

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO, ECONOMICO Y FINANCIERO DE UNA PLANTA MODULAR DE BIO-DIESEL

BRUNELLO, Alejandro Daniel – LU113028

Ingeniería Electromecánica

PEREZ DEBARBIERI, Emilio – LU118677

Ingeniería Electromecánica

Tutor:

MBA Ing. Adrián J. Serra, UADE

Agosto 12, 2019



UADE

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a nuestras familias y amigos que siempre estuvieron acompañándonos, dándonos apoyo incondicional y fuerzas para poder transitar la carrera universitaria.

Adicionalmente agradecemos a nuestro tutor, el Ing. Adrián Serra y al director de la carrera de Ingeniería Electromecánica, Ing. Daniel Zambrano, quienes siempre estuvieron dispuestos a ayudarnos y guiarnos en el camino de la ingeniería.

RESUMEN

El presente Trabajo Final de Ingeniería consiste en el desarrollo del Estudio de Factibilidad Técnica/Económica y Financiera y el diseño de ingeniería de una planta modular automatizada para la producción de Bio-Diesel.

Las materias primas principales para la producción del Bio-Diesel son: el aceite vegetal (usado o nuevo), metanol y soda cáustica.

Argentina al ser es un país productor de todas las materias primas anteriormente mencionadas, se convierte en una potencia mundial de producción de Bio-Diesel, contando con 38 plantas industriales de producción y posicionándose como el segundo productor y exportador a nivel mundial de Bio-Diesel durante los últimos 10 años.

El reemplazo del consumo de combustibles fósiles convencionales (gas, carbón y petróleo) por combustibles limpios y renovables como el etanol o Bio-Diesel, no sólo genera un menor impacto en el medioambiente debido a la reducción de las emisiones, si no que genera una revolución industrial nueva, empleando nuevas tecnologías, materiales, procesos y desarrollando mano de obra calificada en materia energética.

Por otro lado, la diversificación de la matriz energética de los combustibles al incorporar el Bio-Diesel como sustituto del gasoil o mezclándolo con el gasoil convencional según las regulaciones nacionales nos permite asegurar la cadena de abastecimiento de combustible y no depender de las importaciones de gasoil para sustituir el faltante de producción nacional en refinerías.

El objetivo del desarrollo de este Estudio de Factibilidad Técnica/Económica y Financiera es el de demostrar que es factible la construcción de una planta modular productora de Bio-Diesel para ser utilizada por todos los consumidores actuales de gasoil (maquinaria vial, maquinaria agrícola, generación eléctrica, transporte) y para ser utilizada en zonas rurales o aisladas energéticamente tanto por la falta de redes de distribución eléctrica como por falta de accesos para el transporte de combustible.

Considerando algunos de los escenarios planteados el cliente deberá invertir USD 4.125,00 para adquirir la planta modular de Bio-Diesel, lo que le generará una rentabilidad de entre 115% y 444% en 5 años comparado con el costo de adquisición del gasoil.

ABSTRAC

This Final Engineering Project consists in the development of the Technical / Economic Feasibility Study and design of a modular automated Bio-Diesel production plant.

The main raw material for the production of Bio-Diesel is vegetable oil (used or new), methanol and caustic soda.

Argentina, being a country that produces all the mentioned raw materials, becomes a production big player in Bio-Diesel industry, with 38 industrial production plants and positioning itself as the second largest producer and exporter of Bio-Diesel worldwide since the last 10 years.

The replacement of the consumption of conventional fossil fuels (gas, coal and oil) with clean and renewable fuels such as ethanol or Bio-Diesel, not only generates a lower impact on the environment due to the reduction of emissions, but also generates a new industrial revolution, employing new technologies, materials, processes and developing skilled labor in energy matters.

On the other hand, the diversification of the energy matrix of fuels by incorporating Bio-Diesel as a substitute for diesel or by mixing it with conventional diesel according to national regulations allows us to ensure the fuel supply chain and not depend on diesel imports to replace the lack of national production in refineries.

The objective of the development of this Technical / Economic and Financial Feasibility Study is to demonstrate that it is feasible to build a modular Bio-Diesel production plant to be used by all current diesel consumers (road machinery, agricultural machinery, electricity generation, transportation) and to be used in rural or energy-isolated areas both due to the lack of electricity distribution networks and the lack of access for fuel transportation.

Considering some of the proposed scenarios, the client will have to invest USD 4,125.00 to acquire the Bio-Diesel modular plant, which will generate a profitability of between 115% and 444% in 5 years compared to the cost of the diesel acquisition.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRAC	4
1. Introducción	7
2. Objetivos del Proyecto	9
2.1 Objetivo General	9
2.2 Objetivos Específicos	9
3. Estudio de Mercado	10
3.1 Situación Energética Mundial	10
3.2 Consumo Energético	11
3.3 Matriz Energética Mundial	12
3.4 Matriz Energética Argentina	13
4. Introducción al Bio-Diesel	16
4.1 ¿Qué es el Bio-Diesel?	16
4.2 ¿Cuáles son las materias primas utilizadas?	19
4.3 ¿Cómo se produce el Bio-Diesel?	21
4.4 Especificaciones del Bio-Diesel	25
4.5 Normas IRAM 6515-1 Bio-Diesel	25
5. Análisis PESTEL	27
5.1 Análisis Político	27
5.2 Análisis Socio - Económico	28
5.3 Análisis Legal	32
5.4 Análisis Tecnológico	33
5.5 Análisis Ecológico	34
6. Análisis FODA del Bio-Diesel	36
7. Diseño de la planta	41
7.1 Funcionamiento de la planta	41
7.2 Descripción de las etapas del proceso de producción de Bio-Diesel	42
8. Diseño de Ingeniería de la Planta	45
9. Ingeniería Básica	46
9.1 Diagrama P&ID	46
9.2 Lay-Out de Planta	49
9.3 Filosofía de Operación	50
9.4 Listado de Equipos	53
9.5 Arquitectura del Sistema de Control	54
9.6 Memoria de Cálculo de Bombas	55
9.7 Balance de Cargas	55
9.8 Diagrama Unifilar	57

10.	Ingeniería de Detalle.....	59
10.1	Lista de instrumentos.....	59
10.2	Listado de señales.....	60
10.3	Listado de Cables.....	60
10.4	Listado de Materiales.....	61
10.5	Diagrama de conexión de Instrumentos.....	63
10.6	Matriz de causa y efecto y alarmas.....	66
10.7	Programa de PLC.....	66
10.7.1	Programa de PLC.....	67
10.7.2	Lógicas de seguridad del programa de PLC.....	68
10.8	Estructura de costos de la planta.....	70
11.	Análisis económico/financiero.....	71
11.1	Escenario Base.....	77
11.2	Escenario Pesimista.....	82
11.3	Escenario Optimista.....	87
11.4	Consideraciones.....	92
11.5	Conclusiones del análisis económico/financiero.....	92
12.	Conclusiones Generales.....	94
13.	Bibliografía.....	98

1. Introducción

La relevancia y auge experimentados durante los últimos años en la producción de biocombustibles y energías renovables posee varios motivos. Los principales responden a aquellos aspectos relacionados con la seguridad energética y el cuidado del medioambiente. El primero de ellos proviene de los riesgos económicos y políticos implícitos en la dependencia de las fuentes fósiles de energía no renovables por definición, y con precios crecientemente elevados por sobre la media histórica. El segundo se origina en la mayor “conciencia global” sobre las consecuencias del uso indiscriminado de los combustibles “tradicionales” sobre el medioambiente.

El uso de biocombustibles líquidos tiene larga data en el mundo, habiendo sido éstos las fuentes de energía utilizadas por los primeros motores de combustión interna, a fines del siglo XIX. Sin embargo, las mejoras en la tecnología disponible para el procesamiento, refinación química y transporte de distintos tipos de combustibles fósiles permitieron transformar de manera eficiente y barata dichos recursos en energía, ya desde principios del siglo XX, para su utilización tanto de parte de los consumidores como de las industrias. De ese modo, los biocombustibles se vieron rápidamente relegados a un lugar de menor relevancia en la matriz energética mundial.

Sin embargo, a pesar de su relativamente escaso peso específico en el “mundo energético”, existe desde hace aproximadamente una década un creciente y renovado interés por estas fuentes alternativas, con impactos de relevancia en ciertos segmentos del mercado, como por ejemplo el agroalimentario. Sumado ello a una serie de factores, como la creciente participación de China y la India en el escenario económico y comercial internacional, el boom de los biocombustibles se está haciendo notar, a través de una mayor demanda de los principales commodities agrícolas.

La producción de biocombustibles pareciera ser todavía muy dependiente de estímulos, regímenes promocionales y/o apoyos gubernamentales directos, aún en escenarios donde los precios del petróleo se encuentran muy por encima de su media histórica. Consecuentemente, la adopción de políticas nacionales de promoción y uso obligatorio de biocombustibles, constituye una forma mediante la cual los mismos se insertan en las cadenas globales de valor.

En concordancia con lo expuesto anteriormente, se desarrollará el presente proyecto de Estudio de Factibilidad Técnica/Económica y Financiera de una Planta Modular de Bio-Diesel.

El diseño modular permitirá ajustar la producción de una manera escalable según la demanda particular de cada usuario final.

2. Objetivos del Proyecto

2.1 Objetivo General

El objetivo de este trabajo es analizar la viabilidad de la construcción de una Planta Modular productora de Bio-Diesel para el mercado argentino, desarrollando un Estudio de Factibilidad Técnica/Económica y Financiera y el diseño conceptual de la misma, incluyendo el diseño del proceso, dimensionamiento de la planta, sistemas de control y seguridad, para una planta estándar de 100 litros de Bio-Diesel por cada ciclo Batch.

2.2 Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo general planteado se definen los siguientes objetivos específicos:

- Análisis del Bio-Diesel en el mercado argentino y mercado global.
- Análisis y comparativa del impacto ambiental del Bio-Diesel frente a combustibles fósiles.
- Estudio de Factibilidad Técnica/Económica y Financiera para el desarrollo de la planta modular en el mercado argentino.
- Diseño de ingeniería básica y de detalle de la planta.

3. Estudio de Mercado

Los potenciales clientes del Bio-Diesel serán todos los consumidores actuales de gasoil (maquinaria vial, maquinaria agrícola, generación eléctrica, transporte entre otros). Es por eso que para entender la situación actual y poder proyectar la situación futura del Bio-Diesel, primero debemos analizar el mercado del petróleo y sus derivados.

3.1 Situación Energética Mundial

En los próximos años, el mundo deberá enfrentar cinco desafíos técnicos para asegurar el desarrollo energético sin dejar de lado las necesidades medio-ambientales que actualmente tienen gran impacto en la sociedad, como, por ejemplo: catástrofes climáticas, aumento de la concentración de CO₂, aumento de la temperatura global, entre otros.

A continuación, se detallan los desafíos:



Figura 1: Desafíos para asegurar el desarrollo energético

Los desafíos presentados se plantean debido a la creciente demanda energética sostenida a nivel mundial.

3.2 Consumo Energético

Desde la década del 30, el consumo energético mundial experimentó un constante crecimiento sostenido a lo largo del tiempo. Las proyecciones para las próximas décadas indican que el consumo energético seguirá creciendo sostenidamente junto a la demanda.

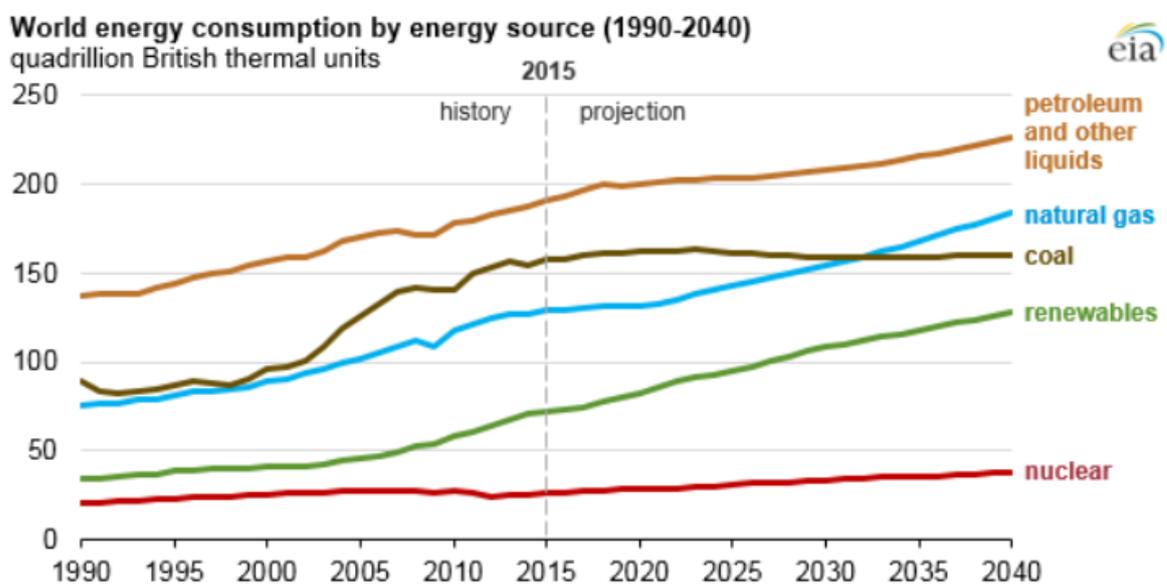


Figura 2: Consumo energético mundial

El crecimiento del consumo energético es consecuencia directa del crecimiento de población mundial y también porque año tras año crece el porcentaje de la población con acceso a fuentes energéticas.

De acuerdo al informe “International Energy Outlook 2017” emitido por “U.S. Energy Information Administration - EIA” se estima un crecimiento del 28% en la demanda energética mundial en el período 2015-2040. Se espera que gran parte de la demanda energética provenga de países que no se encuentran dentro de la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), especialmente de países emergentes con crecimiento económico sostenido. Se estima que China e India juntos aumentarán su demanda energética en un 60% en el período 2015-2040.

La EIA estima que la demanda energética mundial crecerá de 570 Quadrillon BTU (2018) a 720 Quadrillon BTU (2040).

3.3 Matriz Energética Mundial

A partir de la década del 40, el petróleo ha sido la fuente energética dominante en el mundo. El abastecimiento a bajo precio ha sido el motor del crecimiento económico tanto occidente como en oriente. Permitiendo que países como Arabia Saudita aumente su PBI de USD 600 en 1960 a USD 24.575 en 2018.

Actualmente, aproximadamente el 80% de la energía mundial consumida proviene de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), mientras que el 20% restante proviene de otro tipo de fuentes de energía renovables y no renovables (nuclear, solar, hidráulica, eólica, entre otras).

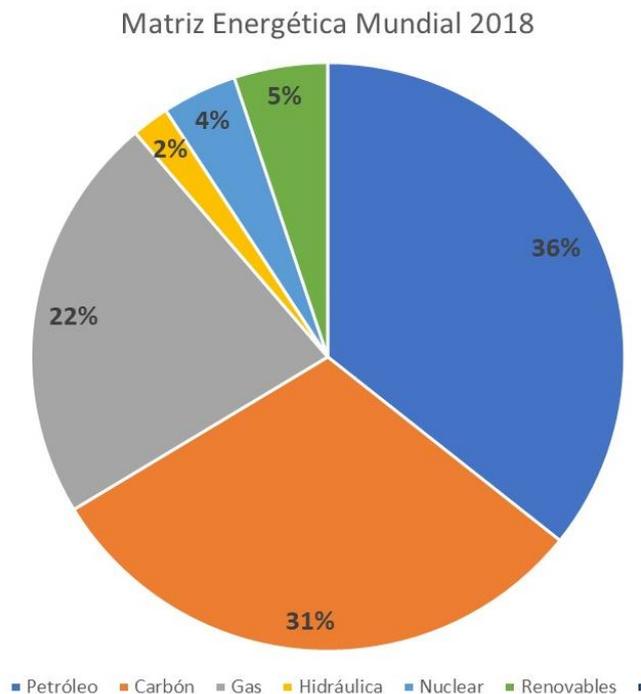


Figura 3: Distribución matriz energética mundial

Si bien en los últimos años, se observó que la participación del petróleo en la matriz energética mundial sufrió una caída, esta fue cubierta por un aumento en la participación del

gas natural que pasó del 18% al 21%, mientras que las energías renovables aumentaron en menor variación (+1%) detrás del carbón (+2%).

A pesar de la leve caída de la participación del petróleo en la matriz energética, se estima que para el año 2030, la matriz energética mundial seguirá dependiendo de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), esto se debe principalmente a la dependencia del sector industrial y del transporte. Sin embargo, la IEA (International Energy Agency) estima que para el año 2030 el consumo de petróleo, carbón y energía nuclear disminuirán mientras que el de gas natural y el de energías renovables aumentarán.

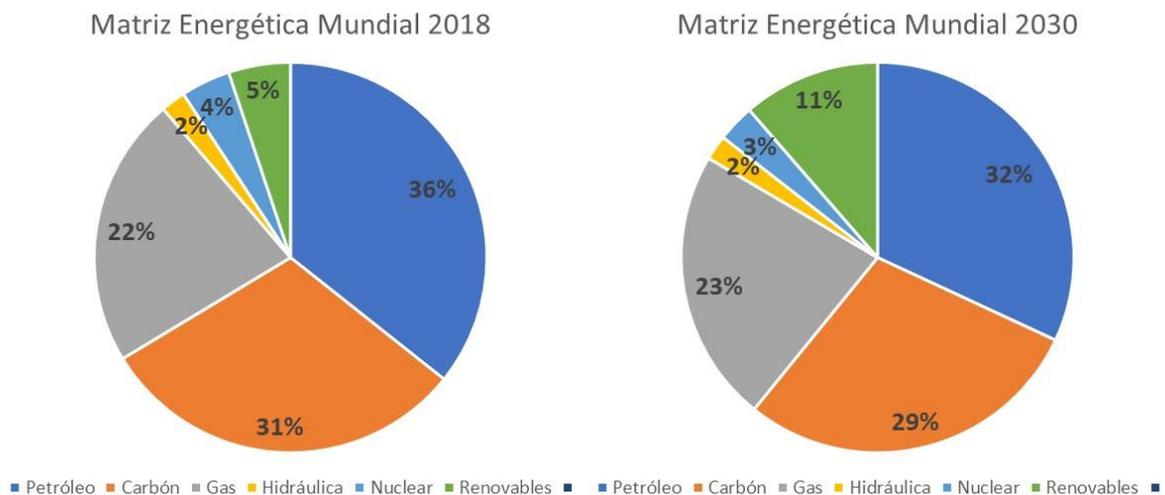


Figura 4: Distribución matriz energética mundial 2018-2030

La demanda sostenida de energía en el mundo junto con el agotamiento de los combustibles fósiles resulta beneficiosa para el desarrollo de fuentes de energía alternativas. Sumado a esto a partir del año 2000 se alcanzado el “Break Even” en el uso de energías alternativas, especialmente en el uso de energía eólica y biocombustibles (Bio-Diesel).

3.4 Matriz Energética Argentina

Los combustibles fósiles tienen un alto porcentaje en la matriz energética Argentina, al igual que la matriz energética mundial. Los mismos representan un 70% del total de la matriz energética actual, el 30% restante corresponde a energía nuclear y energías renovables (hidráulica, solar, eólica, etc.).

Desde el 2015 se han implementado políticas que fomentan el desarrollo y uso de las energías renovables en el país, incrementando en poco tiempo el porcentaje de las mismas dentro de la matriz energética, las cuales en un período de 4 años han pasado de representar el 4% al 7%.

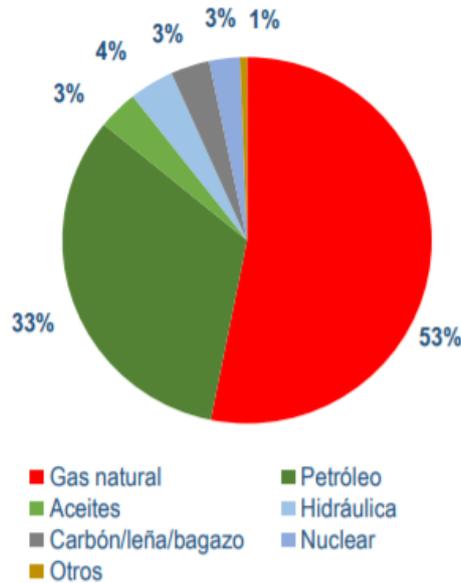


Figura 5: Matriz energética Argentina 2019

En el pasado, Argentina cubría su consumo energético y generaba un excedente que le permitía exportarlo al mundo (petróleo, gas y energía eléctrica). A partir de 1980 producto de políticas que no favorecieron el desarrollo industrial argentino, sumado a la crisis energética mundial donde los precios del petróleo y el gas habían caído abruptamente, Argentina comenzó a transitar un período de crisis, el cual se agudizó a fines del año 2002, donde Argentina tuvo que empezar a importar energía ya que la producción nacional no alcanzaba para cubrir la demanda. Desde el año 2002 hasta el año 2018, Argentina se dedicó a importar gas y energía eléctrica lo que generó un déficit energético en la balanza comercial, posicionando a Argentina como un país importador de energía.

A partir del año 2012 Argentina vuelve a entrar en la escena mundial con el descubrimiento de Vaca Muerta. Rápidamente el Estado y empresas privadas comenzaron a desarrollar proyectos para poner en producción los nuevos yacimientos. A partir del 2018 Argentina dejó

de importar para volver a exportar el excedente de gas producido en los nuevos yacimientos de Vaca Muerta.

Desde el año 2016 el Estado Argentino se ha orientado a definir nuevas políticas en materia energética, estudiando la problemática actual logró llevar a cabo una serie de programas para el fomento, desarrollo y uso de las energías renovables (Programa RENOVAR). Estos programas de incentivo a la inversión en energías renovables fueron muy exitosos y en muy poco tiempo lograron incrementar las inversiones en proyectos de energías renovables. A partir de los programas RENOVAR se han desarrollado más de 50 proyectos de generación eólica, solar fotovoltaica, térmica, biomasa, biocombustibles y otros.

Estos nuevos proyectos han generado un gran impacto en la Matriz Energética Argentina, incrementando la participación de las energías renovables en un 7%, con una proyección de crecimiento hasta el año 2025 del orden del 20% de la Matriz Energética Argentina.

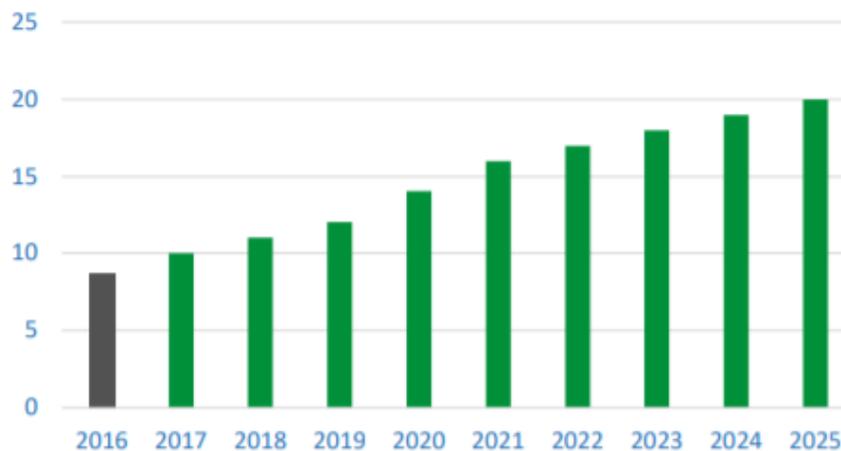


Figura 6: Proyección renovables en Matriz Energética Argentina

4. Introducción al Bio-Diesel

4.1 ¿Qué es el Bio-Diesel?

El Bio-Diesel es un combustible líquido muy similar en propiedades al diesel derivado del petróleo, pero obtenido a partir de aceites vegetales o grasas animales. El Bio-Diesel puro es biodegradable, no tóxico esencialmente libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar significativamente el alcohol y el aceite vegetal que se utilice en el proceso productivo.

Además de las condiciones favorables desde el punto de vista ecológico y energético, merece destacarse la posibilidad del empleo inmediato en los motores. El Bio-Diesel produce una correcta y completa combustión, sin requerir ningún tipo de modificación en los motores existentes, pudiendo alimentarse alternativamente con combustible diesel, Bio-Diesel o mezclados entre sí, en cualquier proporción. En el caso de los motores diésel comunes puede mezclarse en cualquier proporción que se desee: B5 – B10 – B30 – B50, etc. [1].

Cabe destacar que el Bio-Diesel posee mejores propiedades lubricantes que el diésel, lo que reduce el desgaste mecánico del circuito de combustible. En cuanto al poder calorífico, este es un 9% menor que el del diésel común, lo que indica que libera una menor cantidad de energía. Además de su baja densidad (0.88 g/cm³), no contiene azufre, por lo que no libera gases tóxicos y reduce al mínimo la emisión de gases de efecto invernadero [2].

Comparación de las propiedades del Diesel de Petróleo vs Aceites

Propiedad	Diesel de Petróleo	Aceite de Girasol	Ester Metílico de Girasol	Aceite de Colza	Ester Metílico de Colza
Densidad (15°C) (Kg/l)	0,84	0,92	0,89	0,9	0,883
Punto de ignición (C°)	63	215	183	200	153
Viscosidad cinemática (mm ² /S)	3,2	35	4,2	39	4,8
Número de cetano	45-50	33	47-51	35-40	52
Calor de combustión (Mj/Kg)	44	39,5	40	-	40
Punto de enturbamiento (C°)	0	-6,6	3	-	-3
Azufre (% peso)	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Residuo de carbón	0,2	0,42	0,05	-	-

Tabla 1: Comparación propiedades del Diesel de Petróleo vs Aceites

Se puede apreciar que las propiedades del éster metílico son mejores que las del aceite directo de las oleaginosas, en cuanto a favorecer la adecuada combustión y que se pueden tener diferencias en las propiedades del Bio-Diesel obtenido, dependiendo de las materias primas utilizadas.

Tipos de Bio-Diesel	Calor de combustión (Mj/Kg)	N° de cetano
Ester metílico de soja	39,8	46,2
Ester etílico de soja	40	48,2
Ester butílico de soja	40,7	51,7
Ester metílico de girasol	39,8	47
Ester metílico de cacahuete	-	54
Ester metílico de colza	40,1	-
Ester etílico de colza	41,4	-

Tabla 2: Propiedades esteres metílicos

Propiedades del Bio-Diesel vs Diesel de Petróleo

Propiedades	Bio-Diesel	Diesel
Norma del combustible	ASTM D975	ASTM PS121
Composición	C12-C22 FAME	C10-C21 HC
Metilester	95,5->98% (normas)	-
Carbono (% peso)	77	86,5
Azufre (% peso)	0-0,0024	0,05 máx.
Agua (ppm peso)	0,05% máx.	161
Oxígeno (% peso)	11	0
Hidrógeno (% peso)	12	13
N° Cetano	48-55	40-55
PCI (KJ/Kg)	37,7	41,86
Viscosidad cinemática	1,9-6,0	1,3-4,1
Punto de inflamación (C°)	100-170	60-80
Punto de ebullición (C°)	182-338	188-343
Gravedad específica (Kg/l) (60°F)	0,88	0,85
Relacion de aire/combustible	13,8	15

Tabla 3: Propiedades del Bio-Diesel vs Gasoil convencional

Las propiedades de ambos combustibles no presentan grandes diferencias, sin embargo, el biocombustible muestra las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Presenta mayor viscosidad, por lo que en proporciones menores al 20% constituye un aditivo lubricante del combustible (menor fricción del motor), favoreciendo el funcionamiento del circuito de alimentación y de la bomba de inyección.
- Prácticamente no tiene compuestos aromáticos, ni azufre.
- Contiene oxígeno que permite una adecuada combustión con menor relación de aire/combustible.
- La temperatura de inflamación mayor reduce el peligro de incendios durante su manejo y almacenamiento.
- La biodegradabilidad es una característica del Bio-Diesel que incentiva su uso, desapareciendo en menos de 21 días, con una degradación 4 veces más rápida que con el Gasoil del petróleo.
- No es soluble en agua; con una toxicidad inferior a la del Gasoil del petróleo

Desventajas:

- Tiene un menor poder calorífico, con un mayor consumo de combustible.
- Pérdida de un 5% de potencia.
- Actúa como un aditivo detergente aflojando y disolviendo sedimentos en los tanques de almacenaje; por lo que pueden obstruirse los inyectores tener depósitos en la cámara de combustión, pistón y asiento de válvulas.
- Los ácidos grasos no saturados presentan inestabilidad (por lo que debe utilizarse rápidamente), produciendo residuos durante las reacciones de oxidación que se depositan en inyectores (obstrucción); combustión incompleta y, por lo tanto, emisión de contaminantes.
- Las temperaturas de inflamación del Bio-Diesel son mayores, por lo que en lugares fríos o durante el invierno, se pueden presentar problemas en el arranque (B100).
- Con el B100 se deben cambiar con mayor frecuencia los filtros de combustible (cada 130 hrs. en lugar de cada 200 hrs.).

4.2 ¿Cuáles son las materias primas utilizadas?

Las materias primas utilizadas para la producción del Bio-Diesel son muy variadas. Cualquier aceite vegetal puede ser utilizado como insumo principal para la producción del Bio-Diesel, como ser aceites de soja, girasol, colza, jatropha, tártago, ricino, aceites usados de fritura, etc. También pueden ser utilizados sebo de vacunos, porcinos, aves, pescado, etcétera.

Otra alternativa interesante para la producción de Bio-Diesel, es la utilización de aceites usados (o también denominados aceites de fritura), ya que es la materia prima más barata y con su utilización, se evita la contaminación del medio ambiente, ya que generalmente éstos aceites usados, se tiran a las redes cloacales o a las redes de agua corriente, sin efectuarles ningún tratamiento previo, siendo su destino final los ríos o mares a donde se descargan las cloacas citadas, con la consiguiente contaminación indeseable.

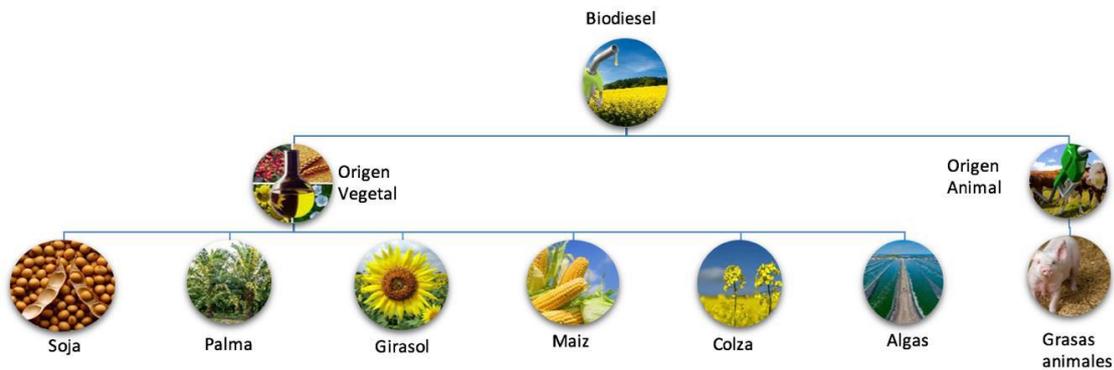


Figura 7: Materias primas

Como el combustible alternativo viable para los motores de combustión interna, puede ser producido a partir de fuentes renovables, a través de transesterificación, compatible con las infraestructuras tecnológicas existentes.

Aunque potencialmente se pueden usar múltiples fuentes alternativas para obtenerlo, casi la totalidad del Bio-Diesel que se produce actualmente proviene de los aceites de origen vegetal y, en particular, de tres cultivos: la palma, la soja y la colza. Estos tres cultivos proveen el 76% de la oferta mundial de aceite. El restante 24% se origina en cultivos como maní, algodón, oliva y girasol.

Composición de la oferta de aceite vegetal

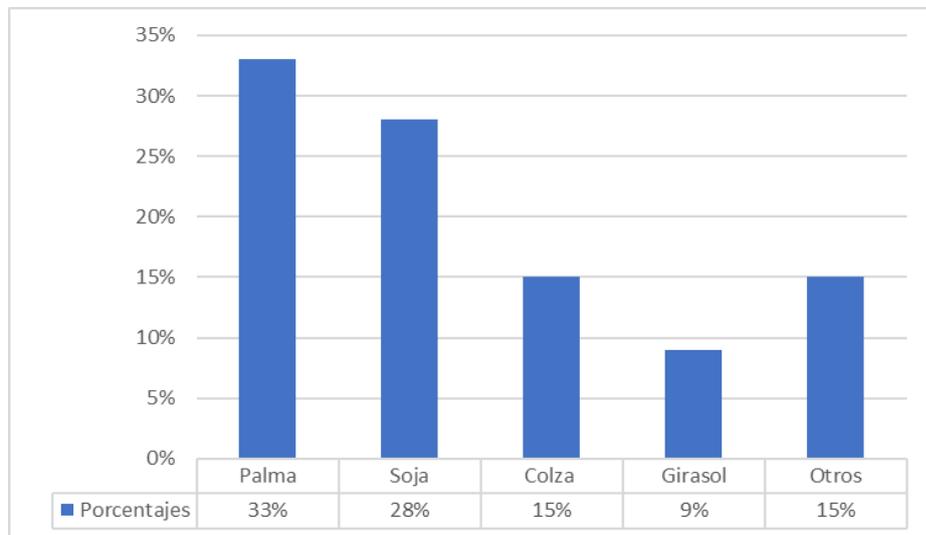


Figura 8: Composición de la oferta de aceite vegetal mundial

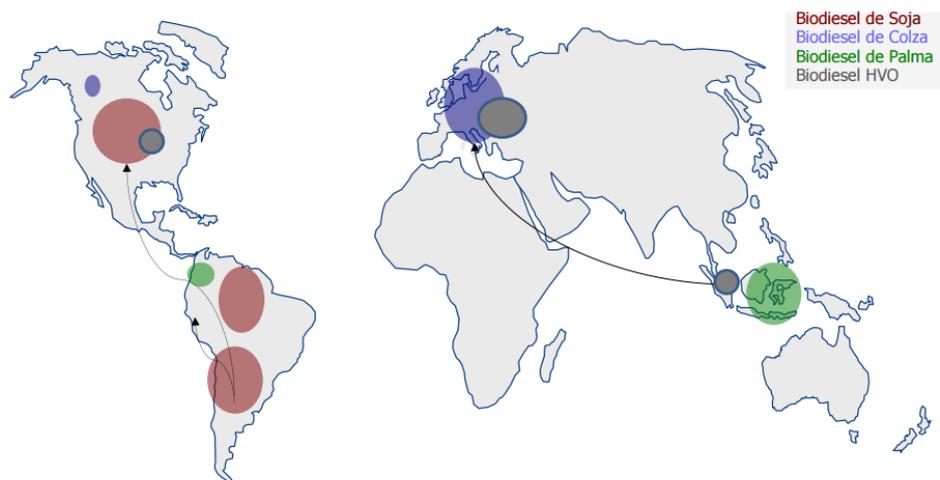


Figura 9: Distribución de producción de Bio-Diesel según materia prima

En Sudamérica y en Norteamérica, la producción de Bio-Diesel se basa principalmente, en aceite de SOJA.

En Centro América, la producción se basa principalmente en aceite de fruto oleaginoso con es la PALMA, similar a lo que se utiliza en Malasia, Indonesia y países de la región. En el norte de Europa, se basa principalmente en aceite de COLZA y en el sur de Europa, en la zona mediterránea, se utilizan los aceites de GIRASOL y aceites usados (de fritura).

4.3 ¿Cómo se produce el Bio-Diesel?

El aceite utilizado para la fabricación del Bio-Diesel por transesterificación debe presentar unas características determinadas para que el biocombustible final cumpla con las especificaciones deseadas. Así, el aceite bruto es sometido generalmente a desgomado, filtración, neutralización y secado, cuyos procedimientos dependen de la naturaleza del aceite bruto, obteniéndose un aceite refinado sin sólidos en suspensión y con un mínimo de acidez (<1%) y de humedad (<0,5%) aptos para su transesterificación en Bio-Diesel.

Esquema del proceso productivo del aceite refinado

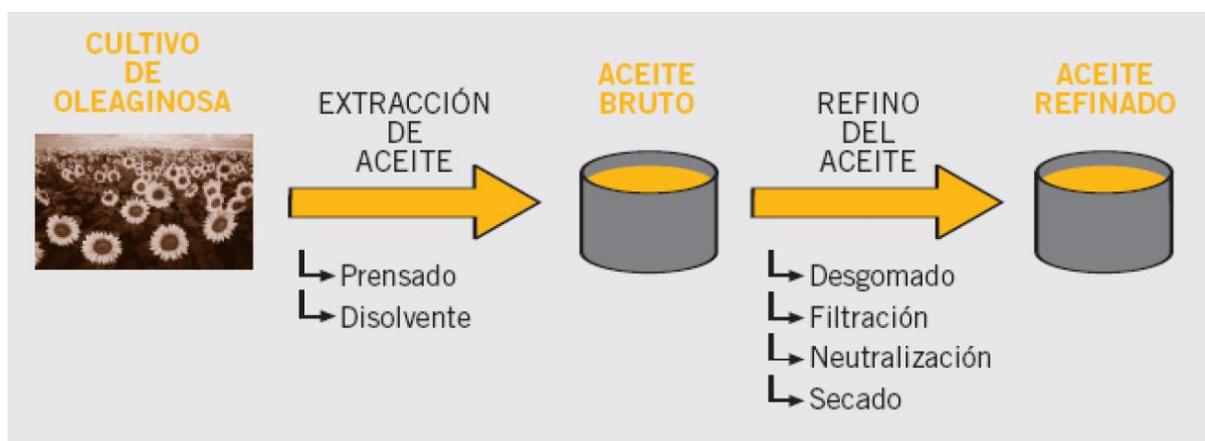


Figura 10: Esquema del proceso de producción del aceite refinado

Una vez obtenido el aceite refinado generalmente se lo hace reaccionar con un alcohol monovalente como el metanol, en presencia de un catalizador básico (condiciones de presión y temperatura menos exigentes).

Estequiométricamente, el rendimiento másico de la reacción es aproximadamente igual a uno, por lo que se obtiene la misma masa de Bio-Diesel que de aceite vegetal inicial. Además, la estequiometría entre el alcohol y la glicerina es similar en términos másicos, requiriéndose en principio una cantidad de alcohol igual al 10% del aceite (en masa).

Balance de masa de la reacción de transesterificación

Triglicérido	+ 3 Alcohol	→ 3 Ester +	Glicerina
- Aceites			- Metanol
- Grasas			- Etanol
100 kg	10 kg	100 kg	10 kg

Figura 11: Balance de masa de la reacción de transesterificación

Las etapas necesarias para la producción de Bio-Diesel a partir de aceites vegetales ya refinados son las siguientes: reacción de transesterificación propiamente dicha, separación y purificación de los ésteres obtenidos.

La reacción de transesterificación se efectúa entre los triglicéridos del aceite y un exceso de metanol, generalmente en presencia de un catalizador básico (más comúnmente hidróxido de sodio o NaOH) a una temperatura que suele variar entre 40 °C y 110 °C. Durante la reacción de transesterificación se presentan reacciones secundarias que dan lugar a productos indeseables que contaminan los ésteres. Estos productos no deseados, los jabones, disminuyen la conversión y el rendimiento de la reacción, y harán necesarias etapas posteriores de purificación.

Esquema del proceso de transesterificación. Reactivos y productos



Figura 12: Esquema del proceso de transesterificación

La siguiente etapa fundamental en el proceso de fabricación de Bio-Diesel es la separación de las fases éster y glicerina y la posterior purificación de estas. Al término de la reacción de transesterificación son varios los subproductos que se encuentran en el reactor, y que habrá que separar de los ésteres metílicos o Bio-Diesel. Además de los compuestos del aceite que no han

llegado a reaccionar (tri, di, monoglicéridos y ácidos grasos libres) se encuentra en el medio el metanol que se adicionó en exceso, los restos del catalizador básico y los productos de las reacciones secundarias (jabón y agua).

Esquema de los procesos de separación y purificación del Bio-Diesel



Figura 13: Esquema de los procesos de separación y purificación del Bio-Diesel

El último proceso para la obtención del Bio-Diesel es la purificación de los ésteres. Aquí se separa y recupera el exceso de alcohol introducido para mejorar el rendimiento, y se lavan los ácidos grasos libres y los mono, di y triglicéridos que no se han esterificado. La fase glicerina también deberá ser purificada para obtener un producto que se pueda comercializar.

Esquema del proceso de acondicionamiento de la fase glicerina

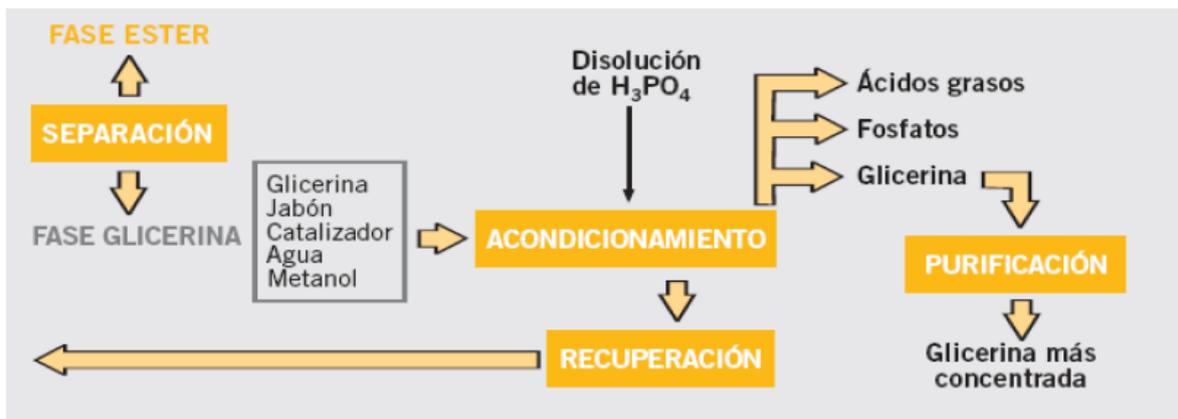


Figura 14: Esquema del proceso de acondicionamiento de la fase glicerina

El Bio-Diesel se produce principalmente mediante el proceso de transesterificación, que está considerado como un proceso de conversión bioquímica, y su materia prima está constituida mayormente por aceites vegetales. La transesterificación se puede dar por catálisis

alcalina, catálisis ácida, catálisis de lipasas y alcoholes en condiciones supercríticas. Las vías más utilizadas son la catálisis alcalina y la catálisis ácida.

En el cuadro a continuación se resumen las ventajas y desventajas de los principales procesos de producción de Bio-Diesel por transesterificación.

Ventajas y desventajas de las principales vías de transesterificación de Bio-Diesel

	Ventajas	Desventajas	Características de la transesterificación
Catálisis alcalina	<ul style="list-style-type: none"> • Es la tecnología más utilizada comercialmente • Condiciones moderadas de presión y temperatura • Se obtienen conversiones en tiempos de reacción de 60 min. aprox. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere que el aceite y el alcohol sean anhídrido y limitar el contenido de ácidos grasos libres en la alimentación para evitar la formación de jabones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad apreciable de operaciones unitarias para la separación de los productos. • Reacción en condiciones atmosféricas • Requiere catalizador alcalino.
ácida	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en la adecuación del aceite (esterificación de los ácidos grasos libres con metanol). 	<ul style="list-style-type: none"> • Los tiempos de reacción son mucho más lentos en 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza como un proceso de pre-esterificación antes de realizar dicho proceso vía la
Catálisis de lipasas	<ul style="list-style-type: none"> • La reacción no es afectada por la presencia de agua en las materias primas ni por contenidos de ácidos libres. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los tiempos de reacción son elevados, por lo que no pueden ser procesos continuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se usan solventes orgánicos como medio de reacción, porque mejoran la reactividad y brindan la posibilidad de reutilización. El alcohol se adiciona por etapas, para evitar la inhibición.
Alcoholes supercríticos	<ul style="list-style-type: none"> • Bajos tiempos de reacción • Se pueden procesar materias primas con altos contenidos de ácidos grasos libres y agua • No es necesaria la utilización de un catalizador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos debidos a las condiciones de la reacción a altas temperaturas y presiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se emplean temperaturas y presiones elevadas.

Tabla 4: Ventajas y desventajas de las principales vías de transesterificación de Bio-Diesel[3]

Adicionalmente, cabe destacar que ya hay en el mercado procesos que utilizan la catálisis heterogénea. A pesar de que estos catalizadores requieren unas condiciones de presión y temperatura más severas respecto de la catálisis homogénea, ofrecen otras ventajas, fundamentalmente: mayor conversión, glicerina de mejor calidad, etapas de separación y purificación simples, sin consumo de productos químicos y sin producción de otras fases.

Hay dos factores importantes que influyen en el proceso de producción del Bio-Diesel: el tipo de catalizador y el tipo de proceso (discontinuo, semicontinuo, y continuo).

Evidentemente para pequeñas producciones el proceso discontinuo (por lotes) es el más indicado, además es más flexible para el procesamiento de materia prima multioleaginosa. Por el contrario, para grandes producciones (>50.000 tn/año) se suele utilizar el proceso continuo porque es más económico, aunque acarrea mayores dificultades técnicas de operación y puesta en marcha.

Otro factor determinante, además del tamaño de la producción, es la disponibilidad y calidad de la materia prima, de tal manera que la operación continua es más conveniente para alimentaciones de materia prima con una determinada calidad asegurada.

4.4 Especificaciones del Bio-Diesel

Distintas especificaciones para el Bio-Diesel han sido implementadas en varios países alrededor del mundo, en EE.UU. se ha adoptado la norma ASTM D 6751, en Europa la EN 14214, en Brasil la ANP N.º 7/08 y en Argentina IRAM ha establecido los requisitos y métodos de ensayos para el Bio-Diesel, su comercialización y suministro como combustible para vehículos, a través de la norma 6515/01. Esto es así tanto para su versión pura, como para aquellos cortes realizados con gasoil (que también cumplan con la respectiva norma IRAM de calidad).

Estos estándares han surgido del consenso de grupos relevantes que han participado en su elaboración, como ser: fabricantes de vehículos, motores y equipos de inyección, compañías refinadoras, productores de biocombustibles, representantes de los gobiernos y de los usuarios de biocombustibles.

4.5 Normas IRAM 6515-1 Bio-Diesel

Como se mencionó anteriormente, las normas establecen una calidad mínima que debe tener el combustible para poder ser comercializado, ya que de lo contrario causaría inconvenientes en los motores. Los procesos que garantizan la calidad del combustible son la remoción de la glicerina y metanol.

La norma IRAM en Argentina tuvo como antecedentes a las ASTM y EN para su formación. Los requisitos que pide la norma argentina son en general, los requisitos más estrictos entre ASTM y EN. Como en el caso de los Estados Unidos, hubo varios agentes que participaron en

la elaboración de estas normas, como empresas, gobiernos provinciales y nacionales, institutos educativos y otros representantes de las industrias como la Cámara de Representantes de fábricas de automotores.

Los requisitos exigidos por la norma IRAM 6515-1 son:

- Pureza
- Punto de inflamación
- Contenidos máximos de azufre, agua, impurezas sulfatadas, metanol libre, glicerina libre, yodo y residuos carbonosos
- Número cetano
- Contenido mínimo de grado de lubricidad
- Densidad y viscosidad

Comparación de las diferentes normas del Bio-Diesel

	Europea	USA	Argentina
Norma	EN 14214	ASTM D-6751 ⁽¹⁾	IRAM 6515
Fecha	2003	Dic./01	Oct/01
Densidad 15°C g/cm ³	0.86-0.90	-	0.86-0.9
20°C			
Viscosity 20°C cSt			
40°C	3.5-5.0	1.9-6.0	3.5-5.0
Punto Ignición °C	≥ 120	≥ 100	
POFF verano °C		-	
invierno		-	
PE verano °C		-	
invierno			
Azufre total %P	10 mg/kg	≤ 0.05	10 mg/kg
CC 100% %P		≤ 0.05	
10% res. destilado	≤ 0.3		≤ 0.3
Ceniza sulfat %P	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.02
Cenizas %P		-	
Agua mg/Kg	≤ 500	≤ 0.05%	≤ 500
Impureza total mg/Kg	≤ 24	-	≤ 24
Corrosión-Cu 3h/50°C	1	< N° 3	1
Número Cetano	≥ 51	≥ 40	≥ 50
N° Neutralización mgKOH/g	≤ 0.50	≤ 0.80	≤ 0.50
Estabilidad Oxidación 110°C h	6		6
Metanol %P	≤ 0.20	-	≤ 0.20
N° Saponificación mg KOH/g			
Contenido Esteres %P	≥ 96.5 ⁽⁸⁾	-	≥ 96.5 ⁽⁸⁾
Triglicérido %P	≤ 0.2	-	≤ 0.2
Diglicérido %P	≤ 0.2	-	≤ 0.2
Monoglicérido %P	≤ 0.8	-	≤ 0.8
Glicerina combinada %P			

Tabla 4: Comparación de las diferentes normas del Bio-Diesel

5. Análisis PESTEL

5.1 Análisis Político

La situación de la producción de Bio-Diesel para este año en Argentina caerá aproximadamente un 20% por debajo de los registros del año anterior. Esta baja en la producción tiene varias explicaciones.

Uno de los factores más importantes fue la sanción arbitraria, de carácter proteccionista, aplicada en el segundo semestre de 2017 por el Departamento de Comercio de EEUU, instrumentada a través de la aplicación de derechos compensatorios por antidumping y anti subsidio, de alrededor de un 140%, que cerró técnicamente ese mercado para nuestras exportaciones (el cual el año pasado representó alrededor del 90% de la exportación total).

Por otro lado, tenemos los tres aumentos de derechos de exportación establecidos por decretos presidenciales, con vigencia desde enero, julio y septiembre, que llevaron la alícuota desde un 0% hasta la actual superior al 23% (efectiva), afectando la estructura de costos, debilitando su competitividad.

Entonces podemos considerar que, debido a las decisiones políticas, tanto de Argentina como de los mercados externos, la exportación de Bio-Diesel se encuentra perjudicada y el mercado potencial será el interno.

Esto se traduce en un esquema favorable derivado de la estructura impositiva vigente para los grandes productores y las políticas respecto de los cortes de Bio-Diesel autorizados en el país, sumado a las decisiones de algunas provincias como Santa Fe y Córdoba para fomentar la utilización del Bio-Diesel como combustible para el transporte público. [4]

La quita de subsidios que el Estado Nacional aplicó al gasoil utilizado en el transporte de pasajeros de corta distancia desde el 1 de enero de 2019 ha despertado el interés por el uso voluntario de Bio-Diesel más baratos que sus equivalentes fósiles.

Mas allá de estas acciones positivas también tenemos que reinterpretar la situación económica del país, que luego de las PASO (agosto 2019), se vio comprometida y obligó al gobierno a tomar diversas medidas para contener los precios del mercado. Entre estas medidas se encuentra el congelamiento de precio de los combustibles líquidos (nafta y gasoil) por 90 días, formalizado a través del decreto de necesidad y urgencia (DNU) 566/2019.

Esta medida ya causo diversas críticas en el sector, ya que los precios locales del petróleo se encuentran artificialmente cercanos a U\$\$ 40 por barril, con lo que quedarán congelados los márgenes en el segmento de la refinación y comercialización (downstream).

Este nuevo valor implica un precio de venta del crudo un 19% más barato que la referencia internacional, que es la cotización Brent.

Esta diferencia ocasionará pérdidas de por lo menos 250 millones de dólares mensuales, por este motivo las empresas productoras no integradas, como Chevron, Tecpetrol, Shell y ExxonMobil ya están planificando reducir las inversiones y las importaciones de gasoil, lo que ocasionará un desabastecimiento de dicho combustible.

En esta situación compleja los que ganarán serán aquellos que tengan la posibilidad de producir su propio combustible Bio-Diesel. Ya que, tendrán plena disponibilidad de combustible durante la crisis y reducirán sus costos, dependiendo únicamente del valor de la materia prima utilizada, sin que se vea afectado por los coeficientes externos.

De la decisión estratégica que se adopte, dependerán las inversiones necesarias para llevar adelante proyectos relacionado al Bio-Diesel. Si la decisión fuera la integración en toda la cadena de valor del Bio-Diesel, ello podrá implicar involucrarse en actividades como:

- a) canje de granos por productos petroleros (venta de Gasoil y lubricantes a agricultores que pagan estos productos con granos),
- b) molienda de estos granos para obtener aceite (participación accionaria en empresas de molienda o pago de una tarifa a terceros para que realicen esta tarea)
- c) procesamiento por terceros del aceite propio para obtener biodiesel o procesamiento en una planta propia o asociada
- d) mezclado del biodiesel propio con Gasoil en refinerías o terminales de despacho.

En este esquema de integración, la inversión estará asociada al montaje de una nueva planta para la producción de Bio-Diesel o a participaciones accionarias en la molienda de granos y/o producción de Bio-Diesel y a las necesarias para la recepción, almacenaje, y mezclado de Bio-Diesel con Gasoil en refinerías o terminales de despacho.

5.2 Análisis Socio - Económico

La industria argentina de Bio-Diesel tiene una capacidad de producción de alrededor de 4,4 millones de toneladas anuales. En 2017 se utilizó alrededor del 65% de ese total con

una producción de 2,871 millones de toneladas, de las cuales 1,65 millones se destinaron al mercado externo.

Varias dimensiones inciden en la competitividad y sustentabilidad de la industria del Bio-Diesel. En primer lugar, las ventajas intrínsecas del sector oleaginoso argentino, que ya cuenta con el expertise y logística para convertirse en uno de los actores principales a nivel mundial. Por otro lado, la estructura impositiva para medianos y grandes productores.

El gobierno nacional creó un subsidio implícito a la producción de bio-combustibles mediante un diferencial de retenciones entre el precio del insumo y el bien final.

Es necesario tener en cuenta el esquema del negocio actual del Bio-Diesel en Argentina. La producción de gran escala se encuentra asociada al mercado externo y no al cupo de producción doméstico fijado por la Ley.

De acuerdo con la configuración del segmento que produce Bio-Diesel a gran escala, los precios del aceite vegetal funcionan obviamente como costo de oportunidad, y no como barrera de entrada. Este resultado surge de la posibilidad de diversificar la producción por parte de las empresas aceiteras.

Asimismo, el sistema de retenciones diferenciales a las exportaciones de granos, aceites y Bio-Diesel seguramente continuará generando incentivos para la producción del último.

En términos de la rentabilidad futura de los bio-combustibles en el mercado interno, el panorama es variado. Existen productores que han decidido presentar proyectos para participar del cupo fiscal y abastecer al mercado doméstico, medida que les permite mantener un margen de rentabilidad mínima a través de los precios regulados.

Comparación de Precios del Bio-diesel en Argentina (\$/Tn)

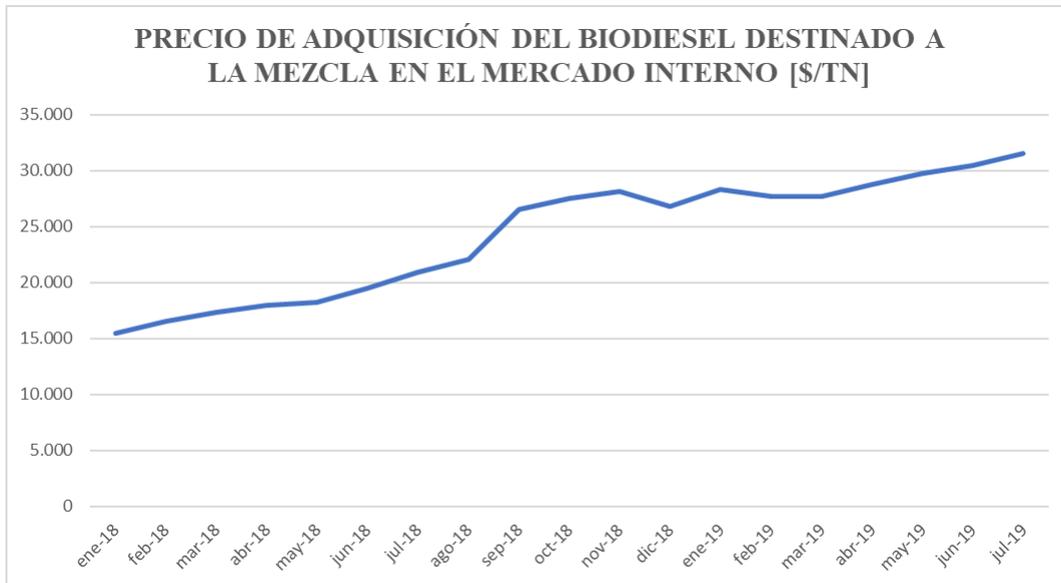


Figura 15: Evolución del precio del bio-diesel en Argentina

En el presente contexto, donde los precios domésticos del gasoil se encuentran por encima de las cotizaciones internacionales y la demanda del Gasoil continúa aumentando, el Bio-Diesel pasa ser una solución viable.

El precio del Bio-Diesel al igual que los demás biocombustibles, con sus propias particularidades para el mercado interno automotor, se fija mensualmente a partir de una fórmula polinómica que contempla todos los costos del sector. Principalmente el aceite de soja (materia prima que representa más del 85% del costo de producción), el tipo de cambio para la adquisición de la misma y otros insumos que están dolarizados, como así también los demás insumos y la mano de obra.

Por lo tanto, el precio surge exclusivamente de los costos que tuvo el sector en el mes inmediato anterior y no por el peso de los grandes productores o las decisiones discrecionales del mercado.

Tal es así que este año, después de un aumento de precios que consideraron insuficiente, las grandes firmas procesadoras de soja comenzaron a restringir el abastecimiento de Bio-Diesel a las petroleras.

Por este motivo se autorizó un incremento en el corte de Bio-Diesel que podría llegar al 25% como en Brasil.

Además del análisis de precios deben tenerse en cuenta los factores estructurales que afectan la rentabilidad y por ende la sustentabilidad de los bio-combustibles. Para esto puede mencionarse la escala de producción, así como la economía de los subproductos resultantes en el proceso de obtención de Bio-Diesel.

En general todos los países que han buscado incrementar la participación de los bio-combustibles en su matriz energética, lo han hecho apalancando las inversiones y costos a asumir por las empresas involucradas, a través de beneficios fiscales e impositivos. Desde un punto de vista del balance producción-demanda de Gasoil, para aquellos países con déficit en su producción respecto de la demanda país, la incorporación de un volumen adicional de Bio-Diesel al pool de Gasoil permitirá a las refinerías (sobre todo las pequeñas) postergar o evitar inversiones para incrementar la producción de Gasoil y, a nivel país, sustituir importaciones y con ello mejorar la economía del sistema.

La producción de Bio-Diesel surge como un eslabón al final de la cadena de valor de las materias primas, que permite agregar valor al aceite en el territorio argentino. Dicha valoración se direcciona en dos sentidos: por un lado, es una cuestión estratégica en cuanto al aprovechamiento de la materia prima que el propio país produce y por otro lado genera inversiones, empleo y actividad económica.

En paralelo, la producción de Bio-Diesel genera un ahorro anual de divisas en el orden de 265 millones de dólares, siendo que, por cada tonelada producida, se evita importar 1 tonelada de gasoil.

El precio del Bio-Diesel continuará en alza, pero a un valor menor que el Gasoil derivado del petróleo y tendremos un crecimiento sostenido de la producción para el mercado interno.

Pese a los esfuerzos del gobierno nacional para regular el precio del Bio-Diesel, la puja de los grandes productores deja en jaque a aquellos usuarios de baja escala que necesitan combustible Gasoil para alimentar maquinaria agrícola, de transporte o de generación de energía.

Por este motivo una solución factible será la producción propia de Bio-Diesel ya que como no está gravado de impuestos internos, es más competitivo que el gasoil importado y el ahorro puede llegar a ser hasta del 30 %, por lo que la inversión podría amortizarse en un año.

5.3 Análisis Legal

Cada país es autónomo a la hora de establecer sus políticas y normas específicas para incentivar el desarrollo de los bio-combustibles, a través de una recopilación y análisis de los aspectos más relevantes de las legislaciones sobre bio-combustibles (calidad, impuestos/fiscalización, adulteración, etc.).

El marco legal en Argentina está regido por la Ley 26093/2006 “Biocombustibles: Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentables”, que comprende aspectos como: régimen de regulación, promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles, autoridad de aplicación, funciones, comisión nacional asesora, habilitación de plantas productoras, mezclado de biocombustibles con combustibles fósiles, sujetos beneficiarios del régimen promocional, e infracciones.

Hoy en día la Ley 26.093 sancionada el 19 de abril de 2006, quedo bastante desactualizada pese a las reformas que ha tenido. Por este motivo varias Provincias productoras de bio-combustibles (La Liga Bio-energética), han comenzado a trabajar en la redacción de un anteproyecto de Ley que promueva la continuidad y profundice las políticas de bio-combustibles enmarcadas en la Ley 26.093, cuya caducidad será el 12 de mayo de 2021.

Inicialmente, las mezclas mínimas obligatorias de Bio-Diesel y bio-etanol en el gasoil se fijaron en el 5% para todos los bio-combustibles. Luego esos porcentajes fueron incrementándose hasta llegar a los valores de hoy: 10% para Bio-Diesel y 12% para bio-etanol. En este último caso, se reparte en partes iguales entre el derivado de cereal y el de caña de azúcar.

La producción de Bio-Diesel es un importante sostén para los precios de la soja y su harina el principal producto de exportación argentino. Permite absorber el 30% de la producción de aceite y evitar que se destine a un mercado prácticamente saturado.

En el NOA, el bio-etanol de caña se ha convertido en un importante sustento, minimizando la necesidad de exportar los excedentes de azúcar a precios por debajo de los costos de producción. Similar es el caso de las zonas donde se han instalado las refinerías de maíz.

La reglamentación vigente no impide el uso de mayores cortes de Bio-Diesel que los establecidos para las petroleras, existe un alto grado de confusión que dificulta su implementación.

Mientras la falta de definición de parte de la cartera de Energía se dilata, siguen apareciendo pequeñas plantas marginales sin los mínimos requisitos de higiene y seguridad. Muchas de estas iniciativas han sufrido graves incidentes, algunos hasta con víctimas fatales con este tipo de iniciativas.

El anteproyecto de la Ley 26.093 tendrá como base la política de estado en favor de los bio-combustibles creada en Brasil.

Brasil es líder en el uso de bio-combustibles para el transporte, con una participación por encima del 45% de etanol en el mercado de la gasolina y del 10 % de Bio-Diesel en el de gasoil. Habiendo introducido este biocombustible varios años más tarde que Argentina, hoy cuenta con un corte del 10%, que llegará al 15% en 2023.

De lograr consensos dependerá el futuro de los bio-combustibles en el país que en poco más de 10 años instaló 57 plantas - de las cuales más de 40 son pymes de capitales nacionales en 10 provincias argentinas [5].

Estas plantas, sumado a los pequeños productores locales de Bio-Diesel son clave para dinamizar y contribuir al desarrollo de las economías regionales, la diversificación de la matriz energética, la sustitución de importaciones, la industrialización de la producción primaria y la preservación del medio ambiente.

5.4 Análisis Tecnológico

Las plantas modulares de Bio-Diesel apuntan a la producción de nuevas fuentes de energía, cuyas características básicas son la obtención de un biocombustible limpio, económico, ecológico y biodegradable, totalmente apto para sustituir al gasoil y que cuya producción y eficacia son por lo menos iguales a las del Gasoil, con una ventaja importante, su excelente lubricidad, debido a su origen oleico, lo que resulta en una importante extensión de la vida útil de los motores.

Gracias a la tecnología existente en Argentina, una planta modular de Bio-Diesel de pequeño tamaño, puede ser tan eficiente como aquellas grandes plantas instaladas en los

EEUU. La automatización permite que las mismas trabajen sin requerir de un operador especializado, siendo el usuario final aquel que pueda utilizarla.

Ya no utilizan ácidos ni agua para el pretratamiento del aceite y lavado del Bio-Diesel y poseen disposición de acceso a cualquier tipo de materia prima, son multi-feedstock.

La maquinaria clásica requería de una neutralización antes de pasar al procesamiento del Bio-Diesel, cosa que no ocurre con este tipo de plantas, evitando aquel paso de pretratamiento, lo que permite que el proceso se acelere en gran medida. Los tiempos se acortan de manera considerable. Lo que podía llegar a demorar 13 o 14 horas en una planta convencional, en este tipo de plantas demora 3 o 4 horas.

Las plantas modulares son robustas, su construcción está realizada con materiales normalizados de primera calidad, y poseen un alto grado de confiabilidad y de seguridad a través de todas sus etapas productivas.

Ofrecen una solución ecológica alternativa, de tecnología probada, confiable y eficiente.

Se afirma entonces que, además de su bajo costo operacional, son altamente eficientes permitiendo así cumplir con las estrictas normas ISO e IRAM para producir el bio-combustible adecuado para abastecer motores Gasoil sin inconvenientes. Otro de los puntos destacables es el poco espacio que se requiere para su montaje.

También cabe destacar que otros subproductos, transformados convenientemente, adquieren un interesante valor comercial, como son los alcoholes y glicerinas, entre otros. Estos generan microemprendimientos dedicados a la producción de productos cosméticos, productos farmacéuticos, jabones y detergentes.

Por todos estos motivos se está ampliando cada vez la cantidad de empresas que ofrecen plantas modulares llave en mano en Latinoamérica y principalmente en Argentina, siendo este último un de los países con mayor producción agrícola del mundo.

5.5 Análisis Ecológico

Los biocombustibles son sustancias derivadas de biomasa o materia orgánica. A diferencia de los combustibles como el petróleo, carbón o gas natural que provienen de energía almacenada durante largos períodos en los restos fósiles, los biocombustibles se obtienen de una fuente de energía renovable y su producción es mucho más rápida.

En países como Brasil o Argentina, la soja es la principal materia prima, aunque el algodón o aceite también son fuentes significativas para la producción de biocombustible. El biodiésel tiene una cantidad de energía similar al diésel de petróleo y puede ser utilizado por cualquier tipo de vehículo diésel (vehículos de transporte, en embarcaciones, naves turísticas y lanchas), solo o en solución como aditivos para mejorar la lubricidad del motor.

El uso de estos combustibles es altamente beneficioso para el medioambiente. En comparación con el diésel de petróleo, tiene grandes ventajas para todo el planeta: su combustión puede emitir 48% menos monóxido de carbono; 47% menos material particulado (que penetra en los pulmones) y 67% menos hidrocarburos.

En Argentina, según una investigación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en último año, se logró reducir un 65% de emisiones de Gases de Efecto Invernadero gracias al uso de biocombustibles y la producción de nafta con corte de bioetanol de maíz. Este informe también calculó que nuestro país remite 29 gramos de dióxido de carbono por mega joule de energía generada, mientras que para la Unión Europea el valor de referencia límite asciende a 84 gramos.

Todos los vehículos “gasoleros” que circulan en la Argentina tienen una mezcla de Bio-Diesel en sus tanques. Este reemplazo del 10% de gasoil por Bio-Diesel generó un ahorro de emisiones de gases por 800 mil toneladas anuales, equivalente a la emisión de 274 mil vehículos en un año.

Para absorber esas toneladas y evitar el efecto invernadero se hubiese necesitado plantar una superficie mayor a la Capital Federal de bosques de eucalipto.

Es más que interesante plantear la posibilidad de aumentar la producción de Bio-Diesel en el país ofreciendo plantas modulares a aquellos usuarios que no tienen acceso a este tipo de combustible.

Este no es solamente un beneficio económico para el usuario final, sino que tiene un claro objetivo en el cuidado del medioambiente.

6. Análisis FODA del Bio-Diesel

A continuación, se detalla el análisis FODA realizado sobre el Bio-Diesel:

<p>FORTALEZAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producto biodegradable • No contribuye al efecto invernadero • Reduce emisiones de CO2 • Beneficios frente al diesel • Producción sencilla a baja escala • Desarrollo de economías regionales 	<p>OPORTUNIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tendencia creciente de biocombustibles • Múltiples materias primas • Incentivos fiscales por uso • Déficit de producción de diesel • Comercialización de subproductos • Autoabastecimiento de combustible
<p>DEBILIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de vida corto • Menor rendimiento frente al diesel • Variación mensual del precio • Proceso de purificación complejo • Logística de abastecimiento de insumos 	<p>AMENAZAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monopolio de producción de metanol • Aumento de deforestación • Competencia con sector alimentario • Legislación al respecto inestable • Competencia mundial (importación)

Figura 16: Análisis FODA

Fortalezas:

- El Bio-Diesel es un producto totalmente biodegradable y no tóxico, ya que no contiene azufre ni compuestos aromáticos, por este motivo es nulo el peligro de contaminación por derrames.
- No contribuye al efecto invernadero debido a que las emisiones de CO2 durante la combustión son equivalentes a la cantidad de CO2 tomado por las plantaciones existentes (generadoras de materia prima para producción de Bio-Diesel) en su proceso de fotosíntesis.
- Un estudio realizado por el Departamento de Energía y Agricultura de los Estados Unidos (USDOE/USDA), comprobó que el Bio-Diesel reduce las emisiones de CO2 en un 78% frente al Gasoil proveniente de hidrocarburos fósiles, mientras que en Argentina, la Secretaría de Agricultura junto al INTA y la Universidad de Buenos

Aires estimaron que la reducción de CO₂ en motores de combustión interna es del orden del 50% frente al Gasoil proveniente de hidrocarburos fósiles.

- El Bio-Diesel presenta varias ventajas frente al Gasoil convencional:
 - No contiene azufre, lo cual permite extender la vida útil de los motores y reducir la emisión contaminante.
 - Posee mejores cualidades lubricantes, lo cual permite extender la vida útil de los motores.
 - Posee un alto poder solvente, ayudando a la limpieza de tanques y circuitos que previamente fueron utilizados con Gasoil convencional.
 - Puede usarse puro o mezclarse en cualquier proporción con el Gasoil convencional.
 - Posee un punto de inflamación mayor a 150°C, mientras que en el Gasoil convencional el punto es de 50°C, lo cual genera mayor seguridad en la manipulación y transporte

Oportunidades:

- Las proyecciones de demanda de combustibles continúan con pendiente creciente. Para sostener dicha demanda es fundamental el crecimiento de los biocombustibles como alternativa a los combustibles fósiles que no son renovables (carbón, gas y petróleo).
- La principal materia prima del Bio-Diesel es el aceite tanto de origen vegetal como animal. De esta forma es posible producir Bio-Diesel de: aceite de soja, aceite de palma, aceite de maíz, aceite de maní, aceite de girasol, aceite de canola, aceite de algas, etc. Esto permite poder alternar la materia prima (pudiendo aprovechar las oportunidades de mercado local, como ser variación de precios o excedente de producción) sin alterar el producto final.
- En Argentina existen distintos incentivos fiscales en referencia al uso o producción de biocombustibles. Desde el 2010 que se ha implementado la Ley de Biocombustibles en Argentina, la cual establece que “Las personas físicas y/o jurídicas que cumplan con las condiciones estipuladas en el art. 2 y cuyos proyectos

sean para autoconsumo o bien estén promovidos por la Ley 26093, estarán exentas del pago de los impuestos de IB e Inmobiliario por los 15 años correspondientes al proyecto promovido”.

Otros incentivos fiscales destinados a quienes produzcan para el mercado interno son:

- Devolución anticipada de IVA y/o amortización acelerada de bienes de uso, exención en el impuesto a la ganancia mínima presunta por tres ejercicios, exención al impuesto a los combustibles líquidos y exención de la tasa diesel (20,2%).
- Desde el año 2002 Argentina sufre déficit en oferta local de Gasoil, teniendo que incurrir en importaciones mensuales de dicho combustible para poder suplir la creciente demanda. Desde el año 2015 las grandes refinerías de Argentina han comenzado a realizar proyectos de ampliación de capacidad y producción de combustibles para afrontar la creciente demanda impulsada por el uso de maquinaria de transporte, vial y agrícola. El desarrollo de esos proyectos tiene un plazo de ejecución mayor a 5 años, por lo tanto, el uso de Bio-Diesel comienza a incrementar su participación en el mercado local.
- Los subproductos de la producción de Bio-Diesel son comercializados en el mercado local. El expeller de grano se utiliza como alimento balanceado para ganado mientras que el glicerol es utilizado en la industria farmacéutica y cosmética.
- Desde el año 2010, el Gasoil que se vende en estaciones de servicio se encuentra cortado con Bio-Diesel, en proporciones de 80% Gasoil y 20% Bio-Diesel, esta disposición fue regulada por la Secretaría de Energía de la Nación, para poder cubrir la demanda de Gasoil.

Debilidades:

- La capacidad energética del Bio-Diesel es aproximadamente un 4% menor frente al Gasoil convencional, por otro lado al presentar mayor índice de cetano que el Gasoil convencional, la combustión es más completa con menor compresión.

- Al ser un producto hidrófilo el tiempo de vida útil del Bio-Diesel es menor que el del Gasoil convencional. Por supuesto que esto depende de la manipulación y del almacenamiento del mismo.
- El precio del Bio-Diesel se encuentra fijado por el Estado Nacional. Cada mes la Secretaría de Energía de la Nación emite un listado de precios fijos, dicho precio se calcula mediante una polinómica en la cual se actualizan coeficientes de acuerdo a las variaciones de determinados indicadores preestablecidos del mercado (precio de materia prima, inflación, valor del USD, valor de combustibles, convenios colectivos de trabajo, etc.).
- La red de distribución del metanol (insumo indispensable para la producción del Bio-Diesel), no alcanza a cubrir el 100% del territorio nacional. Este producto se distribuye mediante camiones cisterna de 30m³.

Amenazas:

- El principal proveedor de metanol en Argentina es YPF, siendo la única empresa en Argentina que lo produce, el precio del metanol en el mercado local se encuentra fijado por YPF.
- Se ha demostrado que el aumento de producción de Bio-Diesel se encuentra asociado al aumento de las áreas de siembra, impactando directamente en la deforestación de montes y selvas. Muchos países subdesarrollados del sureste asiático están destruyendo sus selvas para crear plantaciones para biocombustibles.
- Desde que se comenzó a utilizar suelo para el cultivo directo de granos asociados a los biocombustibles, se ha comenzado a producir un efecto de competencia entre la producción de alimentos y de biocombustibles, dando como resultado un aumento en el precio de los alimentos. Es decir, un aumento en la demanda de biocombustibles podría producir:
 - Aumento en el precio de cultivos energéticos.
 - Aumento en el precio de cultivos alimenticios.
 - Aumento en el precio de productos que compiten con cultivos alimenticios.
 - Reducción de precios en los subproductos de la producción de Bio-Diesel.

- En Argentina, la legislación sobre los biocombustibles es relativamente nueva y dependiente del gobierno oficial. Es decir que existen interrogantes respecto a la continuidad de políticas de incentivo sobre el uso y producción de Bio-Diesel.
- Argentina exporta más del 80% de su producción de Bio-Diesel al mundo, principalmente al mercado europeo. Esto se debe a que Argentina es uno de los principales países productores de Bio-Diesel. Desde el año 2015, la producción de Bio-Diesel en países asiáticos como China, Indonesia y Malasia ha comenzado a experimentar una etapa de crecimiento. Este aumento de producción podría generar un excedente factible de ser exportado, impactando negativamente en la producción Argentina.

7. Diseño de la planta

7.1 Funcionamiento de la planta

A continuación, se desarrolla el estudio de evaluación técnica de la planta productora modular de Bio-Diesel.

El objetivo de esta evaluación, será el de definir el proceso, equipamiento y tecnología a implementar en la planta de Bio-Diesel, con el fin de lograr un diseño óptimo desde el punto de vista de producción y seguridad tanto en las personas como en el medio ambiente.

La premisa fundamental de la planta es que la misma pueda funcionar de manera autónoma (automatizada) ya que el mercado al que se apunta no es un mercado especializado en tecnología y producción de combustibles. Es por esto que el concepto de automatización aplicará al 100% del proceso.

Etapas del proceso de producción de Bio-Diesel:

- Llenado de tanque n°1 (reactor) con aceite base.
- Carga en tanque n°2 (reactor) con hidróxido de sodio.
- Carga en tanque n°2 (reactor) con metanol (metóxido).
- Proceso de transesterificación.
- Decantación y separación de fases.
- Vaciado de reactor TK1.

A continuación, se muestra el PFD (Process Flow Diagram) de la planta, en el cual se pueden ver los equipos principales de la planta, tanques de almacenamiento y sentido de flujo del proceso.

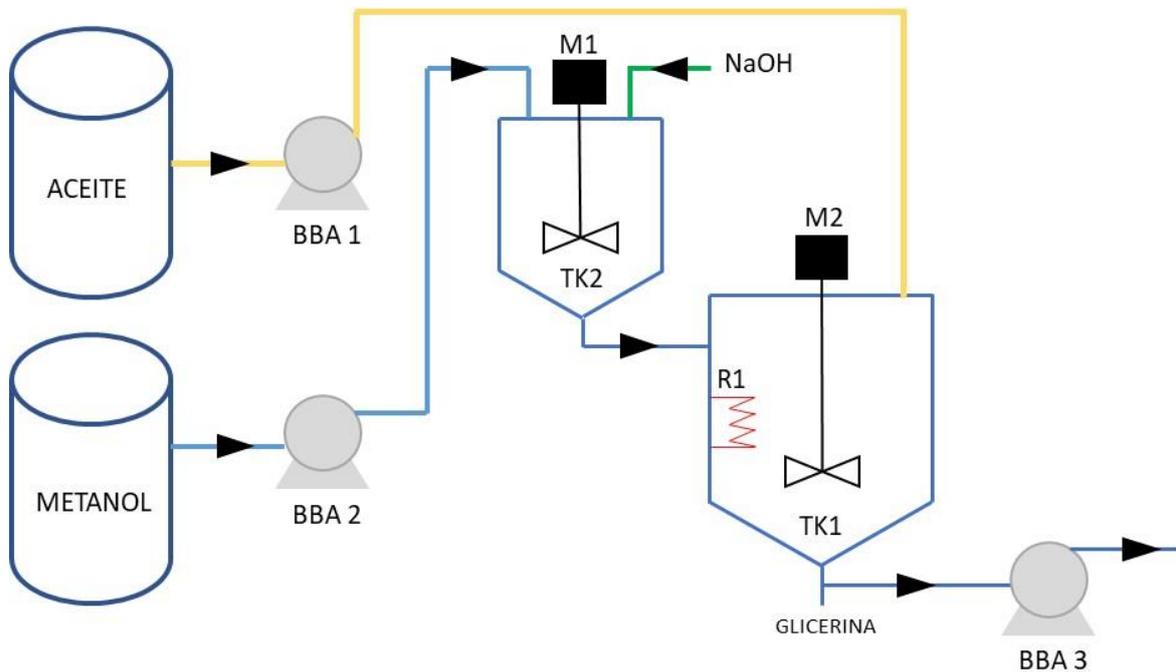


Figura 17: Diagrama PFD de la planta

7.2 Descripción de las etapas del proceso de producción de Bio-Diesel

A continuación, se detallan las etapas necesarias para la producción de Bio-Diesel.

1) Llenado de reactor TK1:

Esta etapa consiste en el llenado del reactor principal de la planta (TK1) con materia prima (aceite). El llenado se realiza mediante la bomba de trasvase (BBA1). El paro de la bomba se genera automáticamente una vez lleno el TK1. Una vez lleno el TK1, se comienza calentar el aceite mediante la resistencia calefactora R1, en paralelo se comienza a agitar el aceite a bajas revoluciones mediante el agitador M2 con el objetivo de homogeneizar la temperatura en el aceite. El aceite se seguirá calentando hasta llegar a la temperatura de proceso (45°C).

2) Carga de NaOH en reactor TK2:

Esta etapa es la única que requiere intervención manual, debido a que el NaOH (soda cáustica) se presenta en forma de escamas y la cantidad necesaria para el proceso es mínima, la carga se realiza en forma manual con pala plástica. Para la realización de la

carga se deben tomar las siguientes medidas de seguridad: utilizar guantes, barbijo y lentes de protección personal.

3) Carga de metanol en reactor TK2 (preparación del metóxido):

Una vez realizada la carga de NaOH, se procederá a llenar el reactor TK2 con metanol. El llenado se realiza mediante la bomba de trasvase (BBA2). El paro de la bomba se genera automáticamente una vez lleno el TK2. Una vez lleno el TK2, se comienza a agitar la mezcla a bajas revoluciones mediante el agitador M1 durante 15 minutos con el objetivo de disolver el NaOH en el metanol. Este proceso genera una reacción exotérmica, que elevará la temperatura de la mezcla hasta alcanzar los 50°C aproximadamente.

La preparación del metóxido es una parte clave y crítica del proceso, ya que el éxito de la calidad del Bio-Diesel depende de la calidad del metóxido preparado.

4) Proceso de transesterificación:

Habiendo llegado a la temperatura deseada de 45°C en el aceite y transcurrido el tiempo de mezclado del NaOH con el metanol en el TK2, se procederá a realizar el proceso de transesterificación (proceso principal para la producción del Bio-Diesel). Se trasvasará la mezcla desde el TK2 al TK1 para mezclarse con el aceite previamente calentado en el TK1. Una vez realizado el trasvase se comenzará a agitar mediante el agitador M2 durante 1.5 horas, a la vez se seguirá calentando mediante la resistencia calefactora el producto con el objetivo de mantener la mezcla a 45°C. Esta temperatura ayuda a la realización del proceso de transesterificación.

5) Decantación y separación de fases:

Una vez concluido el proceso de transesterificación, se deberá dejar en reposo la mezcla para lograr una buena decantación y separación de fases de los productos. El tiempo mínimo recomendado para la decantación y separación será de 6 horas. Esta decantación y separación se puede realizar en el reactor TK1. El inconveniente de realizarlo en el TK1 es que mientras se esté decantando el producto, no se podrá utilizar la planta para seguir produciendo. Se recomienda tener otros recipientes decantadores extra para poder

trasvasar el producto final del TK1 y realizar la decantación fuera de la planta, de esta forma la planta se encontrará nuevamente operativa para poder procesar otro lote.

Una vez transcurridas las 6 horas de decantación, se habrán separado dos productos: el Bio-Diesel (en la parte superior del reactor) y la glicerina (parte inferior del reactor).

6) Vaciado de reactor TK1:

Luego de realizada la decantación y separación de fases, se realizará el vaciado del TK1 para poder almacenar los dos productos (glicerina y Bio-Diesel). La glicerina comenzará a salir por gravedad y podrá ser almacenada en algún recipiente, una vez que se haya concluido con la descarga de la glicerina, se comenzará a descargar el Bio-Diesel, que deberá ser almacenado en otro tanque para su uso. En este punto ambos productos podrán ser utilizados, pero se recomienda realizar un segundo tratamiento de limpieza y purificación de los mismos. En el caso del Bio-Diesel, se puede lavar con agua corriente, el proceso consistirá en mezclar el Bio-Diesel obtenido con agua corriente en proporción 80% Bio-Diesel y 20% agua y mezclarlos durante 1 hora con agitador, luego de mezclarlos se debe dejar reposar 2 horas, nuevamente los productos se separarán en dos fases, agua y Bio-Diesel. El agua del lavado resultante se puede reutilizar nuevamente para lavar Bio-Diesel, en caso que se desee descartar, se debe tratar previamente ya que el agua va a contener trazas de metanol y materias grasas.

8. Diseño de Ingeniería de la Planta

A continuación, desarrollaremos los documentos de Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle de la Planta Modular de Bio-Diesel. Los mismos serán documentos de ingeniería definitivos que servirán como input para la construcción de la planta.

Como punto de partida del proyecto, comenzaremos realizando un Listado de Documentos de Ingeniería, en el cual se definirán todos los documentos del proyecto tanto de Ingeniería Básica como de Ingeniería de Detalle.

El Listado de Documentos de un proyecto suele ser un documento vivo, que se actualiza constantemente, mediante el cual se realiza el seguimiento de las emisiones de los documentos de ingeniería permitiendo a los Ingenieros de Proyectos o Planificadores realizar un control sobre el desarrollo del proyecto, identificar cuellos de botella, retrasos, etc.

Listado de Documentos:

CODIGO DOC	Rev.	TITULO DE DOCUMENTO	ETAPA
2019-UADE-PID-001	0	Diagrama P&ID	Ing. Básica
2019-UADE-LYO-001	0	Lay-Out de Planta	Ing. Básica
2019-UADE-FOP-001	0	Filosofía de Operación	Ing. Básica
2019-UADE-LE-001	0	Listado de Equipos	Ing. Básica
2019-UADE-AQC-001	0	Arquitectura del sistema de Control	Ing. Básica
2019-UADE-MC-001	0	Memorias de cálculos de Bombas	Ing. Básica
2019-UADE-BC-001	0	Balance de Cargas	Ing. Básica
2019-UADE-UNI-001	0	Diagrama Unifilar de Planta	Ing. Básica
2019-UADE-LI-001	0	Listado de Instrumentos	Ing. Detalle
2019-UADE-LS-001	0	Listado de Señales	Ing. Detalle
2019-UADE-LC-001	0	Listado de cables de Instrumentos/Electricidad	Ing. Detalle
2019-UADE-IO-001	0	Diagrama de conexión de Instrumentos	Ing. Detalle
2019-UADE-LM-001	0	Listado de materiales	Ing. Detalle
2019-UADE-MCEA-001	0	Matriz de causa y efecto	Ing. Detalle
2019-UADE-PLC-001	0	Programa de PLC	Ing. Detalle

Tabla 5: Listado de Documentos del Proyecto

9. Ingeniería Básica

A continuación, desarrollaremos los documentos de Ingeniería Básica correspondientes a la Planta Modular de Bio-Diesel. Dichos documentos no son constructivos, ya que no cuentan con el suficiente detalle para ejecutar el proyecto. Sin embargo, los mismos darán la base para el desarrollo de los documentos de Ingeniería de Detalle.

9.1 Diagrama P&ID

El diagrama P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) es el documento base de la especialidad de Procesos. En este documento encontraremos toda la información respecto a: equipos de proceso (recipientes, reactores, bombas, intercambiadores, válvulas, etc.), líneas de proceso y sentido del flujo y la instrumentación con sus respectivos lazos de control.

El mismo es realizado según el estándar ANSI/ISA S5.1 “Instrumentation Symbols and Identification”.

El estándar ISA S5.1, elaborado por ISA (Instrumentation Society of America) es utilizado a nivel mundial para el diseño de plantas de procesos, desde plantas nucleares y petroquímicas hasta procesos de plantas de tratamiento de efluentes.

El estándar ISA S5.1, establece los lineamientos para representación gráfica de equipos de procesos estáticos y rotativos, líneas de proceso, instrumentación, lazos de control, lazos de seguridad, funciones de instrumentación, equipos eléctricos, dispositivos de comunicaciones, sistemas de control, etc. Con el objetivo de plasmar en un solo documento el diseño de la planta con su funcionalidad y sus lazos de control.

A continuación, se representa la simbología utilizada en el P&ID del proyecto:

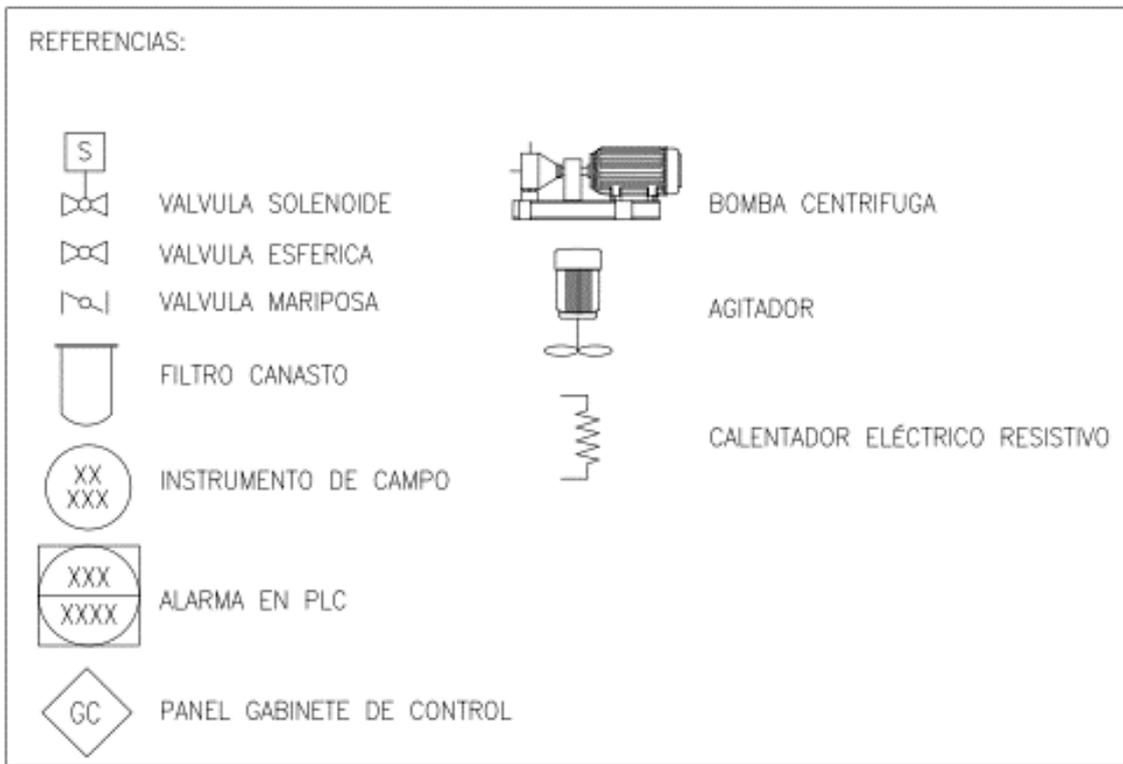


Figura 18: Referencias del P&ID (2019-UADE-PID-001)

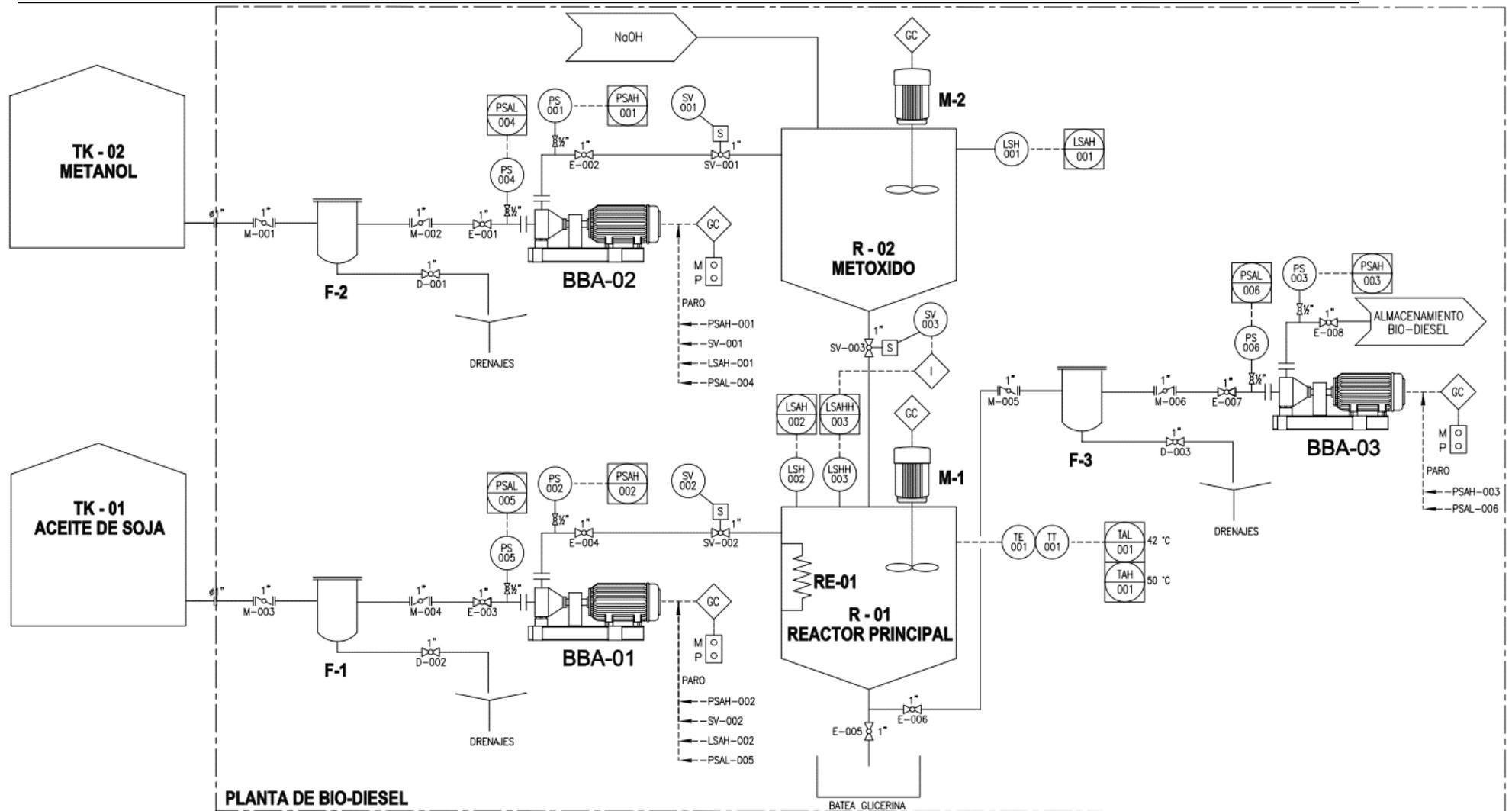


Figura 19: P&ID de la planta (2019-UADE-PID-001)

9.2 Lay-Out de Planta

El Lay-Out de Planta es el documento en el cual se representa el diseño de la planta con la ubicación de todos los equipos principales (recipientes, reactores, bombas, tableros de control, etc.). Para la realización de dicho documento se toman en consideración muchos factores tales como: optimización del proceso, eficiencia del proceso, optimización de materiales a utilizar, distancias de seguridad, impacto ambiental, etc.

A continuación, se presenta la maqueta 3D de la planta, en el ANEXO 1 se adjuntan los planos mecánicos de la misma.

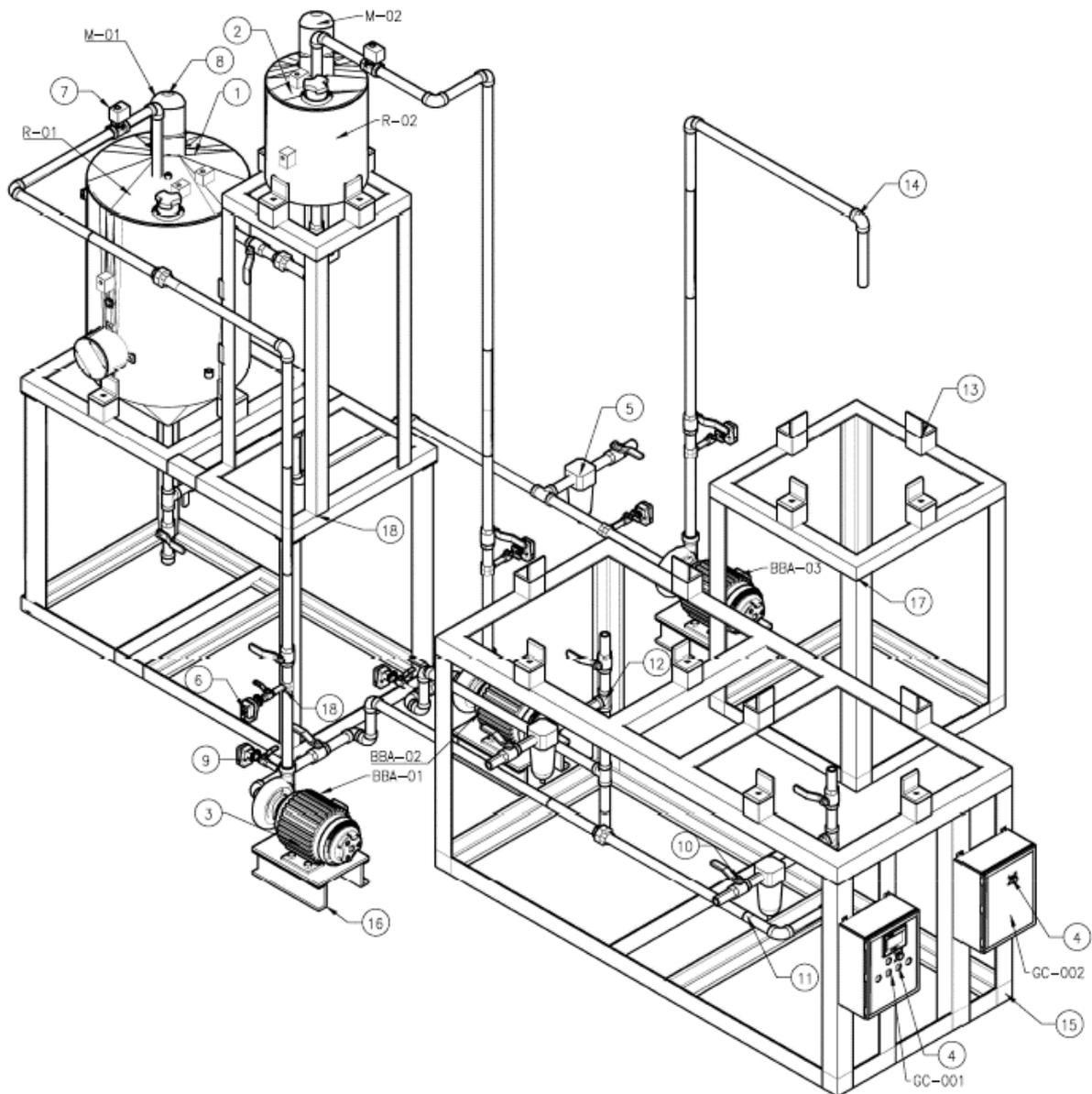


Figura 20: Maqueta 3D de la planta

9.3 Filosofía de Operación

La filosofía de Operación de la Planta es el documento de ingeniería básica en el cual se detalla la operación del proceso de la planta, incluyendo todas las operaciones manuales, automáticas y de seguridad de la planta.

La planta modular de Bio-Diesel posee un grado de automatización elevado, disminuyendo al mínimo la intervención humana para la operación de la misma.

El espíritu de automatizar la planta es el de: optimizar la operación, obtener repetitividad en el proceso batch para mantener los estándares de calidad del bio-diesel producido, mejorar las condiciones de trabajo del personal, incrementar la seguridad en la operación y permitir que la planta pueda ser operada por cualquier persona, sin necesidad de tener experiencia previa en operación de plantas de procesos.

Las etapas del proceso en las cuales se requieren intervención humana son las siguientes:

1. Verificación inicial de stock de aceite, metanol y soda cáustica. Dicha verificación será del tipo visual y consistirá en visualizar el nivel de tanques de aceite y metanol y el stock de soda cáustica (escamas). Dicha tarea debe ser realizada utilizando elementos de seguridad personal (lentes de seguridad, zapatos de seguridad, guantes, cofia o casco y máscara con filtro para polvo y gas), ya que el metanol y la soda cáustica son productos peligrosos y nocivos.
2. Verificación de estado de equipos de planta (bombas, reactores, agitadores, etc).
3. Verificación de conexiones de procesos y posición de válvulas manuales.
4. Carga de soda cáustica con pala plástica en el tanque tolva de metóxido R-02. La misma se realiza de forma manual con pala plástica, debido a que la cantidad de soda cáustica que se debe añadir por lote batch es muy baja (1,2 kg).
5. Verificación energizado de tablero de control.
6. Encendido de planta.
7. Drenaje de glicerina del tanque R-01.
8. Trasvase de Bio-Diesel a Tk de almacenamiento mediante operación de BBA-03. |

Una vez realizado los pasos 1, 2, 3, 4 y 5, se procederá a iniciar el proceso de la planta, mediante el pulsador de arranque PA-001 ubicado en el frente del tablero de control de la planta. Al presionar este pulsador el sistema de control de la planta (PLC), ejecutará la siguiente rutina:

1. Apertura de válvula solenoide SV-002.
2. Energizado de bomba BBA-01 para trasvase de aceite desde tanque de almacenamiento hasta reactor R-01. La bomba enviará aceite al R-01 hasta que se llegue al nivel deseado (100 lts).
3. Una vez alcanzado el nivel de aceite en el R-01, el switch de nivel LSH-002 enviará una señal al PLC que hará: parar la bomba BBA-001, cerrar la válvula SV-002, energizar la resistencia calefactora RE-01 durante 45 min para elevar la temperatura del aceite y arrancar el agitador M-1.
4. Una vez que el aceite alcance la temperatura de 45°C, el transmisor de temperatura TT-001 enviará una señal al PLC indicando que se alcanzó la temperatura de proceso, el PLC dará una señal de comando de apertura de la SV-001 y luego energizará la bomba BBA-02 para trasvasar metanol desde el tanque de almacenamiento hasta el reactor R-02.
5. Una vez alcanzado el nivel de metanol en el R-02, el switch de nivel LSH-001 enviará una señal al PLC que hará: parar la bomba BBA-002, cerrar la válvula SV-001 y arrancar el agitador de M-2 durante 15 minutos. Durante estos 15 minutos se generará una reacción exotérmica que elevará la temperatura de la mezcla de metanol con soda cáustica a unos 50°C.
6. Una vez transcurridos los 15 minutos de mezcla, el PLC ejecutará la apertura de la válvula SV-003 para trasvasar el metóxido al reactor RE-01.
7. Una vez alcanzado el nivel de metóxido en el R-01, el switch de nivel LSHH-003 enviará una señal al PLC indicando que se alcanzó el nivel máximo del reactor R-01 y el PLC dará una señal de comando para cierre de la válvula SV-003.
8. Una vez cerrada la válvula SV-003 se comenzará a realizar el proceso de transesterificación en el R-01. El PLC irá controlando la temperatura del R-01 mediante el lazo de control entre el TT-001 y la resistencia calefactora RE-01. La RE-01 se energizará cada vez que la temperatura de la mezcla llegue a 40°C y se desenergizará cada vez que llegue a 46°C. El agitador M-1 se mantendrá energizado

durante 90 minutos, lo cual es el tiempo de proceso para la realización de la transesterificación.

9. Transcurrido ese tiempo, el PLC desenergizará todos los equipos.
10. Decantación y separación de fases, tiempo entre 4 y 6 horas.
11. Apertura manual de válvula E-005 para drenaje de glicerina del R-01. La glicerina se depositará en una batea y una vez que se descarte toda la glicerina y comience a salir el Bio-Diesel se deberá cerrar la válvula E-005.
12. Energizado de bomba BBA-003 mediante botonera de arranque PA-003 ubicada en el panel de control para trasvase de Bio-Diesel a tanque de almacenamiento.
13. Desenergizado de bomba BBA-003 mediante pulsador de parada PP-003 ubicado en el panel de control.

El sistema de control de la planta ejecutará las lógicas de control de la planta y también las lógicas de seguridad para protección de los equipos.

Lógicas de seguridad de la planta:

1. Paro de bomba BBA-002 por baja presión de succión (PS-004), alta presión de descarga (PS-001), alto nivel de R-02 (LSH-001), pulsador de parada PP-002 cortocircuito y sobrecorriente.
2. Paro de bomba BBA-001 por baja presión de succión (PS-005), alta presión de descarga (PS-002), alto nivel de R-01 (LSH-002), pulsador de parada PP-001 cortocircuito y sobrecorriente.
3. Paro de bomba BBA-003 por baja presión de succión (PS-06), alta presión de descarga (PS-003), pulsador de parada PP-003 cortocircuito y sobrecorriente.
4. Paro de agitador R-01 por cortocircuito y sobrecorriente.
5. Paro de agitador R-02 por cortocircuito y sobrecorriente.
6. Paro de calentador eléctrico RE-01 por cortocircuito y sobrecorriente.
7. Parada de emergencia de la planta mediante el pulsador PE-001 ubicado en el panel de control de la planta.

Para identificar en qué etapa del proceso se encuentra la planta, se utilizará el HMI local instalado en el panel de control, mediante el cual se podrá ver el tiempo total de proceso, ver

qué equipos se encuentran operando y cuales se encuentran parados, ver qué equipos se encuentran en falla y cuales se encuentran operativos.

9.4 Listado de Equipos

El Listado de Equipos es el documento en el cual se enumeran todos los equipos estáticos y rotativos pertenecientes a la planta.

		2019-UADE-LE-001					
		LISTA DE EQUIPOS				REVISION	0
R	TAG	CAI	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS BASICAS	SKID	PID	
FILTROS							
0	PBD - F - 1	1	Filtro Canasto	Presion de Diseño: 2 Kg/cm ² _g@ 100 °C	PBD	2019-UADE-PID-001	
0	PBD - F - 2	1	Filtro Canasto	Presion de Diseño: 2 Kg/cm ² _g@ 100 °C	PBD	2019-UADE-PID-001	
0	PBD - F - 3	1	Filtro Canasto	Presion de Diseño: 2 Kg/cm ² _g@ 150 °C	PBD	2019-UADE-PID-001	
CALENTADOR ELECTRICO							
0	PBD - RE - 1	1	Calentador Resistivo	Tipo: Resistencia Eléctrica Sumergida Potencia: 2 kW/h Volumén: 125 m3	R-01	2019-UADE-PID-001	
BOMBAS							
0	PBD - BBA - 2	1	Bomba de transferencia de Metanol	Marca: LUSQTOFF Modelo: CPM150 Caudal Máximo Operativo: 35 L/min Presión Máxima Operativa: 1,5 Bar Potencia: 0.37 kW/h	PBD	2019-UADE-PID-001	
0	PBD - BBA - 1	1	Bomba de transferencia de Aceite	Marca: LUSQTOFF Modelo: CPM150 Caudal Máximo Operativo: 35 L/min Presión Máxima Operativa: 1,5 Bar Potencia: 0.37 kW/h	PBD	2019-UADE-PID-001	
0	PBD - BBA - 3	1	Bomba de transferencia de Bio-Diesel	Marca: LUSQTOFF Modelo: CPM150 Caudal Máximo Operativo: 35 L/min Presión Máxima Operativa: 1,5 Bar Potencia: 0.37 kW/h	PBD	2019-UADE-PID-001	
REACTORES							
0	PBD - R - 1	1	Reactor de Transesterificación A Futuro	Tipo: Tolva Vertical Volúmen: 200 L Material: Tricapa de resina de polietileno Internos: Aislación Antibacteriana Aislación: Lana de vidrio Presion de trabajo: Atmosférica	PBD	2019-UADE-PID-001	
0	PBD - R - 2	1	Reactor de Metóxido A Futuro	Tipo: Tolva Vertical Volúmen: 50 L Material: Tricapa de resina de polietileno Internos: Aislación Antibacteriana Aislación: Presion de trabajo: Atmosférica	PBD	2019-UADE-PID-001	
AGITADORES							
0	PBD - M - 1	1	Agitador Reactor R-01	Marca: LUSQTOFF Tipo: Paletas de baja revoluciones Potencia: 1 kW/h	PBD	2019-UADE-PID-001	
0	PBD - M - 2	1	Agitador Reactor R-02	Marca: LUSQTOFF Tipo: Paletas de baja revoluciones Potencia: 1 kW/h	PBD	2019-UADE-PID-001	

Tabla 6: Listado de Equipos (2019-UADE-LE-001)

9.5 Arquitectura del Sistema de Control

La Arquitectura del Sistema de Control es el documento que representa en forma esquemática el sistema de control de la planta, junto a los instrumentos que posean buses de comunicación y enlaces de comunicación entre dispositivos de la planta.

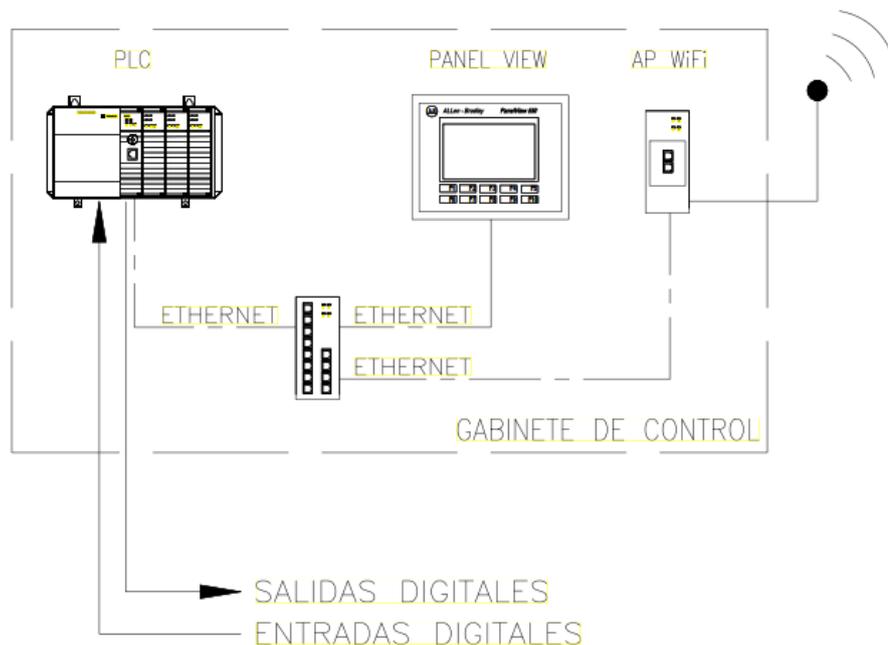


Figura 34: Arquitectura del Sistema de Control (2019-UADE-AQC-001)

Los elementos principales del Sistema de Control de la planta son:

- PLC (Programmable Logic Controller). El PLC es el hardware de control encargado de realizar el monitoreo de variables de la planta y el control del proceso. El mismo será del tipo compacto y tendrá módulos de entradas y salidas digitales mediante los cuales podrá adquirir las variables de proceso que se están monitoreando y comandar los elementos de actuación final involucrados en el proceso. Sumada a estas características, el PLC tendrá un puerto de comunicaciones Ethernet, mediante el cual se podrá acceder remotamente para modificar lógicas de programación, configuración y obtener datos vía remota.
- Switch de comunicaciones. El Switch será del tipo industrial y contará con 8 puertos de comunicación Ethernet.

- HMI Local. El mismo será del tipo touch screen de 4.3”, en el cual el operario podrá visualizar las distintas etapas del proceso de producción, revisar alarmas, operar manualmente la planta y cambiar set-points de actuación.
- Access Point Wifi. Mediante el Access Point Wifi, se podrá comunicar y monitorear la planta remotamente desde distintos dispositivos (Notebook o teléfono celular).

9.6 Memoria de Cálculo de Bombas

La Memoria de Cálculo de Bombas es el documento de ingeniería donde se verifican que las bombas centrífugas seleccionadas son las adecuadas y cumplen con la necesidad del servicio.

Para la verificación de las bombas se calcula el ANPA disponible para compararlo con el ANPA requerido informado por el proveedor de la bomba.

En nuestra memoria de cálculo se verifica que para las tres bombas de la planta el ANPA disponible calculado en la situación más desfavorable (mínimo nivel de tanques y máxima velocidad de fluido) es mayor que el ANPA requerido, por lo tanto las bombas son aptas para el servicio.

Ver ANEXO 2.

9.7 Balance de Cargas

El Balance de Cargas eléctricas es el documento de la especialidad electricidad donde se describen y cuantifican todas las cargas eléctricas involucradas en el proceso para determinar cuál va a ser el consumo total de la planta y poder dimensionar los sistemas de alimentación.

	DOC N° 2019-UADE-BC-001	
		REVISION

MEMORIA DE CALCULO - BALANCE DE CARGAS ELECTRICAS																	
Rev.	Equipo	SERVICIO	Fc	Fsi	Op	Pnom (kW)	Pcons (kW)	Qcons (kVAr)	Scon (kVA)	In (A)	Iarr (A)	η (%)	cos φ (fc)	cos φ (arranq)	Phase	V (V)	
0	PBD-BBA-001	Bomba de transferencia de aceite	1,00	0,30	I	0,37	0,1	0,1	0,1	0,6		90,0	0,90		2	220	
0	PBD-BBA-002	Bomba de transferencia de metanol	1,00	0,30	I	0,37	0,1	0,1	0,1	0,6		90,0	0,90		2	220	
0	PBD-BBA-003	Bomba de transferencia de Bio-Diesel	1,00	0,30	I	0,37	0,1	0,1	0,1	0,6		90,0	0,90		2	220	
0	PBD-RE-001	Calentador eléctrico	1,00	0,50	I	2	1,1	0,5	1,2	5,3		90,0	0,95		2	220	
0	PBD-M-001	Agitador reactor RE-001	1,00	0,50	I	1	0,6	0,3	0,6	2,8		90,0	0,90		2	220	
0	PBD-M-002	Agitador reactor RE-002	1,00	0,50	I	1	0,6	0,3	0,6	2,8		90,0	0,90		2	220	
0	PBD-GC-001	Gabinete de control	1,00	1,00	C	0,3	0,3	0,2	0,4	1,6		90,0	0,95		2	220	
0		Reserva equipada	0,00	0,00	C	0	0,0	0,0	0,0	0,0		90,0	0,95		2	220	
CONTINUA TOTAL					C	0,3	0,3	0,2	0,4								
INTERMITENTE TOTAL					I	5,1	2,6	1,2	2,9								
STAND BY TOTAL					S	0,0	0,0	0,0	0,0								
RESERVA TOTAL					R	0,0	0,0	0,0	0,0								
TOTAL TABLERO			0,54	1,00		5,4	2,9	1,4	3,2								
CARGA SIMULTANEA TABLERO							2,9	1,4	3,2	12,1							
												cos φ	0,91				

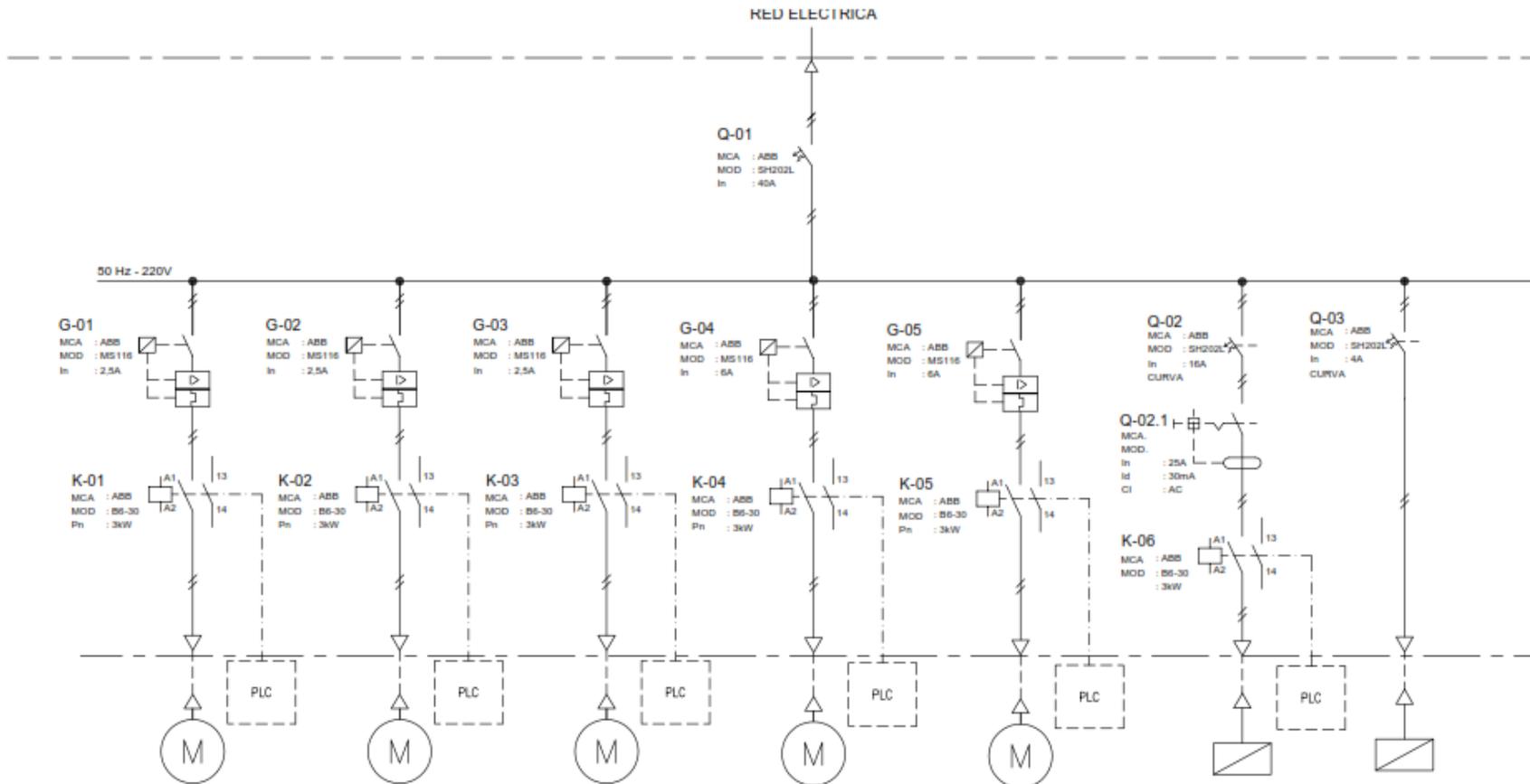
Figura 21: Balance de Cargas Eléctrico(2019-UADE-BC-001)

En el siguiente balance de cargas eléctricas, podemos identificar las distintas cargas que intervienen en el proceso, como, por ejemplo: Bombas Centrífugas, Calentador eléctrico, Agitador y Gabinete de Control.

El conocimiento del proceso y del funcionamiento de cada lote tipo Bach, nos permite definir con certeza los valores de Fsi (factor de simultaneidad eléctrica), para conocer el consumo real de la planta y poder diseñar el sistema de distribución eléctrica óptimo sin sobredimensionamiento.

9.8 Diagrama Unifilar

El Diagrama Unifilar es el documento de la especialidad electricidad donde se representa gráficamente la instalación eléctrica de la planta, en el mismo encontraremos representados los distintos circuitos eléctricos de la planta incluyendo los conductores, protecciones eléctricas, elementos de comando y elementos de actuación final.



IDENTIFICACION							
SERVICIO	BOMBA ACEITE	BOMBA METANOL	BOMBA BIO-DIESEL	AGITADOR R-01	AGITADOR R-02	CALENTADOR ELECTRICO	SISTEMA DE CONTROL
POTENCIA (kW)	0,370	0,370	0,370	1	1	2	0,3
CORRIENTE NOMINAL (A)	1,8	1,8	1,8	5	5	9,6	1,5
N'DE CABLE	PBD-BBA-001	PBD-BBA-002	PBD-BBA-003	PBD-AGI-001	PBD-AGI-002	PBD-HEA-001	PBD-GC-001
FORMACION	2x2,5 mm2	2x2,5 mm2	2x2,5 mm2	2x2,5 mm2	2x2,5 mm2	2x2,5 mm2	2x2,5 mm2

Figura 22: Diagrama Unifilar (2019-UADE-UNI-001)

10. Ingeniería de Detalle

A continuación, desarrollaremos los documentos de Ingeniería de Detalle correspondientes a la Planta Modular de Bio-Diesel. Estos documentos junto a los documentos de Ingeniería Básica permitirán realizar la construcción de la planta modular.

10.1 Lista de instrumentos

La Lista de instrumentos es un documento de ingeniería en el cual se listan todos los instrumentos pertenecientes a la planta y se describen los servicios de cada uno, también se identifica el tipo de señal de cada instrumento y su rango de calibración.

		Proyecto Lugar Denominación	PLANTA MODULAR DE BIO-DIESEL LISTA DE INSTRUMENTOS				
Ítem	Tag Instrumento	Denominación	Ubicación		Descripción de Señal		Diagrama P & ID
			Descripción	Conex.	Tipo	Rango Calibrado	
1	PS-001	Switch de Presión	Alarma por alta presión descarga BBA-02	1/2"NPT	DI	0 - 2 kg/cm2g	2019-UADE-PID-001
2	PS-002	Switch de Presión	Alarma por alta presión descarga BBA-01	1/2"NPT	DI	0 - 2 kg/cm2g	2019-UADE-PID-001
3	PS-003	Switch de Presión	Alarma por alta presión descarga BBA-03	1/2"NPT	DI	0 - 2 kg/cm2g	2019-UADE-PID-001
4	PS-004	Switch de Presión	Alarma baja presión succión BBA-02	1/2"NPT	DI	0 - 0,2 kg/cm2g	2019-UADE-PID-001
5	PS-005	Switch de Presión	Alarma baja presión succión BBA-01	1/2"NPT	DI	0 - 0,2 kg/cm2g	2019-UADE-PID-001
6	PS-006	Switch de Presión	Alarma baja presión succión BBA-03	1/2"NPT	DI	0 - 0,2 kg/cm2g	2019-UADE-PID-001
7	LSH-001	Switch de Nivel	Alarma por alto nivel en R-02	2" NPT	DI	0 - 100 %	2019-UADE-PID-001
8	LSH-002	Switch de Nivel	Alarma por alto nivel en R-01	2" NPT	DI	0 - 100 %	2019-UADE-PID-001
9	LSH-003	Switch de Nivel	Alarma por muy alto nivel en R-01	2" NPT	DI	0 - 100 %	2019-UADE-PID-001
10	TT-001	Transmisor de Temperatura	Alarma por baja y alta temperatura en R-01	2" NPT	AI	0 - 100 °C	2019-UADE-PID-001
11	SV-001	Válvula Solenoide	Válvula de ingreso metanol a R-02	N/A	DO	N/A	2019-UADE-PID-001
12	SV-002	Válvula Solenoide	Válvula de ingreso aceite a R-01	N/A	DO	N/A	2019-UADE-PID-001
13	SV-003	Válvula Solenoide	Válvula de ingreso metoxido a R-01	N/A	DO	N/A	2019-UADE-PID-001

Figura 23: Lista de Instrumentos (2019-UADE-LI-001)

10.2 Listado de señales

El Listado de señales es un documento de ingeniería de detalle donde se enumeran todas las señales analógicas y digitales de la planta, detallando el recorrido de cada señal desde el elemento iniciador (instrumento de campo, relé, contactor, etc.) hasta el sistema de control (PLC, RTU, etc.).

LISTADO DE SEÑALES							
TAG	DESCRIPCIÓN INSTRUMENTO	DESDE	PANEL DE CONTROL	TIPO DE SEÑAL	SERVICIO	P&ID	ALARMAS
PA-001	PULSADOR DE ARRANQUE	TAB.CTRL	PLC	DI	ARRANQUE PLANTA BIO-DIESEL	2019-UADE-PID-001	N/A
PE-001	PULSADOR DE PARADA DE EMERGENCIA	TAB.CTRL	PLC	DI	PARADA DE EMERGENCIA PLANTA	2019-UADE-PID-001	N/A
PP-001	PULSADOR DE PARADA	TAB.CTRL	PLC	DI	PARADA BOMBA BBA-001	2019-UADE-PID-001	N/A
PP-002	PULSADOR DE PARADA	TAB.CTRL	PLC	DI	PARADA BOMBA BBA-002	2019-UADE-PID-001	N/A
PP-003	PULSADOR DE PARADA	TAB.CTRL	PLC	DI	PARADA BOMBA BBA-003	2019-UADE-PID-001	N/A
PSAH-001	SWITCH DE PRESIÓN	CAMPO	PLC	DI	PRESIÓN DESCARGA BBA-02	2019-UADE-PID-001	HIGH
PSAH-002	SWITCH DE PRESIÓN	CAMPO	PLC	DI	PRESIÓN DESCARGA BBA-01	2019-UADE-PID-001	HIGH
PSAH-003	SWITCH DE PRESIÓN	CAMPO	PLC	DI	PRESIÓN DESCARGA BBA-03	2019-UADE-PID-001	HIGH
PSAL-004	SWITCH DE PRESIÓN	CAMPO	PLC	DI	PRESIÓN SUCCIÓN BBA-02	2019-UADE-PID-001	LOW
PSAL-005	SWITCH DE PRESIÓN	CAMPO	PLC	DI	PRESIÓN SUCCIÓN BBA-01	2019-UADE-PID-001	LOW
PSAL-006	SWITCH DE PRESIÓN	CAMPO	PLC	DI	PRESIÓN SUCCIÓN BBA-03	2019-UADE-PID-001	LOW
LSAH-001	SWITCH DE NIVEL	CAMPO	PLC	DI	NIVEL EN R-02	2019-UADE-PID-001	HIGH
LSAH-002	SWITCH DE NIVEL	CAMPO	PLC	DI	NIVEL EN R-01	2019-UADE-PID-001	HIGH
LSAHH-003	SWITCH DE NIVEL	CAMPO	PLC	DI	NIVEL EN R-01	2019-UADE-PID-001	HIGH HIGH
TAL/TAH-001	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	CAMPO	PLC	AI	TEMPERATURA EN R-01	2019-UADE-PID-001	LOW/HIGH
SV-001	VÁLVULA SOLENOIDE	CAMPO	PLC	DO	INGRESO METANOL R-02	2019-UADE-PID-001	N/A
SV-002	VÁLVULA SOLENOIDE	CAMPO	PLC	DO	INGRESO ACEITE R-01	2019-UADE-PID-001	N/A
SV-003	VÁLVULA SOLENOIDE	CAMPO	PLC	DO	INGRESO METOXIDO R-01	2019-UADE-PID-001	N/A
K-01	COMANDO CONTACTOR	TAB.CTRL	PLC	DO	ARRANQUE BBA-01	2019-UADE-PID-001	N/A
K-02	COMANDO CONTACTOR	TAB.CTRL	PLC	DO	ARRANQUE BBA-02	2019-UADE-PID-001	N/A
K-03	COMANDO CONTACTOR	TAB.CTRL	PLC	DO	ARRANQUE BBA-03	2019-UADE-PID-001	N/A
K-04	COMANDO CONTACTOR	TAB.CTRL	PLC	DO	ARRANQUE AGITADOR M-1	2019-UADE-PID-001	N/A
K-05	COMANDO CONTACTOR	TAB.CTRL	PLC	DO	ARRANQUE AGITADOR M-2	2019-UADE-PID-001	N/A
K-06	COMANDO CONTACTOR	TAB.CTRL	PLC	DO	ARRANQUE RESISTENCIA ELEC- RE-01	2019-UADE-PID-001	N/A

Figura 24: Listado de señales (2019-UADE-LS-001)

10.3 Listado de Cables

El documento Listado de Cables es el documento de ingeniería de detalle en el cual se enumeran todos los cables que se encuentran comprendidos en el proyecto. En este documento se listan los cables de: instrumentación electrónica, comunicaciones, potencia, etc. También en

el documento se detallan los nombres de los cables, el tipo de formación, la longitud aproximada de cada cable y el recorrido del mismo dentro de la planta.

LISTADO DE CABLES											
Cable N°		DESCRIPCIÓN			Formación	Tensión	Tipo Señal	Desde	Hasta	Recorrido	Longitud (mts)
CABLES DE INSTRUMENTOS (24 VDC) A CAMPO											
INST-	PS	001	-	SWITCH DE PRESION	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PS-001	PLC	H°G°	5
INST-	PS	002	-	SWITCH DE PRESION	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PS-002	PLC	H°G°	5
INST-	PS	003	-	SWITCH DE PRESION	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PS-003	PLC	H°G°	8
INST-	PS	004	-	SWITCH DE PRESION	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PS-004	PLC	H°G°	5
INST-	PS	005	-	SWITCH DE PRESION	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PS-005	PLC	H°G°	5
INST-	PS	006	-	SWITCH DE PRESION	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PS-006	PLC	H°G°	8
INST-	LSH	001	-	SWITCH DE NIVEL	1x(2x(1.5mm2))	24VDC	DI	LSH-001	PLC	H°G°	7
INST-	LSH	002	-	SWITCH DE NIVEL	1x(2x(1.5mm2))	24VDC	DI	LSH-002	PLC	H°G°	7
INST-	LSH	003	-	SWITCH DE NIVEL	1x(2x(1.5mm2))	24VDC	DI	LSH-003	PLC	H°G°	7
INST-	TT	001	-	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	1x(2x(1.5mm2))	24VDC	AI	TT-001	PLC	H°G°	7
INST-	SV	001	P	ALIMENTACIÓN VÁLVULA SOLENOIDE	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	SV-001	PLC	H°G°	5
INST-	SV	002	P	ALIMENTACIÓN VÁLVULA SOLENOIDE	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	SV-002	PLC	H°G°	7
INST-	SV	003	P	ALIMENTACIÓN VÁLVULA SOLENOIDE	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	SV-003	PLC	H°G°	7
CABLES DE INSTRUMENTOS (24 VDC) EN TABLERO DE CONTROL DE PLC											
INST-	PA	001	-	PULSADOR DE ARRANQUE	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PA-001	PLC	INT.	1
INST-	PE	001	-	PULSADOR DE EMERGENCIA	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PE-001	PLC	INT.	1
INST-	PP	001	-	PULSADOR DE PARADA	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PP-001	PLC	INT.	1
INST-	PP	002	-	PULSADOR DE PARADA	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PP-002	PLC	INT.	1
INST-	PP	003	-	PULSADOR DE PARADA	1x(2x(1.5mm2))	24 VDC	DI	PP-003	PLC	INT.	1
ELE-	K	01	P	COMANDO ARRANQUE BBA-01	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	K-01	PLC	INT.	1
ELE-	K	02	P	COMANDO ARRANQUE BBA-02	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	K-02	PLC	INT.	1
ELE-	K	03	P	COMANDO ARRANQUE BBA-03	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	K-03	PLC	INT.	1
ELE-	K	04	P	COMANDO ARRANQUE M-01	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	K-04	PLC	INT.	1
ELE-	K	05	P	COMANDO ARRANQUE M-02	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	K-05	PLC	INT.	1
ELE-	K	06	P	COMANDO ARRANQUE RE-01	1x(2x(2.5mm2))	24VDC	DO	K-06	PLC	INT.	1
CABLES ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA (220 VAC)											
ELE-	BBA	001	-	BOMBA 001	1x(2x(2.5mm2))+T	220 VAC	ALIM.	BBA-001	T. ELEC	H°G°	5
ELE-	BBA	002	-	BOMBA 002	1x(2x(2.5mm2))+T	220 VAC	ALIM.	BBA-002	T. ELEC	H°G°	5
ELE-	BBA	003	-	BOMBA 003	1x(2x(2.5mm2))+T	220 VAC	ALIM.	BBA-003	T. ELEC	H°G°	8
ELE-	RE	001	-	RESISTENCIA CALEFACTORA RE-01	1x(2x(4mm2))+T	220 VAC	ALIM.	RE-001	T. ELEC	H°G°	7
ELE-	M	01	-	MEZCLADOR M-01	1x(2x(2.5mm2))+T	220 VAC	ALIM.	M-01	T. ELEC	H°G°	5
ELE-	M	02	-	MEZCLADOR M-02	1x(2x(2.5mm2))+T	220 VAC	ALIM.	M-02	T. ELEC	H°G°	7

Figura 25: Listado de cables (2019-UADE-LC-001)

10.4 Listado de Materiales

El documento Listado de materiales es el documento de ingeniería de detalle en el cual se enumeran todos los materiales principales mecánicos, eléctricos, instrumentación y control, etc para la construcción de la planta.

LISTADO DE MATERIALES							
ITEM	DESCRIPCION	SERIE	SCH	Ø / long	CANT.	UNIDAD	COMENTARIOS
MATERIALES MECANICOS							
1	TANQUE TOLVA 200 LTS. TRICAPA RESINA DE POLIETILENO PRESION ATMOSFERICA	-	-	-	1	UN.	
2	TANQUE TOLVA 50 LTS. TRICAPA RESINA DE POLIETILENO PRESION ATMOSFERICA	-	-	-	1	UN.	
3	BOMBA DE TRANSFERENCIA LUSQTOFF CPM150 CAUDAL 35 L/MIN PRES. MAX. 1,5 BAR POT. 0,37 KW/h	-	-	-	3	UN.	
4	FILTRO CANASTA ROTOPLAS CAUDAL MAX. 1400 Lts/h CARTUCHO POLIESTER PLEGADO	-	-	-	3	UN.	
5	AGITADOR DE REACTOR LUSQTOFF PALETA DE BAJAS RPM POT. 1 KW/h	-	-	-	2	UN.	
6	VALVULA LLAVE CONEXIÓN 1/2" VALVFORTE ASIENTO DE BOLA PTFE MANJA DE ACERO	-	-	-	4	UN.	
7	VALVULA LLAVE CONEXIÓN 1" VALVFORTE ASIENTO DE BOLA PTFE MANJA DE ACERO	-	-	-	15	UN.	
8	CAÑO 1" ACERO GALVANIZADO SIN COSTURA TUBOS RENARD ASTM A53	-	10	-	16	MTS.	
9	UNION T 1" TUBOS RENARD ACERO GALVANIZADO ASTM A53	-	10	-	5	UN.	
10	SOPORTE PARA TANQUES GRAMABI S.R.L. HIERRO DE ANGULOS IGUALES IRAM F26 / SAE 1020	-	10	-	20	UN.	
11	CODO 90° 1" TUBOS RENARD ACERO GALVANIZADO ASTM A53	-	10	-	22	UN.	
12	PERFIL L 50 mm GRAMABI S.R.L. HIERRO DE ANGULOS IGUALES IRAM F26 / SAE 1020	-	10	-	8	MTS.	
13	PERFIL L 38 mm GRAMABI S.R.L. HIERRO DE ANGULOS IGUALES IRAM F26 / SAE 1020	-	10	-	4	MTS.	
14	PERFIL C GRAMABI S.R.L. HIERRO DE ANGULOS IGUALES IRAM F26 / SAE 1020	-	10	-	2	MTS.	
15	CAÑO 1/2" ACERO GALVANIZADO SIN COSTURA TUBOS RENARD ASTM A53	-	10	-	1	MTS.	
MATERIALES ELECTRICOS							
16	GABINETE METALICO GABEXEL 400x500x300	-	-	-	2	Unidad	
17	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 20 A - ABB	-	-	-	2	Unidad	
18	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 40 A - ABB	-	-	-	1	Unidad	
19	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 16 A - ABB	-	-	-	1	Unidad	
20	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 4 A - ABB	-	-	-	1	Unidad	
21	GUARDAMOTOR ABB M5116 - 2,5 A	-	-	-	3	Unidad	
22	GUARDAMOTOR ABB M5116 - 6 A	-	-	-	2	Unidad	
23	CONTACTOR ABB 56-30 - 3KW	-	-	-	6	Unidad	
24	CABLE PAR SIMPLE INSTRUMENTACIÓN SIMET 1x2x1,5mm2	-	-	-	75	mts.	
25	CABLE ELECTRICO SIMET 1x2x2,5mm2	-	-	-	65	mts.	
26	CABLE ELECTRICO SIMET 1x2x4mm2	-	-	-	10	mts.	
27	AISLADORES GALVANICOS 35 mm	-	-	-	2	Unidad	
28	BARRA DE COBRE ELECTROLITICO 20mm PERFORADA - PAT	-	-	-	1	mts.	

MATERIALES INSTRUMENTACION Y CONTROL							
29	SWITCH DE PRESIÓN DANFOSS KPI 35 0-8 BAR	-	-	-	6	Unidad	
30	SWITCH DE NIVEL VYILAN 100	-	-	-	3	Unidad	
31	TRANSMISOR DE TEMPERATURA WIKA 0-100°C - 4-20 mA	-	-	-	1	Unidad	
32	VÁLVULA SOLENOIDE 24 VDC XANLIXIN 1"	-	-	-	3	Unidad	
33	PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 840 24 VDC - 16 DI, 8 DO, 2 AI	-	-	-	1	Unidad	
34	FUENTE DE ALIMENTACIÓN WEIDMULLER 220/24 - 10 A	-	-	-	1	Unidad	
35	HMI ALLEN BRADLEY PANELVIEW 800 - 4.3" TFT 24 VDC	-	-	-	1	Unidad	
36	PULSADOR DE PARADA DE EMERGENCIA ROJO GEVELUX 38 mm	-	-	-	2	Unidad	
37	PULSADOR GEVELUX ROJO 26 mm	-	-	-	3	Unidad	
38	PULSADOR GEVELUX VERDE 26 mm	-	-	-	2	Unidad	
39	BORNES SIMPLE PISO WEIDMULLER 6 mm	-	-	-	24	Unidad	
40	BORNES DOBLE PISO WEIDMULLER 6 mm	-	-	-	26	Unidad	
41	FUSIBLES 1 A	-	-	-	24	Unidad	
42	FUSIBLES 0,1 A	-	-	-	2	Unidad	
43	TERMINALES 1-4 mm ²	-	-	-	1	Bolsa	
44	IDENTIFICADORES DE CABLES TERMOCONTRAIBLES 2-4 mm	-	-	-	1	Unidad	

Figura 26: Lista de Materiales – Hoja 1 (2019-UADE-LM-001)

10.5 Diagrama de conexionado de Instrumentos

El documento Diagrama de Conexionado de Instrumentos es el documento de ingeniería de detalle en el cual se muestran las interconexiones con cableado duro entre los instrumentos de campo, elementos de comando electromecánico y el PLC. En el mismo podemos apreciar los instrumentos de campo con sus bornes de conexión, la bornera frontera del PLC y todo el cableado entre ambos equipos para poder conectarlos.

NUMERO DE BORNERA EN PLC	TAG CONDUCTOR	TAG DEL CABLE	TAG INSTRUMENTO
-----------------------------	------------------	------------------	--------------------

DIGITAL INPUT
(TB-1)

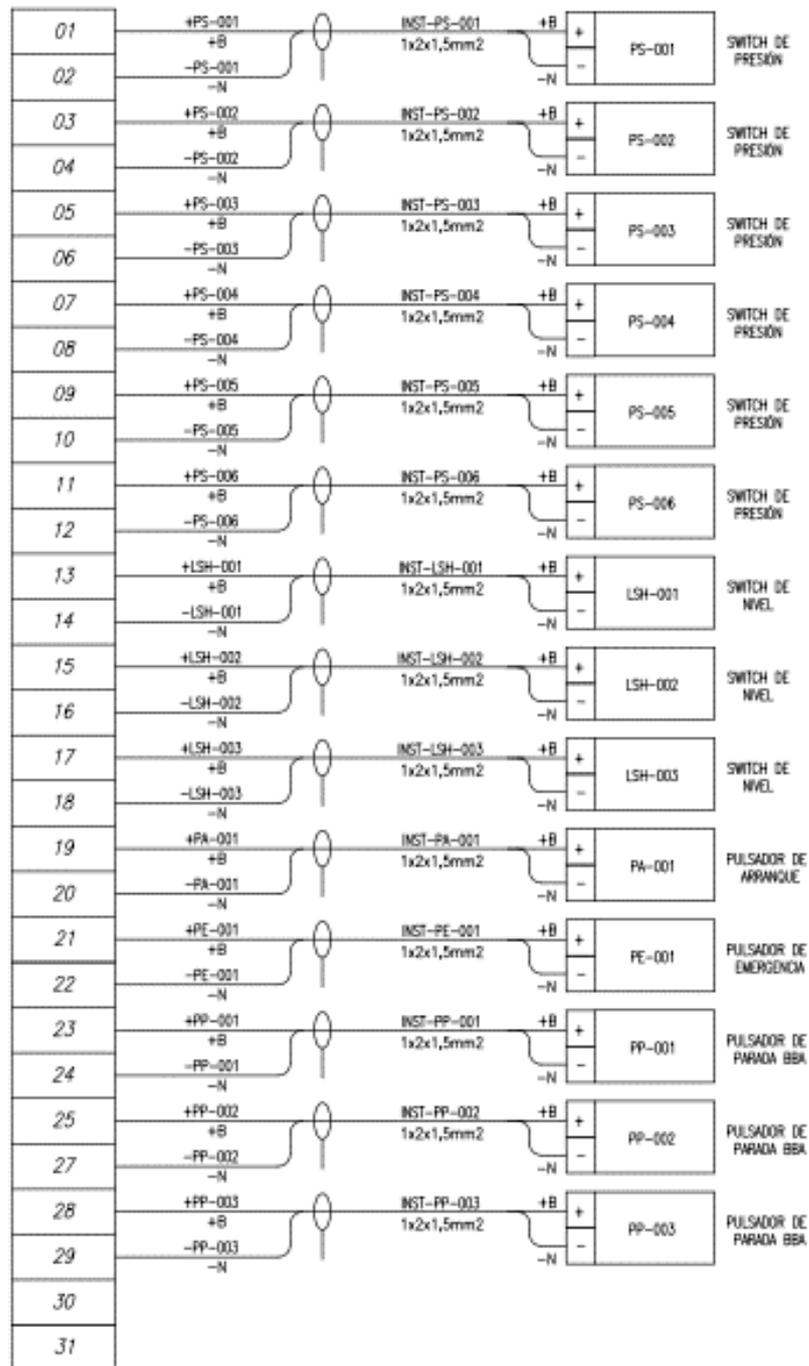


Figura 27: Diagrama de conexionado – Hoja 1 (2019-UADE-IO-001)

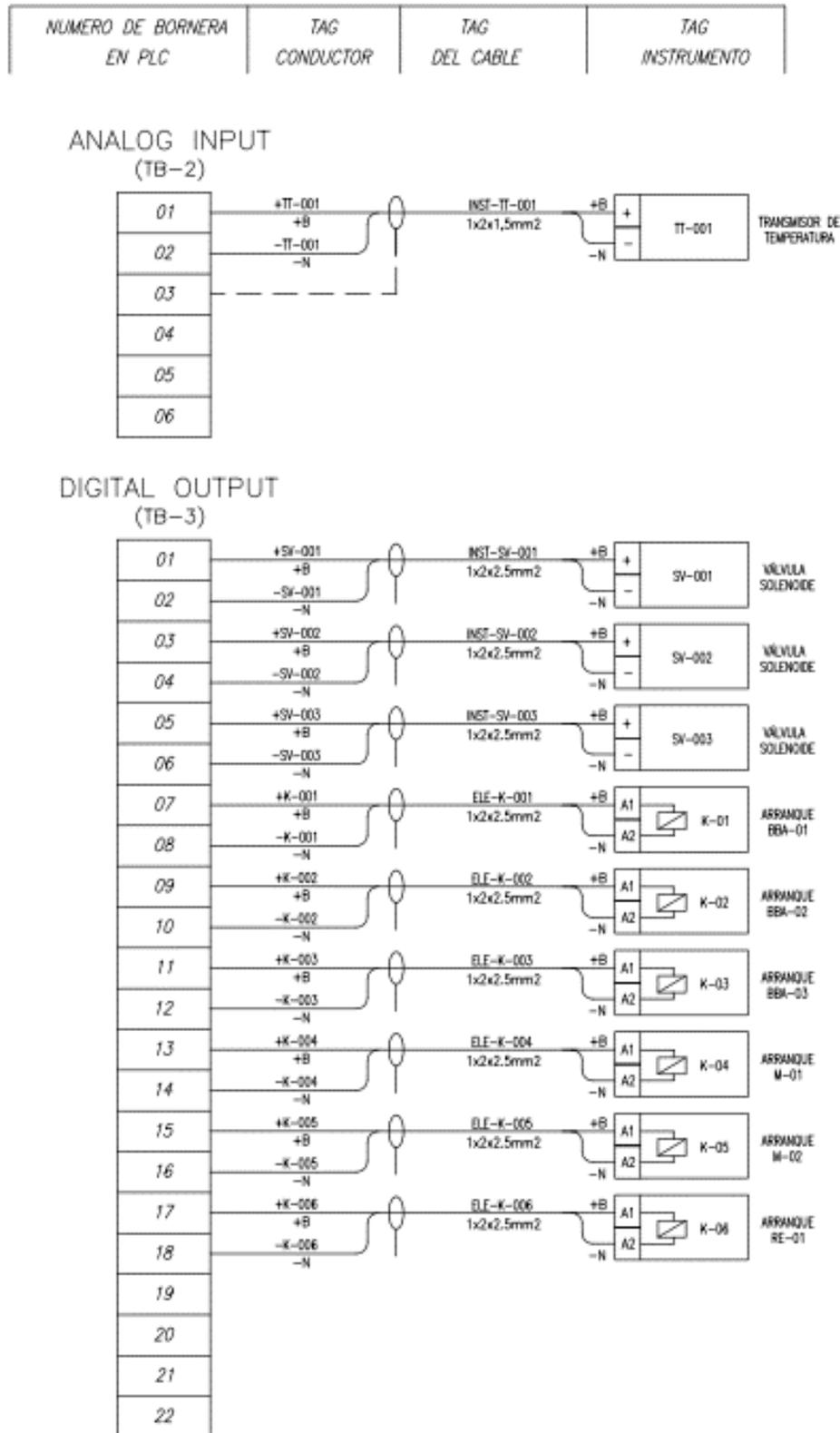


Figura 28: Diagrama de conexionado – Hoja 2 (2019-UADE-IO-001)

10.6 Matriz de causa y efecto y alarmas

El documento Matriz de causa y efecto y alarmas es el documento de ingeniería de detalle en el cual se muestran todas las lógicas de control, lógicas de seguridad y alarmas generadas en el PLC. Dicho documento junto a la filosofía de operación de la planta son los inputs para el desarrollo de la programación del PLC.

2019-UADE-MCEA-001																P&ID			
MATRIZ CAUSA EFECTO Y ALARMAS																SERVICIO			
				ALARMAS				LAZO DE CONTROL		ACCION NORMAL			ACCIONES DE SEGURIDAD			VALVULA SOLENOIDE	VALVULA SOLENOIDE		
TAG	SERVICIO	Unidades	NOTAS	ON	High High	High	Low	Low Low	ON/OFF	ON	SP High	SP Low	ON	Falla instrumen	High High	Low Low	TAG	SERVICIO	
																	INST SV-001	INST SV-002	INST SV-003
TABLERO DE CONTROL																			
INST PS 001	SWITCH DE PRESION	kg/cm2g		X		2					X		X						P
INST PS 002	SWITCH DE PRESION	kg/cm2g		X		2					X		X						P
INST PS 003	SWITCH DE PRESION	kg/cm2g		X		2					X		X						P
INST PS 004	SWITCH DE PRESION	kg/cm2g		X			0,1					X	X						P
INST PS 005	SWITCH DE PRESION	kg/cm2g		X			0,1					X	X						P
INST PS 006	SWITCH DE PRESION	kg/cm2g		X			0,1					X	X						P
INST TT 001	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	°C		X		46	40		X				X						X
INST LSH 001	SWITCH DE NIVEL	%		X		80				X							X		A
INST LSH 002	SWITCH DE NIVEL	%		X		80				X							X		A
INST LSH 003	SWITCH DE NIVEL	%		X		90				X							X		
INST PE 001	PULSADOR DE EMERGENCIA			X									X				P	P	P
INST PP 001	PULSADOR DE PARADA			X									X						P
INST PP 002	PULSADOR DE PARADA			X									X						P
INST PP 003	PULSADOR DE PARADA			X									X						P
NOTAS																			
X = ACTUA																			
P = PARA																			
A = ARRANCA																			

Figura 29: Matriz Causa Efecto y Alarmas (2019-UADE-MCEA-001)

10.7 Programa de PLC

El documento Programa de PLC, es el documento de ingeniería de detalle donde queda plasmado el programa final del PLC en el lenguaje de programación realizado. Este documento nos permite revisar la programación del PLC en cualquier momento sin tener que estar conectado al equipo (PLC).

10.7.1 Programa de PLC

A continuación se presenta el programa de PLC con las lógicas de control del proceso desarrollado en lenguaje de programación Ladder.

Esquema del programa

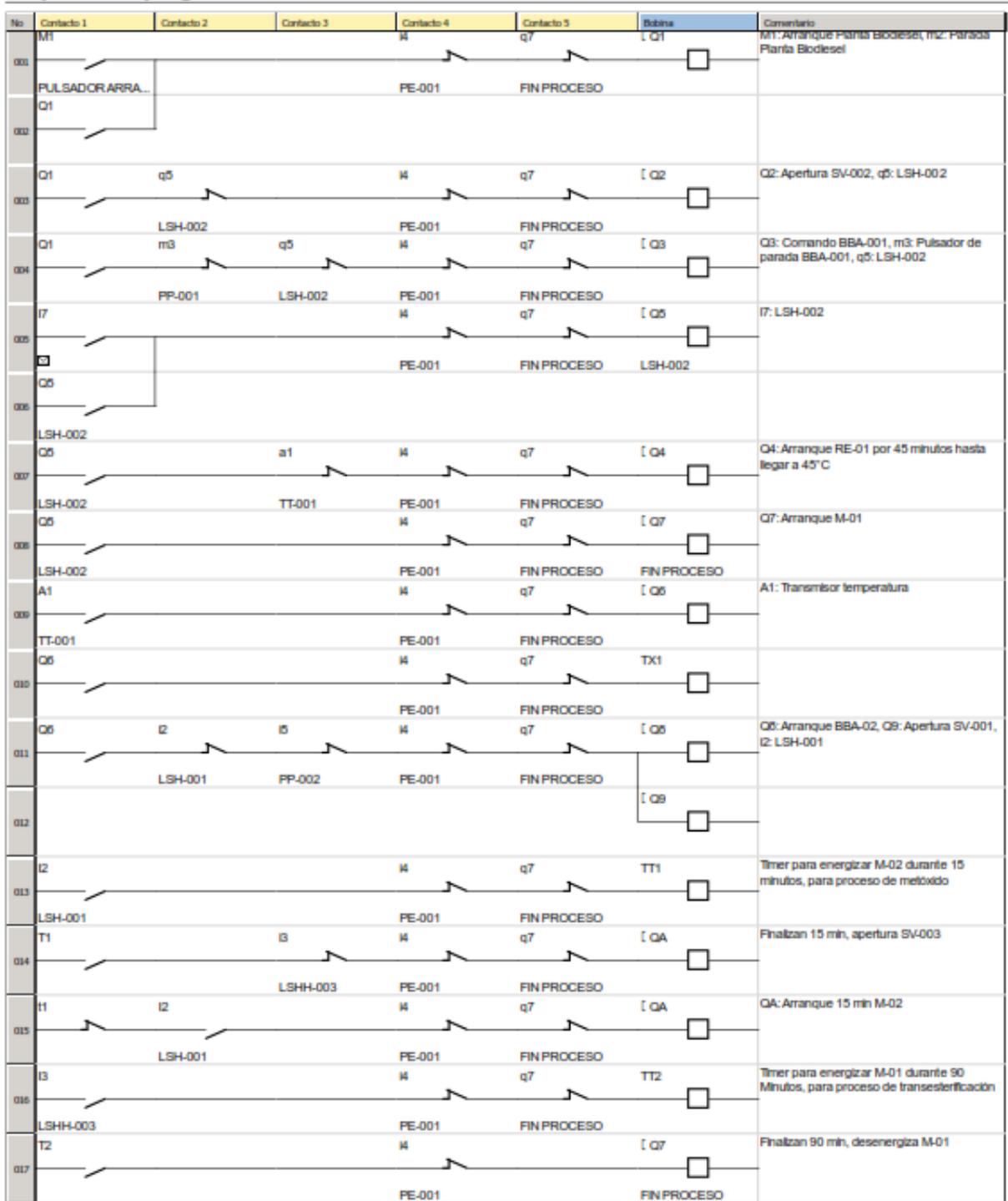


Figura 30: Programa PLC (2019-UADE-PLC-001)

Entradas físicas

N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
I2		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(11/2) (13/1) (15/2)	LSH-001
I3		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(14/3) (16/1)	LSHH-003
I4		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(14) (3/4) (4/4) (5/4) (7/4) (8/4) (9/4) (10/4) (11/4) (13/4) (14/4) (15/4) (16/4) (17/4)	PE-001
I5		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(11/3)	PP-002
I7		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(5/1)	LSH-002

Salidas físicas

N.º	Símbolo	Función	Remanencia	Localización (L/C)	Comentario
Q1		Salidas DIG	No	(1/6) (2/1) (3/1) (4/1)	
Q2		Salidas DIG	No	(3/6)	
Q3		Salidas DIG	No	(4/6)	
Q4		Salidas DIG	No	(7/6)	
Q5		Salidas DIG	No	(3/2) (4/3) (5/6) (6/1) (7/1) (8/1)	LSH-002
Q6		Salidas DIG	No	(9/6) (10/1) (11/1)	
Q7		Salidas DIG	No	(1/5) (3/5) (4/5) (5/5) (7/5) (8/5) (6/5) (9/5) (10/5) (11/5) (13/5) (14/5) (15/5) (16/5) (17/6)	FIN PROCESO
Q8		Salidas DIG	No	(11/6)	
Q9		Salidas DIG	No	(12/6)	
Q4		Salidas DIG	No	(14/6) (15/6)	

Funciones configurables

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
A1		Comparadores analógicos	No	---	$Ib \geq 3.0$	(7/3) (8/1)	TT-001
M1		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(1/1)	PULSADOR ARRANQUE
M3		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(4/2)	PP-001
T1		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(13/6) (14/1) (15/1)	
T2		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(16/6) (17/1)	
X1		Bloques textos	---	---	Ver detalles a más distancia	(10/6)	

Figura 31: Parámetros del programa de PLC (2019-UADE-PLC-001)

10.7.2 Lógicas de seguridad del programa de PLC

A continuación se presentan las funciones de seguridad implementadas en el PLC desarrollado en lenguaje de programación Ladder.

Esquema del programa

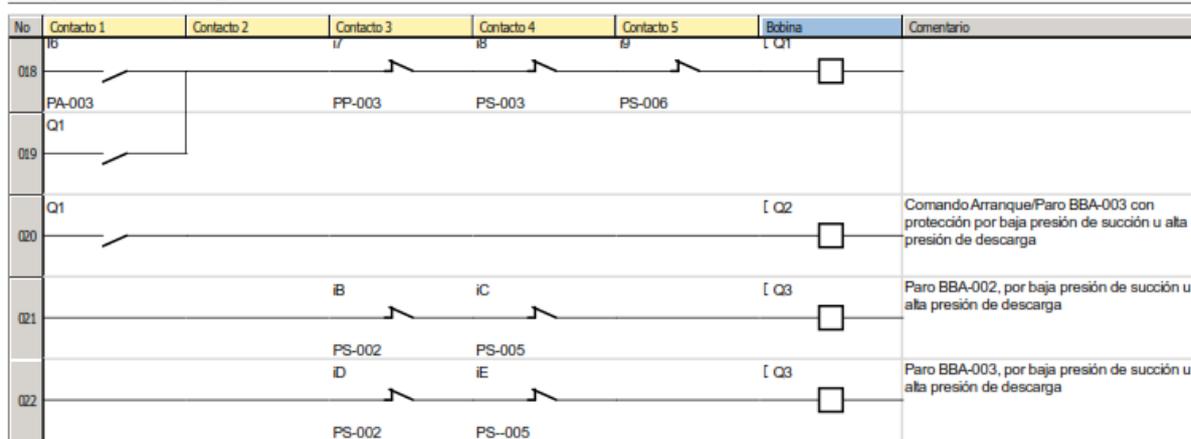


Figura 32: Lógicas de seguridad de bombas en programa de PLC (2019-UADE-PLC-001)

Entradas físicas

N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
16		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(18/1)	PA-003
17		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(18/3)	PP-003
18		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(18/4)	PS-003
19		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(18/5)	PS-006
1B		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(21/3)	PS-002
1C		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(21/4)	PS-005
1D		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(22/3)	PS-002
1E		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(22/4)	PS-005

Salidas físicas

N.º	Símbolo	Función	Remanencia	Localización (L/C)	Comentario
Q1		Salidas DIG	No	(18/6) (19/1) (20/1)	
Q2		Salidas DIG	No	(20/6)	
Q3		Salidas DIG	No	(21/6) (22/6)	

Figura 33: Parámetros de las lógicas de seguridad del programa de PLC (2019-UADE-PLC-001)

10.8 Estructura de costos de la planta

A continuación se detalla la estructura de costos que compone el valor de adquisición de la planta. La misma incluye el costo de los materiales, mano de obra, margen de ganancia e impuestos.

Materiales	U\$D
Tanques	65
Bombas	125
Agitadores	115
Soportes y Perfilería	350
Cañerías y Accesorios	285
Instrumentación	425
Gabinete de control	500
Gabinete eléctrico	450
Cableados	65
Mano de Obra	U\$D
Construcción	480
Margen de Ganancia	549
SUBTOTAL ANTES DE IMPUESTOS	3409
IVA	715,89
TOTAL	4124,89

Tabla 7: Estructura de costos de la planta

11. Análisis económico/financiero

Para la evaluación de la inversión en el proyecto se analizarán los indicadores financieros como rentabilidad, valor actual neto y punto de break even. El período considerado para el análisis será de 5 años, cabe aclarar que el punto de vista será el de quien adquiere la planta para producción propia de Bio-Diesel. El análisis se centrará en el costo de producción de Bio-Diesel en la planta propia versus el costo de adquisición de Gasoil que reemplazaría al Bio-Diesel producido.

Es importante remarcar que el cliente objetivo de esta planta es aquel que se encuentra en zonas remotas (de difícil acceso a Gasoil industrial), personas físicas o jurídicas con flota de equipamiento industrial que requiere utilización de combustible para trabajar, pueblos e instalaciones industriales que quedan abnegadas en ciertas épocas del año, etc.

Se plantean 3 escenarios posibles (base, pesimista y optimista), basados en distintos precios esperados de adquisición de Gasoil en Argentina. En todos los casos se considerará la misma evolución de precios de las materias primas.

En la siguiente tabla se presenta la evolución de los últimos 10 años de precios del Bio-Diesel y el Gasoil en dólares.

AÑO	GASOIL	BIO-DIESEL
2009	\$ 0,83	\$ 0,86
2010	\$ 1,00	\$ 0,85
2011	\$ 1,13	\$ 1,04
2012	\$ 1,38	\$ 1,06
2013	\$ 1,40	\$ 0,92
2014	\$ 1,51	\$ 0,83
2015	\$ 1,08	\$ 0,58
2016	\$ 1,19	\$ 0,87
2017	\$ 1,28	\$ 0,82
2018	\$ 1,10	\$ 0,71
2019	\$ 0,94	\$ 0,68

Tabla 8: Evolución de precio de Gasoil y Bio-Diesel

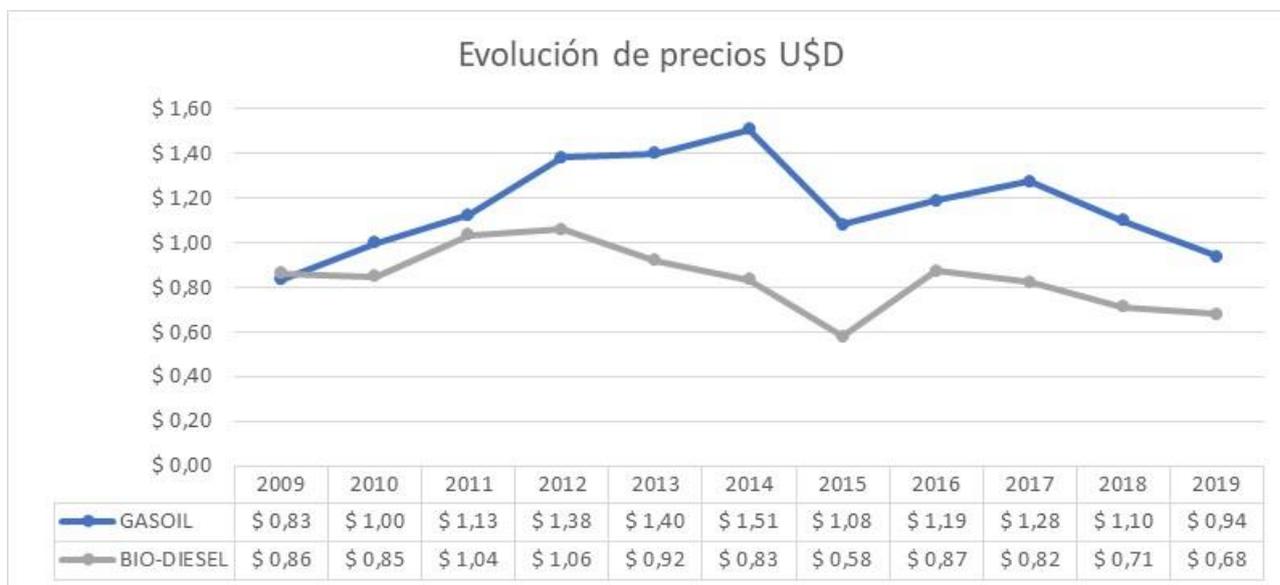


Figura 34: Evolución de precio de Gasoil y Bio-Diesel

Se puede observar que los precios del Bio-Diesel y del Gasoil tienen una tendencia similar en el período considerado, pero se puede resaltar que a partir del año 2017 el precio del Gasoil tiene una tendencia decreciente más marcada, mientras que el precio del Bio-Diesel tiende a estabilizarse.

El precio del Bio-Diesel y del Gasoil es fijado a nivel mundial dado que ambos combustibles son considerados commodities. Sin embargo, cada país establece regulaciones (impuestos internos, regalías, derechos de importación, etc.) que modifican el precio de estos combustibles a nivel interno del país. De esta forma sucede que en algunos períodos el Bio-Gasoil o el Gasoil en Argentina tenga precio diferente al internacional.

Las variaciones decrecientes de precios de los últimos 3 años se deben a los problemas económicos que viene atravesando Argentina. Como se menciona anteriormente Argentina transita desde el 2015 un período de inestabilidad económica con un marcado decrecimiento de la actividad industrial y devaluaciones de la moneda constantes, lo cual genera un retraso en el precio de los combustibles, por lo tanto, es de esperar que los precios de los combustibles en Argentina sufran un incremento a fin de alcanzar nuevamente los precios internacionales en U\$D.

Los tres escenarios planteados son los siguientes:

- Escenario Base: Situación actual en donde el precio de venta al público del Gasoil evaluado (YPF Infinia Diesel) es de U\$D 0,94.

- Escenario Pesimista: El gobierno congela el precio del Gasoil a U\$D 0,80 debido a la situación de crisis del país, mientras que los insumos para producir Bio-Diesel se incrementan en un 5% anual.

- Escenario Optimista: El gobierno libera el precio del Gasoil en U\$D dejando que el mismo alcance el precio internacional (U\$D 1,50), mientras que el aceite de soja se incrementa en un 3% anual y el resto de los insumos de acuerdo a la proyección planteada.

Con respecto a las materias primas necesarias para la producción del Bio-Diesel, se presenta a continuación la proyección de sus precios por los próximos cinco años:

Evolución del precio del Aceite de Soja Desgomado en Argentina:

Proveedor: Grupo AGN

U\$D/1000 Lts	U\$D/Lt
\$ 560,00	\$ 0,56

Evolución del precio en U\$S proyectado a 5 años:

2019	2020	2021	2022	2023	2024
\$ 0,560	\$ 0,588	\$ 0,617	\$ 0,648	\$ 0,681	\$ 0,715

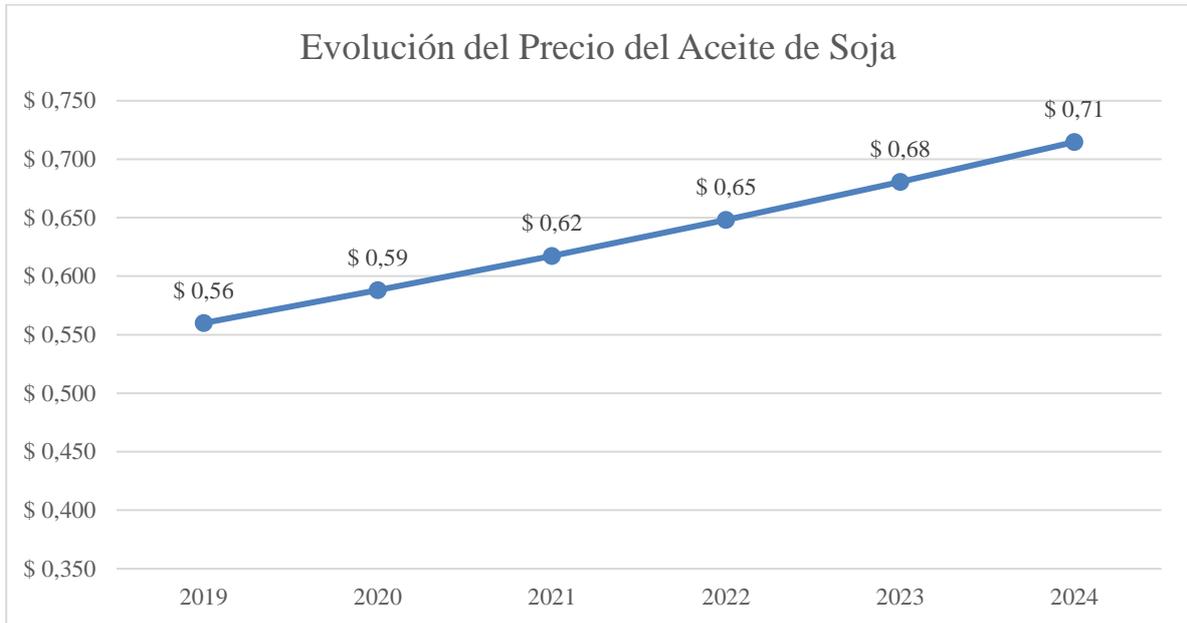


Figura 35: Proyección evolución del precio del Aceite de Soja

Evolución del precio de la Soda Cáustica (NaOH) en Argentina:

Proveedor: Química Maxel

U\$/Tn	U\$/Kg
\$ 906,62	\$ 0,91

Evolución del precio en U\$S proyectado a 5 años:

2019	2020	2021	2022	2023	2024
\$ 0,919	\$ 0,931	\$ 0,946	\$ 0,965	\$ 0,984	\$ 1,014

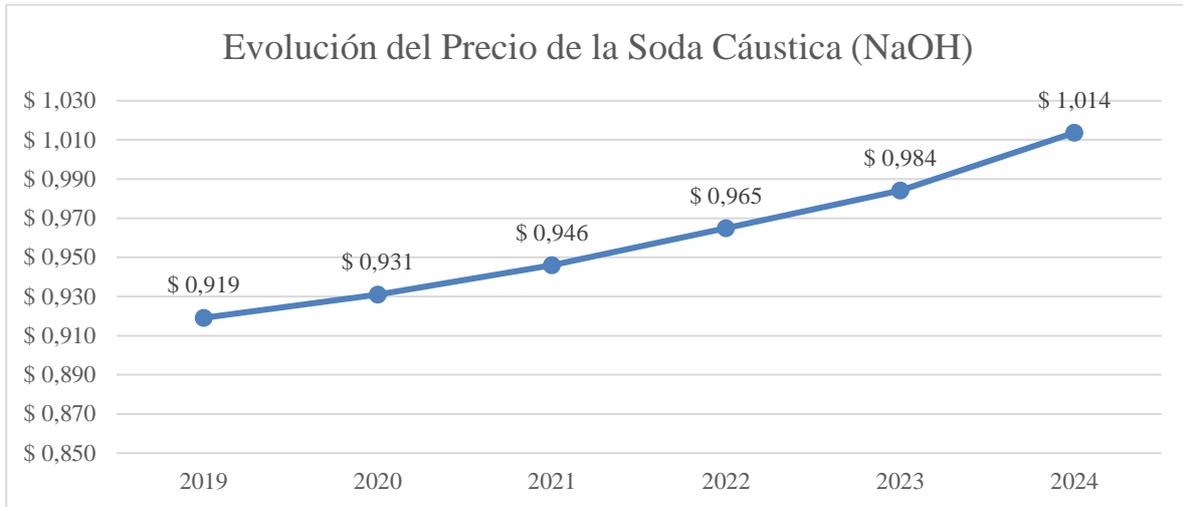


Figura 36: Proyección evolución del precio de la Soda Cáustica

Evolución del precio del Metanol en Argentina:

Proveedor: Ladco

U\$S/1000 Lts	U\$S/Lt
\$ 543,97	\$ 0,54

Evolución del precio en U\$S proyectado a 5 años:

2019	2020	2021	2022	2023	2024
\$ 0,545	\$ 0,549	\$ 0,553	\$ 0,555	\$ 0,559	\$ 0,561

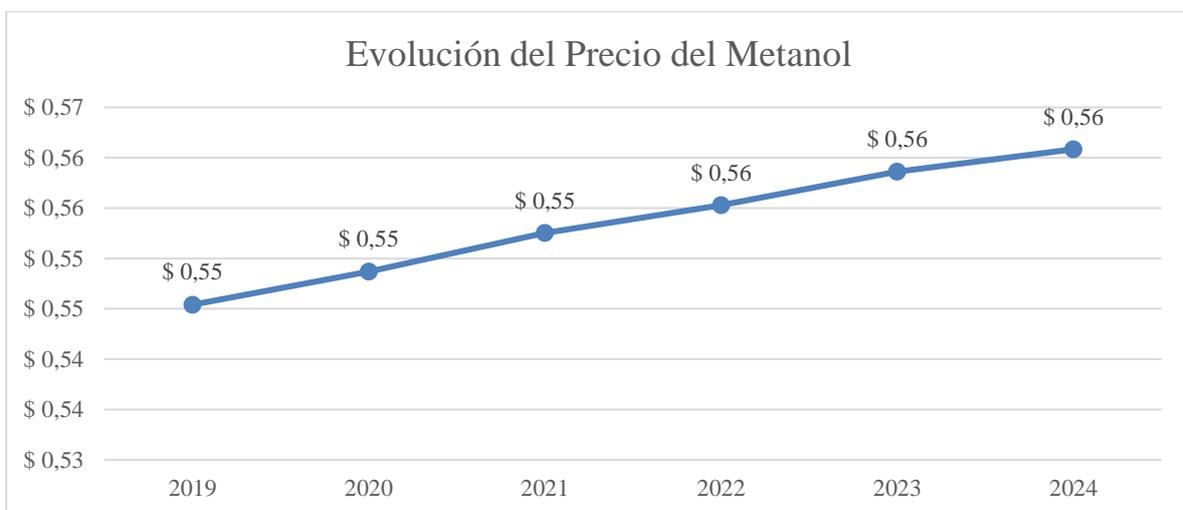


Figura 37: Proyección evolución del precio del Metanol

La evolución del costo de la energía se considerará estable en dólares sin variaciones significativas que incrementen los costos productivos.

La inversión necesaria para la adquisición de la planta será de: USD 4.125,00.

A continuación, se presentan los costos en USD para la producción de un lote de 100 litros de Bio-Diesel.

Materia Prima	USD / Lt	Lts	USD
Aceite de Soja	\$ 0,56	100	\$ 56,00
Metanol	\$ 0,54	20	\$ 10,88
	USD/Kg	Kgs	
Soda Caustica	\$ 0,91	1,2	\$ 1,09
Energía Eléctrica			\$ 1,00

Costo Total USD	\$ 68,97
USD/Lts	\$ 0,69

Comparativa de los costos productivos por litro vs precio por litro de gasoil (YPF Infinia Diesel)

Costo por litro	
Producción de Bio-Diesel	Compra de Gasoil
USD 0,69	USD 0,94

Cálculo del costo promedio ponderado del capital (WACC)

A continuación se presentará el cálculo del costo promedio ponderado del capital (tasa de descuento) también conocido como WACC (Weighted Average Cost of Capital) que se utilizará para determinar el indicador VAN en el análisis económico/financiero de cada escenario.

El WACC será el mínimo rendimiento exigible para la viabilidad del proyecto.

$$WACC = K_d * (1 - t) * \left(\frac{D}{V}\right) + K_e * \left(\frac{E}{V}\right)$$

$$K_e = R_f + [E(R_m) - R_f * \beta] + \text{Riesgo País}$$

K_d: Coste de la Deuda Financiera

K_e: Coste de los Fondos Propios

t: Tasa impositiva

D: Deuda financiera

E: Fondos propios

V=(D+E): Deuda financiera + Fondos Propios (D+E)

R_f: Tasa libre de riesgo

β: Sensibilidad del rendimiento de la acción a los rendimientos del mercado

E(R_m): Rentabilidad esperada del mercado

El análisis considera que la persona que adquiere la planta lo realiza con capital propio sin tomar deuda (D=0), por lo tanto el WACC será igual al coste de los fondos propios (K_e).

R_f: Tasa de referencia bonos Bonar 2025 (8,23% anual).

E(R_m): La rentabilidad esperada del mercado se estima en 10% como expectativa.

β: El Beta considera corresponde al promedio de la industria de las oleaginosas (1,45)

Riesgo País: Se consider el promedio del último año (900 puntos)

$$K_e = 15,2\%$$

11.1 Escenario Base

Se desarrollará el caso que considera la situación actual en donde el precio de venta al público del Gasoil evaluado (YPF Infinia Diesel) es de U\$D 0,94 mientras que la materia prima principal (aceite de soja) tiene un incremento de su costo de un 5% anual.

El escenario base contempla una producción de 22 lotes de 100 litros mensuales.

Evolución de gastos a cinco años:

Gastos de Producción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Consumo de Aceite de Soja	\$14.784	\$15.523	\$16.299	\$17.114	\$17.970
Consumo de Soda Cáustica	\$291	\$295	\$300	\$306	\$312
Consumo de Metanol	\$2.851	\$2.904	\$2.920	\$2.930	\$2.962
Consumo Eléctrico	\$264	\$264	\$264	\$264	\$264
Amortización Bienes de Uso	\$275	\$275	\$275	\$275	\$275
Total Gastos de Producción	\$18.466	\$19.261	\$20.058	\$20.889	\$21.783

Tabla 9: Evolución de gastos a cinco años

Se considera que la inversión inicial para adquirir la planta se realiza en el mes 1 del primer año, por lo tanto, los gastos de producción de Bio-Diesel del primer año se realizan durante los 11 meses siguientes.

Diferencia en U\$D entre adquisición de Gasoil y producción de Bio-Diesel anual:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio de adquisición de Gasoil	22.748	24.816	24.816	24.816	24.816
Gastos de producción de Bio-Diesel	18.466	19.261	20.058	20.889	21.783
Diferencia entre adquirir Gasoil y producir Bio-Diesel	4.282	5.555	4.758	3.927	3.033

Tabla 10: Diferencia en U\$D entre adquisición de Gasoil y producción de Bio-Diesel

Considerando la inversión inicial para adquirir la planta de U\$D 4.125,00 y los gastos de producción de Bio-Diesel que incluyen la materia prima, gastos de energía eléctrica y la amortización de bienes de uso, se observa que al décimo mes se repaga la inversión considerando la diferencia entre producir Bio-Diesel o adquirir Gasoil para el mismo propósito.

A continuación, se presenta el punto de equilibrio económico de la inversión en la planta de Bio-Diesel.

Como se puede apreciar en color verde, luego del décimo mes de producción, se recupera la inversión inicial de USD 4.125,00. En color azul se representa el costo de adquisición mensual del Gasoil, mientras que la línea violeta representa el costo de producción mensual de Bio-Diesel.

En el primer mes se realiza la adquisición de la planta que posee un mes de entrega, por eso mismo la producción de Bio-Diesel se considera a partir del mes 2.

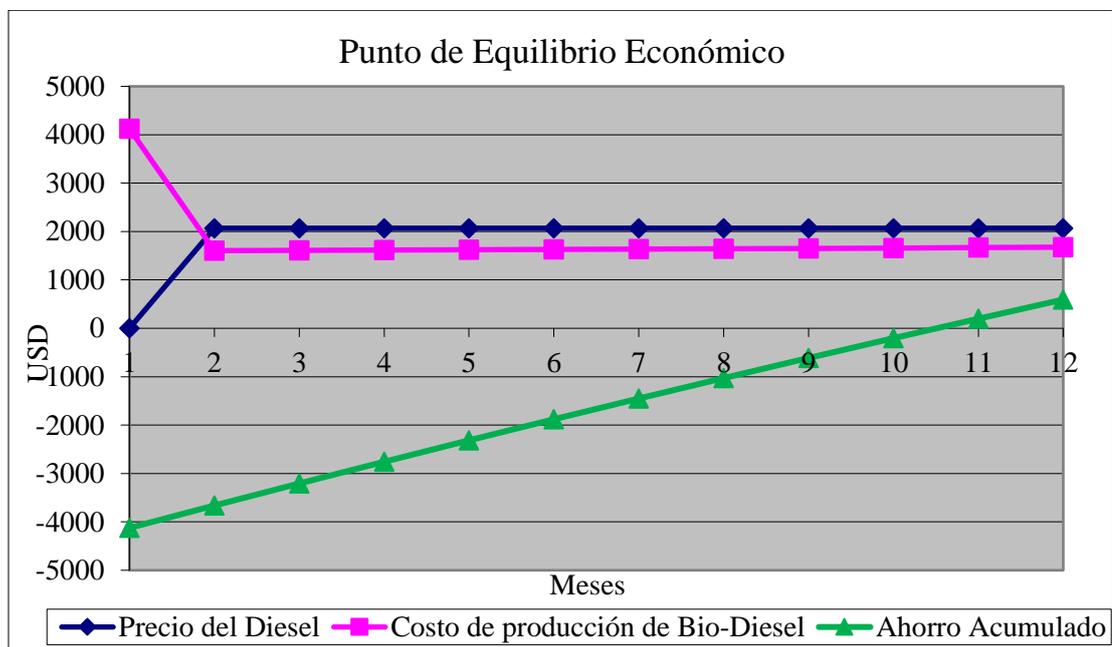


Figura 38: Punto de equilibrio económico – 12 meses

En línea con la información presentada anteriormente, se presenta el punto de equilibrio en unidades de producción, es decir en litros, observándose que para el caso Base este punto se encuentra alrededor de una producción acumulada de 20.900 litros de Bio-Diesel:

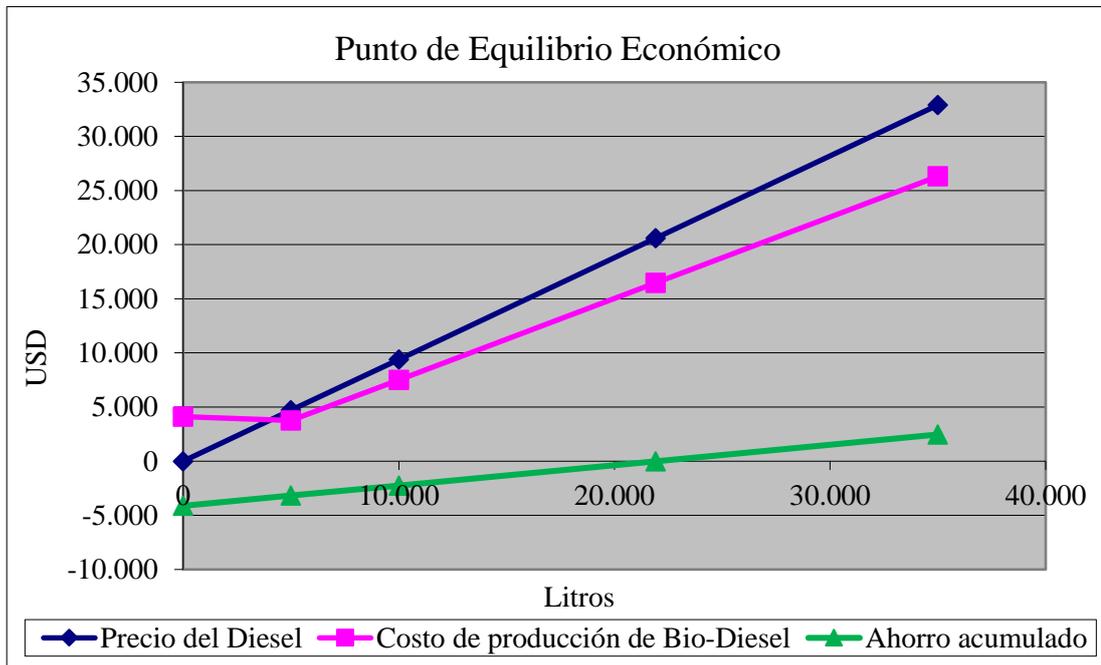


Figura 39: Punto de equilibrio económico en unidades

Se muestra además la evolución de la comparativa de precio de adquisición del Gasoil y de la producción del Bio-Diesel a 5 años, junto con la evolución del ahorro por que se genera por producir Bio-Diesel en la planta propia:

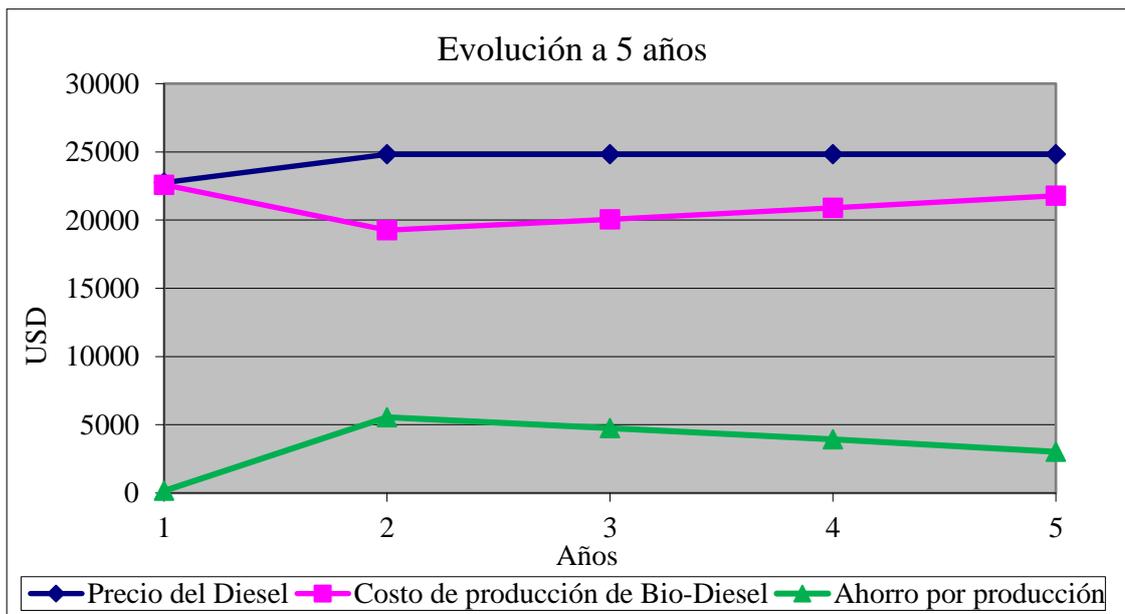


Figura 40: Evolución a 5 años

Se agrega el Flujo de Fondos del proyecto a 5 años que considera la inversión de la adquisición de la planta y los gastos de producción del Bio-Diesel considerando el ahorro año a año al comparar con la adquisición de Gasoil:

Flujo de Fondos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Referencia Compra Diesel					
Precio de compra de Diesel	22.748	24.816	24.816	24.816	24.816
Egresos					
a) Egresos Operativos					
Gasto MP Aceite de Soja	14.784	15.523	16.299	17.114	17.970
Gasto MP Soda Cáustica	291	295	300	306	312
Gasto MP Metanol	2.851	2.904	2.920	2.930	2.962
Gasto Energía Eléctrica	264	264	264	264	264
Gasto Mano de Obra	0	0	0	0	0
b) Egresos Financieros					
Amortización de la Planta	275	275	275	275	275
Amortización de Intereses	0	0	0	0	0
Total Egresos Operativos	18.466	19.261	20.058	20.889	21.783
Diferencia Operativa	4.282	5.555	4.758	3.927	3.033
Inversión Planta Biodiesel					
Capital propio	4.125				
Prestamos	0				
Diferencia Ahorro	157	5.555	4.758	3.927	3.033
Flujo de Fondos	157	5.712	10.470	14.397	17.430

Tabla 11: Flujo de fondos en U\$D

Como resultado del análisis realizado, se calculan los indicadores Valor Residual del proyecto, TIR y VAN, considerando una tasa de descuento del 15%, siendo este un valor estándar utilizado en las empresas en Argentina para determinar si un proyecto es rentable o no. Los resultados obtenidos para el escenario Base son:

Tasa de Descuento 15,2%

Flujo del Proyecto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Compra de Gasoil		22.748	24.816	24.816	24.816	24.816	
Costo de producción de Bio-Diesel		18.466	19.261	20.058	20.889	21.783	
		4.282	5.555	4.758	3.927	3.033	
Inversión	-4.125						Valor Residual
Flujo del Proyecto	-4.125	4.282	5.555	4.758	3.927	3.033	20.221

Tasa Interna de Retorno 115,0%

Valor Actual Neto USD 19.423

Tabla 12: Indicadores

En conclusión, el escenario Base resulta rentable, presentando una TIR de 115%, un VAN de USD 19.423, todo esto considerando un período de análisis de 5 años, con un punto de breakeven a los 10 meses de iniciado el proyecto.

11.2 Escenario Pesimista

Se desarrollará el caso que considera que el gobierno congela el precio del Gasoil a USD 0,80 debido a la situación de crisis del país, mientras que la materia prima principal (aceite de soja) tiene un incremento de su costo de un 5% anual.

El escenario Pesimista contempla una producción de 22 lotes de 100 litros mensuales.

Evolución de gastos a cinco años:

Gastos de Producción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Consumo de Aceite de Soja	\$14.784	\$15.523	\$16.299	\$17.114	\$17.970
Consumo de Soda Cáustica	\$291	\$295	\$300	\$306	\$312
Consumo de Metanol	\$2.851	\$2.904	\$2.920	\$2.930	\$2.962
Consumo Eléctrico	\$264	\$264	\$264	\$264	\$264
Amortización Bienes de Uso	\$275	\$275	\$275	\$275	\$275
Total Gastos de Producción	\$18.466	\$19.261	\$20.058	\$20.889	\$21.783

Tabla 13: Evolución de gastos a cinco años

Se considera que la inversión inicial para adquirir la planta se realiza en el mes 1 del primer año, por lo tanto, los gastos de producción de Bio-Diesel del primer año se realizan durante los 11 meses siguientes.

Diferencia en U\$D entre adquisición de Gasoil y producción de Bio-Diesel anual:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio de adquisición de Gasoil	19.360	21.120	21.120	21.120	21.120
Gastos de producción de Bio-Diesel	18.466	19.261	20.058	20.889	21.783
Diferencia entre adquirir Gasoil y producir Bio-Diesel	894	1.859	1.062	231	-663

Tabla 14: Diferencia en U\$D entre adquisición de Gasoil y producción de Bio-Diesel

Considerando la inversión inicial para adquirir la planta de U\$D 4.125,00 y los gastos de producción de Bio-Diesel que incluyen la materia prima, gastos de energía eléctrica y la amortización de bienes de uso, se observa que, si bien se obtiene una diferencia positiva entre la producción de Bio-Diesel en la planta propia versus la compra de Gasoil para el período de 1 a 4 años, ésta no alcanza a llegar al repago de la inversión de la planta dado que al quinto año y dentro del marco del escenario pesimista planteado, el costo de producir Bio-Diesel es mayor al de adquirir Gasoil. Sin embargo, como ya fue mencionado, el cliente objetivo de esta planta es aquel que por distintos motivos puede no tener acceso a Gasoil para la compra, y en ese caso el Bio-Diesel producido en sus instalaciones puede convertirse en la única opción viable.

Para el caso de escenario Pesimista no hay punto de equilibrio donde se recupere la inversión, dado que en el quinto año es más económico comprar Gasoil y si bien es más económico producir Bio-Diesel en los primeros cuatro años, esta diferencia no alcanza a repagar la inversión realizada.

Como se puede apreciar en color verde se muestra el ahorro acumulado que en este escenario es negativo para los 12 primeros meses como así también para el período total de 5

años. En color azul se representa el costo de adquisición mensual del Gasoil, mientras que la línea violeta representa el costo de producción mensual de Bio-Diesel.

En el primer mes se realiza la adquisición de la planta que posee un mes de entrega, por eso mismo la producción de Bio-Diesel se considera a partir del mes 2.

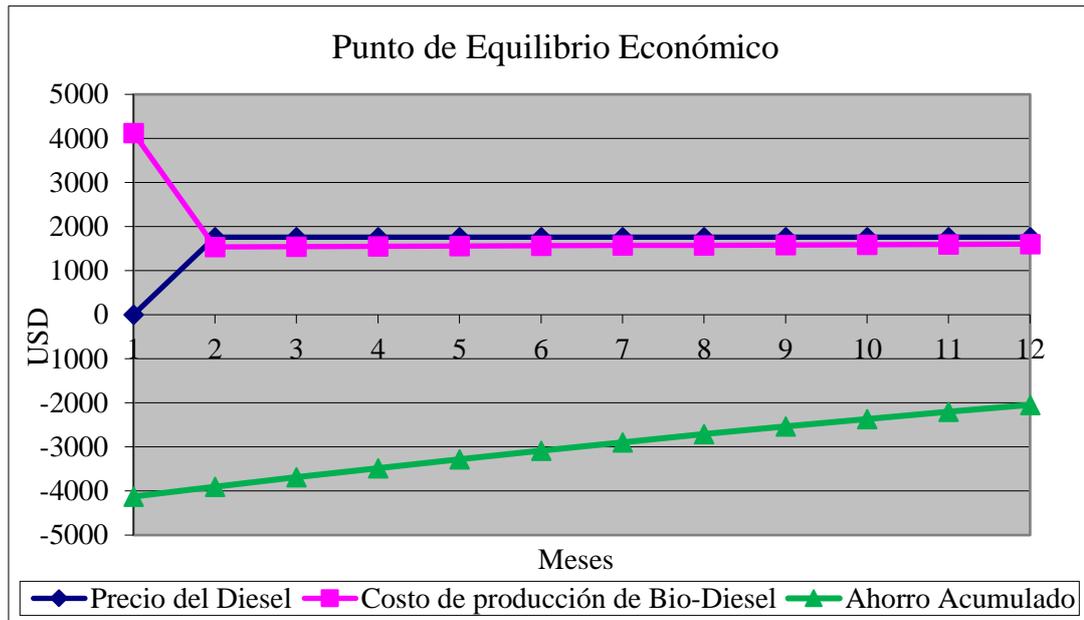


Figura 41: Punto de equilibrio económico – 12 meses

En línea con la información presentada anteriormente, se busca el punto de equilibrio en unidades de producción, es decir en litros, observándose que, para el caso Pesimista, en las condiciones del primer mes de producción, es decir, el segundo mes del análisis, la producción de equilibrio sería de 85,400 litros:

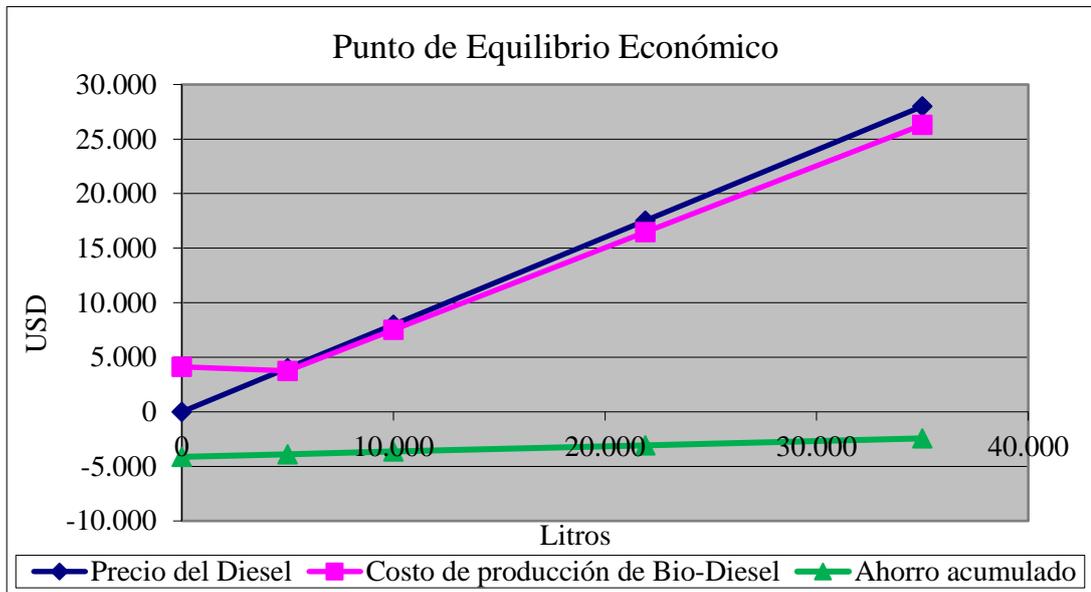


Figura 42: Punto de equilibrio económico en unidades

Se muestra además la evolución de la comparativa de precio de adquisición del Gasoil y de la producción del Bio-Diesel a 5 años, junto con la evolución del ahorro por que se genera por producir Bio-Diesel en la planta propia. En el escenario Pesimista a causa del precio de venta de Gasoil considerado, en el quinto año es más conveniente comprar este combustible que producir Bio-Diesel en la planta propia:

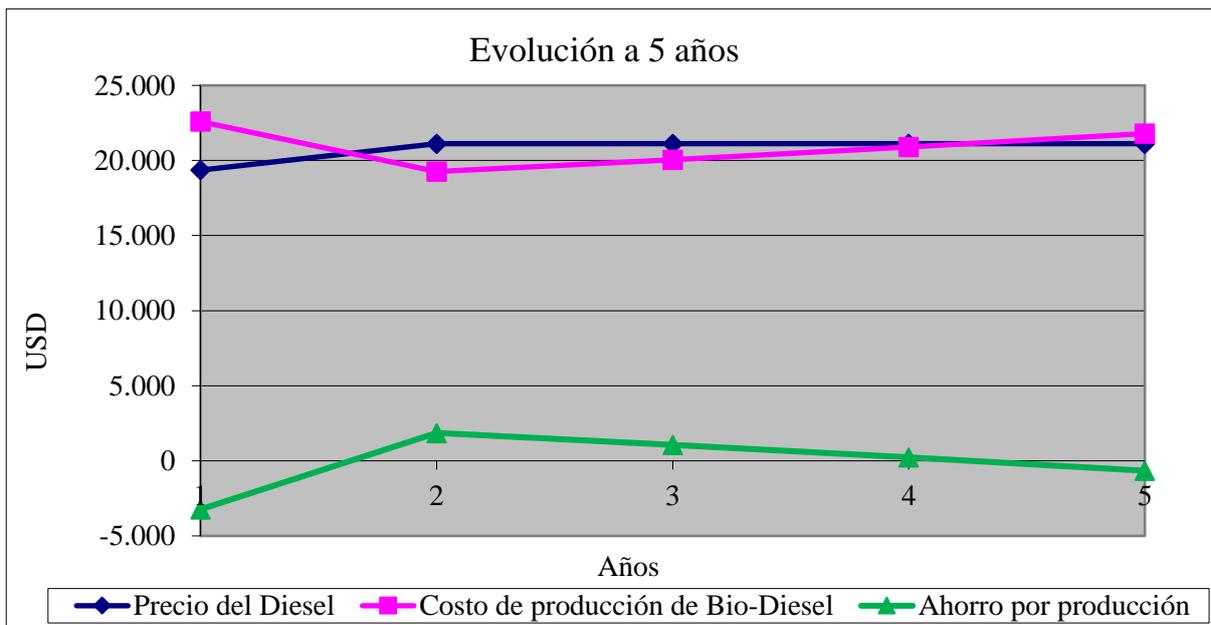


Figura 43: Evolución a 5 años

Se agrega el Flujo de Fondos del proyecto a 5 años que considera la inversión de la adquisición de la planta y los gastos de producción del Bio-Diesel considerando el ahorro año a año al comparar con la adquisición de Gasoil:

Flujo de Fondos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Referencia Compra Diesel					
Precio de compra de Diesel	19.360	21.120	21.120	21.120	21.120
Egresos					
a) Egresos Operativos					
Gasto MP Aceite de Soja	14.784	15.523	16.299	17.114	17.970
Gasto MP Soda Cáustica	291	295	300	306	312
Gasto MP Metanol	2.851	2.904	2.920	2.930	2.962
Gasto Energía Eléctrica	264	264	264	264	264
Gasto Mano de Obra	0	0	0	0	0
b) Egresos Financieros					
Amortización de la Planta	275	275	275	275	275
Amortización de Intereses	0	0	0	0	0
Total Egresos Operativos	18.466	19.261	20.058	20.889	21.783
Diferencia Operativa	894	1.859	1.062	231	-663
Inversión Planta Biodiesel					
Capital propio	4.125				
Prestamos	0	0	0	0	0
Diferencia Ahorro	-3.231	1.859	1.062	231	-663
Flujo de Fondos	-3.231	-1.372	-310	-79	-742

Tabla 15: Flujo de fondos en U\$D

Como resultado del análisis realizado, se calculan los indicadores Valor Residual del proyecto, TIR y VAN, considerando una tasa de descuento del 15%, siendo este un valor estándar utilizado en las empresas en Argentina para determinar si un proyecto es rentable o no. Los resultados obtenidos para el escenario Pesimista son:

Tasa de Descuento **15,2%**

Flujo del Proyecto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Compra de Gasoil		19.360	21.120	21.120	21.120	21.120	
Costo de producción de Bio-Diesel		18.466	19.261	20.058	20.889	21.783	
		894	1.859	1.062	231	-663	
Inversión	-4.125						Valor Residual
Flujo del Proyecto	-4.125	894	1.859	1.062	231	-663	-4.419

Tasa Interna de Retorno **-12,3%**

Valor Actual Neto USD **-3.352**

Tabla 16: Indicadores

En conclusión, el escenario Pesimista no resulta rentable, dado que presenta una TIR de -12,3%, un VAN de USD -3.352, todo esto considerando un período de análisis de 5 años, no se alcanza un punto de breakeven en el período considerado con las condiciones adoptadas para el proyecto. Sin embargo, el cliente objetivo de esta planta es aquel que por distintos motivos puede no tener acceso a Gasoil para la compra, y en ese caso el Bio-Diesel producido en sus instalaciones puede convertirse en la única opción viable.

11.3 Escenario Optimista

Se desarrollará el caso que considera que el gobierno argentino libera el precio del Gasoil en USD dejando que el mismo alcance el precio internacional (USD 1,50), mientras que el aceite de soja se incrementa en un 3% anual y el resto de los insumos de acuerdo a la proyección planteada.

El escenario Optimista contempla una producción de 22 lotes de 100 litros mensuales.

Evolución de gastos a cinco años:

Gastos de Producción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Consumo de Aceite de Soja	\$14.784	\$15.228	\$15.684	\$16.155	\$16.640
Consumo de Soda Cáustica	\$291	\$295	\$300	\$306	\$312
Consumo de Metanol	\$2.851	\$2.904	\$2.920	\$2.930	\$2.962
Consumo Eléctrico	\$264	\$264	\$264	\$264	\$264
Amortización Bienes de Uso	\$275	\$275	\$275	\$275	\$275
Total Gastos de Producción	\$18.466	\$18.965	\$19.443	\$19.930	\$20.452

Tabla 17: Evolución de gastos a cinco años

Se considera que la inversión inicial para adquirir la planta se realiza en el mes 1 del primer año, por lo tanto, los gastos de producción de Bio-Diesel del primer año se realizan durante los 11 meses siguientes.

Diferencia en USD entre adquisición de Gasoil y producción de Bio-Diesel anual:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio de adquisición de Gasoil	36.300	39.600	39.600	39.600	39.600
Gastos de producción de Bio-Diesel	18.466	18.965	19.443	19.930	20.452
Diferencia entre adquirir Gasoil y producir Bio-Diesel	17.834	20.635	20.157	19.670	19.148

Tabla 18: Diferencia en USD entre adquisición de Gasoil y producción de Bio-Diesel

Considerando la inversión inicial para adquirir la planta de USD 4.125,00 y los gastos de producción de Bio-Diesel que incluyen la materia prima, gastos de energía eléctrica y la amortización de bienes de uso, se observa que después del tercer mes se repaga la inversión considerando la diferencia entre producir Bio-Diesel o adquirir Gasoil para el mismo propósito.

A continuación, se presenta el punto de equilibrio económico de la inversión en la planta de Bio-Diesel.

Como se puede apreciar en color verde, luego del tercer mes de producción, se recupera la inversión inicial de USD 4.125,00. En color azul se representa el costo de adquisición mensual del Gasoil, mientras que la línea violeta representa el costo de producción mensual de Bio-Diesel.

En el primer mes se realiza la adquisición de la planta que posee un mes de entrega, por eso mismo la producción de Bio-Diesel se considera a partir del mes 2.

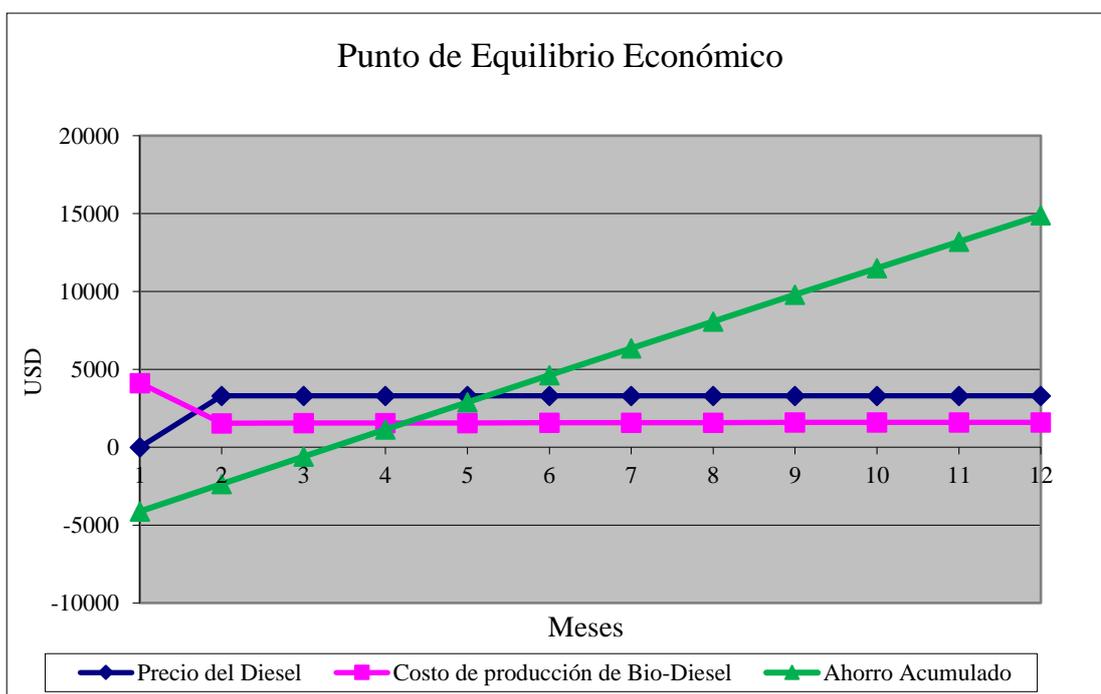


Figura 44: Punto de equilibrio económico – 12 meses

En línea con la información presentada anteriormente, se presenta el punto de equilibrio en unidades de producción, es decir en litros, observándose que para el caso Optimista este punto se encuentra alrededor de una producción acumulada de 5.500 litros de Bio-Diesel:

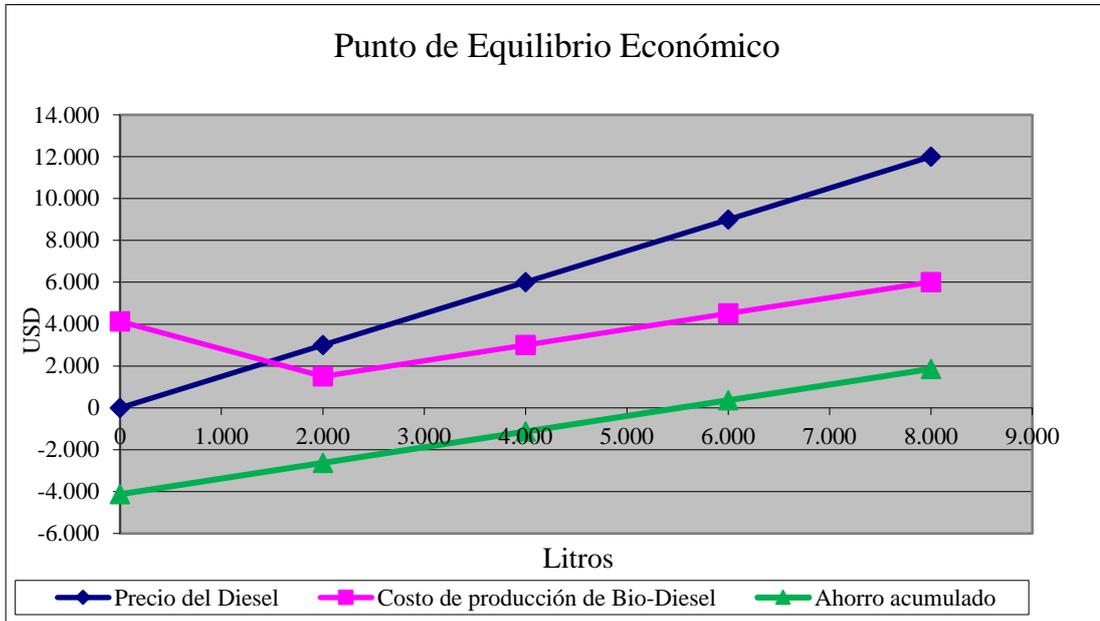


Figura 45: Punto de equilibrio económico en unidades

Se muestra además la evolución de la comparativa de precio de adquisición del Gasoil y de la producción del Bio-Diesel a 5 años, junto con la evolución del ahorro por que se genera por producir Bio-Diesel en la planta propia:

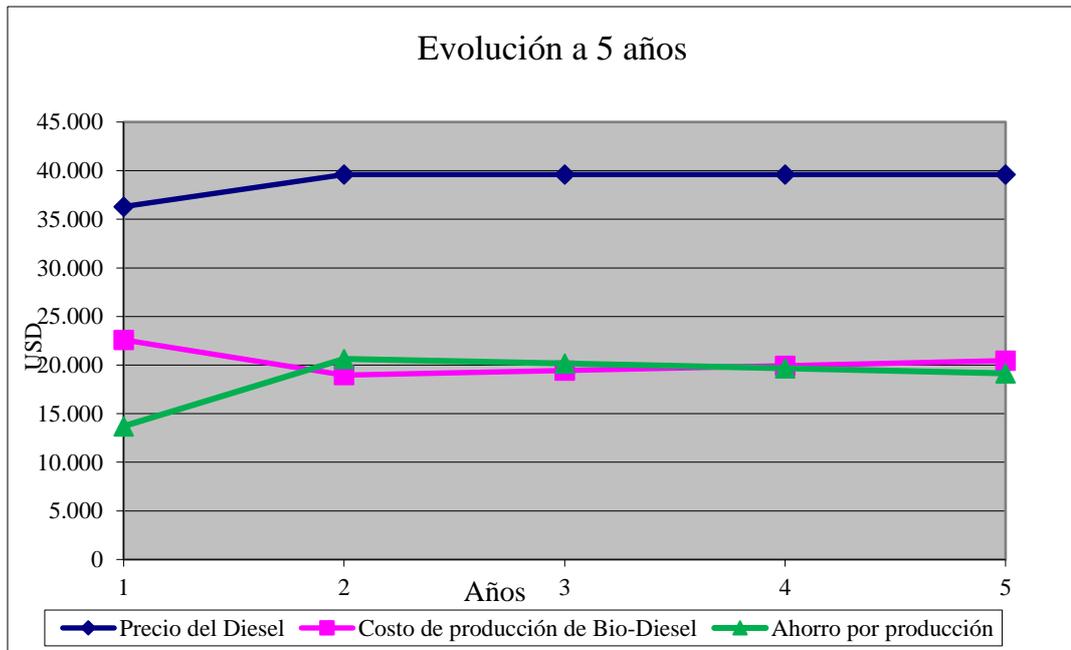


Figura 46: Evolución a 5 años

Se agrega el Flujo de Fondos del proyecto a 5 años que considera la inversión de la adquisición de la planta y los gastos de producción del Bio-Diesel considerando el ahorro año a año al comparar con la adquisición de Gasoil:

Flujo de Fondos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Referencia Compra Diesel					
Precio de compra de Diesel	36.300	39.600	39.600	39.600	39.600
Egresos					
a) Egresos Operativos					
Gasto MP Aceite de Soja	14.784	15.228	15.684	16.155	16.640
Gasto MP Soda Cáustica	291	295	300	306	312
Gasto MP Metanol	2.851	2.904	2.920	2.930	2.962
Gasto Energía Eléctrica	264	264	264	264	264
Gasto Mano de Obra	0	0	0	0	0
b) Egresos Financieros					
Amortización de la Planta	275	275	275	275	275
Amortización de Intereses	0	0	0	0	0
Total Egresos Operativos	18.466	18.965	19.443	19.930	20.452
Diferencia Operativa	17.834	20.635	20.157	19.670	19.148
Inversión Planta Biodiesel					
Capital propio	4.125				
Prestamos	0				
Diferencia Ahorro	13.709	20.635	20.157	19.670	19.148
Flujo de Fondos	13.709	34.344	54.501	74.171	93.319

Tabla 19: Flujo de fondos en U\$D

Como resultado del análisis realizado, se calculan los indicadores Valor Residual del proyecto, TIR y VAN, considerando una tasa de descuento del 15%, siendo este un valor estándar utilizado en las empresas en Argentina para determinar si un proyecto es rentable o no. Los resultados obtenidos para el escenario Base son:

Tasa de Descuento 15,2%

Flujo del Proyecto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Valor Residual
Compra de Gasoil		36.300	39.600	39.600	39.600	39.600	
Costo de producción de Bio-Diesel		18.466	18.965	19.443	19.930	20.452	
Inversión	-4.125	17.834	20.635	20.157	19.670	19.148	
Flujo del Proyecto	-4.125	17.834	20.635	20.157	19.670	19.148	127.651

Tasa Interna de Retorno 444,2%

Valor Actual Neto USD 116.193

Tabla 16: Indicadores

En conclusión, el escenario Optimista resulta muy rentable, presentando una TIR de 444,2%, un VAN de USD 116.193, todo esto considerando un período de análisis de 5 años, con un punto de breakeven a los 3 meses de iniciado el proyecto.

11.4 Consideraciones

En el análisis realizado, no se considera la incidencia del costo de la mano de obra para la producción del Bio-Diesel, ya que la planta modular de Bio-Diesel, posee un grado de automatización elevado, permitiendo la operación automática con la mínima intervención humana. Por lo tanto, se considera que estas mínimas intervenciones son realizadas por el dueño de la planta.

11.5 Conclusiones del análisis económico/financiero

Como conclusión general del análisis económico financiero, se observa que tanto el escenario base como el escenario optimista resultan viables y más rentables frente a la compra de Gasoil, mientras que el escenario pesimista no es rentable para las condiciones de análisis consideradas. Sin embargo, la necesidad de acceso al combustible para ciertos clientes,

especialmente aquellos que pueden tener dificultades para adquisición del mismo hace que la planta modular de Bio-Diesel para producción propia pueda suplir la necesidad y sea una alternativa factible.

12. Conclusiones Generales

Este Proyecto Final de Ingeniería comenzó con la investigación y el análisis del mercado de los combustibles en Argentina y a nivel mundial, con el objetivo de entender la situación energética actual de los combustibles renovables y no renovables.

Mediante el análisis de datos e información sobre la matriz energética mundial, disponibilidad de energía a nivel mundial y consumo de energía pudimos concluir que el uso de las energías y combustibles renovables viene en continuo crecimiento mientras que el uso de las energías convencionales como ser el carbón, gas y petróleo se encuentran en continuo decrecimiento.

La explicación del porqué la matriz energética mundial está migrando desde los combustibles fósiles a los combustibles renovables se debe a diversos factores. Entre los que podemos destacar:

1. Las reservas probadas de combustibles fósiles se van agotando (carbón, gas y petróleo), con una tasa de reposición muy baja.
2. Las energías y combustibles renovables tienen la gran ventaja de contar con recursos energéticos gratuitos e inagotables. Agua, viento, sol y aceites derivados de granos estarán disponibles siempre.
3. El desarrollo de nuevas tecnologías de procesos, nuevos materiales semiconductores, electrónica, motores, generadores permite desarrollar rápidamente las energías renovables como ser: biocombustibles, solar fotovoltaica y eólica.
4. Disminución en el precio de proyectos de energías renovables (construcción de plantas de etanol, Bio-Diesel, parques solares, represas hidráulicas, parques eólicos, etc), lo cual permite un recupero de la inversión mucho más rápida que 20 años atrás.
5. Menor impacto ambiental en la generación de energía, debido a la disminución de emanaciones de CO₂ y otros gases que contribuyen al efecto invernadero.
6. Mayor concientización social sobre el uso de las energías limpias versus uso de energías sucias.

7. Facilidad en proyectos unipersonales para generación de energías limpias propia para autoconsumo.
8. Posibilidad de generar energía en lugares aislados de las redes de distribución eléctricas.

Luego de analizar la situación actual de la matriz energética mundial y las ventajas respecto al uso de energías limpias como ser los bio-combustibles o energías renovables, nos centramos en estudiar la matriz energética Argentina y la situación actual respecto a la disponibilidad, uso de combustibles fósiles y renovables, problemas en la cadena de distribución, fortalezas y debilidades.

Análogamente, el uso de energías limpias (bio-combustibles y renovables) viene en continuo crecimiento, particularmente por políticas de estado que fomentan el uso de este tipo de energía y por la capacidad de generación que tiene Argentina de las mismas.

En materia de energía renovables solares, hidráulica y eólicas, el potencial argentino es de los más altos del mundo, contando con zonas de alta radiación solar aptas para el desarrollo de energías solares fotovoltaicas y solares termoeléctrica, recursos eólicos abundantes sobre todo en la Patagonia con velocidades de viento promedio de 9 m/s, lo cual convierte a Argentina en el principal país para desarrollo de energía eólica del mundo con una potencial eólico de más de 2000 GW y recursos hídricos en distintas zonas del país aptos para el desarrollo de proyectos de centrales hidráulicas.

Por otro lado, Argentina produce todas las materias primas necesarias para la producción de Bio-Diesel a gran escala (aceites, metanol y soda caustica). Desde hace 10 años, Argentina cuenta con más de 38 plantas productoras de Bio-Diesel, lo que permitió posicionarla entre los tres países productores y exportadores de Bio-Diesel, principalmente al mercado europeo y asiático.

Entendiendo el potencial argentino en combustibles limpios y la problemática respecto a la producción de gasoil (combustible fósil) y distribución del mismo, hemos desarrollado un Estudio de Factibilidad Técnica/Económica y Financiera y el diseño de ingeniería para el desarrollo de una planta modular de Bio-Diesel que podrá ser utilizada por consumidores habituales de gasoil fósil, como por ejemplo: empresas con flotas de maquinaria vial, maquinaria agrícola, transporte, generación eléctrica autónoma y también para instalar en regiones que se encuentran aisladas de las redes de distribución eléctrica existentes.

Para el desarrollo del Estudio de Factibilidad Técnica/Económica y Financiera de la planta de Bio-Diesel, hemos planteado tres escenarios posibles:

- Escenario Base: Situación actual en donde el precio de venta al público del Gasoil evaluado (YPF Infinia Diesel) es de USD 0,94.
- Escenario Pesimista: El gobierno congela el precio del Gasoil a USD 0,80 debido a la situación de crisis del país, mientras que los insumos para producir Bio-Diesel se incrementan en un 5% anual.
- Escenario Optimista: El gobierno libera el precio del Gasoil en USD dejando que el mismo alcance el precio internacional (USD 1,50), mientras que el aceite de soja se incrementa en un 3% anual y el resto de los insumos de acuerdo a la proyección planteada.

Los resultados que hemos obtenido han sido los siguientes:

- El escenario optimista resulta muy rentable, presentando una TIR de 444,2%, un VAN de USD 116.193, todo esto considerando un período de análisis de 5 años, con un punto de breakeven a los 3 meses de iniciado el proyecto.
- El escenario base resulta rentable, presentando una TIR de 115%, un VAN de USD 19.423, todo esto considerando un período de análisis de 5 años, con un punto de breakeven a los 10 meses de iniciado el proyecto.
- El escenario Pesimista no resulta rentable, dado que presenta una TIR de -12,3%, un VAN de USD -3.352, todo esto considerando un período de análisis de 5 años, no se alcanza un punto de breakeven en el período considerado con las condiciones adoptadas para el proyecto.

Como conclusión general del análisis económico financiero, se observa que tanto el escenario base como el escenario optimista resultan viables y más rentables frente a la compra

de Gasoil, mientras que el escenario pesimista no es rentable para las condiciones de análisis consideradas. Sin embargo, la necesidad de acceso al combustible para ciertos clientes, especialmente aquellos que pueden tener dificultades para adquisición del mismo por encontrarse en zonas aisladas o que quedan abnegadas en determinadas épocas del año, hace que la planta modular de Bio-Diesel para producción propia pueda suplir la necesidad y sea una alternativa factible.

13. Bibliografía

SITIOS WEB

UNIVERSIDAD DE PALERMO [en línea]. [consulta 10 dic 2018].

<https://www.palermo.edu/economicas/pdf_economicas/Presentacion_biocom_Steinberg.pdf

>

BIODIESEL [en línea]. [consulta 10 dic 2018].

<<http://www.biodisol.com/biodiésel-que-es-el-biodiésel-definicion-de-biodiésel-materias-primas-mas-comunes/>>

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS [en línea]. [consulta 15 dic 2018]

<<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/view/4895/6578>>

REVISTAS ELECTRÓNICAS

Cristóbal Bordiú, 19-21. 4º D. 28003 Madrid • Tfno.: 91 590 01 90 • Fax: 91 561 92 19 • info@apd.isf.es

• www.isf.es - Informes ISF 2. Producción de Bio-diesel. Aplicación a países en desarrollo. 2007

<<https://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2011/08/INFORME-2-BIODIESEL.pdf>

MANUAL DE BIOCOMBUSTIBLES ARPEL ICA#6-2009

<http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IIC_A.pdf>

SITIOS WEB

ASOCIACIÓN DE LA CADENA DE LA SOJA [en línea]. [consulta 20 dic 2018]

<http://www.acsoja.org.ar/images/cms/contenidos/439_b.pdf>

PRENSA CIUDAD DE CÓRDOBA [en línea]. [consulta 04 abr 2019]

<<https://prensa.cba.gov.ar/gobernacion/se-firmo-el-acuerdo-para-uso-de-biodisel-en-el-servicio-de-transporte-publico/>>

SECRETARÍA DE ENERGÍA PRESIDENCIA DE LA NACIÓN [en línea]. [consulta 20 abr 2019]

<https://glp.se.gov.ar/biocombustible/reporte_precios.php>

DIARIO CRONISTA [en línea]. [consulta 10 abr 2019]

<<https://www.cronista.com/economiapolitica/Por-los-bajos-precios-enviaran-menos-biodiesel-al-mercado-20190410-0084.html>>

DIARIO CLARIN [en línea]. [consulta 10 abr 2019]

<https://www.clarin.com/rural/liga-bioenergetica-trabaja-nueva-ley-biocombustibles_0_5itDYyajE.html>

AGRICULTURA MODERNA MONSANTO [en línea]. [consulta 25 abr 2019]

<<http://agmoderna.com.ar/conservar-la-energia/biocombustibles-un-aporte-para-cuidar-el-medio-ambiente/>>

PRODUCCION DE BIODIESEL [en línea]. [consulta 25 abr 2019]

<<https://www.cepal.org/es/comunicados/brasil-argentina-colombia-lideran-produccion-biocombustibles-la-region>>

MAPA DE SISTEMA ENERGETICO ARGENTINO [en línea]. [consulta 25 abr 2019]

<<http://energiasdemipais.educ.ar/>>

ENERGIA EOLICA EN ARGENTINA [en línea]. [consulta 25 abr 2019]

<<https://argentinaeolica.org.ar/>>

INTERRUPTORES AUTOMATICOS ABB [en línea]. [consulta 25 Agosto 2019]

<<https://new.abb.com/low-voltage/es/productos/interruptores-automaticos>>

HMI Y PLC ALLEN BRADLEY [en línea]. [consulta 25 Agosto 2019]

<<https://ab.rockwellautomation.com/es/Graphic-Terminals>>

CABLES ELECTRICOS [en línea]. [consulta 25 Agosto 2019]

<<https://www.marlew.com.ar/>>

MATRIZ ENERGETICA MUNDIAL [en línea]. [consulta 15 Mayo 2019]

<<http://ceepys.org.ar/matriz-energetica/>>

<www.argentina.gob.ar>

<<https://www.oecd.org/economy/>>

<<https://www.eia.gov>>