita el adecuado flujo del proceso de producción desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del producto final. Teniendo en cuenta la capacidad para recibir 10 toneladas de oleoresina por turno provenientes de los cultivos y también el montaje de los componentes del proceso como son:

- Tanques de recepción con aberturas longitudinales para el vaciado de tambores.
- Tanques de limpieza y preparación del materia prima con capacidad de hasta 14 m³ con serpentín para vapor y mezclador.
- Tanques de reposo para filtración de la oleoresina.
- Destilador principal y secundario de 4 toneladas cada uno.
- Tanque de hidratación capacidad de 14 m³ con mezclador.
- Tanques de almacenamiento.

- Tanque de lodos.
- Montaje de equipos de bombeo. sistema eléctrico. hidráulico y sanitario.
- Estructura física de la planta. oficinas. bases de concreto.

Entregables

Se entregará un documento que contiene lo siguiente:

- Memorias de presupuesto.
- Costos administrativos para la elaboración del proyecto.
- Cronograma de Obra.
- Esquema de distribución de la planta.

Firmas de aprobación

Gerente de proyecto

Gerente administrativo de Smurfit Kappa Cartón de Colombia

12.2 Estructura de desglose del trabajo

A continuación se define la estructura de desglose del trabajo (EDT), la ilustración 5 muestra las actividades planeadas para el montaje.

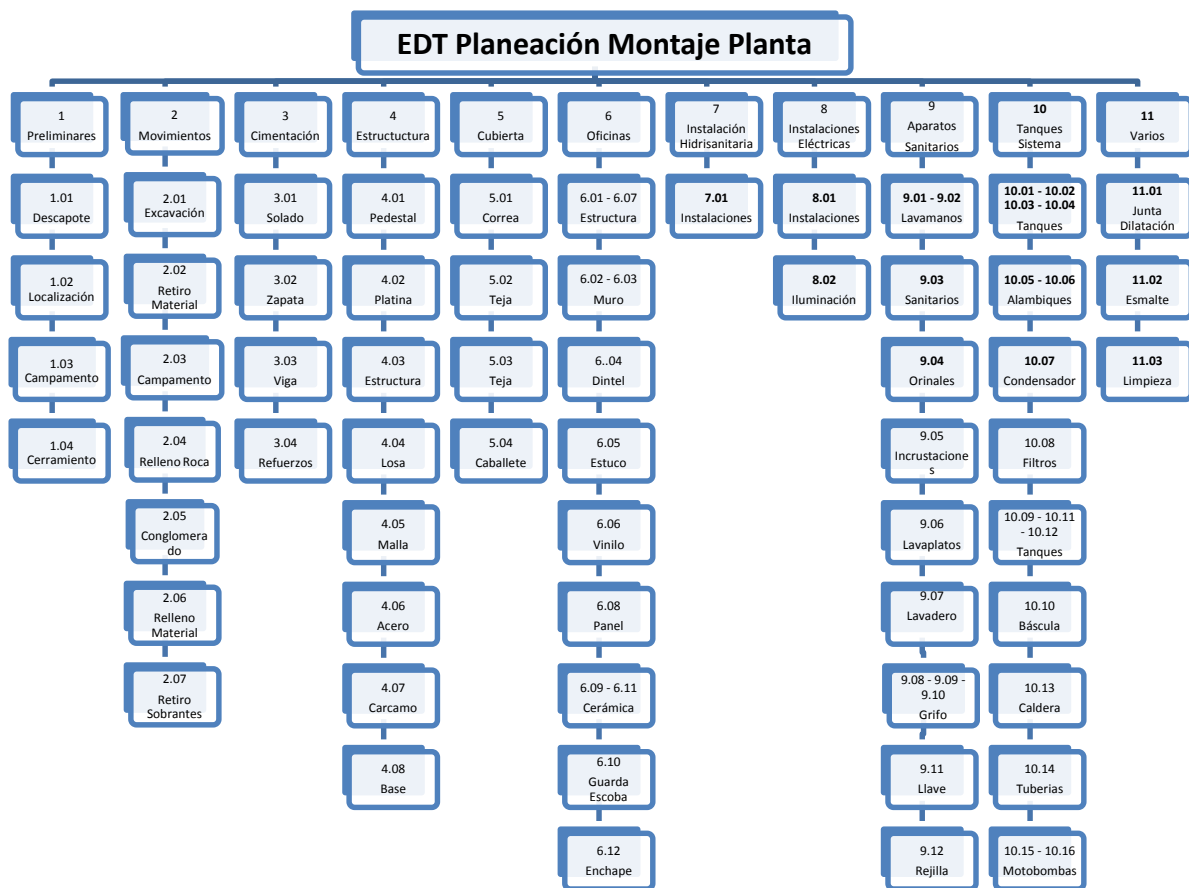


Ilustración 5 - EDT montaje planta

A continuación en la tabla 26 se puede ver el diccionario de la EDT y los costos de obra.

Tabla 26 - Diccionario de la EDT

| ID | Descripción | Costo | Duración |
|----------|--|-------------------|----------|
| 1 | PRELIMINARES | 14.688.581 | |
| 1.01 | DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO H= 0.20 M | 9.084.936 | 13 |
| 1.02 | LOCALIZACIÓN-REPLANTEO | 1.690.000 | 7 |
| 1.03 | CAMPAMENTO TABLA 18 M ² | 1.645.895 | 3 |
| 1.04 | CERRAMIENTO ALAMBRE PUAS 5 HILOS | 2.267.750 | 3 |
| 2 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | 69.842.388 | |
| 2.01 | EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN RETIRO | 2.745.600 | 5 |
| 2.02 | RETIRO MAT.EXCAV A MÁQUINA (SIN TRANSP.) | 3.410.160 | 5 |
| 2.03 | RELLENO ROCA MUERTA COMPACTADO-CILINDRO | 41.406.560 | 6 |

| | | | |
|----------|---|--------------------|----|
| 2.04 | EXCAVACIÓN TIERRA CONGLOMERADO | 3.479.522 | 10 |
| 2.05 | RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO-RANA | 1.377.217 | 7 |
| 2.06 | RETIRO SOBANTES MÁQUINA <=10KM. | 17.423.329 | 74 |
| 3 | CIMENTACIÓN | 100.212.104 | |
| 3.01 | SOLADO ESPESOR E=0.07M 2000 psi 14 MPA | 6.783.718 | 14 |
| 3.02 | ZAPATA CONCRETO 3000 PSI INC. FORMAleta | 11.202.587 | 14 |
| 3.03 | VIGA CIMIENTO ENLACE H=20-40 cm | 49.133.595 | 20 |
| 3.04 | REFUERZOS EN HIERRO DE 60.000 psi. | 33.092.204 | 24 |
| 4 | ESTRUCTURA | 563.292.211 | |
| 4.01 | PEDESTAL CONCRETO | 3.751.308 | 4 |
| 4.02 | PLATINA LAMINA HR 35-40X35-40 CAL.1/4 | 1.221.102 | 3 |
| 4.03 | ESTRUCTURA METALICA PERFIL IPE | 191.517.480 | 25 |
| 4.04 | LOSA MACIZA PISO CONCRETO 3000 PSI. H=15 cm | 156.956.800 | 18 |
| 4.05 | MALLA ELECTROSOLDADA M-0.84 | 19.803.420 | 18 |
| 4.06 | ACERO REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420MPA | 178.991.280 | 38 |
| 4.07 | CARCAMO CONCRETO PISO 50X25X08 cm | 2.180.706 | 6 |
| 4.08 | BASE CONCRETO TANQUES | 8.870.115 | 7 |
| 5 | CUBIERTA | 221.874.510 | |
| 5.01 | CORREA MET. TRIANGULAR L=6.10-7.00 m | 134.986.905 | 15 |
| 5.02 | TEJA ASBESTO CEMENTO | 82.684.056 | 27 |
| 5.03 | TEJA CLARABOYA ASBESTO CEMENTO # 6 | 1.565.784 | 1 |
| 5.04 | CABALLETE TEJA ASBESTO CEMENTO FIJO | 2.637.765 | 3 |
| 6 | OFICINAS | 77.449.942 | |
| 6.01 | ESTRUC.MURO BOARD [CANAL-PARAL] 92 mm C20 | 12.754.290 | 10 |
| 6.02 | MURO 1-BOARD 10 mm 1-BOARD 10 mm | 29.338.462 | 19 |
| 6.03 | MURO CARTERA SUPERBOARD 10 mm | 917.235 | 3 |
| 6.04 | DINTEL BOARD 10 mm A=10-25cm [3 CARAS] | 269.415 | 1 |
| 6.05 | ESTUCO MUROS PLASTICO | 3.793.910 | 19 |
| 6.06 | VINILO TIPO 1 [3m] | 4.401.259 | 17 |
| 6.07 | ESTRUCT.ENTRAMADO METAL C.F.TUB. 1"X1" | 4.233.352 | 10 |
| 6.08 | C.F.PANEL BOARD 6.0 mm S.JUNTA+VINILO | 5.897.752 | 10 |
| 6.09 | CERAMICA 32.60-35.00x32.60-35.00 TRAF.4 | 3.399.936 | 9 |
| 6.10 | GUARDAESCOBA CEDRO 8 cm | 515.009 | 1 |
| 6.11 | CERAMICA 20.01-22.50x20.01-22.50 TRAF.34 | 2.321.816 | 5 |
| 6.12 | ENCHAPE CERAMICA 20X20 CORONA 1 CALIDAD | 1.316.960 | 4 |
| 6.13 | VENTANA ALUM.CORREDIZA P.7-44 V-[OXXO] | 1.831.079 | 4 |
| 6.14 | LUCETA ALUM.CORREDIZA P. 7-44 H <0.50 m | 536.266 | 1 |
| 6.15 | MARCO ALUM. 0.61-0.80 m LISO C/LUCETA | 1.172.988 | 2 |
| 6.16 | NAVE ALUM.ENTAMBORADA-LLENA BAT. | 4.750.213 | 6 |
| 7 | INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | 23.420.000 | |
| 7.01 | INSTALACIONES HIDROSANITARIAS A TODO COSTO | 23.420.000 | 29 |
| 8 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS | 40.607.000 | |
| 8.01 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS A TODO COSTO | 31.240.000 | 29 |
| 8.02 | ILUMINACIÓN A TODO COSTO | 9.367.000 | 12 |
| 9 | APARATOS SANITARIOS | 5.053.926 | |

| | | | |
|-----------|---|--------------------|----|
| 9.01 | LAVAMANOS COLGAR LINEA ECONÓMICA | 606.488 | 2 |
| 9.02 | LAVAMANOS COLGAR LINEA MEDIA | 195.622 | 1 |
| 9.03 | SANITARIO LINEA ECONOMICA [ACUACER] | 2.204.820 | 2 |
| 9.04 | ORINAL MEDIANO | 319.142 | 1 |
| 9.05 | INCRUST.CERAM. JGO 4 PZ ACUARIO (E) | 579.680 | 2 |
| 9.06 | LAVAPLATOS A.INOX. 50X100 cm ESCURRIDERO | 148.857 | 1 |
| 9.07 | LAVADERO PREF.GRANITO PULIDO 100X 60cm | 98.114 | 1 |
| 9.08 | GRIFO MEZCLA.LAVAMANOS 4" L.PISCIS (E) | 566.730 | 1 |
| 9.09 | GRIFO SENCILLO LAVAPLATOS L.PISCIS (E) | 32.379 | 1 |
| 9.10 | GRIFO ORINAL TRADICIONAL | 175.698 | 1 |
| 9.11 | LLAVE TERMINAL BRONCE | 38.142 | 1 |
| 9.12 | REJILLA SOSCO 4"X3" ALUMINIO | 88.254 | 1 |
| 10 | TANQUES SISTEMA | 544.951.297 | |
| 10.01 | TANQUE DE LODOS EN CONCRETO 3000 psi | 2.645.651 | 4 |
| 10.02 | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE RESINA CRUDA EN CONCRETO 3000 psi | 28.277.494 | 10 |
| 10.03 | TANQUE DE PREPARACION REVESTIDO EN ACERO D=3.00 H=2.00 | 15.300.000 | 10 |
| 10.04 | TANQUE DE REPOSO REVESTIDO EN ACERO 2.70x2.70x3.00 | 9.000.000 | 10 |
| 10.05 | ALAMBIQUE EN ACERO INOXIDABLE D=1.90 H=2.65 | 180.200.000 | 10 |
| 10.06 | ALAMBIQUE SECUNDARIO EN ACERO INOX. D=1.00 H=1.40 | 60.200.000 | 10 |
| 10.07 | CONDENSADOR 3000 L. | 25.640.000 | 10 |
| 10.08 | FILTROS FLORENTINOS | 37.440.000 | 10 |
| 10.09 | TANQUES DE TRASLADO | 16.000.000 | 1 |
| 10.10 | BASCULA 500 kg | 3.500.000 | 1 |
| 10.11 | TANQUE DE GAS 3000 L | 4.000.000 | 10 |
| 10.12 | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUARRAS 1000 L | 1.696.000 | 10 |
| 10.13 | CALDERA | 120.600.000 | 10 |
| 10.14 | TUBERIAS Y VALVULAS | 32.748.000 | 37 |
| 10.15 | MOTOBOMBA 2.0HP TIPO TURBINA | 1.359.160 | 1 |
| 10.16 | MOTO BOMBA IHM 10X16-20 | 6.344.992 | 5 |
| 11 | VARIOS | 37.829.150 | |
| 11.01 | JUNTA DILATACIÓN SEGÚN DISEÑO | 33.552.750 | 19 |
| 11.02 | ESMALTE LÍNEA DEMARCACIÓN | 319.200 | 1 |
| 11.03 | LIMPIEZA GENERAL | 3.957.200 | 7 |

12.3 Cronograma

Se desarrolló el cronograma donde se ordenan las actividades con su respectiva duración, recursos y costos.

A continuación se relacionan las actividades globales a llevar a cabo; para detalle de tarea ver anexo C (Impresión del cronograma incluido).

| Nombre de la tarea | Duración |
|-------------------------------|----------|
| Preliminares | 26 días |
| Movimiento de tierras | 107 días |
| Cimentación | 72 días |
| Estructura | 119 días |
| Cubierta | 46 días |
| Oficinas | 121 días |
| Instalaciones hidrosanitarias | 29 días |
| Instalaciones eléctricas | 41 días |
| Aparatos sanitarios | 15 días |
| Tanques sistema | 149 días |
| Varios | 27 días |

12.4 Presupuesto del montaje de la planta

El presupuesto en la tabla 27, detalla el costo por actividad programada.

Tabla 27 - Costo por actividad programada

| PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE PARA PLANTA DE BIOCOMBUSTIBLE | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------|-------------------|
| ITEM | DESCRIPCION | UND | CANT. | VR. UNIT | VR.TOTAL |
| 1 | PRELIMINARES | | | | 14.688.581 |
| 1.01 | DESCAPOTE MANUAL MAS RETIRO H= 0.20 m | m ² | 2.856,00 | 3.181 | 9.084.936 |
| 1.02 | LOCALIZACIÓN- REPLANTEO | m ² | 2.600,00 | 650 | 1.690.000 |
| 1.03 | CAMPAMENTO TABLA 18 m ² | UND | 1.00,00 | 1.645.895 | 1.645.895 |
| 1.04 | CERRAMIENTO ALAMBRE PUAS 5 HILOS | m | 250,00 | 9.071 | 2.267.750 |
| SUBTOTAL PRELIMINARES | | | | | 14.688.581 |

| 2 MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | 69.842.388 |
|---------------------------------------|--|----------------|----------|--------|-------------------|
| 2.01 | EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN RETIRO | m ³ | 1.040,00 | 2.640 | 2.745.600 |
| 2.02 | RETIRO MAT.EXCAV A MÁQUINA (SIN TRANSP.) | m ³ | 1.040,00 | 3.279 | 3.410.160 |
| 2.03 | RELLENO ROCA MUERTA COMPACTADO-CILINDRO | m ³ | 1.040,00 | 39.814 | 41.406.560 |
| 2.04 | EXCAVACIÓN TIERRA CONGLOMERADO | m ³ | 263,76 | 13.192 | 3.479.522 |
| 2.05 | RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO-RANA | m ³ | 121,72 | 11.315 | 1.377.217 |
| 2.06 | RETIRO SOBRESANTES MÁQUINA <=10KM. | m ³ | 1.182,04 | 14.740 | 17.423.329 |
| SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | 69.842.388 |

| 3 cimentación | | | | | 100.212.104 |
|-----------------------------|---|----------------|-----------|---------|--------------------|
| 3.01 | SOLADO ESPESOR E=0.07M 2000 psi 14 MPA | m ² | 368.34 | 18.417 | 6.783.718 |
| 3.02 | ZAPATA CONCRETO 3000 psi INC. FORMALETA | m ³ | 37.04 | 302.413 | 11.202.587 |
| 3.03 | VIGA CIMIENTO ENLACE H=20-40 cm | m ³ | 105.00 | 467.939 | 49.133.595 |
| 3.04 | REFUERZOS EN HIERRO DE 60.000 psi. | KLS | 11.248.20 | 2.942 | 33.092.204 |
| SUBTOTAL CIMENTACION | | | | | 100.212.104 |

| 4 ESTRUCTURA | | | | | 563.292.211 |
|---------------------|---|----------------|-----------|---------|--------------------|
| 4.01 | PEDESTAL CONCRETO | m ³ | 10,37 | 361.816 | 3.751.308 |
| 4.02 | PLATINA LAMINA HR 35-40X35-40 CAL.1/4 | UND | 54,00 | 22.613 | 1.221.102 |
| 4.03 | ESTRUCTURA METALICA PERFIL IPE | KLS | 29.106,00 | 6.580 | 191.517.480 |
| 4.04 | LOSA MACIZA PISO CONCRETO 3000 psi. H=15 CM | m ² | 2.600,00 | 60.368 | 156.956.800 |

| | | | | | |
|----------------------------|---|----------------|-----------|---------|--------------------|
| 4.05 | MALLA ELECTROSOLDADA M-0.84 | KLS | 4.732,00 | 4.185 | 19.803.420 |
| 4.06 | ACERO REFUERZO FLEJADO 60000 psi 420MPA | KLS | 60.840,00 | 2.942 | 178.991.280 |
| 4.07 | CARCAMO CONCRETO PISO 50X25X08 cm | M | 38,00 | 57.387 | 2.180.706 |
| 4.08 | BASE CONCRETO TANQUES | m ² | 56,78 | 156.219 | 8.870.115 |
| SUBTOTAL ESTRUCTURA | | | | | 563.292.211 |

| | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|----------------|----------|--------|--------------------|
| 5 CUBIERTA | | | | | 221.874.510 |
| 5.01 | CORREA MET. TRIANGULAR L=6.10-7.00 m | m | 3.555,00 | 37.971 | 134.986.905 |
| 5.02 | TEJA ASBESTO CEMENTO | m ² | 2.856,00 | 28.951 | 82.684.056 |
| 5.03 | TEJA CLARABOYA ASBESTO CEMENTO # 6 | UND | 24,00 | 65.241 | 1.565.784 |
| 5.04 | CABALLETE TEJA ASBESTO CEMENTO FIJO | m | 65,00 | 40.581 | 2.637.765 |
| SUBTOTAL CUBIERTA | | | | | 221.874.510 |

| | | | | | |
|-------------------|--|----------------|--------|--------|-------------------|
| 6 OFICINAS | | | | | 77.449.942 |
| 6.01 | ESTRUC.MURO BOARD [CANAL-PARAL] 92mm C20 | m ² | 395,20 | 32.273 | 12.754.290 |
| 6.02 | MURO 1-BOARD 10 mm | m ² | 395,20 | 74.237 | 29.338.462 |
| 6.03 | MURO CARTERA SUPERBOARD 10 mm | m | 45,00 | 20.383 | 917.235 |
| 6.04 | DINTEL BOARD 10 mm A=10-25 cm[3 CARAS] | m | 9,00 | 29.935 | 269.415 |
| 6.05 | ESTUCO MUROS PLASTICO | m ² | 734,40 | 5.166 | 3.793.910 |
| 6.06 | VINILO TIPO 1 [3m] | m ² | 734,40 | 5.993 | 4.401.259 |
| 6.07 | ESTRUCT.ENTRAMADO METAL C.F.TUB. 1"X1" | m ² | 152,00 | 27.851 | 4.233.352 |
| 6.08 | C.F.PANEL BOARD 6.0 | m ² | 152,00 | 38.801 | |

| | | | | | |
|--------------------------|--|----------------|-------|---------|-------------------|
| | mm S.JUNTA+VINILO | | | | 5.897.752 |
| 6.09 | CERAMICA 32.60-35.00x32.60-35.00 TRAF.4 | m | 96,00 | 35.416 | 3.399.936 |
| 6.10 | GUARDAESCOBA CEDRO 8 cm | m | 42,20 | 12.204 | 515.009 |
| 6.11 | CERAMICA 20.01-22.50x20.01-22.50 TRAF.34 | m ² | 56,00 | 41.461 | 2.321.816 |
| 6.12 | ENCHAPE CERAMICA 20X20 CORONA 1 CALIDAD | m ² | 32,00 | 41.155 | 1.316.960 |
| 6.13 | VENTANA ALUM.CORREDIZA P.7-44 V-[OXXO] | m ² | 11,76 | 155.704 | 1.831.079 |
| 6.14 | LUCETA ALUM.CORREDIZA P. 7-44 H <0.50 m | m | 4,80 | 111.722 | 536.266 |
| 6.15 | MARCO ALUM. 0.61-0.80 m LISO C/LUCETA | UND | 9,00 | 130.332 | 1.172.988 |
| 6.16 | NAVE ALUM.ENTAMBORADA-LLENA BAT. | m ² | 14,28 | 332.648 | 4.750.213 |
| SUBTOTAL OFICINAS | | | | | 77.449.942 |

| | | | | | |
|---|--|-----|------|------------|-------------------|
| 7 INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | | | | | 23.420.000 |
| 7.01 | INSTALACIONES HIDROSANITARIAS A TODO COSTO | GLB | 1,00 | 23.420.000 | 23.420.000 |
| SUBTOTAL INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | | | | | 23.420.000 |

| | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----|------|------------|-------------------|
| 8 instalaciones eléctricas | | | | | 40.607.000 |
| 8.01 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS A TODO COSTO | GLB | 1,00 | 31.240.000 | 31.240.000 |
| 8.02 | ILUMINACIÓN A TODO COSTO | GLB | 1,00 | 9.367.000 | 9.367.000 |
| SUBTOTAL INSTALACIONES ELECTRICAS | | | | | 40.607.000 |

| | | | | | |
|------------------------------|--|--|--|--|------------------|
| 9 APARATOS SANITARIOS | | | | | 5.053.926 |
|------------------------------|--|--|--|--|------------------|

| | | | | | |
|-------------------------------------|--|-----|-------|---------|------------------|
| 9.01 | LAVAMANOS COLGAR LINEA ECONOMICA | UND | 8,00 | 75.811 | 606.488 |
| 9.02 | LAVAMANOS COLGAR LINEA MEDIA | UND | 2,00 | 97.811 | 195.622 |
| 9.03 | SANITARIO LINEA ECONOMICA [ACUACER] | JGO | 12,00 | 183.735 | 2.204.820 |
| 9.04 | ORINAL MEDIANO | UND | 2,00 | 159.571 | 319.142 |
| 9.05 | INCRUST.CERAM. JGO 4 PZ ACUARIO (E) | JGO | 10,00 | 57.968 | 579.680 |
| 9.06 | LAVAPLATOS A.INOX. 50X100 cm ESCURRIDERO | UND | 1,00 | 148.857 | 148.857 |
| 9.07 | LAVADERO PREF.GRANITO PULIDO 100X 60 cm | UND | 1,00 | 98.114 | 98.114 |
| 9.08 | GRIFO MEZCLA.LAVAMANOS 4" L.PISCIS (E) | UND | 10,00 | 56.673 | 566.730 |
| 9.09 | GRIFO SENCILLO LAVAPLATOS L.PISCIS (E) | UND | 1,00 | 32.379 | 32.379 |
| 9.10 | GRIFO ORINAL TRADICIONAL | UND | 2,00 | 87.849 | 175.698 |
| 9.11 | LLAVE TERMINAL BRONCE | UND | 2,00 | 19.071 | 38.142 |
| 9.12 | REJILLA SOSCO 4"X3" ALUMINIO | UND | 6,00 | 14.709 | 88.254 |
| SUBTOTAL APARATOS SANITARIOS | | | | | 5.053.926 |

| | | | | | |
|---------------------------|---|-----|------|-------------|--------------------|
| 10 TANQUES SISTEMA | | | | | 544.951.297 |
| 10.01 | TANQUE DE LODOS EN CONCRETO 3000 psi | UND | 1,00 | 2.645.651 | 2.645.651 |
| 10.02 | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE RESINA CRUDA EN CONCRETO 3000 psi | UND | 2,00 | 14.138.747 | 28.277.494 |
| 10.03 | TANQUE DE PREPARACION REVESTIDO EN ACERO D=3.00 H=2.00 | UND | 1,00 | 15.300.000 | 15.300.000 |
| 10.04 | TANQUE DE REPOSO REVESTIDO EN ACERO 2.70x2.70x3.00 | UND | 1,00 | 9.000.000 | 9.000.000 |
| 10.05 | ALAMBIQUE EN ACERO INOXIDABLE D=1.90 | UND | 1,00 | 180.200.000 | 180.200.000 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|--|-----|------|-------------|--------------------|
| | H=2.65 | | | | |
| 10.06 | ALAMBIQUE SECUNDARIO EN ACERO INOX. D=1.00 H=1.40 | UND | 1,00 | 60.200.000 | 60.200.000 |
| 10.07 | CONDENSADOR 3000 L. | UND | 1,00 | 25.640.000 | 25.640.000 |
| 10.08 | FILTROS FLORENTINOS | UND | 3,00 | 12.480.000 | 37.440.000 |
| 10.09 | TANQUES DE TRASLADO | UND | 8,00 | 2.000.000 | 16.000.000 |
| 10.10 | BASCULA 500 km | UND | 1,00 | 3.500.000 | 3.500.000 |
| 10.11 | TANQUE DE GAS 3000 L | UND | 1,00 | 4.000.000 | 4.000.000 |
| 10.12 | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUARRAS 1000 L | UND | 1,00 | 1.696.000 | 1.696.000 |
| 10.13 | CALDERA | UND | 1,00 | 120.600.000 | 120.600.000 |
| 10.14 | TUBERIAS Y VALVULAS | GLB | 1,00 | 32.748.000 | 32.748.000 |
| 10.15 | MOTOBOMBA 2.0HP TIPO TURBINA | UND | 2,00 | 679.580 | 1.359.160 |
| 10.16 | MOTO BOMBA IHM 10X16-20 | UND | 2,00 | 3.172.496 | 6.344.992 |
| SUBTOTAL TANQUES SISTEMA | | | | | 544.951.297 |

| | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|----------------|----------|--------|-------------------|
| 11 VARIOS | | | | | 37.829.150 |
| 11.01 | JUNTA DILATACIÓN SEGUN DISEÑO | m | 750,00 | 44.737 | 33.552.750 |
| 11.02 | ESMALTE LINEA DEMARCACIÓN | m | 420,00 | 760 | 319.200 |
| 11.03 | LIMPIEZA GENERAL | m ² | 2.600,00 | 1.522 | 3.957.200 |
| SUBTOTAL VARIOS | | | | | 37.829.150 |

| | |
|--|----------------------|
| VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS | 1.699.221.109 |
|--|----------------------|

| |
|--------------------------|
| COSTOS INDIRECTOS |
|--------------------------|

| | | |
|--------------------------------|---------------|----------------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | | 1.699.221.109 |
| ADMINISTRACIÓN | 18,50% | 314.355.905 |
| IMPREVISTOS | 5,00% | 84.961.055 |
| UTILIDAD | 8,00% | 135.937.689 |
| TOTAL AIU | 31,50% | 535.254.649 |
| IVA SOBRE LA UTILIDAD | 16,00% | 21.750.030 |
| VALOR TOTAL PRESUPUESTO | | 2.256.225.788 |

12.5 Recursos asignados

En la tabla 28 se detallan los recursos asignados en mano de obra a partir del presupuesto entregado por el contratista.

Tabla 28 – Costos mano de obra

| CODIGO | DESCRIPCION | UND | CANT. | VR. UNIT. | VR.TOTAL |
|--------|---------------------------------------|-----|----------|-----------|---------------|
| 200004 | M.O. ALB. ACABADOS 1 AYUDANTE-1 OFI | HC | 147,08 | 18.642,00 | 2.741.865,36 |
| 200005 | M.O. ALB. ACABADOS 2 AYUDANTE-1 OFI | HC | 0,85 | 25.043,00 | 21.286,55 |
| 200006 | M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE | HC | 5.753,07 | 6.385,00 | 36.733.373,91 |
| 200007 | M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE-1 OFI | HC | 645,68 | 16.572,00 | 10.700.139,36 |
| 200008 | M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE | HC | 1.323,96 | 12.770,00 | 16.906.914,80 |
| 200009 | M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE-1 OFI | HC | 1.885,97 | 22.957,00 | 43.296.190,33 |
| 200010 | M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE | HC | 626,84 | 19.155,00 | 12.007.120,20 |
| 200011 | M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE-1 OFI | HC | 1.773,70 | 29.342,00 | 52.043.905,40 |
| 200015 | M.O. CARP.MADERA 1 AYUDANTE-1 OFI | HC | 6,33 | 18.642,00 | 118.003,86 |
| 200017 | M.O. CARP.TALLER 1 AYUDANTE-1 OFI | HC | 657,56 | 17.607,00 | 11.577.658,92 |
| 200020 | M.O. HIDROSANIT. 2 AYUDANTE - 1 OFIC. | HC | 5,98 | 23.983,00 | 143.418,34 |

| | | | | | |
|--------|---|-----|----------|-----------|--------------------|
| 200021 | M.O. HIDROSANIT. 1 AYUDANTE-1 OFI | HC | 193,90 | 17.607,00 | 3.413.997,30 |
| 200023 | M.O. METALISTERIA 1 AYUDANTE-1 OFI | HC | 2.591,85 | 19.885,00 | 51.538.957,14 |
| 200025 | M.O. PINTURA 1 OFI | HC | 502,38 | 10.186,00 | 5.117.242,68 |
| 200026 | M.O. PINTURA 1 AYUDANTE-1 OFI | HC | 446,86 | 17.607,00 | 7.867.899,23 |
| 200029 | M.O. CARP.ALUMINIO 1 AYUDANTE-1 OFI | HC | 88,13 | 16.572,00 | 1.460.457,22 |
| 207103 | SUBCONTRATO CARPINTERIA PANELERIA | GLB | 389,45 | 10.000,00 | 3.894.513,80 |
| 207104 | SUBCONTRATO CARPINTERIA ALUMINIO | GLB | 31,45 | 10.000,00 | 314.533,08 |
| 207501 | MANO OBRA PANELERIA 1 OFICIAL-1AYUDANTE | HC | 76,00 | 16.571,00 | 1.259.396,00 |
| | TOTAL | | | | 261.156.873 |

12.6 Planificación de costos

La tabla 29 muestra el total de los costos administrativos planificados para el montaje de la planta. Costos presentados por el contratista.

Tabla 29 - Costos administrativos

| | | |
|---|---------------|-----------------------|
| ADMINISTRACION: | | |
| TOTAL COSTOS ADMINISTRATIVOS | 18.50% | 314.371.361,00 |
| IMPREVISTOS: | | |
| RESERVA DEL PROPONENTE PARA IMPREVISTOS | 5% | 84.961.055,45 |
| UTILIDAD: | | |
| UTILIDAD ESTIMADA POR EL PROPONENTE | 8% | 135.937.688,72 |
| COSTO TOTAL DEL AIU | 31.50% | 535.270.105,00 |

12.7 Flujo de caja

La tabla 30 muestra la planificación de pagos semanales durante las 43 semanas de duración del proyecto, así como el valor acumulado hasta finalizar el montaje de la planta.

Tabla 30 - Planificación de pagos

| Planificación de pagos | | |
|------------------------|---------------|-----------------|
| Semana | Costo semanal | Costo acumulado |
| Semana 1 | \$8.418.863 | \$8.418.863 |
| Semana 2 | \$16.541.447 | \$24.960.310 |
| Semana 3 | \$48.533.165 | \$73.493.475 |
| Semana 4 | \$27.143.293 | \$100.636.768 |
| Semana 5 | \$26.142.924 | \$126.779.692 |
| Semana 6 | \$45.660.585 | \$172.440.277 |
| Semana 7 | \$29.371.288 | \$201.811.565 |
| Semana 8 | \$76.162.929 | \$277.974.494 |
| Semana 9 | \$154.760.546 | \$432.735.040 |
| Semana 10 | \$157.656.088 | \$590.391.128 |
| Semana 11 | \$162.733.338 | \$753.124.466 |
| Semana 12 | \$148.959.622 | \$902.084.088 |
| Semana 13 | \$103.878.586 | \$1.005.962.674 |
| Semana 14 | \$73.391.552 | \$1.079.354.226 |
| Semana 15 | \$107.781.318 | \$1.187.135.544 |
| Semana 16 | \$114.295.230 | \$1.301.430.774 |
| Semana 17 | \$44.680.033 | \$1.346.110.807 |
| Semana 18 | \$30.651.944 | \$1.376.762.751 |
| Semana 19 | \$28.212.364 | \$1.404.975.115 |
| Semana 20 | \$11.854.602 | \$1.416.829.717 |
| Semana 21 | \$23.367.342 | \$1.440.197.059 |
| Semana 22 | \$21.520.105 | \$1.461.717.164 |
| Semana 23 | \$23.287.571 | \$1.485.004.735 |
| Semana 24 | \$11.193.243 | \$1.496.197.978 |
| Semana 25 | \$11.944.103 | \$1.508.142.081 |
| Semana 26 | \$12.225.753 | \$1.520.367.834 |
| Semana 27 | \$4.801.208 | \$1.525.169.042 |
| Semana 28 | \$16.569.164 | \$1.541.738.206 |
| Semana 29 | \$26.282.800 | \$1.568.021.006 |
| Semana 30 | \$14.220.738 | \$1.582.241.744 |
| Semana 31 | \$19.101.157 | \$1.601.342.901 |
| Semana 32 | \$15.396.595 | \$1.616.739.496 |

| | | |
|-----------|-----------------|-----------------|
| Semana 33 | \$175.715.167 | \$1.792.454.663 |
| Semana 34 | \$111.980.767 | \$1.904.435.430 |
| Semana 35 | \$56.186.611 | \$1.960.622.041 |
| Semana 36 | \$41.095.625 | \$2.001.717.666 |
| Semana 37 | \$71.966.760 | \$2.073.684.426 |
| Semana 38 | \$3.717.840 | \$2.077.402.266 |
| Semana 39 | \$1.882.289 | \$2.079.284.555 |
| Semana 40 | \$48.940.584 | \$2.128.225.139 |
| Semana 41 | \$112.092.876 | \$2.240.318.015 |
| Semana 42 | \$11.404.031 | \$2.251.722.046 |
| Semana 43 | \$4.503.746 | \$2.256.225.792 |
| Total | \$2.256.225.792 | |

A continuación en la ilustración 6 se puede ver gráficamente los pagos programados así como el acumulado total del montaje de la planta.

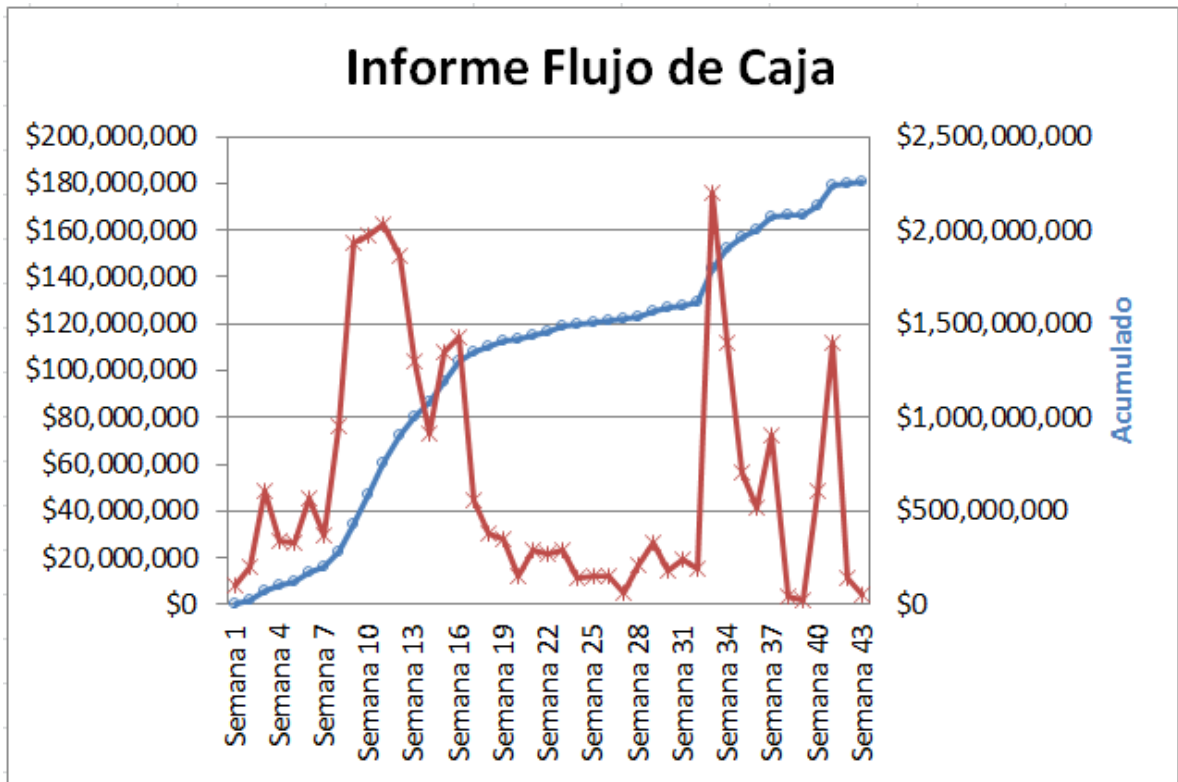


Ilustración 6 - Flujo de caja

La línea roja representa los pagos semanales y la línea azul representa el pago acumulado en el tiempo.

12.8 Planificación de la calidad

Se tendrá un grupo definido por el gerente del proyecto, quienes se encargarán de verificar constantemente el cumplimiento de las normas requeridas para realizar el montaje de la planta de biocombustible y llevarán un registro de cada uno de los procesos de calidad, los cuales serán informados al gerente del proyecto y dados a conocer a todos los interesados durante las reuniones de seguimiento; este grupo estará conformado por dos profesionales del departamento de calidad de la empresa patrocinadora, un profesional asignado por el contratista y el gerente del proyecto. Los objetivos de calidad corresponden a la obra civil y al montaje de equipos de la planta; las normas que se deben cumplir como requisitos de calidad son:

- RETIE (reglamento técnico de instalaciones eléctricas) “Establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas. de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo. minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico”
- RAS 2002 (reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico)
- NSR 10 (reglamento colombiano de construcción sismo resistente)
- GAS (norma técnica)
- NTC-ISO 9001 (norma técnica colombiana).

12.9 Planeación de las comunicaciones

El gerente del proyecto asignará un grupo de cuatro personas integrado por profesionales de la empresa patrocinadora y el contratista que se encargarán de establecer y llevar los procesos de comunicación durante el montaje de la planta de biocombustibles, este grupo debe asegurarse de que la información llegue a cada uno de los interesados del proyecto y presentar sus informes durante las reuniones de

seguimiento. De ese modo, la información de cada una de las actividades del proyecto será constantemente registrada y actualizada para garantizar una efectiva comunicación entre los interesados, permitiendo así que cada uno de los interesados pueda estar actualizado y dar seguimiento a cada una de las actividades del proyecto al mismo tiempo que se retroalimenta la información.

12.10 Planificación de gestión riesgos

Considerando que el montaje de la planta de biocombustible será realizado por una empresa contratista, se muestra a continuación la planificación de gestión de riesgos, el registro de riesgos con la probabilidad e impacto y la respuesta planeada para cada uno de estos, así como la matriz de impacto como dato informativo ya que contractualmente la empresa contratista asumirá todos los riesgos del montaje para lo cual se asigna una partida en los AIU del presupuesto del montaje de la planta.

Se planifican los riesgos basados en las etapas de la guía PMBOK con las entradas, herramientas y técnicas y salidas respectivas.

12.10.1 Planificar gestión de riesgos

| Entradas | Herramientas y técnicas | Salidas |
|------------------------------|---|--|
| Factores ambientales | Revisión de propuesta por los interesados | Plan gestión de riesgos Metodología Roles y responsabilidad Presupuesto Periodicidad Categoría de riesgos |
| Activos de los procesos | Aprobación de la propuesta por parte del gerente administrativo de SKCC | |
| Plan de gestión de proyectos | Reunión con gerente administrativo de SKCC, gerente asignado contratista, gerente de proyecto, etc. | |
| Registro de interesados | Juicio de expertos | |

En la aplicación de técnicas y herramientas se realizan reuniones y consultas con expertos; una reunión con los gerentes encargados por las partes (SKCC, contratista y PM) donde se definen los resultados esperados, dificultades y logros, se definen además las reuniones con los demás interesados del proyecto y se hace la aprobación de los posibles ajustes a la propuesta.

Durante las reuniones se define metodología, las herramientas y técnicas a utilizar así como el manejo a dar a los riesgos identificados.

En cuanto a la metodología se define como fuentes de información los documentos y herramientas, el levantamiento de la información y experiencias en proyectos de la compañía contratista; esto se realiza a través de la revisión de documentos así como a través de entrevistas con expertos adscritos al contratista, esta información es consolidada y analizada por parte del gerente asignado por el contratista (GAC) y el gerente del proyecto.

Los roles y responsabilidades son definidos por el GAC de acuerdo al conocimiento del personal de la compañía contratista. Las estrategias para el manejo de cada riesgo es responsabilidad del encargado asignado; sin embargo, se hace seguimiento constante por parte de los encargados de calidad, el gerente del proyecto y el GAC.

El contratista es el responsable del presupuesto asignado para mitigación de riesgos que fue incluido en el AUI del presupuesto de montaje. En caso particular que se presente un riesgo con un alto costo de mitigación, el contratista podrá hacer una petición especial y justificada que será presentada a la junta directiva de SKCC quien estudiará la petición y definirá la aprobación de recursos adicionales.

En cuanto a la periodicidad de análisis de los riesgos, se realiza una reunión semanal donde los interesados hacen el seguimiento, ajuste y actualización de los riesgos.

Se definen diferentes niveles de probabilidad e impacto con lo cual se efectúa el análisis cualitativo de los riesgos para lo cual se han definido los siguientes valores:

Valores de probabilidad asignados correspondientes a la probabilidad de ocurrencia del riesgo

| Valor | Descripción |
|-------|--------------------|
| 0,1 | Muy improbable |
| 0,3 | Poco probable |
| 0,5 | Probable |
| 0,7 | Muy probable |
| 0,9 | Altamente probable |

Valores de impacto asignados (0.1 a 0.9) correspondientes al efecto que tiene el riesgo en los resultados de los objetivos como se muestra en la ilustración 7.

| CRITERIOS DE DEFINICION DE IMPACTO | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| OBJETIVO DEL PRYECTO | MUY BAJO 0.1 | BAJO 0.3 | MEDIO 0.5 | ALTO 0.7 | MUY ALTO 0.9 |
| COSTO | Incremento insignificante | Incremento <10 % | Incremento 10 % a 30% | Incremento 30 % a 50% | Incremento >50 % |
| CRONOGRAMA | Incremento insignificante | Incremento <10 % | Incremento 10 % a 25% | Incremento 25 % a 40% | Incremento >40 % |
| ALCANCE | Disminución del Alcance | Áreas menores de alcance afectadas | Áreas mayores de alcance afectadas | Reducción de alcance inaceptable | Final del proyecto inútil |
| CALIDAD | Disminución imperceptible | Menor afectación | Reducción, requiere aprobación | Reducción inaceptable | Final del proyecto inútil |

Ilustración 7- Criterios de definición de impacto

La categorización de los riesgos se realiza utilizando la Estructura de Desglose de Riesgo (RBS), la cual describe su procedencia.

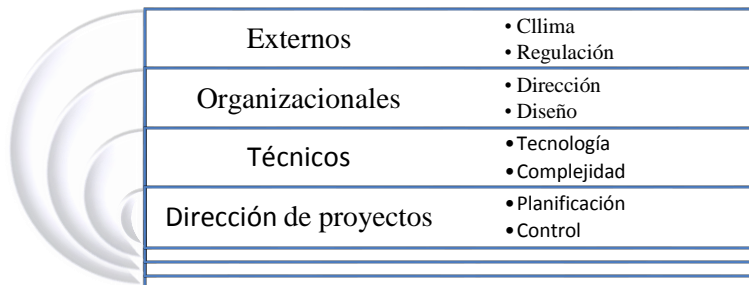


Ilustración 8 - Estructura de desglose de riesgos (RBS)

Se utiliza la matriz de probabilidad e impacto como herramienta de priorización de riesgos como se muestra en la ilustración 9

| Probabilidad | Amenazas | | | | | Oportunidades | | | | |
|--------------|----------|-----|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|
| 90 % | 9 | 27 | 45 | 63 | 81 | 81 | 63 | 45 | 27 | 9 |
| 70 % | 7 | 21 | 35 | 49 | 63 | 63 | 49 | 35 | 21 | 7 |
| 50 % | 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | 45 | 35 | 25 | 15 | 5 |
| 30 % | 3 | 9 | 15 | 21 | 27 | 27 | 21 | 15 | 9 | 3 |
| 10 % | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 9 | 7 | 5 | 3 | 1 |
| Impacto | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.1 |

Ilustración 9 - Matriz de probabilidad e impacto

En la ilustración 10, se establece la escala de tratamiento de riesgos

| Aceptable | Tolerable | Moderado | Alto | Inaceptable |
|---------------------------------|------------------------------|--|--|--|
| Monitorear y/o asumir el riesgo | Asumir y/o reducir el riesgo | Mitigar el riesgo y/o desarrollar plan de contingencia | Evitar el riesgo, reducir o transferir el riesgo | Evitar y/o desarrollar estrategia para reducir el riesgo |

Ilustración 10 - Escala de tratamiento de riesgos

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se realiza el formato donde se escriben los riesgos que pueden afectar el proyecto, el análisis cualitativo y el plan de respuesta.

| Categoría | ID | Descripción | | | Probabilidad | | Impacto | | | | | Respuesta planteada |
|-----------|----|-------------|--------|--------------|--------------|---|---------|---------|------------|-------|-------|---------------------|
| | | Causa | Riesgo | Consecuencia | Escala | % | Alcance | Calidad | Cronograma | Costo | Valor | |
| | | | | | | | | | | | | |

A continuación en las siguientes ilustraciones se muestra la matriz de impacto - Ilustración 11, la estructura de desglose de riesgos (RBS) - Ilustración 12 y el registro de riesgos con el análisis cualitativo y la respuestas a los riesgos - Ilustración 13, todas correspondientes a la planificación del montaje de la planta productora de biocombustible.

| Probabilidad | Amenazas | | | | Oportunidades | | | | | |
|--------------|----------|-----|--------|-------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 90% | | | | Zona de alta exposición | | | | | | |
| 70% | | | | R10 | | | | | | |
| 50% | | | R8 | R3 | | | | | | |
| 30% | | R2 | R5, R6 | R1 R4,R9 | | | | | | |
| 10% | | | | | R7 | | | | | |
| Impacto | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.1 |

Ilustración 11 - Matriz de impacto

Como se puede ver en la ilustración 11, casi todos los riesgos que se presentan son moderados, los cuales pueden ser mitigados o se puede desarrollar un plan de contingencia como se aprecia en la escala de tratamiento de riesgos planteada anteriormente. (Ver Ilustración 10)

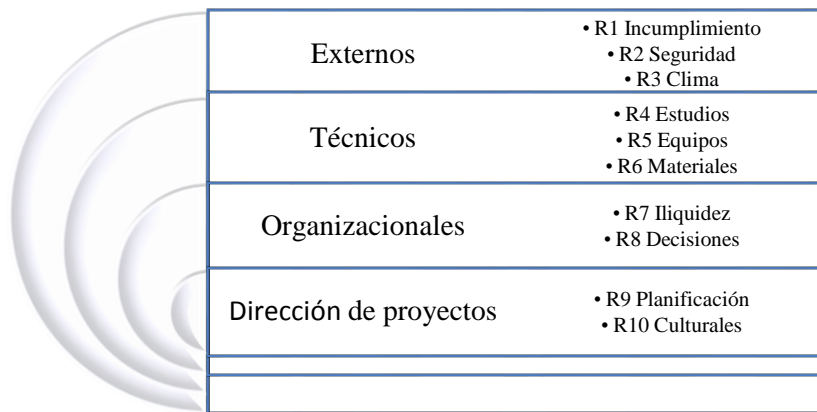


Ilustración 12 - Estructura de desglose de riesgos (RBS)

La ilustración 12, muestra la estructura de desglose de riesgo establecida para este proyecto.

| Categoría | Riesgo ID | Descripción del Riesgo | | | Probabilidad | | Impacto | | | | | Calificación | Respuesta Planeada | |
|-----------------------|-----------|--|---|---|----------------|-----|---------|---------|------------|-------|-------|--------------|--------------------|--|
| | | Causa | Riesgo | Consecuencia en el Proyecto | Escala | % | Alcance | Calidad | Cronograma | Costo | Valor | | | |
| Externos | R1 | mano de obra no calificada | Incumplimiento de las especificaciones | Disminución en la expectativa de trabajo y utilidad | Poco probable | 30% | | | | | Alto | 0.7 | 21 | Selección de personal calificado |
| | R2 | problemas de orden publico | Inconvenientes de seguridad | Atraso en los tiempos de entrega | Poco probable | 30% | | | Bajo | | | 0.3 | 9 | Verificación del nivel de seguridad de la región |
| | R3 | Temporada invernal | Exceso de lluvias | Suspensión temporal del proyecto | Probable | 50% | | | Alto | | | 0.7 | 35 | Verificación meteorológica de la región |
| Técnicos | R4 | fallas en el estudio de suelos | Mayores costos | Atraso en los retornos de inversión | Poco probable | 30% | | | | | Alto | 0.7 | 21 | Verificación del nivel de calidad de la empresa que realiza los estudios |
| | R5 | Incumplimiento de las especificaciones técnicas de equipos | No cumplimiento de estándares de calidad en equipos | Atrasos en los tiempos de entrega y retornos de inversión | Poco probable | 30% | | Medio | | | | 0.5 | 15 | Verificación con proveedores |
| | R6 | Incumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales | Fallas estructurales | Atrasos en los tiempos de entrega y retornos de inversión | Poco probable | 30% | | Medio | | | | 0.5 | 15 | Asignación de compras a personal capacitado |
| Organizacionales | R7 | No financiación por parte del patrocinador | No liquidez | Suspensión del proyecto | Muy improbable | 10% | | | Muy Alto | | | 0.9 | 9 | Garantía de los fondos del proyecto |
| | R8 | Fallas en la relación entre el equipo del patrocinador y el gerente del proyecto | Conflicto en la toma de decisiones | Atrasos en el cronograma y cambios en el alcance | Probable | 50% | | | Medio | | | 0.5 | 25 | Definición clara de responsabilidades y poder de decisión |
| Dirección de proyecto | R9 | Fallas en planeación del proyecto | Asumir costos no presupuestados | Disminución en la expectativa de utilidad | Poco probable | 30% | | | Alto | | | 0.7 | 21 | Verificación de la planeación |
| | R10 | Diferencia cultural | Perdida de personal importante por conflicto entre equipos de trabajo | Atraso en el cronograma | Muy probable | 70% | | | Alto | | | 0.7 | 49 | Desarrollar un plan de comunicacion efectivo |

Ilustración 13 - Registro de riesgos

La ilustración 13 corresponde al registro de los riesgos estimados para este proyecto con su respectivo análisis cualitativo y el plan de respuesta planteado para cada uno de ellos.

12.11 Planificación de las adquisiciones

El montaje de la planta es realizado en su totalidad por la empresa contratista que cuenta con una amplia experiencia en gestión de compras y con una red confiable de proveedores, por lo tanto se hará uso de los activos de proyectos anteriores para el manejo de las compras del proyecto.

13. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- De acuerdo al estudio desarrollado en este proyecto se puede concluir que la planta de Smurfit Kappa Cartón de Colombia localizada en la ciudad de Yumbo – Valle del Cauca, tiene las condiciones adecuadas para el establecimiento de la planta piloto de biocombustible, porque cuenta con toda la infraestructura necesaria en vías, servicios y materia prima para la producción de biocombustible a partir de aceite de pino.
- Durante el desarrollo del estudio técnico, se estableció que la tecnología más adecuada para la producción de biocombustible a partir de aceite de pino es la destilación a vapor de la resina de pino, por lo que se seleccionó una planta de destilación a vapor con capacidad de procesar 10 toneladas de oleoresina para producir 1850 L de aceite de pino por turno de 8 horas.
- Se puede concluir que existe la factibilidad jurídica y el apoyo del gobierno para la instalación de la planta productora de biodiésel a partir de aceite de pino; teniendo en cuenta que, el gobierno colombiano ha establecido leyes como la 939 de 2004 que promueve el biodiésel para uso en motores diésel y el Decreto 383 de 2007 que estimula el establecimiento de zonas francas destinadas a proyectos agroindustriales en materia de biocombustibles a través de estímulos tributarios. Adicionalmente, el ministerio de minas y energía de Colombia ha proyectado incrementar la mezcla de biodiésel con diésel

convencional durante los próximos años hasta alcanzar una mezcla que contenga 20% de biodiésel.

- Se concluye que el montaje de la planta productora de aceite de pino en Colombia es ambientalmente factible, siempre y cuando se minimice el impacto ambiental negativo haciendo una adecuada utilización de los recursos naturales y un manejo responsable de los residuos que se generan durante el proceso de producción; esto se logra con el cumplimiento de las normas establecidas por el gobierno para tratamiento de aguas residuales, cumpliendo las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera, controlando el nivel de ruido producido, cumpliendo los requisitos técnicos y ambientales del biocombustible para uso en motores diésel y sus mezclas con diésel de origen fósil entre otros.
- Con base en las fuentes consultadas durante esta investigación, se demuestra que las máquinas diésel operan óptimamente cuando se usa biocombustible de aceite de pino mezclado con diésel fósil en proporción de B50/D50. La mezcla no sólo presenta unas características de combustión y desempeño iguales a las del diésel fósil, sino que además reduce las emisiones cumpliendo con los estándares de calidad y las especificaciones D6751 de la ASTM. De ese modo se puede concluir que es factible producir biocombustible a partir de aceite de pino y usarlo como combustible en motores diésel en Colombia.
- De acuerdo al análisis económico realizado en este estudio, la producción de biocombustible a partir de aceite de pino es económicamente viable, lo que se convierte en una alternativa de negocio para las empresas de explotación agroforestal en Colombia y específicamente en el caso de Smurfit Kappa Cartón de Colombia (SKCC) que cuenta con toda la infraestructura necesaria

para la explotación de resina de pino, que constituye la materia prima requerida en la producción del biocombustible.

- La guía de PMBOK (PMI) ha sido de gran importancia en la realización de este proyecto, contribuyendo con los pasos necesarios para alcanzar el objetivo principal como es la planificación del montaje de la planta piloto, por lo tanto la contribución del PMI se considera fundamental en el desarrollo de este trabajo.
- La utilización de la guía PMBOK fue imprescindible para la llevar a cabo este trabajo, ya que gracias al seguimiento del grupo de procesos de planificación y las diez áreas de conocimiento así como el uso de las técnicas y herramientas que brinda, se pudo avanzar paso a paso en la consolidación de este proyecto, permitiendo establecer los escenarios y prever los posibles riesgos que afectarían el desarrollo del mismo, logrando de este modo hacer el seguimiento permanente durante cada una de las etapas del proceso, brindando el tratamiento adecuado a cada una de las diferentes áreas como costos, comunicaciones, riesgos, etc. por lo tanto la guía PMBOK se tendrá como referente para la gestión de futuros proyectos.

Recomendaciones

- Se recomienda a las empresas dedicadas a la explotación agroforestal estudiar la alternativa de aprovechar al máximo los recursos, implementando la producción de biocombustible de pino como negocio alternativo al mismo tiempo que contribuyen al mejoramiento del medio ambiente.
- Se recomienda la producción de biocombustible en Colombia, ya que se ha proyectado incrementar el uso del biocombustible en la mezcla hasta en un 20% para el año 2020 y además su demanda no se ve afectada por la caída del precio del petróleo.
- Deben hacerse los estudios necesarios en métodos de resinación para aprovechar al máximo la capacidad de producción de resina de los pinos.
- Se deben hacer estudios experimentales que desarrollen procesos de obtención de biocombustible a partir de aceite de pino que permitan obtener biocombustibles de alta calidad, pureza y mayor eficiencia.
- Se deben hacer pruebas de laboratorio que permitan conocer más acerca del comportamiento de la mezcla de aceite de pino con diésel fósil en condiciones adaptadas a Colombia.
- Durante este estudio se pudo comprobar la importancia de la aplicación de los estándares del PMI (PMBOK) en la administración del proyecto. Por lo tanto se recomienda su utilización como marco de referencia en la administración de cualquier tipo de proyecto.

14. Bibliografía

- Bernal. A. (2006). Metodología de la Investigación. México: Pearson Prentice Hall.
- Varela R. (2008). Innovación Empresarial. Bogotá: Pearson Prentice Hall.
- PMBOK (2013). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®), Quinta edición. Project Management Institute, Inc. EE.UU.
- Raman. V. (2014). Experimental and numerical investigation of novel pine oil biofuel in a diesel engine. National University of Singapore. India.
Recuperado de
<http://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/77777>
- Zelaya. G. (2007). Evaluación de materiales vegetales y residuales oleaginosos para la producción de biodiésel en el Salvador. Universidad de El Salvador. El Salvador. Recuperado de
http://ri.ues.edu.sv/2083/1/Evaluaci%C3%B3n_de_materiales_vegetales_y_residuales_oleaginosos_para_la_producci%C3%B3n_De biodiesel en El Salvador.pdf
- Biblioteca agropecuaria de Colombia – BAC. convenio Corpoica – ICA. (2008). bibliografía sobre biocombustible. Bogotá. Recuperado de
http://www.corpoica.org.co/sitioweb/WebBac/Documentos/BIBLIOGRAFIA_BIOCOMBUSTIBLE.pdf
- Hogan. M. (2013. 4 de junio). Producción global de biodiésel en 2013 sólo subirá lentamente: Oil World. Reuters. Recuperado de
<http://ar.reuters.com/article/topNews/idARL1N0EG0OD20130604>

- Fedebiocombustibles. (2013). Colombia sube producción y mezcla obligatoria de Biocombustibles. Bogotá. Federación nacional de biocombustibles de Colombia. Recuperado de <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/nota-web-id-1413.htm>
- Proexport. (2012). Sector Forestal en Colombia-Perfil_Forestal_2012. Recuperado de http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/Perfil_Forestal_2012.pdf
- Marticorena F. Mandagarán B y Campanella E (2010). Análisis del Impacto Ambiental de la Recuperación de Metanol en la Producción de Biodiésel usando el Algoritmo de Reducción de Desechos WAR. Información Tecnológica. Vol. 21(1). 23-30. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v21n1/art05.pdf>
- Biodiésel 2020 (2008). Global Market Survey. Feedstock Trends and Forecasts (2nd Edit ion). Recuperado de <http://www.emerging-markets.com/pdf/biodiésel2020study.pdf>
- OCDE/FAO (2013). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Estado de México. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/018/i3307s/i3307s.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía Colombia. (2009). Biocombustibles en Colombia. Recuperado de http://www.upme.gov.co/Docs/Biocombustibles_Colombia.pdf
- UPME. (2009). Cadena del petróleo 2009. Recuperado de http://www.upme.gov.co/Docs/CADENA_PETROLEO_2009.pdf

- Mesa. J. (2010). Realidad y perspectivas de la agroindustria de la palma de aceite. Recuperado de http://www.indepaz.org.co/blogs/palma/wp-content/uploads/2012/09/municipios_palmeros.pdf
- Alba. A. (2011). Nuevos procesos para la obtención de biodiésel a partir de catalizadores ácidos y básicos. Universidad Autónoma de Madrid. España. Recuperado de http://digital.csic.es/bitstream/10261/43927/1/Alba%20Rubio,%20A.C.%20Tesis_2011.pdf
- Ishaq et al. (2013). Production of Biodiésel from *Pinus Roxburghii* Oil and its Evaluation. J.Chem.Soc.Pak..Vol. 35. No.2. 2013. Recuperado de http://jcsp.org.pk/PublishedVersion/b4322933-d256-4cd2-af3c-34d4679ce563Manuscript%20no%202022.%20Final%20gally%20proof%20of%209243%20Khalid%20Saeed_.pdf
- Corredor. G. (2009). Tablero de comando para la promoción de los biocombustibles en Colombia. Recuperado de <http://archivo.cepal.org/pdfs/2009/S2009074.pdf>
- Raman et al. (2013). Pine oil–biodiésel blends: A double biofuel strategy to completely eliminate the use of diesel in a diesel engine. Appl Energy (2013). Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913009185>
- Rodríguez, Rodríguez. (2012). Elaboración de un plan de negocios para una empresa productora de aceite esencial de pino patula. Universidad De La Salle. Bogota. Colombia

- Dinis. A. (2012). Obtención de biodiésel por transesterificación de aceites vegetales: nuevos métodos de síntesis. Universidad de Extremadura. España. Recuperado de http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/326/TDUEX_2012_Pardal.pdf?sequence=1
- Cerpa. M. (2007). Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización. Universidad de Valladolid. España. Recuperado de <http://www.anipam.es/downloads/43/hidrodestilacion-de-aceites-esenciales.pdf>
- Arshadi et al. (2013). Comparison of fatty and resin acid composition in boreal lodgepolepine and Scots pine for biorefinery applications. *Industrial Crops and Products* 49 (2013) 535– 541. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400054507>
- Plata. C. (2003). Sistema de resinación aplicado en las pruebas piloto para el proceso de explotación resinera en Cajibío. Cauca. Universidad del Cauca. Vol. 1 No.1 Marzo 2003. Recuperado de <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol1/Art19.pdf>
- Siebert. K & Quintana. C. (2011). Determinación de puntos óptimos para la localización e implantación de plantas de biodiésel en el estado de Tocantins. *Nova Scientia*. Versión electrónica: 2007-0705. Universidad De La Salle Bajío. México. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v4n7/v4n7a3.pdf>

- Smurfit Kappa Cartón de Colombia. (2013). Resumen del plan de manejo forestal 2014 – 2018. Colombia. Recuperado de <http://www.smurfitkappa.com/Resources/Documents/Plan%20de%20Manejo%20Forestal%202014-2018.pdf>
- Protokimica. (2011. noviembre). hoja de seguridad aceite de pino industrial. recuperado de http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0cdaqfjac&url=http%3a%2f%2fprotokimica.com%2fmarketing%2findex.php%2fcomponent%2fdocman%2fdoc_download%2f416-aceite-de-pino-industrial%3fitemid%3d&ei=gmcvupirl5gm9asv74ggbq&usg=afqjcnfyovfayagg9rinv5ed3tuzbdzouq&sig2=9re6wqllnespbcg9zvi0va
- Gallo et al (2012). Comparación de la Producción Resinera de dos Especies de Pino Cultivadas en el Municipio de Cajibío. Departamento del Cauca. Colombia. Journal de Ciencia e Ingeniería. Vol.4. No.1. Agosto de 2012. pp. 37 – 42. Recuperado de <http://jci.uniautonomia.edu.co/2012/2012-6.pdf>
- López. R. (1996). Comparación de dos métodos de resinación en pinus ocarpa Schied. P. montezumae Lambert y P. pseudostrobis Lindl. en la cuenca alta del río Chixoy. Guatemala. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Recuperado de <http://www.sidalc.net/repdoc/A0558E/A0558E.PDF>
- Sustforest. (2009). La resina Herramienta de conservación de nuestros pinares. España. Recuperado de http://www.sustforest.eu/sites/www.sustforest.eu/files/la_resina_sustforest.pdf

- CONIF. (2013). Estudio de Costos de las Especies Forestales beneficiarias del CIF. de acuerdo con la Resolución 080 de 2013. Recuperado de <https://vuf.minagricultura.gov.co/Documents/5.%20Estadisticas%20Sector%20Forestal/ESTUDIO%20DE%20COSTOS%20ESPECIE%20REGION.pdf>
- Montoya & Wilmer. (2010). Establecimiento. Manejo y Mantenimiento de Cultivo de Pino. Recuperado de <http://ecoloagro.blogspot.com/2012/01/establecimiento-manejo-y-mantenimiento-del.html>
- Federación nacional de biocombustibles. (2015). Precios de biodiésel. Colombia: Fedebiocombustibles. Recuperado de <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/estadistica-precios-titulo-Biodiésel.htm>
- Cruz. Z. (2004). Destilación de resina de pino por anualidad en Comunidades bajo producción el estado de Oaxaca. Universidad Autónoma Chapingo. México. Recuperado de <http://www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/2004/Cruz%20Martinez%20Zocimo%202004.pdf>
- Gutiérrez J. (2011). Efecto de tres catalizadores en la elaboración de aceite esencial de pino a partir del aguarrás destilado de la resina del pino ocote (*pinus oocarpa schiede ex schtdl*). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1211_Q.pdf

- Vaquiro. José. (2012. Julio). El Valor Presente Neto. Recuperado el 01 de Octubre de 2012. De <http://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>
- Aristizábal. N. (2015). Valor presente neto. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4010039/Lecciones/CA PITULO%20IV/vpn.htm>
- Federación nacional de biocombustibles. (2015). Normatividad Ambiental Vigente. Colombia: Fedebiocombustibles. Recuperado de <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/main-pagina-id-31.htm>
- Ministerio de ambiente. vivienda y desarrollo territorial. (2008). Normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas. Colombia. ANLA. Recuperado de http://www.anla.gov.co/documentos/res_0909_050608.pdf
- ICONTEC. (2007). Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. Requisitos del ciclo de vida. Colombia. Recuperado de <http://tienda.icontec.org/brief/NTC-ISO14044.pdf>
- Ministerio de ambiente. vivienda y desarrollo territorial. (2007). Se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995. en el sentido de regular los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel. Colombia. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=17490>

- Vera. J. (2011). Programa Nacional de Biodiésel Divulgación Guía Buenas Prácticas de Manejo del B100 y las mezclas BX. Colombia. Fedebiocombustibles. Recuperado de <http://www.fedebiocombustibles.com/files/PRESENTACION%20MINAS.pdf>
- Zauba Technologies & Data Services. (2015). Detailed Import Data of gum rosin. Recuperado de <https://www.zaubacom/import-gum-rosin-hs-code.html>

Anexo A Función y perfil del cargo

| | |
|---------|--|
| CARGO | GERENTE DE PRODUCCIÓN |
| FUNCIÓN | Acción administrativa, gestión comercial y financiera Garantizar cumplimiento de los estatutos de trabajo y la legislación en general. Cumplir el plan estratégico de la empresa. Contratación de personal y/o de servicios requeridos. |
| PERFIL | Ingeniero industrial o administrador de empresas con mínimo 2 años en el área de producción industrial |
| CARGO | SECRETARIA |
| FUNCIÓN | Asistir al gerente en todas sus funciones. Comunicación con proveedores y clientes. Control de órdenes de compra. Presentación Informes. |
| PERFIL | Persona de alta confidencialidad. Conocimiento de Herramientas de Microsoft Office. Experiencia en secretaría. |
| CARGO | AUXILIAR DE CONTABILIDAD |
| FUNCIÓN | Realizar la contabilidad de la empresa. Presentar informes contables. Cumplir el marco legal contable. |
| PERFIL | Técnico contable del Sena Experiencia en Herramientas de Microsoft Office. |
| CARGO | RECIBIDOR Y PREPARADOR |
| FUNCIÓN | Controlar la recepción de materiales de producción, verificar la calidad de materiales, garantizar la materia prima en necesaria para cumplir con la producción programada, seguimiento de pedidos y entrega de materiales y productos. |
| PERFIL | Almacenista con experiencia en logística |
| CARGO | CALDERERO |
| FUNCIÓN | Tratamiento de aguas de caldera; operación del generador de vapor, responsable del suministro de vapor. |
| PERFIL | Experiencia mínima de un año en operación de calderas, cursos de seguridad industrial. |
| CARGO | DESTILADOR Y ENVASADOR |
| FUNCIÓN | Llevar a cabo el proceso de producción diaria de acuerdo al plan presentado por la gerencia. Verificar el buen funcionamiento de los equipos que opera. Velar por la seguridad durante la operación de los equipos y la calidad del |

| | |
|---------|---|
| | proceso. |
| PERFIL | Experiencia mínima de 1 año en procesos de destilación Cursos de seguridad industrial del Sena. |
| CARGO | CONTROLADOR CALIDAD |
| FUNCIÓN | Velar por la calidad durante todos los procesos de producción. Verificar calidad de materia prima, producción y producto. Asegurar que cada uno de los empleados cumpla con los procesos de calidad exigidos. |
| PERFIL | Experiencia en manejo de calidad en procesos de producción Estudios en control de calidad |
| CARGO | Mantenimiento |
| FUNCIÓN | Garantizar el funcionamiento adecuado de cada uno de los equipos de producción. Brindar soporte a los operarios y sus equipos |
| PERFIL | Mecánico industrial del Sena, experiencia mínima de 1 año en mantenimiento industrial de calderas y destiladores, mantenimiento eléctrico y seguridad industrial. |

Anexo B Datos de cálculo

Flujo de Efectivo, Balance general, estado de resultados, etc.

Archivo anexo en Excel.

Anexo C Cronograma

Archivo anexo en MS Project 2010.