

Artículo científico

Diseño de una planta para la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina, en la empresa de gestión de residuos sólidos "GERES", en el municipio de Sacaba

Design of a plant of biodiesel production from residual cooking oils, in the management company of solid waste "GERES", in the municipality of Sacaba

Sergio Alejandro Salinas García 1.

Ingeniero Electromecánico. Departamento de Ingeniería Electromecánica Univalle Cochabamba. sergio.salinas85@gmail.com

RESUMEN

Hoy en día, el crecimiento poblacional acarrea problemas como la generación de residuos, entre los cuales el aceite residual de cocina se destaca por no tener un medio adecuado para su disposición final. El diseño de una planta para la producción de biodiésel a partir de este desecho supone darle una nueva vida y revalorizar a lo que era considerado un residuo. El presente artículo tiene por objetivo proponer el diseño de una planta que contiene los medios técnicos necesarios para realizar esta transformación, adaptándose a la realidad del ámbito nacional y que tiene la capacidad de ser financiado por el ente gestor de residuos del Municipio de Sacaba con el objetivo de mitigar los daños que este ocasiona.

Palabras clave: Aceite residual. Biodiésel. Diseño. Transesterificación.

ABSTRACT

Nowadays, population growth is causing problems such as the generation of waste, among this the residual cooking oil stands out for not having an adequate means for its final disposal. The design of a plant to produce biodiesel from this waste means giving it a new life and revaluing what was considered a waste. The purpose of this paper is to propose the design of a plant that contains the technical means necessary to carry out this transformation, adapting to the reality of our national scope and that has the capacity to be financed by the waste management entity of Sacaba in order to mitigate the damage it causes.

Keywords: Biodiesel. Design. Residual oil. Transesterification.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, debido al crecimiento poblacional el aceite vegetal está siendo usado no solo en hogares sino también en centros de abasto, plazas de comida o comedores institucionales, donde sufren cambios a nivel químico y por inocuidad alimentaria deben ser desechados. Debido a la falta de educación y a la no existencia de medios técnicos que puedan tratar este residuo, es que se convierten en focos de contaminación y estropean las redes de alcantarillado.

Así mismo, nuestro país está enfrentando severos problemas en cuanto al abastecimiento de diésel derivado del petróleo, como indican datos de la IBCE (Instituto Boliviano de Comercio Exterior), Bolivia importa el 47% de este combustible, por lo que reducir este número se hace imperante económicamente ya que corresponden a 897 millones de dólares en 2018 (IBCE, 2019).

El biodiésel es un combustible de naturaleza renovable, el cual es derivado de aceites y grasas de origen vegetal o animal; tiene la capacidad de utilizarse en cualquier maquinaria accionado por un motor diésel y puede ser utilizado en diferentes proporciones incluso como aditivo. Su uso reduce notablemente las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de carbono (CO₂), además de los riesgos asociados a su manipulación y transporte.

La producción de biodiésel es un proceso que data del año 1937, cuando científicos en la universidad de Bruselas obtuvieron la patente por transformar aceites vegetales en combustibles por medio de la reacción de transesterificación, que consiste en el craqueo de la molécula de aceite mediante la adición de alcohol y catalizador (Castro et al., 2007).

Este combustible tiene la ventaja de proteger al motor debido a su alto número de cetano y mayor índice de lubricidad, incluso tiene propiedades detergentes que remueven los depósitos de carbón en motores que funcionaron antes con diésel mineral, además su menor contenido de residuos de carbón hace que estos depósitos de carbón no se acumulen (Action, 2005).

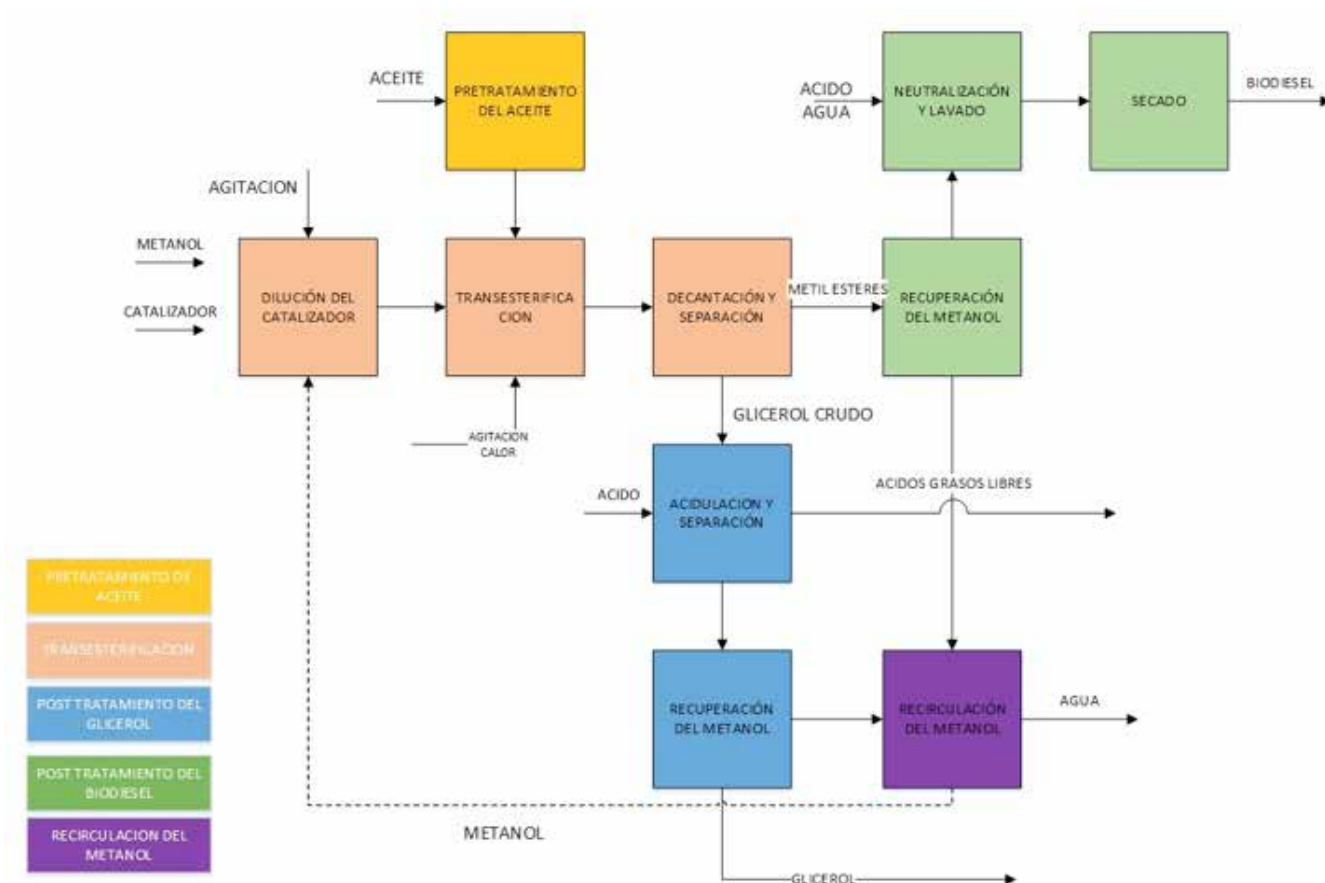
En este sentido, el objetivo del presente estudio es proponer, mediante la implementación de una planta, la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina, aprovechando el potencial energético y productivo de lo que es considerado un residuo. El estudio está adaptado a la realidad del Municipio de Sacaba, los requerimientos de la Empresa descentralizada de Gestión de Residuos Sólidos (GERES), los medios técnicos disponibles en nuestro medio y la normativa vigente; garantizando, de esta forma, la factibilidad técnica y económica del proyecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una planta para la producción de biodiésel es una unidad de transformación química que da paso a la transformación de aceite usado de cocina en un combustible de origen renovable, mediante la adición de alcohol y una sustancia catalizadora conocido como transesterificación. Bolivia al ser productor de hidrocarburos cuenta con un marco legal que hace referencia a normas internacionales y procesos estandarizados que es el D.S. 25502, su cumplimiento garantiza la factibilidad técnica y seguridad en su operación.

Por otro lado, la producción de biodiésel viene regulada por otros estándares internacionales como la ASTM 6751, que indica las propiedades elementales de este combustible para su uso puro o como aditivo para mezclas con diésel mineral, por lo que los procesos químicos también vienen estandarizados y tienen etapas específicas dependiendo del origen de las materias primas. Para el caso de producirlo con aceites usados por la industria alimenticia mediante la reacción de transesterificación las etapas que componen el proceso se ilustran en la Figura N°1.

Figura N°1. Proceso de producción de biodiésel por transesterificación alcalina



Fuente: Castro et al., 2007.

Este diagrama corresponde a la reacción de transesterificación alcalina en base a metanol e hidróxido de sodio como catalizador, que es el más adecuado para la transformación de aceites residuales de cocina ya que el metanol no reacciona ante los contaminantes que presentes en el aceite residual (Castro et al., 2007).

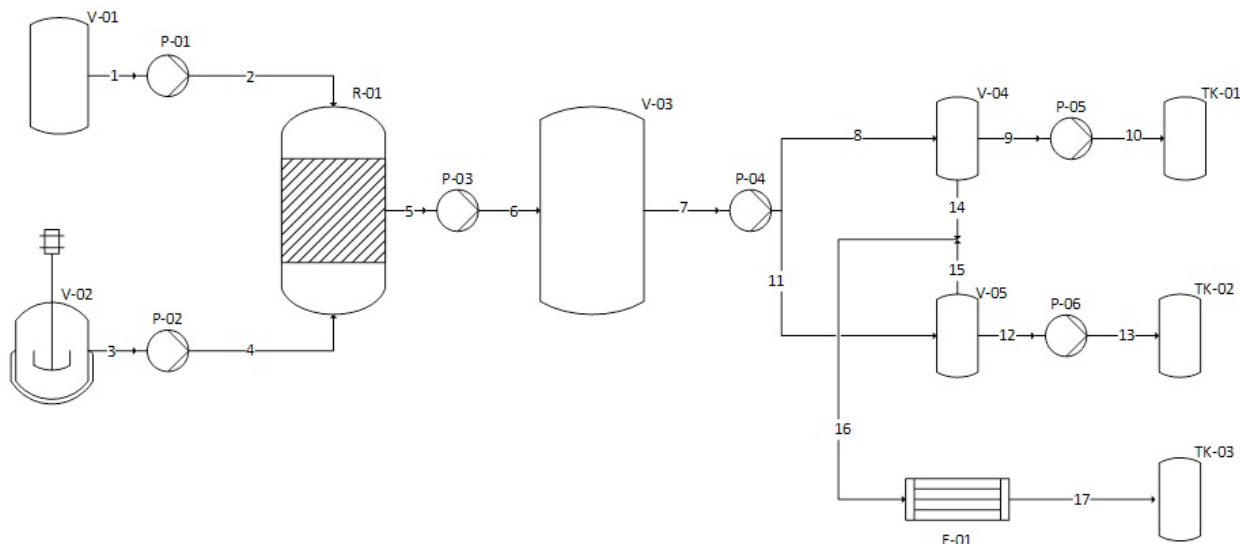
El diseño de esta planta además no solo debe cubrir los requerimientos legales de territorio nacional y del proceso, sino también los requerimientos de la unidad solicitante que este caso fue la Empresa descentralizada de Gestión de Residuos Sólidos (GERES) del Municipio de Sacaba, la cual solicita:

1. Diseño económico.
2. Flexible al incremento de la capacidad de recolección de la empresa.
3. Capacidad de tratar lotes de 500 litros de aceite residual de cocina.

Diseño de los componentes

Con estas consideraciones y requisitos, se elaboró el diagrama de flujos de proceso (PFD) el cual detalla de forma esquemática en la Figura N°2, los equipos necesarios para que la reacción de transesterificación ocurra de forma tal que no existan circuitos innecesarios.

Figura N°2. Diagrama de flujos de proceso PFD



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Seguidamente, se realizó un análisis volumétrico para determinar la capacidad de los equipos ilustrados en el diagrama PFD, para el cual se debieron considerar los requerimientos del proceso como son: relación molar de 6:1 de aceite y alcohol (80% de aceite y 20% de alcohol en volumen) y el tamaño de los lotes.

También el diagrama PFD reveló dos tipos de equipos que son los depósitos de proceso y los depósitos agitados, los cuales tienen geometrías definidas como se muestra en la Figura N°3.

Figura N°3. Tipos de depósitos

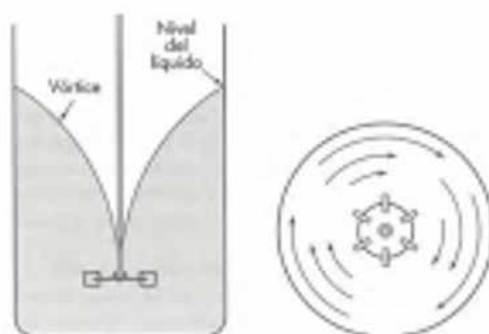


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los depósitos de proceso son aquellos con carcasa cilíndrica y fondo elipsoidal de una relación 2:1 para contener líquidos, los cuentan con acoples de entrada y salida, que corresponden a medias cuplas roscadas y, dependiendo su función, pueden tener calentadores

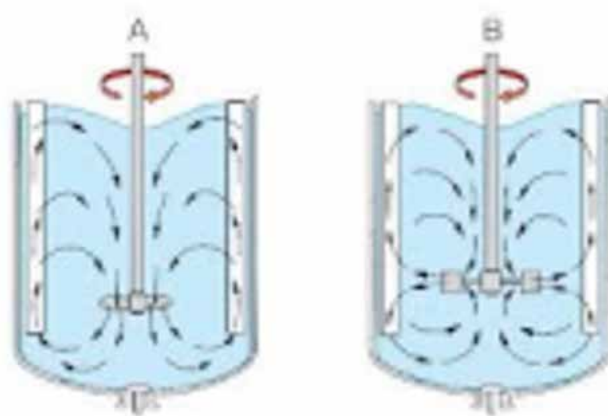
Por otro lado, los depósitos agitados tienen la característica de darle movimiento al fluido que contienen, pero se tiene que tener en cuenta que existen patrones de flujo de específicos para ciertas aplicaciones. En el caso del depósito de mezcla para solución catalítica se requiere un patrón de mezcla como se muestra en la Figura N°4 y para el reactor se requiere un patrón de agitación mostrado en la Figura N°5. Para que este cambio de flujo ocurra fue necesario incorporar deflectores radiales en el reactor

Figura N°4. Patrón de flujo en el proceso de agitación



Fuente: McCabe et al., 2001.

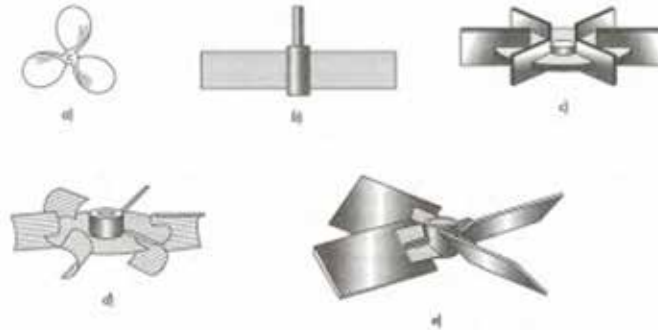
Figura N°5. Patrón de flujo en el proceso de mezclado



Fuente: McCabe et al., 2001.

Cuando se diseñan los depósitos agitados, la selección del tipo de mezclador juega un papel crucial ya que la geometría del depósito y la potencia que se requiere para mover el sistema dependen de este elemento, como se puede ver en la Figura N°6. Por temas económicos y de simplicidad es que se escoge el mezclador convencional de seis palas planas sin inclinación, el cual es movilizado por un motorreductor vertical de accionamiento eléctrico.

Figura N°6 .Agitadores para líquidos de viscosidad moderada



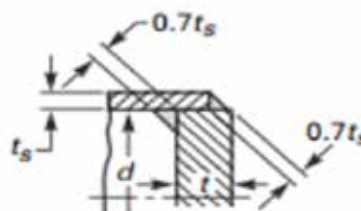
Fuente: McCabe et al., 2001.

Para el cálculo estructural de los componentes y como indica la normativa legal vigente se recurrió a las disposiciones del código ASME (2017) para Calderos y Recipientes de Presión, Sección VIII, División 1. Propiamente a los apartados UW-12 para eficiencia de las juntas; UG-1 para presión de diseño; UG-4, UG-5, UG-6 y la información establecida en la SEC II PARTE D, para la selección de los materiales. Cabe recalcar que para la selección de materiales se toma en cuenta la corrosividad de los compuestos que van a almacenar y los gradientes de temperatura establecidos por el proceso como indica el apartado UG-20 del citado código ASME (2017). Para ambos tipos de depósitos, además se consideró que por seguridad los depósitos no deben estar llenos a más del 80% de su capacidad.

Entre los materiales seleccionados también se consideraron aspectos como la disponibilidad en el mercado y la compatibilidad con otros materiales. Para los depósitos agitados se tomó en cuenta que los compuestos que van a ser contenidos son corrosivos por lo que la mejor alternativa es el uso de acero inoxidable (SA-240 grado 304), en tanto que los otros depósitos se construyeron con aceros al carbono estructural (A-36) para abaratar los costos.

Un componente importante de los depósitos es el tipo de cabeza y para ello el código ASME (2017), BPVC SEC VIII DIV 1, ofrece diferentes tipos de cabezas del tipo removible, de las cuales por simplicidad en la fabricación se seleccionó la configuración hecha en dos piezas soldadas (anillo de sujeción más cobertura circular) como se muestra en la Figura N°7:

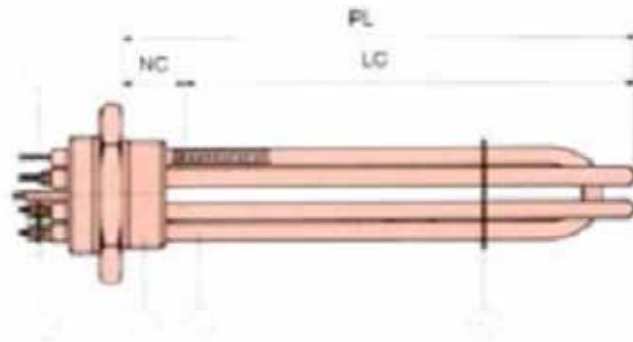
Figura N°7. Tapa circular removible ASME



Fuente: ASME, 2017.

El diseño también se adaptó a las condiciones que ofrece las instalaciones de la empresa solicitante, al no ser una empresa perteneciente al rubro industrial, esta solo cuenta con energía eléctrica por lo que el medio de aporte de calor son calentadores eléctricos tal como muestra la Figura N°8. El tipo de aporte de calor que deben ofrecer los calentadores solo del tipo sensible ya que no se requiere de cambio fase para que la reacción no se vea afectada.

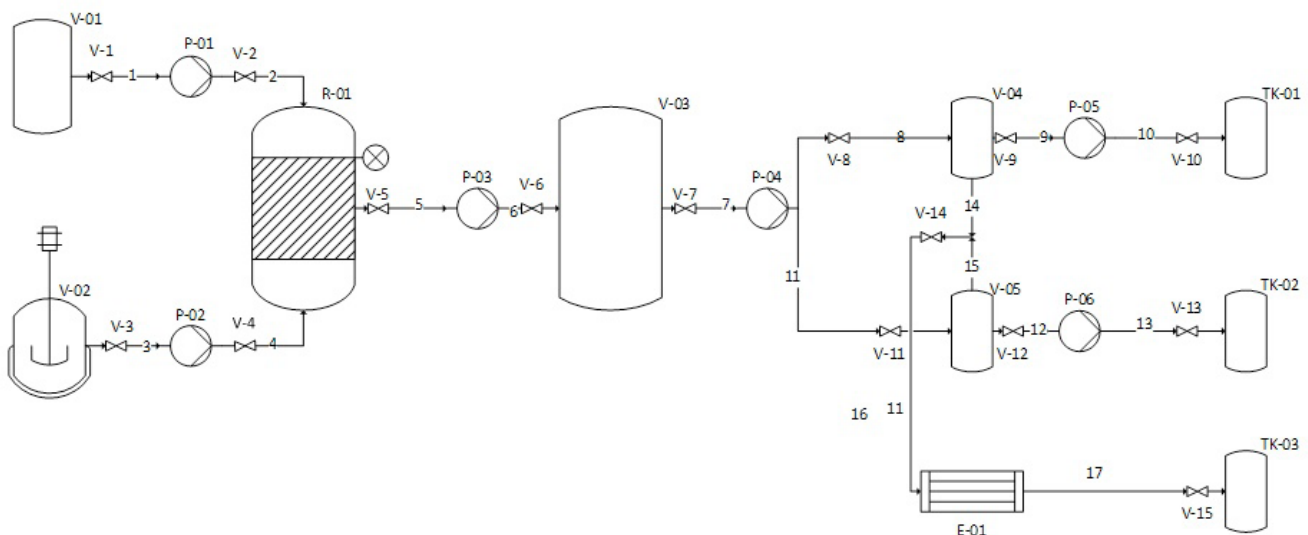
Figura N°8. Calentador eléctrico de inmersión



Fuente: CRN, 2017.

El siguiente paso para el diseño de la planta viene dado por determinar los componentes que se encargan de transportar el flujo a través de los equipos (tuberías, válvulas y bombas) y este se lo obtuvo realizado el diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) como se muestra en la Figura N°9. Las tuberías se seleccionan en base a los lineamientos del código ASME (2017) en su apartado B31.3 para tuberías de proceso, así mismo el cálculo del espesor mínimo requerido. Las dimensiones nominales son aprobadas por la NPS 24. Los accesorios utilizados para el diseño de tuberías son seleccionados del código ASME (2017) en su apartado B16.9 para uniones roscadas, el procedimiento que propone la norma además toma en cuenta en el cálculo el sobre espesor requerido para el mecanizado de la rosca y el desgaste por corrosión.

Figura N°9. Diagrama P&ID



Fuente: Elaboración propia, 2018.

El cálculo de las bombas es realizado en base a las propiedades del fluido y la diferencia de alturas determinadas del diseño de los depósitos tanto de proceso como agitados, así como la rugosidad del material de las tuberías que para mantener los costos bajo son aceros ferríticos y las pérdidas menores. Las bombas además son a prueba de explosiones (Xproof) con grado de protección IP55 en cumplimiento con las normas de seguridad.

Costo del proyecto

Para la estimación de costos en un estudio preliminar de diseño existen aproximaciones porcentuales y métodos que permiten obtener un costo con un margen de error de 15% a 30% conforme con el American National Standards Institute (ANSI) y parte del costo de fabricar los equipos.

El costo de fabricar los depósitos de proceso es un cálculo que esta intrínsecamente relacionado al peso y volumen del mismo, la estimación del precio viene dado por la ecuación

1:

$$Z = 0.80741 * X^{0.75} \quad (1)$$

Donde:

- Z=costo del depósito (\$.)
- X= peso del depósito (ton)

Para obtener el precio en moneda nacional se usa el siguiente factor:

1 \$ → 6,91 Bs

Análisis de impacto ambiental

El análisis de impacto ambiental es una tarea compleja, que por lo general se realiza cuando se conocen todas las actividades que componen un proyecto, para el caso particular de la planta para producir biodiésel se quiere corroborar que realmente se está haciendo algo a favor del medio ambiente con todas las actividades que componen el proceso de transformación hasta su aplicación. Para ello se elaboró una matriz de identificación de impactos, que relaciona las afectaciones al medio ambiente y las actividades que se realizan en la planta.

Finalmente, se realizó el grafico de categorización de impactos en el cual se presenta de forma gráfica la sumatoria de las afectaciones negativas y positivas sobre el medio ambiente.

RESULTADOS

Componentes

Los resultados obtenidos son producto de procedimientos estandarizados, los cuales garantizan que los componentes tendrán la resistencia mecánica y la capacidad para tratar los volúmenes que la empresa requiere, así como los requisitos de la reacción química. La Tabla N°1, 2 y 3 presentan las dimensiones y características de los equipos diseñados.

Tabla N°1. Dimensiones y características de los equipos diseñados en acero A-36 sin agitadores

EQUIPOS					
CÓDIGO: V-01		MATERIAL: acero A-36			PESO: 207 Kg
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Acoples de ingreso y salida.
800	1150	200	6	15	Salida: media cupla roscada clase 3000 de 3/4". Accesorio: media cupla roscada clase 3000 de 1/2".
CÓDIGO: V-03		MATERIAL: acero A-36			PESO: 305 Kg
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Acoples de ingreso y salida.
850	1250	200	6	15	Ingreso media cupla roscada clase 3000 de 1". Salida: media cupla roscada clase 3000 de 3/4". Accesorio: media cupla roscada clase 3000 de 1/2".
CÓDIGO: V-04		MATERIAL: acero A-36			PESO: 270 Kg
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Acoples de ingreso y salida.
800	1150	200	6	17	Ingreso: media cupla roscada clase 3000 de 3/4". Salida: media cupla roscada clase 3000 de 3/4". Accesorio: media cupla roscada clase 3000 de 1/2".

CÓDIGO: V-05		MATERIAL: acero A-36			PESO: 97 Kg
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Acoples de ingreso y salida.
500	700	150	6	10	Ingreso: media cupla roscada clase 3000 de 3/4". Salida: media cupla roscada clase 3000 de 3/4". Accesorio: media cupla roscada clase 3000 de 1/2".
CÓDIGO: TK-01		MATERIAL: acero A-36			PESO: 217 Kg
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Acoples de ingreso y salida.
750	1150	200	6	10	Ingreso: media cupla roscada clase 3000 de 3/4" Salida: media cupla roscada clase 3000 de 3/4".
CÓDIGO: TK-02		MATERIAL: acero A-36			PESO: 85 Kg
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Acoples de ingreso y salida.
450	700	150	6	10	Ingreso: media cupla roscada clase 3000 de 3/4" Salida: media cupla roscada clase 3000 de 3/4"
CÓDIGO: TK-03		MATERIAL: acero A-36			PESO: 38 Kg
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Acoples de ingreso y salida.
300	450	80	6	6	Ingreso: Salida:

Fuente: elaboración propia, 2018.

Tabla N°2. Dimensiones y características de los equipos diseñados en acero A-240 con agitadores

CÓDIGO: V-02		MATERIAL: SA-240 grado 304				PESO: 92 Kg	
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Ancho del deflector (mm)	Acoples de ingreso y salida	
550	550	100	6	10	-	Salida: media cupla roscada clase 3000 de	
DATOS DEL AGITADOR							
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)			
185	REV	REV	Ø60 X 365 mm	½			
CÓDIGO: R-01		MATERIAL: SA-240 grado 304				PESO: 375 Kg	
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Altura de cabeza (mm)	Espesor del depósito (mm)	Espesor de la tapa (mm)	Ancho del deflector (mm)	Acoples de ingreso y salida	
1000	1000	100	6	17	85	Ingreso: media cupla roscada clase 3000 de ¾" (x2) Salida: media cupla roscada clase 3000 de 1". Accesorio: media cupla roscada clase 3000 de ½".	
DATOS DEL AGITADOR							
Diámetro del aspa (mm)	Altura del aspa (mm)	Ancho del aspa (mm)	Eje (mm)	Potencia del motoreductor (HP)			
350	90	70	Ø70 X 650 mm	1 ½			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Las tuberías calculadas también cumplen con las especificaciones de seguridad y dimensiones estandarizadas de acuerdo con normas internacionales.

Tabla N°3. Dimensiones y características del sistema de tuberías

TUBERÍAS			
CÓDIGO: L1-AC-3/4		MATERIAL: A-106-B	
Configuración	Diámetro NPS	Esquema	Tamaño de la línea (mm)
Aceite pre tratado.	3/4"	40	2050 mm
Accesorios: Codo 90° 3/4" (x3).			
CÓDIGO: L2-SCA-3/4		MATERIAL: A-106-B	
Configuración	Diámetro NPS	Esquema	Tamaño de la línea (mm)
Solución Catalítica (CH ₃ OH+NaOH).	3/4"	40	1890 mm
Accesorios: Codo 90° 3/4" (x3).			
CÓDIGO: L3-MEZ-1		MATERIAL: A-106-B	
Configuración	Diámetro NPS	Esquema	Tamaño de la línea (mm)
Mezcla de aceite y solución catalítica.	1"	40	2825 mm
Accesorios: Codo 90° 1" (x3).			
CÓDIGO: L4-BDC-3/4		MATERIAL: A-106-B	
Configuración	Diámetro NPS	Esquema	Tamaño de la línea (mm)
Biodiésel Crudo.	3/4"	40	3745 mm
Accesorios: Codo 90° 3/4" (x3). Te 3/4" (x1).			
CÓDIGO: L5-GLC-3/4		MATERIAL: A-106-B	
Configuración	Diámetro NPS	Esquema	Tamaño de la línea (mm)
Glicerol Crudo.	3/4"	40	3620 mm
Accesorios: Codo 90° 3/4" (x3). Te 3/4" (x1).			
CÓDIGO: L7-BD-3/4		MATERIAL: A-106-B	
Configuración	Diámetro NPS	Esquema	Tamaño de la línea (mm)
Biodiésel.	3/4"	40	2535 mm
Accesorios: Codo 90° 3/4" (x3).			
CÓDIGO: L8-GL-3/4		MATERIAL: A-106-B	
Configuración	Diámetro NPS	Esquema	Tamaño de la línea (mm)
Glicerol.	3/4"	40	2185 mm
Accesorios: Codo 90° 3/4" (x3).			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Las válvulas requeridas para la planta son válvulas esféricas y son instaladas después de las bombas y a la salida de cada depósito para poder cortar el flujo en caso de incidentes, la Tabla N°4 presenta las características de las válvulas seleccionadas, la codificación es fruto del diagrama de instrumentación y tuberías P&ID. Las bombas utilizadas son tipo Xproof con grado IP55 para evitar explosiones a causa de electricidad estática, la Tabla N°5 muestra las características de las bombas seleccionadas.

Tabla N°4. Características de las válvulas seleccionadas

VÁLVULAS		
Código	Descripción	Tipo de válvula
V-1	Válvula del Depósito V-01	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-2	Válvula Bomba de aceite.	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-3	Válvula Deposito V-02	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-4	Válvula Bomba de solución catalítica.	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-5	Válvula Reactor R-01	Válvula de bola (esférica) 1" Clase 150
V-6	Válvula Bomba de mezcla	Válvula de bola (esférica) 1" Clase 150
V-7	Válvula Decantador V-03	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-8	Válvula Línea de Biodiésel	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-9	Válvula Deposito V-04	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-10	Válvula Bomba de Biodiésel	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-11	Válvula línea de Glicerol	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-12	Válvula del Depósito V-05	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-13	Válvula Bomba de Glicerol	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-14	Válvula Línea de Metanol recuperado	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150
V-15	Válvula de Ingreso al Deposito TK-03	Válvula de bola (esférica) ¾" Clase 150

Fuente: Elaboración propia, 2018.

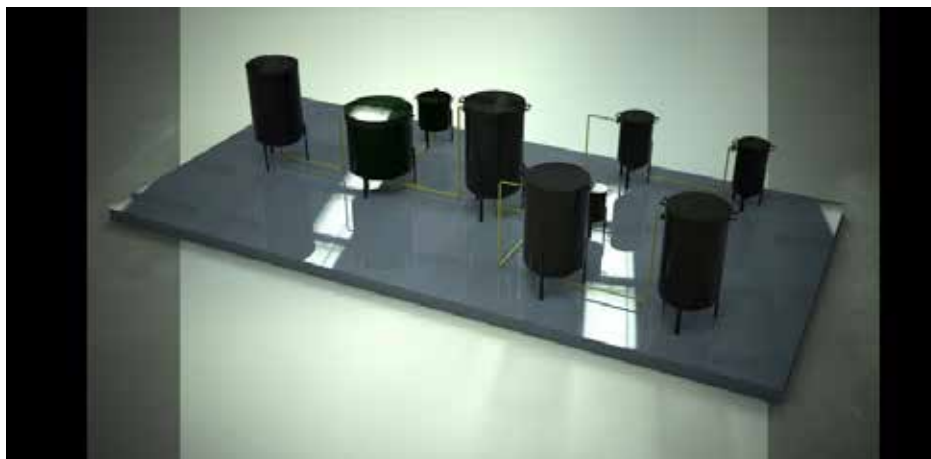
Tabla N°5. Características de las bombas seleccionadas

BOMBAS		
Código	Descripción	Tipo de la bomba
B-1	Bomba de aceite pre tratado.	Electrobomba centrífuga de ½ HP, 50 L/min, monofásica.
B-2	Bomba de solución catalítica.	Electrobomba centrífuga de ½ HP, 50 L/min, monofásica.
B-3	Bomba de mezcla del reactor.	Electrobomba centrífuga de ½ HP, 50 L/min, monofásica.
B-4	Bomba de biodiésel/glicerol.	Electrobomba centrífuga de ½ HP, 50 L/min, monofásica.
B-5	Bomba de biodiésel.	Electrobomba centrífuga de ½ HP, 50 L/min, monofásica.
B-6	Bomba de glicerol	Electrobomba centrífuga de ½ HP, 50 L/min, monofásica.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para tener una mejor representación de la planta en su totalidad, la Figura N°10 muestra el ensamblaje general de la planta.

Figura N°10 Vista general de la planta



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Costos

Como se indicó previamente, el costo de los equipos esta intrínsecamente relacionado al peso de los mismos. Una vez obtenido el costo para fabricar los depósitos, el costo de los demás componentes de la planta como tuberías, instrumentación, sistema eléctrico y contingencias son porcentajes desglosados del costo de los depósitos. Los porcentajes típicos vienen dados por el grado de exactitud de un proyecto que para el caso de este diseño es un estudio preliminar Clase III donde se cuenta con hasta un 40% de la ingeniería del proyecto y diagramas preliminares.

Los porcentajes típicos para esta categoría son:

- Tuberías 13% para transportar materiales en fase acuosa.
- Instrumentación 5% debido a la complejidad del proyecto y los requerimientos de la empresa.
- Sistema eléctrico 10%.
- Contingencias 10% debido a que la empresa ya cuenta con las obras civiles que albergan al proyecto.

La Tabla N°6 resume el costo total de la planta:

ÍTEM	MONTO	
COSTO DE OS EQUIPOS	Bs	88.920,60
COSTO DE LAS TUBERÍAS	Bs	11.559,68
COSTO DE INSTRUMENTACIÓN	Bs	4.446,03
COSTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO	Bs	8.892,06
COSTO POR CONTINGENCIAS.	Bs	12.537,80
COSTO ESTIMADO TOTAL DE LA PLANTA.		
	Bs	126.356,17
	\$	18.285,99

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Impacto ambiental

Para este objetivo se realiza una matriz de identificación de impactos (Tabla N°7) que relaciona las afectaciones al medio ambiente y las actividades que se realizan en la planta. En las cual se pondera la afectación un rango de -3 a 0 para afectaciones negativas y de 0 a 3 para afectaciones positivas.

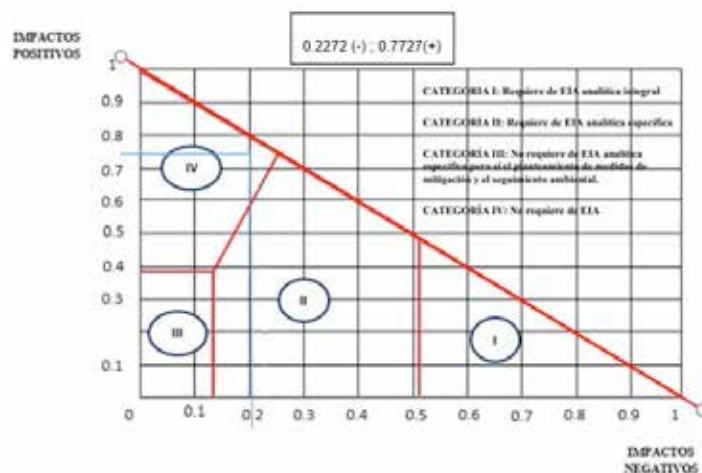
Tabla N°7. Matriz de identificación de impactos

Actividades del proceso	Factores ambientales					
	Aire	Agua	Suelos	Ecología	Ruido	Socioeconóm
Recolección	1	3	2	3		1
Pre tratamiento		-1				
Transesterificación					-1	
Post tratamiento		-1				
Recuperación		1				
Generación de residuos		-1				
Aplicación	2		1	2		2
Afectaciones positivas	3	3	3	5	0	3
Afectaciones negativas	0	4	0	0	1	0

Fuente: Elaboración propia con base a Vargas (2017).

Los resultados obtenidos de la sumatoria de afectaciones positivas y negativas se las sintetiza en el gráfico de categorización de impactos, Figura N°11:

Figura N°11. Categorización de evaluación de impacto ambiental



Fuente: Elaboración propia con base a Vargas (2017).

Finalmente, se realizó el gráfico de categorización de impactos el cual demuestra la poca o nula afectación al medio ambiente. El impacto corresponde a la categoría IV, dicha categoría no requiere de un estudio de impacto ambiental, ni medidas de mitigación ya que el 22% del impacto ambiental supone que será negativo, por lo que el proyecto es beneficioso para el medio ambiente.

DISCUSIÓN

Diseño de los componentes

La selección de los materiales, al estar sujeta a las disposiciones de la norma, garantiza que podrá resistir mecánicamente y es compatible con el proceso. La resistencia mecánica de los materiales que proporciona la norma cuenta con un factor de seguridad de $n=3,5$. La presión de diseño viene dada por la suma de la presión hidrostática y la diferencia de presiones que existe entre en el interior del depósito y el exterior. Debido a que la presión de operación es atmosférica, no existe diferencia de presiones, por lo que la presión de diseño viene dada por el fluido almacenado. La presión de diseño conforme el código ASME (2017) BPVC SEC VIII DIV 1, no debe ser menor a 15 Psi para que las correlaciones nos brinden resultados confiables por lo que se adopta este valor para el cálculo, ya que en ningún depósito se supera el mínimo.

Para el caso particular del cálculo del espesor de los depósitos, se tomó en cuenta las disposiciones código ASME (2017) BPVC SEC VIII DIV 1 UG-27 incisos a) y c), de acuerdo a estos incisos existen dos criterios para el cálculo, por esfuerzos longitudinales y por esfuerzos radiales. De los resultados obtenidos se llega a la conclusión que el criterio que mayor tensión concentra es el de esfuerzos longitudinales, siendo aproximadamente un 50% mayor que los esfuerzos circunferenciales. La norma ASME (2017) también indica que el espesor de los depósitos no será menor a 6 mm y debido a que el cálculo no supera este espesor se considera el mínimo para garantizar los procedimientos de biselado y soldadura.

Las correlaciones para el cálculo y selección de los agitadores vienen estandarizadas y sintetizadas por Castro et al. (2007), el cálculo comprende el dimensionamiento de las paletas, disco agitador, deflectores, potencia requerida y por supuesto las dimensiones del depósito, las cuales garantizan la agitación o mezcla de manera eficiente.

El procedimiento utilizado para el cálculo y selección de tuberías fue realizado en base a los lineamientos del código ASME (2017) B.31,3 para tuberías de proceso. De acuerdo con este código, es necesario el cálculo del espesor de la pared tomando en cuenta las tolerancias mecánicas, para este caso se considera un valor de 0,5 mm. Las dimensiones utilizadas para las tuberías que conectan los depósitos de proceso son de $\frac{3}{4}$ " salvo para la línea que conecta el reactor con el decantador el cual se opta por una tubería de 1" y así manejar un caudal mayor. El espesor de acuerdo a norma corresponde a una tubería sch 40 ya que garantiza el espeso calculado y provee de 2,5 mm de sobre espesor que hacen frente a la corrosión.

El cálculo de la potencia de las bombas, implica tomar en cuenta todas las pérdidas que se experimentan a lo largo de las tuberías, se tienen pérdidas menores, que son generadas por los accesorios como codos, válvulas, reducciones, y las pérdidas de carga por fricción en la tubería. Conociendo la longitud equivalente a las pérdidas y la diferencia de alturas entre la salida y la entrada a de la bomba se obtiene la altura cabeza que tiene que manejar la bomba. Mediante este procedimiento se garantiza que la bomba puede impulsar al fluido. Finalmente, por seguridad las bombas seleccionadas son movidas por motores eléctricos a prueba de explosiones con protección IP55.

En conclusión, el cálculo de los componentes eléctricos contempla el derrateo por altura conforme con la norma NEMA MG-1, la cual indica que los equipos experimentan bajas de rendimiento a medida que la altura de operación varia, se toma en cuenta una disminución de 12% para altitudes de 8301-9900 pies sobre el nivel del mar (2500-3000 m.s.n.m),

Costos del proyecto

El costo de los depósitos, que son los equipos principales, representa el 70% del costo total de la planta, por tal motivo las aproximaciones de costos para los siguientes componentes se desprenden de ella.

Si bien existen otros costos que pueden ser tomados en cuenta como el acabado superficial y el costo de la inspección, para el caso particular de este proyecto supone costos adicionales que van en contra de los requerimientos de la empresa.

Conclusión

De acuerdo con lo expuesto en este documento queda claro que el diseño de una planta para la producción de biodiésel es factible técnicamente debido al sustento por parte de normas y códigos internacionales, es un diseño flexible y seguro por lo que su tiempo de vida también puede ser extendido sin comprometer la integridad de la planta.

De acuerdo con el análisis económico el proyecto revela la factibilidad, el costo calculado de \$18.285,99, equivalentes a Bs. 126.356,17 es un precio competitivo frente a plantas que llevan consigo el costo asociado a la importación de los equipos y la puesta en marcha por expertos técnicos una empresa internacional.

El análisis de impacto ambiental demuestra que la implementación de una planta para la producción de biodiésel es una solución al problema de medio ambiente, siendo un proyecto categoría IV no requiere de medidas de mitigación ni estudios de evaluación de impacto ambiental, por tanto, el impacto total que tiene sobre el medio ambiente es positivo. La transformación de 500 L de aceite en combustible supone salvar 500 m³, lo que es altamente beneficioso para la fauna acuática.

Agradecimientos

Un reconocido agradecimiento a las autoridades académicas de la carrera de electromecánica de la Universidad Privada del Valle y de manera especial al Ing. Alfredo Meneses Heredia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Action, w. d. (2005). biodiesel: produccion y aplicaciones (español). washington: whitmann direct action.

IBCE. (6 de Marzo de 2019). Bolivia: importaciones de diesel. Bolivia: Instituto Boliviano de Comercio Exterior.

Vargas, M. (2017). DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO SOLAR, PARA CUBRIR LA TOTALIDAD DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS VIVIENDAS, EN EL MUNICIPIO DE VILLA GUALBERTO VILLARROEL DE LA PROVINCIA PUNATA DEL DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA (proyecto de grado). Cochabamba: Universidad Privada del Valle.

Castro, P., Coello, J., Castillo, L. (2007). Opciones para la producción y uso del Biodiésel en el Perú. Editorial: Soluciones Prácticas-ITDG, p. 176.

McCabe, W., Smith, J., Harriot, P. (2001). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. 6ta ed. México: McGRAW-HILL.

CRN (2017). Catálogo 2017. Barcelona-España: CRN TECNOPART, p. 146.

ASME-American Society of Mechanical Engineers (2017). BPVC Section VIII-Rules for Construction of Pressure Vessels Division 1. New York: ASME, p. 777.

Derechos de Autor (c) 2019 Sergio Alejandro Salinas García.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)