

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**REAPROVECHAMIENTO DE ACEITES USADOS EN POLLERIAS
PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL – JULIACA**

TESIS

PRESENTADO POR:

Br. PERCY MOLLENIDO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERU

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

REAPROVECHAMIENTO DE ACEITES USADOS EN POLLERIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL – JULIACA

TESIS

PRESENTADO POR:

Br. PERCY MOLLENIDO MAMANI


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

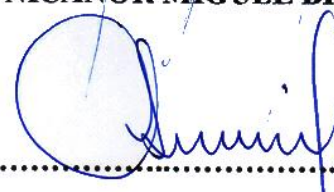
FECHA DE SUSTENTACION: 29 DE DICIEMBRE DEL 2017

APROBADO POR EL JURADO REVISOR, CONFORMADO POR:

PRESIDENTE


.....
Dr. NICANOR MIGUEL BRAVO CHOQUE

PRIMER MIEMBRO


.....
Dr. ALVARO GABINO SARMIENTO MENA

SEGUNDO MIEMBRO


.....
Blgo. HERMINIO RENE ALFARO TAPIA

DIRECTOR DE TESIS


.....
M.Sc. ALFREDO L. LOZA DEL CARPIO

ÁREA : CIENCIAS BIOMÉDICAS
LÍNEA : CALIDAD AMBIENTAL
TEMA : CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN



DEDICATORIA

“El corazón humano esconde tesoros, en secreto guardados en silencio, sellados, pensamientos, esperanzas, sueños y placeres cuyo encanto se rompería si fueran revelados”.

.....Definitivamente tal vez.

Esta tesis va dedicada a todas esas personas que son difíciles de encontrar, pero fácil de querer e imposible de olvidar; a aquellos, que más he querido, quiero y querré por siempre.

“Es increíble saber lo mucho que tiene que aprender, para poder comprender lo poco que sabes”.

Efmam Moll

AGRADECIMIENTOS

La gratitud es nuestra línea más directa hacia Dios y los ángeles. Si nos tomamos el tiempo, no importa lo locos y con problemas que nos sintamos, podemos encontrar algo que agradecer.

Mil gracias queridos Padres por sus innumerables consejos, por ser tan repetitivos conmigo, por darme la contraria en muchas cosas que yo creía eran buenas para mí y resultaron ser malas, ahora entiendo el porqué de ser tan pacientes y les agradezco infinitamente porque sé que con su cariño y educación me han formado como un hombre de bien.

Gracias por la confianza y por siempre creer en mí, porque ese voto que tuviste conmigo me ha permitido explorar y aventurarme para cumplir mis metas. Me ha impulsado a conseguir más de lo que jamás podría haber soñado, y todo te lo debo a ti, mi hermana, mi compañera del alma.

A ustedes, mi familia, son lo máspreciado que tengo. A veces tengo que salir, distanciarme, y sé que siempre puedo contar con ustedes. Me dan siempre el apoyo que necesito, por ello y por su gran amor, les doy gracias infinitas, pues sé que su apoyo estará en mí

Gracias a mis buenos amigos, pude superar todos los desafíos que la vida me dio. No sé qué habría hecho sin su ayuda, los quiero mucho

Contenido

RESUMEN.....	10
I. INTRODUCCION.....	12
II. REVISION DE LITERATURA	14
2.1 ANTECEDENTES	14
2.2 MARCO TEORICO.....	16
2.2.1 Aspectos Generales	16
2.2.2 Las Energías Renovables	16
2.2.3 Los Biocombustibles En El Perú.....	19
2.2.4 Fuentes de Materia Prima Para Producir Biodiesel.....	20
2.2.5 Propiedades Físico Químicas De Las Grasas Y Aceites	20
2.2.6 El Biodiesel.....	20
2.2.7 Transesterificación alcalina	21
A. Pre tratamiento del aceite	21
B. Transesterificación.....	25
C. Post tratamiento Del Biodiesel	26
D. Post tratamiento de la glicerina	26
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	27
III. MATERIALES Y METODOS	29
3.1 AREA DE ESTUDIO.....	29
3.2 MATERIALES	29
3.3 METODOLOGIA.....	30
3.3.1 Volúmenes de AVU Generados por las Pollerías de Juliaca.	30
3.3.2 Dosis adecuada de metóxido para la obtención de biodiesel	31
3.3.3 Efectividad del biodiesel producido probado en un motor a diésel convencional.	34
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
3.4.1 Volúmenes de AVU generados por las pollerías de Juliaca	34
3.4.2 Dosis Adecuada de Metóxido Para la Obtención de Biodiesel	36
3.4.3 Efectividad del Biodiesel Producido Probado en Motor a Diésel Convencional.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	39
4.1 Determinar los Volúmenes de Aceites Vegetales Usados Generados por las Pollerías de Juliaca.	39
4.2 Establecer la Dosis Adecuada de Metóxido para la Obtención de Biodiesel, Partiendo de los Aceites Vegetales Usados por las Pollerías de Juliaca.	41
4.3 Probar la Efectividad del Biodiesel Producido, en un Motor a Diésel Convencional y estacionario.....	47

V. CONCLUSIONES	50
VI. RECOMENDACIONES	51
VII. BIBLIOGRAFIA	52
VIII. ANEXOS	57
Encuesta	57
Resultados de la Encuesta	59
Determinación del índice de acidez para reagrupar muestras	69
Panel Fotográfico	74

Lista de figuras

<i>FIGURA 1 Flujo grama del proceso de obtención de biodiesel a partir de AVU.</i>	33
<i>FIGURA 2 Comparación del rendimiento porcentual que presentan 4 tratamientos en relación a la producción de BD100 obtenido partiendo de AVU.</i>	44
<i>FIGURA 3 Frecuencia relativa de pollerías en relación a su consumo en galones por semana.</i>	63
<i>FIGURA 4 Uso que le dan las pollerías al aceite consumido.</i>	64
<i>FIGURA 5 Muestra la frecuencia con la que usan el mismo aceite en las pollerías de Juliaca.</i>	64
<i>FIGURA 6 Muestra la cantidad (gls) de aceites vegetales desechados por las pollerías de Juliaca.</i>	65
<i>FIGURA 7 Disposición final de los aceites vegetales usados que le dan las pollerías de la ciudad de Juliaca.</i>	66
<i>FIGURA 8 Marca de aceite usado por las pollerías de Juliaca.</i>	67
<i>FIGURA 9 Muestras a reagrupadas en relación a su índice de acidez.</i>	72
<i>FIGURA 10 Muestras Reagrupadas.</i>	72
<i>FIGURA 11 Muestras de aceites vegetales usados en 21 pollerías de la ciudad de Juliaca.</i>	74
<i>FIGURA 12 Filtrado de muestras de aceites vegetales usados en 21 pollerías de la ciudad de Juliaca.</i>	74
<i>FIGURA 13 Sub muestras de AVU para poder determinar el IA.</i>	74
<i>FIGURA 14 Determinación del peso de las sub muestras de AVU para poder determinar el IA.</i>	74
<i>FIGURA 15 Adición de Alcohol isopropílico a las sub muestras de AVU para poder determinar el IA.</i>	74
<i>FIGURA 16 Determinando el IA de las sub muestras de AVU.</i>	74
<i>FIGURA 17 Calentando el aceite para evaporar el agua del AVU.</i>	75
<i>FIGURA 18 Proceso de Transesterificación del AVU tratado.</i>	75
<i>FIGURA 19 Proceso de separación de la glicerina y biodiesel producido luego del proceso de transesterificación.</i>	75
<i>FIGURA 20 Extrayendo la glicerina luego de la decantación en el tubo de decantación luego del proceso de transesterificación.</i>	75
<i>FIGURA 21 Lavado del biodiesel producido.</i>	75
<i>FIGURA 22 Deshidratado del biodiesel producido.</i>	75
<i>FIGURA 23 Glicerina y biodiesel producido partiendo de AVU en las pollerías de Juliaca.</i>	76
<i>FIGURA 24 Prueba de efectividad del biodiesel en un motor convencional.</i>	76

Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Variables analizadas en la producción de biodiesel.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 2 ANOVA Modelo de análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo, con 95% de confiabilidad.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 3 Prueba de contraste de TUKEY.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4 Variables analizadas en el consumo de biodiesel tras la prueba del mismo en un motor a diésel convencional.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5 ANOVA Modelo de análisis de varianza de un factor, con 95% de confiabilidad.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 6 Estimación de los volúmenes de aceites vegetales consumidos y desechados por las pollerías de Juliaca.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 7 Distribución de Frecuencias de generación de AVU por las pollerías de la ciudad de Juliaca...40</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 8 Cálculo de metanol e KOH para la producción de BD100 en 4 tratamientos distintos viendo sus rendimientos en la producción de BD100 partiendo de AVU por las pollerías de Juliaca.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 9 Resumen de datos para realizar el Análisis de Varianza de dos Factores con una sola muestra por grupo, basados en el rendimiento de BD100 producido a partir de AVU.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 10 Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo, basados en el rendimiento de BD100 producidos a partir de AVU.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 11 Determinación de significancia a 95% de confiabilidad.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 12 Prueba de comparación múltiple de medias de Tukey.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 13 Consumo de biodiesel (BD5, BD20, BD50 y BD100) en un motor estacional y convencional durante 10 minutos de funcionamiento.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 14 Resumen de datos para realizar el Análisis de Varianza de un factor, para ver la diferencia significativa en el promedio de consumo de biodiesel a diversas concentraciones.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 15 Análisis de varianza del consumo de BD5, BD20 y BD50; probados en un motor diésel convencional.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 16 Determinación de significancia a 95% de confianza.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 17 Datos generales que resultan de las encuestas realizadas a las pollerías de la ciudad de Juliaca.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 18 Frecuencia del consumo de aceite semanal.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 19 Distribución de Frecuencias basadas en la cantidad (galones) de aceite desechado semanalmente por las pollerías de Juliaca.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 20 Determinación del Índice de Acidez Promedio (IA).....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 21 Distribución de frecuencias en relación al IA promedio de las sub muestras.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 22 Reagrupación de las unidades muestrales.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 23 Pruebas de Remoción o Disminución de IA de AVU.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 24 Porcentaje de Remoción de IA de las muestras que se usaron para la producción de Biodiesel a partir de AVU.....</i>	<i>73</i>

Lista de Acrónimos

- AGL** Ácidos Grasos Libres
- AVU** Aceites Vegetales Usados
- BD** Biodiesel
- BD5** Biodiesel al 5%
- BD20** Biodiesel al 20%
- BD50** Biodiesel al 50%
- BD100** Biodiesel al 100%
- CO2** Dióxido de Carbono
- IA** Índice de Acidez
- KOH** Hidróxido de Potasio
- NaOH** Hidróxido de Sodio
- RSU** Residuos Sólidos Urbanos
- TPE** Toneladas de Petróleo Equivalente
- UNALM** Universidad Nacional Agraria la Molina

RESUMEN

Los resultados obtenidos de la investigación sobre reaprovechamiento de los aceites para la obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales usados (AVU) por medio de la transesterificación con metanol a escala de laboratorio, utilizando hidróxido de potasio (KOH) como catalizador, para el “Reaprovechamiento de Aceites Usados en Pollerías Para la Producción de Biodiesel en Juliaca”, teniendo como objetivos: Determinar los volúmenes de aceites vegetales usados generados por las pollerías de Juliaca; Establecer la dosis adecuada de metóxido para la obtención de biodiesel, partiendo de los aceites vegetales usados por las pollerías de Juliaca y Probar la efectividad del biodiesel producido en un motor a diésel convencional y estacionario. Para lo cual, se realizó encuestas a 21 pollerías de la ciudad de Juliaca, determinadas mediante un muestreo aleatorio simple, de una población de 265 establecimientos, registrados en la Municipalidad Provincial de San Román. Se estimó que, los AVU están en un rango de 2.16 a 43.26 litros/AVU/día por establecimiento. Con un total de 204.14 litros/AVU/día; promedio de 9.72 litros/AVU/día. Promediando con los 265 establecimientos registrados, tenemos una generación de: 2576.07 litros/AVU/día. El índice de acidez (IA) que presentaron los AVU de las pollerías de Juliaca se encuentran en el rango de 1.045 a 0.537, resultando adecuados para poder producir biodiesel. Al incrementar el metanol, para realizar el proceso de transesterificación, en proporciones de 20, 25 y 30% en relación al AVU a tratar, quedo demostrado que no tienen diferencia significativa en el rendimiento, llegando a obtener rendimientos que van de 70 a 80% en relación al volumen de AVU tratado. Se realizó la prueba en un motor diésel convencional, comprobándose el correcto funcionamiento del mismo en las concentraciones BD5 (comercial), BD20 y BD50, no logrando funcionamiento con BD100; presentando menor consumo el BD50, con un promedio de 63.50ml/10min, en comparación al promedio de BD20, que es de 64.00ml/10min, y el promedio de BD5 (comercial) presenta mayor consumo, siendo este de 70.75ml/10min.

Palabras Clave: Biodiesel, Aceite vegetal usado, Transesterificación, reaprovechamiento, metanol, hidróxido de potasio. Catalizador.

ABSTRACT

The results obtained of the investigation on reaprovechamiento of the oils for the obtaining of biodiesel from vegetal oils used (AVU) by means of the transesterificación with methanol to scale of laboratory, using hydroxide of potassium (KOH) like catalyst, for the ?Reaprovechamiento Of Oils Used in Pollerías For the Production of Biodiesel in Juliaca?, having like aims: Determine the volumes of vegetal oils used generated by the pollerías of Juliaca; Establish the suitable dose of metóxido for the obtaining of biodiesel, splitting of the vegetal oils used by the pollerías of Juliaca and Test the effectiveness of the biodiesel produced in an engine to conventional diesel and estacionario. For which, realised surveys to 21 pollerías of the city of Juliaca, determined by means of a simple random sampling, of a population of 265 establishments, registered in the Municipalidad Provincial of Saint Román. It estimated that, the AVU are in a rank of 2.16 to 43.26 litres/AVU/day by establishment. With a total of 204.14 litres/AVU/day; average of 9.72 litres/AVU/day. Promediando With the 265 establishments registered, have a generation of: 2576.07 litres/AVU/day. The index of acidity (IA) that presented the AVU of the pollerías of Juliaca find in the rank of 1.045 to 0.537, resulting adapted to be able to to produce biodiesel. When increasing the methanol, to realise the process of transesterificación, in proportions of 20, 25 and 30% in relation to the AVU to treat, remain showed that they do not have significant difference in the performance, arriving to obtain performances that go of 70 to 80% in relation to the volume of AVU treated. I realise the proof in an engine conventional diesel, checking the correct operation of the same in the concentrations BD5 (commercial), BD20 and BD50, not attaining operation with BD100; presenting minor consummate the BD50, with an average of 63.50ml/10min, in comparison to the average of BD20, that is of 64.00ml/10min, and the average of BD5 (commercial) presents greater consumption, being east of 70.75ml/10min.

Keywords: biodiesel, vegetable oil used, transesterification, reuse, methanol, potassium hydroxide. Catalytic converter.

I. INTRODUCCION

Todas las actividades que desarrollamos en nuestra vida diaria están relacionadas con la energía. Al ingerir alimentos o tomar un refresco cargamos nuestro cuerpo con energía, energía que almacena nuestro cuerpo y va transformando en trabajo, en mayor o menor grado. Cada vez el hombre va descubriendo nuevas formas de aplicar la energía de forma más eficiente, aprovechando al máximo la capacidad energética de la materia: paralelamente, se va creando una conciencia de que el desperdicio de la energía y su excesivo uso, afecta el equilibrio de la naturaleza.

Los gases responsables del efecto invernadero provienen en su mayor parte de la quema de combustibles fósiles, siendo éstos un recurso no renovable, por lo tanto, lograr un combustible menos agresivo con el medio ambiente y proveniente de recursos renovables es un hecho doblemente valioso. Entre otras razones, esto llevó al auge de las energías alternativas, llegando el tema a tener relevancia, que se han dictado leyes en varios países, para favorecer su producción.

Las energías renovables abarcan a los biocombustibles, dentro de ellos al biodiesel. Estos son monoalquilésteres de alcoholes de cadena corta, usualmente etanol y metanol, junto a ácidos grasos de cadena larga provenientes de biomasa renovable y que tenga la capacidad técnica de sustituir al diésel derivado de petróleo como combustible (Sheehan et al., 1998; Liu y Zhao, 2007; Song et al., 2008).

Este combustible se ha estado usando en diferentes partes del mundo desde hace varios años. Los vaivenes en la producción, distribución, y costos del petróleo, y por lo tanto sus derivados, motivan el creciente interés en los biocombustibles, como el bioetanol y el biodiesel. El mercado creciente de producción de biodiesel a partir de aceites vegetales comestibles, requeriría del uso de enormes extensiones de terreno fértil, situación que podría conllevar a crisis alimentarias ante la escasez de suelos cultivables, además, de ocasionar problemas ambientales inherentes a la deforestación de regiones tropicales.

Hoy en día los aceites vegetales usados (AVU) son reciclados para fabricar jabones de baja calidad, alimento para animales etc. y en algunos casos vertidos al alcantarillado o también recuperados para ser utilizados en puestos de comidas rápidas, hecho que representa un gran riesgo para la salud de los consumidores.

La mala disposición de los AVU genera graves problemas medioambientales y de salud pública. Con la presente tesis buscamos reducir esos impactos, dándole un valor agregado a estos desechos, brindándonos así la oportunidad de reaprovecharlo produciendo biodiesel. Si sabemos que las pollerías de Juliaca ofertan en promedio 9.72 litros/AVU/día, por establecimiento, la Municipalidad Provincial de San Román tiene registrados 265 establecimientos, esto nos indica que se puede llegar a generar 2576.07 litros/AVU/día en toda la ciudad. Sabiendo que el rendimiento del biodiesel, esta entre 70 a 80% en relación al volumen del AVU a tratar, podríamos llegar a producir de 1803.25 a 2060.86 litros de biodiesel/día, pudiéndose combinar con el diésel comercial en diferentes concentraciones (20, 25, 30, 50, entre otros), para luego ser usado en motores a diésel convencionales, sin hacer ningún cambio en el motor ni en las líneas de conducción. Por todo esto los aceites vegetales usados son una de las alternativas con mejores perspectivas en la producción de biodiesel, ya que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los costes de tratamiento como residuo. Además, como valor añadido, la utilización de aceites usados significa la buena gestión y reúso del residuo. La presente tesis tiene como objetivo general:

Evaluar el reaprovechamiento de aceites vegetales usados en pollerías de Juliaca para producir biodiesel;

Objetivos específicos:

- ❖ Determinar los volúmenes de aceites vegetales usados generados por las pollerías de Juliaca.
- ❖ Establecer la dosis adecuada de metóxido para la obtención de biodiesel, partiendo de los aceites vegetales usados por las pollerías de Juliaca.
- ❖ Probar la efectividad del biodiesel producido en un motor a biodiesel convencional y estacionario.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

En el estudio realizado sobre las posibilidades de Gestión, Recogida o Valorización de los aceites vegetales usados de origen doméstico, realizados en el sector de la hostelería y restaurantes de Cádiz – España. La Diputación de Cádiz, (2008), Menciona que un restaurant de tamaño medio, puede lograr genera hasta 50 litros al mes de AVU, mientras que en los hogares puede llegar a generarse 1 litro al mes; de la misma manera, Márquez, (2013), dice que, el consumo de aceite vegetal virgen de 10 pollerías de la ciudad de Cañete haciende a 102 litro/día, teniendo una absorción de 26.11 litros, generando 75.89 litros de AVU, lo que nos hace ver que en promedio se puede obtener 7.59 litros de aceites vegetales usados al día por cada pollería; del mismo modo, Condori, (2012), reporta, de acuerdo a la encuesta realizada a una muestra representativa de domicilios y comercio de expendio en Abancay, haber obtenido que el consumo promedio de aceites comestibles es 42 789.66 litros/mes; del cual, según encuesta, el 50% es vertido a las redes de alcantarilla. Además, indica que, de 5 pollerías sometidas a un estudio, se obtuvo 54 litros/día de AVU generados, indicándonos un promedio de 10.8 litros de aceite vegetal usado.

En el trabajo realizado sobre; Aprovechamiento de aceites vegetales usados, en Buenos Aires – Argentina, Villegas, (2014), menciona que la presencia de ácido oleico en porcentajes altos, son uno de los problemas relevantes que presentan los AVU, esto es causado por la cantidad de veces que fue reusado y a las altas temperaturas a las cuales ha sido sometido, esto hace que la calidad de estos AVU no sea tan buena, pero aun con presencia de 2.72% de ácido oleico, estos aceites se muestran como materia prima para la producción de biodiesel; por otra parte, Al realizar unas proyecciones en la investigación; Obtención de Biodiesel, a escala de laboratorio, a partir de aceites usados comestibles de desecho, Malagón y Martha, (2012), indican que los Snacks y restaurantes de Bogotá – Colombia, generan 10621,47 toneladas/semana de AVU aproximadamente, además, se menciona que en relación con las experimentaciones realizadas se obtiene 77.8% de biodiesel como rendimiento neto. Dando la posibilidad de poder generar 2.54 millones de galones de biodiesel/semana.

Por otro lado, Medina et al, (2015), menciona que los AVU de Cartagena de India – Colombia, tienen el índice de peróxido e índice de acidez óptimos para la producción de biodiesel, y que de todas maneras esta materia prima tiene que someterse a un pre

tratamiento, debido que el color y la humedad se ven afectadas producto del uso al que fueron sometidos. Realizando pre tratamientos a los AVU, se pueden obtener rendimientos superiores a 90%, demostrando una estrecha relación entre aceite – metanol, reflejándose en dicho rendimiento, además mencionan que la dosis del catalizador no tiene significancia en dichos rendimientos. Así mismo, Dorado, (2001). indica que el hidróxido de potasio más el metanol, como catalizador, presenta mayores rendimientos que el hidróxido de sodio más etanol, estos últimos retardan el proceso de transesterificación, bajando los rendimientos. El catalizador tiene efecto directo en la reacción de los triglicéridos, si es menos mostraran una fase turbia producto de una mezcla de esteres metílicos. Si es superior influenciará en la formación de jabones. Todo esto se verá reflejado en el incremento de veces de lavado del biodiesel, haciendo más largo y caro el proceso.

De acuerdo al estudio acerca de la Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel, Medina y Ospina, (2011), mencionan rendimientos de reacción superiores a 90%. Demostrando tras los estudios que el metanol es la variable que afecta la reacción, demostrándose que, si es mucho o poco dará bajo rendimiento, por lo que es necesario establecer la cantidad óptima del mismo. Por otro lado, Cedrón, et al, (2014), indican que trabajando con aceite usado sin ningún tratamiento a la muestra (filtración, neutralización, etc.), obtuvieron 78% de rendimiento, utilizando metanol en la transesterificación e hidróxido de potasio como catalizador. García et al, (2013), mencionan que, teniendo como variables al aceite y metanol, pese a obtener más de 80% de rendimientos, demostraron que las variables independientes no son significativas para la variable dependiente fijada.

Dorado, (2001), señala que, si la cantidad de alcohol es menor de la que requiere la reacción, no se produce separación de fases. En el caso de que se produzca, aparecerá una capa gelatinosa formada por triglicéridos sin reaccionar. Si añadimos demasiado metanol, la fase de los ésteres se tornará turbia, esto se dará por efecto del alcohol que hará que los triglicéridos sufran un efecto negativo de conversión. Coello et al, (2008); muestra que Practical Action y la UNALM tras la implementación de un sistema piloto de producción de biodiesel, son los primeros en obtener resultados tangibles en producción de biodiesel a pequeña escala para autoabastecimiento energéticos en una comunidad de la amazonia peruana. Hecho que se desarrolló en el campus de la universidad, utilizando AVU que son desechados por el comedor universitario. El biodiesel obtenido se usa en los buses de

transporte de alumnos de la misma universidad, en una concentración de 20% de biodiesel y 80% de diésel convencional.

En la Tesis; Biodiesel vegetal con diésel Pemex en un motor de bomba de mando mecánico. Emisiones y prestaciones, Cárdenas et al, (2011), indica que, para el caso del Biodiesel cabe destacar muchos aspectos importantes, uno de ellos es que el biodiesel disminuye la emisión de contaminantes con excepción de los óxidos de nitrógeno NOx, además, disminuye la potencia del motor en relación al uso del diésel ordinario, destacando dentro de las ventajas y desventajas el aspecto ambiental, más allá que su uso se vea reflejada negativamente en la potencia del motor. Dorado, (2001), tras probar el biodiesel en un estudio de Ensayos de biocombustibles, observa que la potencia suministrada fue, en el caso más desfavorable, un 7% inferior a la obtenida al emplear gasoil. El consumo horario aumentó entre 4 y 7%.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Aspectos Generales

En su transitar la humanidad ha generado distintos modelos energéticos que tienen un denominador común, ya que están condicionados por sus fuentes de energía y su aprovechamiento, (Cunningham, 2003); por otro lado, se indica que el Homo sapiens empezó aprovechando la energía que le confería la naturaleza, apropiándose de la de otros semejantes utilizados como esclavos, o domesticando animales de carga para realizar tareas de alto requerimiento energético, (Alcalde, 2005); además, se sabe que, el hombre a través del tiempo está ligado a la evolución y dominio de la energía. Esta circunstancia involucra una relación directa y permanente entre el sistema energético y el ambiente, (Bouille, 2004). Precisando, el hombre primitivo recolector consumía 2000 kcal/día solo en alimentación. Poco a poco el consumo fue aumentando y el hombre cazador ya consumía energía en el confort y en el comercio, de manera que utilizaba un 150% más de energía que el recolector, en total 5000 kcal/día. Cuando el hombre se vuelve agricultor y comienza a utilizar metales, el consumo energético aumenta en gran manera. Hoy en día se consume 200 veces más energía que el hombre primitivo, (Marcos, 2010).

2.2.2 Las Energías Renovables

El sol está en el origen de todas las energías renovables porque su calor provoca en la tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, el sol también ordena el ciclo del agua,

también las plantas se sirven de sol para la fotosíntesis, por último, el sol se aprovecha directamente en las energías solares. Siendo las energías renovables las que se generan en forma continua e inagotablemente, (Merino, 2010); Por otro lado, los usos de las energías renovables nos permitirán, eliminar esa dependencia que tenemos en relación con los combustibles fósiles, además, nos permite combatir el calentamiento global, elevar nuestra calidad de vida entre otras cosas. Las energías renovables hoy por hoy son un campo naciente que permite desarrollar investigación y tecnologías que se vean reflejas en las nuevas industrias, (Comisión Eléctrica Internacional, 2008).

Entre los tipos de energías renovables tenemos:

A. Energía Solar

Energía Solar Fotovoltaica. La obtención directa de electricidad a partir de la luz se conoce con el nombre de efecto fotovoltaico. Para obtenerlo, se requiere un material que absorba la luz del Sol, que tenga la capacidad de convertir la energía radiante absorbida en energía eléctrica, justo lo que son capaces de hacer las células fotovoltaicas, (Puig, P & Jofra, M. 2010); en otras palabras, La energía solar fotovoltaica es la conversión directa de la energía solar en electricidad sin la utilización de ciclos térmicos o la utilización de partes móviles, (Calle, J. 2008)

Energía Solar Térmica; el más simple de los sistemas solares térmicos, consiste en la captación de la radiación solar y el calor para luego ser transportado a un medio portador de calor, generalmente un fluido, (Puig, P & Jofra, M. 2010); por otro lado, la energía solar térmica es una de las dos formas principales de aprovechamiento de la radiación solar, esta consiste en la transformación de la energía solar en calor, el cual tendrá diferentes aplicaciones, dependiendo de las necesidades del futuro usuario, o el fin que se haya pensado, (Calle, J. 2008).

B. Energía Eólica

Llamaremos recurso eólico al viento. El viento es la variable de estado de movimiento del aire. En meteorología se estudia el viento como aire en movimiento tanto horizontal como verticalmente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes de tormenta, (Calle, J. 2008); es decir, la atmósfera de la Tierra absorbe la radiación solar de forma irregular debido a diversos factores, la irregularidad hace que haya masas de aire con diferentes temperaturas, presiones. Esto supone un potencial

de energía eólica de 53 TWh/año en el mundo, 5 veces más que el actual consumo eléctrico en todo el planeta, (Mosquera, P. 2010).

C. Energía Hidráulica

La energía hidráulica es aquella energía que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas, (Calle, J. 2008); tal como, los molinos de agua romanos, o las norias de la cultura musulmana son ejemplos del aprovechamiento de la fuerza del agua, para sustituir el trabajo humano o animal. De hecho, las centrales hidráulicas son el origen de la industria eléctrica mundial, que comenzó a producir vatios gracias a la fuerza del agua, (Soria, E. 2010).

D. Energía Geotérmica

A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación solar sino en la enorme diferencia de temperaturas que existen en el interior de la Tierra y que van desde los 15% de la superficie a los 4.000°C que rigen en el núcleo. La energía geotérmica puede ser utilizada tanto con fines térmicos como eléctricos, (Barrero, A. 2010).

E. Energía Del Mar

La energía solar que incide anualmente sobre la superficie terrestre es del orden de 6.1014 MW hora. Los océanos, con una superficie de 361 millones de km² y un volumen de 1370 km³, actúan como sistemas colectores y de almacenamiento, lo cual se manifiesta de diversas formas, olas, y gradientes térmicos, gradientes salinos y corrientes marinas. Las más estudiadas son las debidas a las mareas, olas y térmica marina, estando las de las corrientes y gradientes salinos mucho menos desarrolladas, (Calle, J. 2008); es decir, el hombre ha extraído del océano cuantos recursos le ha permitido su ingenio: alimentos, tesoros, sal, medicamento, etcétera; como señala el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el océano es el mayor colector solar del mundo. Esa energía está encerrada en las corrientes de agua, en la biomasa marina, en las mareas o en las olas que levanta el viento, (Barrero, A. 2010).

F. Bioenergía

En el contexto energético, el término biomasa se emplea para denominar a una fuente de energía renovable basada en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un

pasado inmediato o de los productos derivados de ésta., (Fernández, 2010); es decir, se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del sol. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen. Entonces, se produce en forma sostenida o sea esa batería durara indefinidamente, (Biomass User Network, 2002); por otro lado, se indica que, la bioenergía está integrada de manera compleja en los sistemas mundiales de biomasa que producen alimentos, piensos, fibra y productos forestales, así como en la gestión de desechos y residuos, (Edenhofer, et al. 2011).

G. Los Biocombustible

Los biocombustibles son alcoholes, éteres, ésteres y otros compuestos químicos, producidos a partir de biomasa, como las plantas herbáceas y leñosas, residuos de la agricultura y actividad forestal, y una gran cantidad de desechos industriales, como los desperdicios de la industria alimenticia, (Stratta, J., 2000); ciertamente, los biocarburantes, o biocombustibles líquidos para el transporte, engloban en la actualidad dos tipos de productos: el bioetanol y sus derivados, para sustituir parcial o totalmente a las gasolinas o a los aditivos que se utilizan en los motores de explosión para aumentar el índice de octano; y el biodiesel como sucedáneo del gasóleo de automoción, producido por transesterificación de aceites vegetales, naturales o usados, (Fernández et al, 2010).

2.2.3 Los Biocombustibles En El Perú

El Perú no es un país que produzca aceites vegetales ni para satisfacer su demanda por alimentos. Entonces, que hacer para sustentar la producción de biodiesel, las alternativas que se manejan son: la palma aceitera en la selva, colza canola en la sierra, semilla de algodón, en la costa, piñón o tempate en diversas zonas, también se ve como alternativa los aceites y grasas usadas, aceite de pescado y el cebo animal, (Castro et al, 2007). Pero, a partir del año 2007, año en el que entra en vigencia el Decreto Supremo N° 021-2007-EM. Se podía comercializar en todo el país el Diésel B2. Y a partir del 1 de enero del 2009 la comercialización del diésel B2 sería obligatorio en todo el país, en remplazo del diésel N°2. A partir del 1 de enero del 2011 la comercialización de Diésel B5 es obligatorio en todo el país, en remplazo del Diésel B2. Además, también hace saber que las únicas combinaciones permitidas para su comercialización son Diésel B2, Diésel B5 y Diésel B20, (Energía y Minas Perú, 2007).

2.2.4 Fuentes de Materia Prima Para Producir Biodiesel.

Las dos fuentes más comunes de aceite y grasa para producir biodiesel son: Cultivos oleaginosos, tejidos adiposos (grasos) de animales beneficiados. Además, se está experimentando en diversos lugares para obtener Biodiesel a Partir de: Algas Productoras de Aceites, Aceites residuales de cocina y grasas residuales provenientes, por ejemplo, de plantas de tratamiento de agua o de trampas de separación de grasas, (Castro et al, 2007). Podemos decir también que, los aceites vegetales se obtienen a partir de las semillas o frutos que los contienen mediante extracción química con solventes (utilizando hexano como solvente) o, en menor medida, por medios físicos como la aplicación de grandes presiones. El aceite de canola se extrae combinando el prensado con la extracción por solventes, (Lawson, 1994).

2.2.5 Propiedades Físico Químicas De Las Grasas Y Aceites

Los aceites y grasas pueden ser caracterizados según sus propiedades físicas (densidad, viscosidad, punto de fusión, índice de refracción) o químicas (índice de acidez, índice de yodo, índice de peróxido, índice de saponificación, índice de éster).

En general, la viscosidad de los aceites desciende con un incremento en la insaturación y con un decrecimiento del peso molecular de sus ácidos grasos, (Lawson, 1994); también, el índice de acidez (IA); es el número de mg de hidróxido de potasio (KOH) necesario para neutralizar los ácidos grasos libres (es decir, que no se encuentran unidos a un glicérido) de 1 g de aceite. Puede expresarse también como porcentaje de ácido oleico, palmítico o láurico, según el ácido graso que predomine en la grasa en cuestión, (Arango, 2002); otro aspecto, es el contenido de insolubles del aceite que, debe mantenerse lo más bajo posible (menor a un 0,8% para que el biodiesel cumpla con las especificaciones europeas). Estas sustancias no participan en el proceso de transesterificación, pero permanecen en el éster (el biodiesel), y representan impurezas en el combustible, (Matthys, 2003); por otra parte, el contenido de agua en aceite es importante porque el agua produce la hidrólisis de los triglicéridos: reacciona con las uniones entre el glicerol y los ácidos grasos y las rompe, produciendo ácidos grasos libres, mono y di glicéridos y/o glicerol, (Lawson, 1994).

2.2.6 El Biodiesel

Es un combustible compuesto por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables, como aceites vegetales, empleado en motores de ignición de

compresión, tanto como en calderas de calefacción. El término bio hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diésel tradicional derivado del petróleo; por su parte, diésel alude a su uso en motores de este tipo, (Acosta, F. 2008); por otro lado, este biocombustible se obtiene mediante un proceso químico llamado transesterificación, en el cual los aceites orgánicos son combinados con un alcohol y alterados químicamente para formar un éster etílico o metílico, el cual recibe finalmente el nombre de biodiesel. Estas moléculas resultantes están compuestas por un ácido graso de cadena larga y un alcohol, (Castro et al, 2007).

2.2.7 Transesterificación alcalina

La transesterificación alcalina es el proceso más simple y más utilizado para fabricar biodiesel. Sin embargo, requiere de un aceite con bajo contenido de ácidos grasos libres, agua y otras impurezas, o de pre tratamiento de la materia prima para asegurar esta calidad. Es por esto que otros procesos han sido desarrollados para aceites menos puros, para mejorar el rendimiento de la transesterificación, o para intentar acelerarla, pero sin embargo su uso aún no está generalizado, (Castro et al, 2007); igualmente, en muchos países se está experimentando con la transesterificación utilizando etanol en lugar de metanol. Las ventajas de este proceso serían la procedencia renovable del alcohol (caña de azúcar, remolacha, maíz, etc.) y su mucha menor toxicidad, sin embargo, la producción de ésteres etílicos es difícil en comparación con la de ésteres metílicos, debido principalmente a la fácil formación de emulsiones estables que dificultan severamente la separación del biodiesel y el glicerol y la purificación del biodiesel (Zhou et al., 2003).

A. Pre tratamiento del aceite

La mayor parte del biodiesel se produce a partir de aceites comestibles semirrefinados con buenas características de acidez y humedad. Sin embargo, existe gran cantidad de aceites y grasas de menor calidad – y menor costo – que también podrían ser convertidos en biodiesel (por ejemplo, aceites vegetales crudos, grasas animales y aceites usados o residuales). El problema para procesar estas materias primas baratas es que suelen tener grandes cantidades de ácidos grasos libres, gomas, humedad y otras impurezas que afectan el proceso de transesterificación alcalina, (Van Gerpen, 2005); por eso, a veces se utiliza ácido cítrico y/o ácido fosfórico para mejorar la velocidad y la eficacia del proceso y permitir la separación de

agua residual, (Lawson, 1994). Diremos también que, aunque la finalidad del tratamiento con álcalis es la eliminación de los ácidos grasos libres, este proceso puede dar lugar también a una reducción significativa del contenido de fosfolípidos y de la materia coloreada, (Fennema, 1993). Por otro lado, existen asimismo procesos de neutralización en frío, con los que los aceites que contienen ceras (como el de girasol) pueden ser neutralizados y winterizados al mismo tiempo. Este proceso previene la formación de sólidos en el biodiesel a bajas temperaturas, (Westfalia Separator Food Tec, 2006).

c. Esterificación ácida de los ácidos grasos libres (AGL)

La esterificación ácida es otra manera de «deshacerse» de los ácidos grasos libres en el aceite, pero permite, al contrario de la neutralización, reaprovecharlos para producir biodiesel también a partir de ellos, (Meher, 2006).

Esta reacción funciona de la manera siguiente:

1 ácido graso + 1 metanol catalizador ácido > 1 biodiesel + 1 agua

Al aceite caliente se agrega metanol en cantidad adecuada para reaccionar con los AGL, utilizando ácido sulfúrico como catalizador. Luego de la reacción, se separa el agua mediante decantación o centrifugación, y lo que queda es una mezcla de aceite (triglicéridos) y biodiesel con menos de 1% de ácidos grasos libres. Con esta mezcla ya se puede realizar una transesterificación alcalina. Una de las dificultades de este proceso es la presencia de agua. La acumulación de agua que se va produciendo durante la esterificación puede llegar a detener la reacción antes de que sea completa. Para solucionar este problema es necesario trabajar en dos o más etapas para ir separando el agua antes de continuar la esterificación, (Van Gerpen, 2005). otra desventaja es la gran cantidad de metanol necesaria: mientras que con la catálisis alcalina se requiere una cantidad de 6 moles de alcohol por cada mol de triglicérido (razón molar de 6:1), algunos autores han encontrado que con la catálisis ácida se necesita entre 30:1 y 50:1, (Zhang et al., 2003).

Finalmente, otro problema es el uso de ácido sulfúrico: este insumo, por su alta corrosividad, requiere de tanques con materiales costosos (acero inoxidable de muy alta calidad), y además su utilización produce efluentes ácidos contaminantes, (Wang et al., 2006). Es por esto que la esterificación ácida se justifica sólo si las materias primas a utilizar tienen un contenido de AGL realmente alto. También, se propuso el uso de sulfato férrico como catalizador para la

esterificación ácida. En sus experimentos, encontraron que este catalizador es ventajoso porque es sólido (catalizador heterogéneo), de manera que es fácilmente separable de los productos, es reutilizable y no contamina los efluentes (por la misma razón). También es más eficiente que el ácido sulfúrico: Con una cantidad de catalizador de 2% en peso, una razón molar de 10:1 de metanol a triglicéridos (mucho menor a la necesaria cuando se trabaja con ácido sulfúrico) y una temperatura de reacción de 95°C, se alcanzó una conversión de 97% de los ácidos grasos libres de un aceite usado en biodiesel. Además, el sulfato férrico no requiere de equipamiento tan costoso porque es menos corrosivo, (Wang et al, 2006).

d. Filtrado y secado

Si la materia prima es algún aceite crudo, o aceite usado previamente en frituras, es posible que contenga humedad e impurezas sólidas. Para el caso de la humedad, es necesario secar el aceite mediante evaporación al vacío o mediante el uso de sales absorbentes. Para separar las impurezas sólidas, basta un proceso de filtrado en caliente antes de la transesterificación (Castro et al, 2007); esto indica que, en una etapa previa a su almacenamiento o decoloración para controlar que el contenido de humedad se encuentra por debajo del 0,1%, la muestra es sometida a una agitación suave a 60°C con vacío durante 30 minutos. En la figura 2 se muestra comparativamente el aceite crudo y el aceite refinado, (Dorsa, 2004).

e. Winterización

La Winterización es un método para la eliminación de ciertos constituyentes (ceras, o triglicéridos mismos), que, aunque solubles a temperaturas media y alta, cristalizan y enturbian el aceite en climas fríos. El proceso consiste en enfriar el aceite por cierto periodo y filtrarlo en un filtro-prensa o con filtros de baja presión a temperaturas que estén un par de grados por debajo de aquellas a las que el aceite se enturbia. El aceite se enfría con agua fría o salmuera, o enfriando el aire del edificio donde esté almacenado. El enfriamiento debe ser muy lento para lograr que se formen cristales grandes y facilitar la filtración, (Andersen, 1962), por otra parte, el proceso de Winterización también llamado hibernación o descerado tiene por objeto separar aquellos glicéridos de más alto punto de fusión que originan enturbiamiento y aumento de viscosidad en los aceites, al bajar la temperatura, y consiste en precipitar en forma de cristales, en determinadas condiciones de temperatura – tiempo, los glicéridos saturados causantes del enturbiamiento; (Dorsa, 2004).

B. Transesterificación

Volviendo a la reacción química de la transesterificación, hemos visto que químicamente ésta equivale a:



En la práctica se necesita más de 3 alcoholes por cada triglicérido para que la reacción ocurra completamente. Si no se usa este exceso de alcohol, el producto obtenido no será biodiesel puro: consistirá en una mezcla de biodiesel, triglicéridos sin reaccionar, y productos intermedios como los mono glicéridos y di glicéridos. Estas impurezas pueden afectar las características del combustible, de manera que no cumpla con las normas técnicas de calidad, igualmente, para que la reacción se lleve a cabo, también se ha visto que se necesita la presencia de un catalizador y de ciertas condiciones de reacción (tiempo, temperatura, agitación). Asimismo, se ve que la calidad del aceite es uno de los condicionantes más importantes para que la transesterificación se lleve a cabo adecuadamente y que debe asegurarse con un análisis químico previo y, si es necesario, con un pre tratamiento adecuado, (Castro et al, 2007).

Pasos de la transesterificación:

La primera operación consiste en disolver el catalizador sólido (hidróxido de sodio o potasio – NaOH o KOH) en el alcohol (metanol o etanol). La cantidad de catalizador a utilizar depende de la acidez del aceite, pero suele variar entre un 0,5 y 1%. Se necesita aproximadamente media hora de agitación constante para lograr una disolución completa. Si se trabaja con un catalizador líquido (metilato de sodio) no se requiere este paso, (Srivastava y Prasad, 2000); a continuación, se realiza la transesterificación propiamente dicha. En plantas de producción pequeñas este proceso se realiza por lotes, pero en plantas de gran escala se realiza en reactores de flujo continuo. Para que la reacción sea completa se requiere un tiempo de reacción de 1 hora a 60°C de temperatura, o de 4 horas a 32°C de temperatura, (Freedman et al., 1984); por último, la transesterificación resulta en la separación de dos fases: una fase más viscosa y densa, que consiste en una mezcla de glicerol, jabones, catalizador, metanol y agua, y una fase más liviana, que consiste en los metil-ésteres, también con metanol, una menor proporción de catalizador y jabones, y mono- y di glicéridos. Se requiere de un tanque decantador donde ambas fases se puedan separar por gravedad, o de una centrífuga para separarlas más rápidamente. Asimismo, se puede añadir agua luego de la transesterificación para mejorar la separación del glicerol, (Castro et al, 2007).

C. Post tratamiento Del Biodiesel

Luego de la transesterificación y la separación de las dos fases – biodiesel y glicerol – se requiere de un pos tratamiento para asegurar que el biodiesel cumpla con los estándares de calidad exigidos, pues éste aún contiene impurezas derivadas del proceso: parte del metanol en exceso, posiblemente jabones, y trazas de catalizador, el lavado se realiza con agua acidulada que se mezcla con el biodiesel. Los jabones se convierten en ácidos grasos libres y en sales solubles en agua. El lavado se hace por lo menos 2 veces, hasta eliminar el residual de catalizador alcalino y efluente sea claro, (Van Gerpen, 2005); finalmente, los metil-ésteres lavados se secan (con calor y vacío) para separar toda el agua restante y se filtran. El producto de este proceso es el biodiesel terminado, (Castro et al, 2007).

D. Post tratamiento de la glicerina

El glicerol crudo, que en realidad contiene solamente un 50% de glicerol, es un subproducto de poco valor en esta forma (ya que contiene gran cantidad de jabones, catalizador alcalino y metanol), y además peligroso debido al metanol. Para poder aprovecharlo, debe ser purificado, (Castro et al, 2007); ciertamente, el metanol recuperado tanto de los metil – ésteres como del glicerol suele contener agua derivada del proceso y por lo tanto debe ser rectificado antes de volver a utilizarlo en el proceso. Si se está trabajando con etanol, este paso es más complejo ya que el etanol forma mezclas estables con el agua, y se requiere además de la destilación un filtro molecular para separarlos completamente, (Van Gerpen, J. 2005).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Aceite Vegetal Usado. (AVU) son los que han sufrido un tratamiento térmico de desnaturalización en su utilización, cambiando así las características fisicoquímicas del producto de origen, y que provienen de todo establecimiento que genere en forma continua o discontinua residuos de este tipo.

Biocombustibles. Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos. Estos restos orgánicos proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas.

Biodiesel. Es toda mezcla de monoalquil ésteres de ácidos grasos, provenientes de aceites o grasas de origen vegetal o animal.

Combustible. Se llama combustible a cualquier material que es plausible de liberar energía una vez que se oxida de manera violenta y con desprendimiento de calor. Normalmente, el combustible liberará energía de su estado potencial a un estado utilizable, ya sea de modo directo o mecánicamente, produciendo como residuo el calor. Es decir, los combustibles son sustancias susceptibles de ser quemadas o que tienden a quemarse.

Energías renovables. Se trata de las energías renovables o energías del futuro, y son aquellas que producen electricidad a partir del sol, el viento y el agua. Son fuentes inagotables pero que todavía presentan grandes dificultades de almacenamiento y son menos eficientes ya que las instalaciones tienen poca potencia y el coste de producción es elevado.

Glicerina. Líquido viscoso incoloro, inodoro, higroscópico y dulce. Los términos glicerina o glicerol son utilizados indistintamente para referirse al compuesto. Es un lípido simple que está formado por una molécula de propanotriol al que se unen por enlaces lipídicos tres moléculas de ácidos grasos; los grupos de hidróxidos (OH-) son los responsables por su solubilidad en el agua.

Hidróxido de potasio. Conocido como potasa cáustica. Es un compuesto químico inorgánico de fórmula KOH, tanto él como el hidróxido de sodio NaOH, son bases fuertes de uso común. Tiene muchos usos tanto industriales como comerciales. La mayoría de las aplicaciones explotan la reactividad con ácidos y la corrosividad natural.

Índice de acidez. Es el contenido en tanto por ciento de los ácidos grasos libres contenidos en el aceite. ... Índice de acidez: Expresa el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar 1 gramo de aceite o grasa.

Metanol. Alcohol cuya molécula tiene un átomo de carbono. Es un líquido incoloro, semejante en su olor y otras propiedades al alcohol etílico. Es tóxico.

Transesterificación. La transesterificación es el proceso de intercambiar el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. Estas reacciones son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Juliaca se encuentra ubicada en la provincia de San Román, región de Puno, al sur del Perú, a 15° 29' 40'' de Latitud Sur y 70° 07' 54'' de Longitud Oeste y a una altitud de 3824 m.s.n.m. Ocupa parte de la meseta altiplánica de Toropampa, en la cuenca del río Coata, sección Ayabaca, desarrollándose entre los cerros Zapatiana, de La Cruz y Huaynaroque. Se encuentra asimismo atravesada de Este a Oeste por el río Torococha, que desemboca en el río Coata y continúa su curso hasta desembocar en el Lago Titicaca, (Plan de Desarrollo de Juliaca, 2004 – 2015).

La primera etapa de la presente tesis, es investigación no experimental, puesto que las obtenciones de datos se realizaron mediante encuestas y recolección de muestras, en las cuales la información recolectada no es manipulada, procesándose tal como se genera en el momento; siendo de tipo transeccional descriptivo, debido a que, se hace un corte transversal en donde se miden las variables relevantes. La segunda etapa de la tesis se desarrolló en el laboratorio de Medio Ambiente, el mismo que se encuentra dentro del Mega Laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano, el estudio realizado es analítico, con una investigación experimental, debido a que los tratamientos de las variables independientes fueron manipulados, con la finalidad de tener mayor control y evidencia de la causa efecto, por lo que el tipo de investigación es experimental.

La población está definida por los 265 establecimientos que tienen licencia de funcionamiento como expendio de alimentos y preparados, licencia que es otorgado por la Municipalidad de la Provincia de San Román, distrito de Juliaca. El tipo de muestreo empleado en la tesis es un muestreo aleatorio simple, de modo que cada miembro de la población ha tenido una probabilidad igual e independiente de ser seleccionado como parte de la muestra, pero para que forme parte de la muestra en sí, este establecimiento tenía que tener como giro de negocio el expendio de pollos a la brasa y/o broster, con lo que conseguimos que todas las muestras tengan las mismas características.

3.2 MATERIALES

En la primera parte de la investigación, utilizamos las encuestas, encuestas que nos sirvieron para recabar la información requerida, la misma que fue procesada en escritorio con el uso de

una laptop. Para la toma de muestras del AVU propiamente, utilizamos envases de plástico, en los cuales se almacenaron los AVU.

En la segunda parte de laboratorio utilizamos: cocinilla eléctrica, para calentar y deshidratar el AVU, además, del biodiesel obtenido al final. Balanza analítica, en la que hicimos los pesados de, el KOH, AVU, entre otros. Agitador magnético con plancha de calentamiento, la misma que utilizamos para realizar el proceso de transesterificación. Termómetro para controlar la temperatura de cada uno de los procesos donde ameritaba tener control de la temperatura. Equipo de cómputo, para almacenar los datos obtenidos y realizar los cálculos necesarios para cada proceso, evidenciada por una cámara fotográfica con imágenes del trabajo realizado. Peras de decantación, utilizados como envases de sedimentación o decantación, el cual nos permitió la separación de la glicerina con respecto al biodiesel, además, es ahí en donde se hizo los lavados del biodiesel producido. Vasos de precipitados, los de menor volumen, sirvieron para realizar la titulación del aceite, permitiéndonos determinar el índice de acides de los AVU, en los envases de mayor volumen, se realizaron el deshidratado y/o secado del AVU y biodiesel. Probetas, usado para medir los volúmenes de AVU, alcohol isopropílico, metanol y el rendimiento de biodiesel. Pipetas, con las cuales obtuvimos sub muestras de AVU, las mismas que sirvieron para determinar el índice de acides. Hidróxido de potasio, utilizado como catalizador. Metanol, que es el disolvente del KOH con el cual forman el metóxido. Aceite vegetal usado, insumo fundamental para la producción de biodiesel. Fenolftaleína, es el indicador que utilizamos para la determinación del índice de acidez. Alcohol isopropílico, usado para la titulación y/o determinación del índice de acidez del AVU.

En la tercera parte, para hacer la prueba de la efectividad del biodiesel obtenido usamos. Diésel BD5 (biodiesel comercial), con el que realizamos las mezclas con el biodiesel al 100% (BD100), obteniendo concentraciones de BD20 y BD50. Motor, generador eléctrico convencional y estacionario a diésel en el cual se hicieron las pruebas de efectividad del biodiesel obtenido.

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 Volúmenes de AVU Generados por las Pollerías de Juliaca.

Primeramente, se determinó el número de muestras basados en la guía para la elaboración de proyectos de residuos sólidos municipales a nivel de perfil (Ministerio de Economía y Finanzas, 2008). Con la modificación de no recolectar el total del residuo, porque las cantidades generadas

de AVU eran bastantes. Con el número de muestras determinado se pasó a recabar información valiéndonos de encuestas de tipo cerrada (ver anexo 1). La variable a investigar, es la cantidad de AVU que desechan las pollerías de la ciudad de Juliaca. La recolección de AVU se hizo por el lapso de 7 días continuos en cada uno de las unidades muestrales, recolectando una muestra de 200ml de AVU/día/establecimiento. En la encuesta realizada se tiene dos interrogantes que generan datos numéricos de consumo y desecho de AVU, los mismos que nos permitieron estimar los volúmenes de AVU generados por las pollerías de Juliaca.

3.3.2 Dosis adecuada de metóxido para la obtención de biodiesel

Una vez recolectado los AVU de todas las unidades muestrales, ciéndonos al proceso de elaboración de biodiesel planteado en el artículo; Haciendo biodiesel de aceite vegetal usado, (Alison K. Varty y Shane C. Lishawa, 2010). realizamos unas pruebas de filtrado, con la finalidad de quitar impurezas y ver si podemos rebajar el IA aún más.

Luego de haber sometido a un pre tratamiento a las muestras de AVU (sedimentación, filtrado y deshidratado). Primeramente, realizamos la **valoración del AVU** o también llamado determinación del índice de acidez (IA), de cada una de las muestras obtenidas, haciéndose 3 valoraciones por muestra, para luego promediar las mismas, para este hecho, tenemos que preparar la disolución de referencia (disolver 5.61g de KOH en un litro de agua destilada, para obtener KOH 0.1N). Seguidamente, **preparamos la disolución a analizar** (se extrae 3 sub muestras de 2.5ml de AVU depositadas en un vaso de precipitados cada una, determinando el peso de la muestra, luego se añade 20ml de alcohol isopropílico a cada vaso, seguido de 3 gotas de fenolftaleína a cada vaso, agitamos la mezcla para homogenizar los líquidos). Luego, realizamos la **valoración propiamente dicha** (colocamos uno a uno los vasos de precipitados bajo la bureta que contiene la disolución de referencia, tomamos nota del volumen inicial de KOH 0.1N, añadimos gota a gota la disolución de referencia a la mezcla a analizar, agitando constantemente la muestra hasta conseguir un color rosa claro y que permanezca así durante 30 segundos aproximadamente; logrado este hecho paramos y tomamos nota del volumen final, para calcular la disolución de referencia usada, la cual es igual a: volumen final – volumen inicial; con ese dato determinamos el IA el cual es igual a: el producto de volumen del titulante gastado por la normalidad del KOH por el peso molecular del KOH, todo esto entre el peso en gramos del AVU de la sub muestra). Una vez determinado el IA para cada sub muestra esta se promedia entre las tres y se considera como IA de la muestra el promedio hallado, este dato será considerado como X.

Segundo, con los IA de cada muestra se hace una **distribución de frecuencias** para realizar una reagrupación de muestras, reagrupación que se hace homogenizando las muestras a reagrupar de tal modo que cada una de ellas tengan los mismos volúmenes que los representen, a estas muestras reagrupadas se les vuelve a **determinar el IA**, siguiendo los pasos antes descritos. Con los IA obtenidos determinaremos la **cantidad de catalizador** y reactivos a usar para producir biodiesel. Alison et al, (2010) en su artículo indica que se debe de añadir 200ml de metanol y T gramos de KOH, donde T es igual a la suma de $8 + X$; donde X es el promedio de IA calculado para cada muestra reagrupada. Luego determinamos KOHg a usar, la cual es igual a: T por AVUg (para producir biodiesel) sobre 1000.

El tercer paso a seguir es la producción de biodiesel propiamente dicha. Alison et al, indica que a condiciones normales para producir lotes de 1000ml de aceite, se usa 200ml de metanol y 3.5g de KOH. Estos datos nosotros adecuamos para producir lotes de 250ml. De AVU, la producción de biodiesel se desarrolló haciendo uso de 4 tratamientos, el primero que es tal como indica Alison et al, los otros tres incrementando el 20, 25 y 30% de metanol en relación al AVU ml. a tratar. Esta mezcla, lo agitamos durante 90 minutos a temperaturas de entre 50 – 60°C. Pasado ese ese tiempo, vertimos la mezcla en un embudo de decantación dejando la mezcla ahí hasta el día siguiente. A la mañana siguiente observamos la separación, por diferencia de densidad, de biodiesel y glicerina, viendo esto hacemos la decantación de la glicerina abriendo la llave de paso, para depositarlo en un vaso de precipitado, medimos el volumen de glicerina obtenida. Registramos el pH, el cual tiene que estar en torno a 7, de no darse este hecho se repite el lavado hasta obtener un pH neutro. Cuando logramos las condiciones antes mencionadas, realizamos la deshidratación del biodiesel. Antes de realizar el almacenamiento, medimos el volumen del BD100 neto obtenido, registrando este dato para su tratamiento posterior, pasando a almacenar el BD100 obtenido.

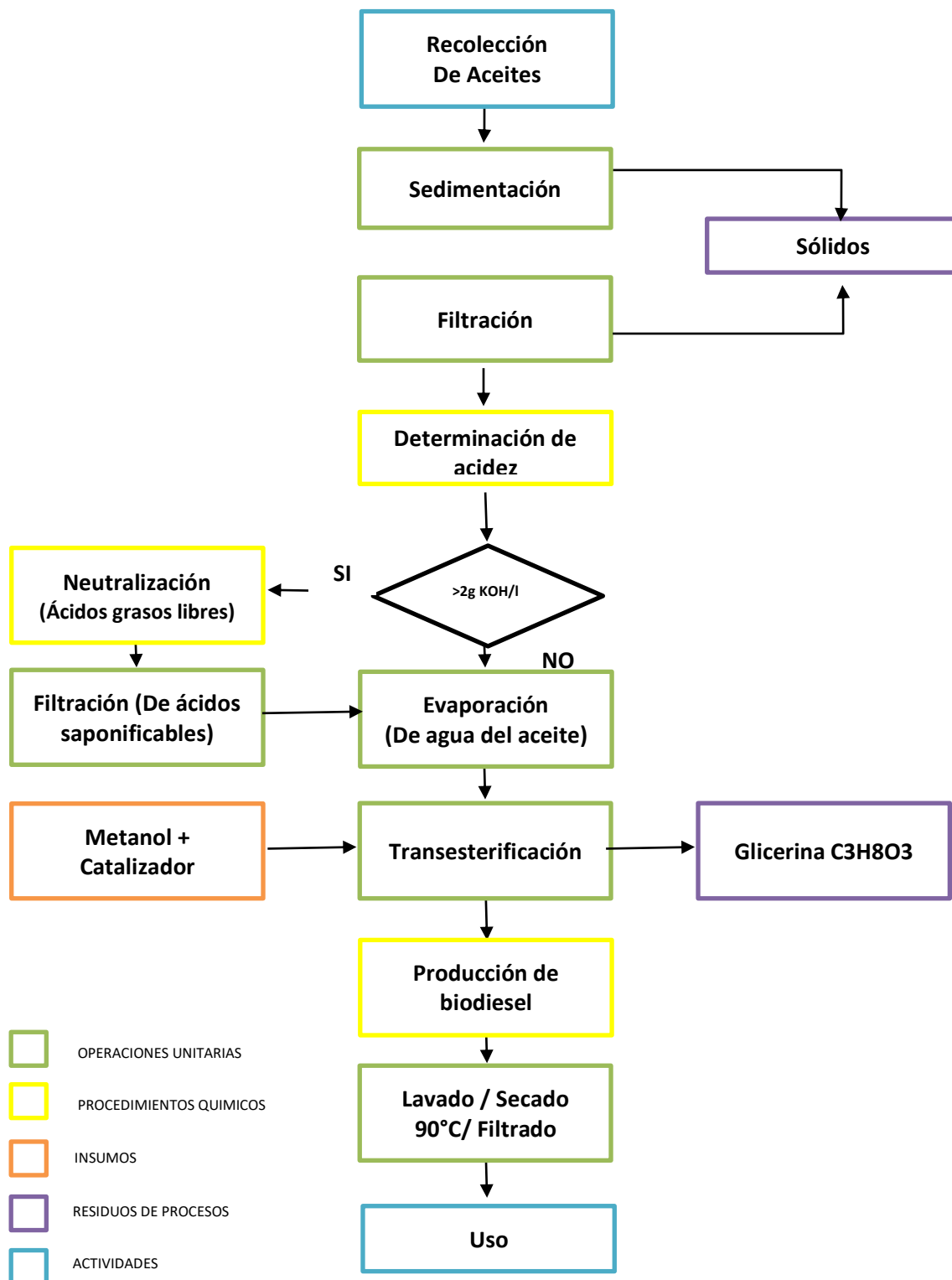


FIGURA 1 Flujo grama del proceso de obtención de biodiesel a partir de AVU.

3.3.3 Efectividad del biodiesel producido probado en un motor a diésel convencional.

La efectividad del BD100 fue medido en un motor a diésel convencional, de las siguientes características.

- Marca : Yanmar
- Motor : Diésel
- Sistema de combustión de inyección directa arranque eléctrico con llave y arranque manual a cuerda (incluye batería de 18AMP) 3600RPM.
- Tanque de combustible de 2.5gl.
- Capacidad de generación eléctrica de 2.5KW.

Decidimos realizar la efectividad utilizando biodiesel en 4 distintas concentraciones, siendo estas: biodiesel al 5% (BD5, que es el combustible comercial), biodiesel al 20% (BD20), biodiesel al 50% (BD50) y biodiesel al 100% (BD100), (recalcando que para realizar la mezcla en las concentraciones antes indicadas debemos partir considerando que el biodiesel comercial viene ya con una concentración de 5%). Con el biodiesel en sus distintas concentraciones se hace funcionar el motor durante 10 minutos, obteniendo la diferencia del biodiesel (ml) inicial y final. Esta prueba se realiza con 4 repeticiones u observaciones, cada observación con una característica diferente a la otra, siendo estas: observación 1, motor en funcionamiento sin consumo de energía eléctrica generada; observación 2, motor en funcionamiento con un consumo de un foco de 100 watts de potencia; observación 3, motor en funcionamiento con un consumo de dos focos de 100 watts de potencia cada uno y observación 4, motor en funcionamiento con un consumo de tres focos de 100 watts de potencia cada uno. Se registran los consumos para su posterior tratamiento y análisis.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.4.1 Volúmenes de AVU generados por las pollerías de Juliaca

- a. **Determinación de la muestra**, basados en la guía de elaboración de proyectos de residuos sólidos municipales a nivel de perfil, (Ministerio de Economía y Finanzas, 2008).

Tamaño de muestra (n), para determinar el tamaño de muestra, se usó la presente formula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Donde:

Tamaño de la población (N) = 265, Número de establecimiento que cuentan con licencia de funcionamiento como expendio de alimentos y preparados; dato que se ha obtenido de la Municipalidad Provincial de San Román.

Nivel de confianza (Z), se trabajó con un nivel de confianza de 95%, siendo $Z^2_{1-\alpha/2} = 1.96$.

Error (E), el error que se tomó es del 10% del promedio.

Varianza (σ^2), la varianza de la población.

El promedio y desviación estándar que usamos para determinar la muestra fue de una investigación que desarrollaron en Abancay, teniendo como datos:

Promedio = 10.8 litros/Establecimiento/día

Desviación Estándar = 2.5 litros/Establecimiento/día

Reemplazando datos en la fórmula:

$$n = \frac{1.96^2 * 265 * 2.5^2}{(265 - 1) * 1.08^2 * 1.96^2} = \frac{6362.65}{331.94} = 19.2$$

Asimismo, en base a la experiencia, se ha observado que durante el estudio algunas unidades muestrales no completan el estudio, para lo cual incrementamos un 10% el tamaño de la muestra, siendo este:

$$10\%n = n * 0.1 = 19 * 0.1 = 2$$

Así, llegamos a tener que el tamaño de la muestra es:

$$n = n + 10\%n = 19 + 2 = 21 \text{ pollerías}$$

b. Distribución de frecuencias, Utilizando el método de Sturges, método principalmente usado para agrupar datos numéricos que tengan variables cuantitativas continuas (Canales, A. 2000); agrupamos los volúmenes (litros/establecimiento/semana) de AVU consumido y AVU de desecho.

➤ Cálculo de la Longitud por donde recorrerá la variable. $L = \text{Dato máximo} - \text{Dato mínimo}$

- Cálculo del Número de intervalos según Sturges: $K = 1 + 3.3 \log N$
- Cálculo de la amplitud o anchura del intervalo

$$e = \frac{L}{K}$$

- Cálculo del Rango de Trabajo

$$L1 = k * e$$

- Comparando longitudes

Como $L = L1$, no hay problema con lo que pasamos a realizar la distribución de frecuencias.

3.4.2 Dosis Adecuada de Metóxido Para la Obtención de Biodiesel

- a. **Distribución de Frecuencias.** Utilizamos el método de Sturges, descrito anteriormente; con la finalidad de reagrupar las muestras, basándonos en la variable Índice de Acidez de las muestras de AVU de desecho.
- b. **Análisis de Variables.** Las variables que consideramos en la determinación de la dosis adecuada de metóxido (CH_3OH y KOH) para la obtención de biodiesel, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1 Variables analizadas en la producción de biodiesel.

VARIABLES		ESCALA DE	OBSERVACIONES
NOMBRE	TIPO	MEDICION	
Producción de biodiesel	Dependiente	ml producidos	
Volumen de Metanol	Independiente	ml utilizados	En los ensayos se utilizan 50, 62.5 y 75ml
Gramos de KOH	Independiente	gr utilizados	Se utiliza 0,875gKOH y $T = 8 + IA \text{ KOHg}$
Temperatura	Constante	°C	50 – 60°C
Tiempo	Constante	Minutos	90 minutos

Fuente: Elaboración Propia.

- c. **Prueba estadística.** Los rendimientos de BD100 que obtuvimos, fueron analizados haciendo uso del **análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo** realizados con la ayuda del programa Excel 2013. Este análisis fue utilizado debido a que clasificamos nuestros datos en dos dimensiones diferentes. A sabiendas que existe una única observación para cada par (Córdova, 2002). Las dimensiones consideradas son:

Tratamientos: Condiciones normales (CN), 20, 25 y 30% de metanol en relación al AVU (ml) a tratar; Observaciones (bloques): índice de acides de un aceite virgen (IA T), de marca Cil debido a ser el aceite que es usado con mayor frecuencia por las pollerías (Ver Anexo 1); índices de acides de las muestras reagrupadas (IA 1, IA 2, IA 3 e IA 4).

Tabla 2 ANOVA Modelo de análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo, con 95% de confiabilidad

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón F Calculada
Tratamientos	SCC	$k - 1$	$CMC = \frac{SCC}{k - 1}$	$F^c = \frac{CMC}{CME}$
Bloques	SCF	$r - 1$	$CMF = \frac{SCF}{r - 1}$	$F^F = \frac{CMF}{CME}$
Error	SCE	$(r - k)(k - 1)$	$CME = \frac{SCE}{(r - 1)(k - 1)}$	
Total	SCT	$rk - 1$		

Fuente: Estadística Inferencial. CORDOVA – 2002.

d. Prueba de Comparación múltiple de medias de acuerdo al criterio de Tukey.

Utilizamos Tukey en ANOVA para encontrar las diferencias entre las medias de los factores analizados. Teniendo:

Tabla 3 Prueba de contraste de TUKEY

Comparación	Diferencia	HSD	Q	Q	Conclusión
A Vs B	$X_{med A} - X_{med B}$	$HSD = q * \frac{\sqrt{CMee}}{r}$	Diferencia/HSD	(t. glee.α)	Si diferencia > HSD = es significativo Si diferencia < HSD = no es significativo

Fuente: Bioestadística. Canales – 2000.

3.4.3 Efectividad del Biodiesel Producido Probado en Motor a Diésel Convencional.

a. Análisis de Variables. Las variables que consideramos en la prueba de la efectividad del biodiesel fueron:

Tabla 4 Variables analizadas en el consumo de biodiesel tras la prueba del mismo en un motor a diésel convencional.

VARIABLES		ESCALA DE	OBSERVACIONES
NOMBRE	TIPO	MEDICION	
Consumo de biodiesel	Dependiente	ml consumidos	
Concentración de biodiesel	Independiente	% de concentración	En los ensayos se utilizan 5, 20, 50 y 100%
Consumo de watts de energía	Independiente	Watts consumidos	Se utiliza; 0, 100, 200 y 300 watts
Generación de energía	Constante	KW	2500KW
Tiempo	Constante	Minutos	10 minutos

Fuente: Elaboración Propia.

b. Prueba estadística. La efectividad del BD100 fue probado en un motor diésel convencional, los datos obtenidos fueron analizados haciendo uso del **análisis de varianza de un factor (ANOVA)**, con la ayuda del programa Excel - 2013. Este análisis fue utilizado con el fin de determinar si diferentes tratamientos (Biodiesel en distintas concentraciones) muestran diferencias estadísticamente significativas o por el contrario puede suponer que sus medias no difieren. (Córdova, 2002).

Tabla 5 ANOVA Modelo de análisis de varianza de un factor, con 95% de confiabilidad.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón F Calculada
Tratamientos	SCC	$k - 1$	$CMC = \frac{SCC}{k - 1}$	$F^c = \frac{CMC}{CME}$
Error	SCE	$r - k$	$CME = \frac{SCE}{r - k}$	
Total	SCT	$r - 1$		

Fuente: Estadística Inferencial. CORDOVA – 2002.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Determinar los Volúmenes de Aceites Vegetales Usados Generados por las Pollerías de Juliaca.

Tabla 6 Estimación de los volúmenes de aceites vegetales consumidos y desechados por las pollerías de Juliaca.

ESTABLECIMIENTO	CONSUMO GLS.	DESECHO SEMANA GLS	CONSUMO DE ACEITE			DESECHO DE AVU			
			Litros Estimados						
			Día	Semana	Mes	Día	semana	Mes	Año
POL 01	5	4	2.70	18.93	81.12	2.16	15.14	64.89	789.53
POL 02	70	70	37.85	264.98	1135.62	37.85	264.98	1135.62	13816.75
POL 03	5	5	2.70	18.93	81.12	2.70	18.93	81.12	986.91
POL 04	27	26	14.60	102.21	438.03	14.06	98.42	421.80	5131.93
POL 05	5	4.5	2.70	18.93	81.12	2.43	17.03	73.00	888.22
POL 06	40	40	21.63	151.42	648.93	21.63	151.42	648.93	7895.28
POL 07	10	9	5.41	37.85	162.23	4.87	34.07	146.01	1776.44
POL 08	15	14	8.11	56.78	243.35	7.57	53.00	227.12	2763.35
POL 09	5	5	2.70	18.93	81.12	2.70	18.93	81.12	986.91
POL 10	5	4	2.70	18.93	81.12	2.16	15.14	64.89	789.53
POL 11	50	50	27.04	189.27	811.16	27.04	189.27	811.16	9869.10
POL 12	5	5	2.70	18.93	81.12	2.70	18.93	81.12	986.91
POL 13	10	9	5.41	37.85	162.23	4.87	34.07	146.01	1776.44
POL 14	80	80	43.26	302.83	1297.85	43.26	302.83	1297.85	15790.57
POL 15	5	4	2.70	18.93	81.12	2.16	15.14	64.89	789.53
POL 16	20	18	10.82	75.71	324.46	9.73	68.14	292.02	3552.88
POL 17	5	4	2.70	18.93	81.12	2.16	15.14	64.89	789.53
POL 18	7	6	3.79	26.50	113.56	3.24	22.71	97.34	1184.29
POL 19	5	4	2.70	18.93	81.12	2.16	15.14	64.89	789.53
POL 20	8	8	4.33	30.28	129.79	4.33	30.28	129.79	1579.06
POL 21	9	8	4.87	34.07	146.01	4.33	30.28	129.79	1579.06
TOTAL	391	378	211.44	1480.10	6343.27	204.14	1428.99	6124.25	74511.74
PROM	18.6	18	10.07	70.48	302.06	9.72	68.05	291.63	3548.18
TOTAL EST. JULIACA		265	2668.2	18677.4	80046.0	2576.1	18032.5	77282.2	940267.2
Máximo		80	43.26	302.83	1297.85	43.26	302.83	1297.85	15790.57
Mínimo		4	2.70	18.93	81.12	2.16	15.14	64.89	789.53

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6, podemos ver que 21 pollerías (unidades muestrales), llegan a desechar un total de 204.14 l/AVU/día, en promedio 9.72 l/AVU/día; pudiéndose llegar a coleccionar 1428.99 l/AVU/semana. Extrapolando el promedio generado por los 265 establecimientos registrados en la Municipalidad Provincial de San Román, podríamos llegar a recolectar 2576.1 l/AVU/día, que harían un total de 18032.5 l/AVU/semana.

Tabla 7 Distribución de Frecuencias de generación de AVU por las pollerías de la ciudad de Juliaca.

Clase		frecuencia	%	Total l/semana	Promedio
17	70	16	76.19	422.07	26.380
70	124	1	4.76	98.42	98.421
124	177	1	4.76	151.42	151.416
177	230	1	4.76	189.27	189.271
230	283	1	4.76	264.98	264.979
283	337	1	4.76	302.83	302.833
TOTAL		21	21	1428.99	1033.30

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 7, nos indica que, de 21 pollerías, 16 de ellas, que representan el 76.19%, desechan entre 17 a 70 l/AVU/semana; llegando a desechar un total de 422.07 l/AVU/semana y las que desechan de entre 70 a 337 l/AVU/semana (70 a 124, 124 a 177, 177 a 230, 230 a 283 y 283 a 337; representando el 4.76% cada uno), representan en total el 23.81%, llegando a desechar 1006.92 l/AVU/semana.

El promedio que generan 21 pollerías en la ciudad de Juliaca es de 9.72 l/AVU/día, este promedio no dista mucho de los promedios obtenidos en las ciudades de Abancay y Cañete. Donde, Márquez, (2013) en Cañete, obtuvo 7.59 L/AVU/día, teniendo como referencia 10 pollerías. Así mismo, Condori, (2012) en la ciudad de Abancay, indica que el promedio de generación de AVU es de 10.8/ l/AVU/día, haciendo referencia a 5 pollerías.

Comparando nuestro promedio mensual de AVU obtenido de las pollerías de Juliaca, siendo este de 291.63 litros/AVU/mes/establecimiento, está por encima del que se reporta La Diputación de Cádiz, (2008) en la ciudad de Cádiz – España, donde se indica que un restaurant de tamaño medio puede llegar a originar 50 o más litros al mes de aceite vegetal usado. Donde cabe indicar que en el estudio de España se toman como referencia restaurants, y nosotros pollerías, por lo que asumimos la diferencia de generación de AVU entre Cádiz - España y Juliaca - Perú.

Las cantidades de AVU generados en las pollerías de la ciudad de Juliaca son sustentables para poder producir biodiesel, dando como resultado de las 21 pollerías estudiadas se obtuvo 1428.99 l/AVU/semana; lo que significa que en todo Juliaca se puede llegar a colectar hasta 18032.5 l/AVU/semana; estas cantidades hacen viable su tratamiento con lo que validaríamos nuestra hipótesis planteada.

4.2 Establecer la Dosis Adecuada de Metóxido para la Obtención de Biodiesel, Partiendo de los Aceites Vegetales Usados por las Pollerías de Juliaca.

Tabla 8 Cálculo de metanol e KOH para la producción de BD100 en 4 tratamientos distintos viendo sus rendimientos en la producción de BD100 partiendo de AVU por las pollerías de Juliaca.

TRATAMIENTO A CONDICIONES NORMALES											
OBS	AVU (ml)	AVU (g)	CH3OH ml	TOTAL VOL	IA	mgKOH/gAVU	KOH g	BD100 (ml)	B100 %	C3H8O3 (ml)	C3H8O3 %
IA T1	250	202.19	50	300	0.157	8.157	0.875	81	27	25	8
IA 1	250	224.00	50	300	0.590	8.590	0.875	205	68	18	6
IA 2	250	228.00	50	300	0.587	8.587	0.875	165	55	24	8
IA 3	250	226.00	50	300	0.414	8.414	0.875	95	32	25	8
IA 4	250	228.00	50	300	0.503	8.503	0.875	180	60	25	8
TRATAMIENTO B 20% DE CH3OH CON RELACION AL AVU											
IA T1	250	227.69	50	300	0.157	8.157	1.857	210	70	25	8
IA 1	250	230.00	50	300	0.590	8.590	1.976	235	78	25	8
IA 2	250	229.00	50	300	0.587	8.587	1.966	235	78	25	8
IA 3	250	228.00	50	300	0.414	8.414	1.918	225	75	28	9
IA 4	250	232.00	50	300	0.503	8.503	1.973	240	80	27	9
TRATAMIENTO C 25% DE CH3OH CON RELACION AL AVU											
IA T1	250	227.00	62.5	312.5	0.157	8.157	1.852	220	70	27	9
IA 1	250	232.00	62.5	312.5	0.590	8.590	1.993	245	78	30	10
IA 2	250	229.00	62.5	312.5	0.587	8.587	1.966	250	80	32	10
IA 3	250	229.00	62.5	312.5	0.414	8.414	1.927	245	78	33	11
IA 4	250	228.00	62.5	312.5	0.503	8.503	1.939	240	77	30	10
TRATAMIENTO D 30% DE CH3OH CON RELACION AL AVU											
IA T1	250	225.00	75	325	0.157	8.157	1.835	230	71	30	9.2
IA 1	250	236.00	75	325	0.590	8.590	2.027	235	72	25	7.7
IA 2	250	231.00	75	325	0.587	8.587	1.984	250	77	50	15.4
IA 3	250	230.00	75	325	0.414	8.414	1.935	255	78	41	12.6
IA 4	250	231.00	75	325	0.503	8.503	1.964	255	78	44	13.5

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 8, podemos observar que, dentro del tratamiento A (CN), la muestra que presenta mayor rendimiento es la IA 1, llegando a rendir 205ml de BD100, expresado porcentualmente podemos decir que tiene 68% de rendimiento. Dentro del tratamiento B (20%), la muestra que presenta mayor rendimiento es la IA 4, llegando a rendir 240ml de BD100, expresado porcentualmente podemos decir que tiene 80% de rendimiento. Dentro del tratamiento C (25%), la muestra que presenta mayor rendimiento es la IA 2 llegando a rendir 250ml de BD100, expresado porcentualmente podemos decir que tiene 80% de rendimiento. Dentro del tratamiento D (30%), las muestras que presentan mayor rendimiento

son IA 3 e IA 4, llegando a rendir 255ml de BD100 cada uno, expresando porcentualmente podemos decir que tienen 78% de rendimiento. Por otro lado, podemos apreciar también que el tratamiento que muestra menores rendimientos es el tratamiento A (CN), además, también observamos que el bloque (muestras) IA T, es el que presenta rendimientos bajos.

Luego de ver la tabla 8, nos preguntamos si existirá diferencia estadísticamente significativa en el promedio de tratamientos y de bloque (muestras), esto en relación al volumen. Para respondernos realizamos el análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo, que a continuación presentamos.

Tabla 9 Resumen de datos para realizar el Análisis de Varianza de dos Factores con una sola muestra por grupo, basados en el rendimiento de BD100 producido a partir de AVU.

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
IA T	4	741	185.25	4896.91667
IA 1	4	920	230	300
IA 2	4	900	225	1650
IA 3	4	820	205	5533.33333
IA 4	4	915	228.75	1106.25
A (CN)	5	726	145.2	2955.2
B (20%)	5	1145	229	142.5
C (25%)	5	1200	240	137.5
D (30%)	5	1225	245	137.5

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9, nos muestra que agrupando las muestras por índices de acides, el IA que mejor rendimiento promedio muestra es el IA 1 con 230ml e IA 4 con 228.75ml, y el que presenta un rendimiento promedio bajo es el IA T, con 185.25ml. Agrupando por los tratamientos, el que mejor rendimiento promedio presenta es el tratamiento D (30%) con 245ml de rendimiento, siendo el de más bajo rendimiento promedio el del tratamiento A (CN) con 145.2ml.

Tabla 10 Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo, basados en el rendimiento de BD100 producidos a partir de AVU.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	5995.7	4	1498.925	2.3998479	0.107819838	3.25916673
Columnas	32964.4	3	10988.1333	17.5925071	0.000108695	3.49029482
Error	7495.1	12	624.591667			
Total	46455.2	19				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 Determinación de significancia a 95% de confiabilidad

Origen de las variaciones	valor prueba F	Valor P	Confianza	Si /No
FILAS	2.40	0.11	0.05	NO
COLUMNAS	17.59	0.0001	0.05	SI

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de realizar el ANOVA (tabla 10 y 11), podemos decir que no hay diferencia estadísticamente significativa en el promedio de las muestras agrupadas por el IA (filas), lo que quiere decir que el índice de acidez no es determinante en el rendimiento de BD100. Por otro lado, sí encontramos diferencia estadísticamente significativa en los promedios de los tratamientos (columnas), por lo que realizamos la Prueba de Comparación múltiple de medias de acuerdo al criterio de Tukey, teniendo:

Tabla 12 Prueba de comparación múltiple de medias de Tukey.

Comparación	Diferencia de medias	(cuadrado del error) Mse	Dif. Honestamente signif. HSD	q alfa (tabla)	Significancia
A Vs B	83.8	624.59	50.4	4.51	*
A Vs C	94.8	624.59	50.4	4.51	*
A Vs D	99.8	624.59	50.4	4.51	*
B Vs C	11	624.59	50.4	4.51	Ns
B Vs D	16	624.59	50.4	4.51	Ns
C Vs D	5	624.59	50.4	4.51	Ns

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la tabla 12 y la figura 4, luego de haberse realizado la comparación de medias según Tukey, podemos ver que existen diferencias significativas entre las medias A vs B; A vs C y A vs D, demostrando que el tratamiento A (CN), tiene un rendimiento promedio muy bajo, siendo este de 145.20ml de BD100, que es igual a decir que tiene un rendimiento de 45%, lo que nos indica que la fórmula para poder producir BD100 a condiciones normales no es aplicable para los AVU generados por las pollerías de Juliaca. Al no existir diferencia significativa entre las medias de los tratamientos B vs C, B vs D y C vs D; podríamos utilizar cualquiera de las fórmulas usadas en estos tratamientos para poder producir BD100 partiendo de los AVU generados por las pollerías de Juliaca.

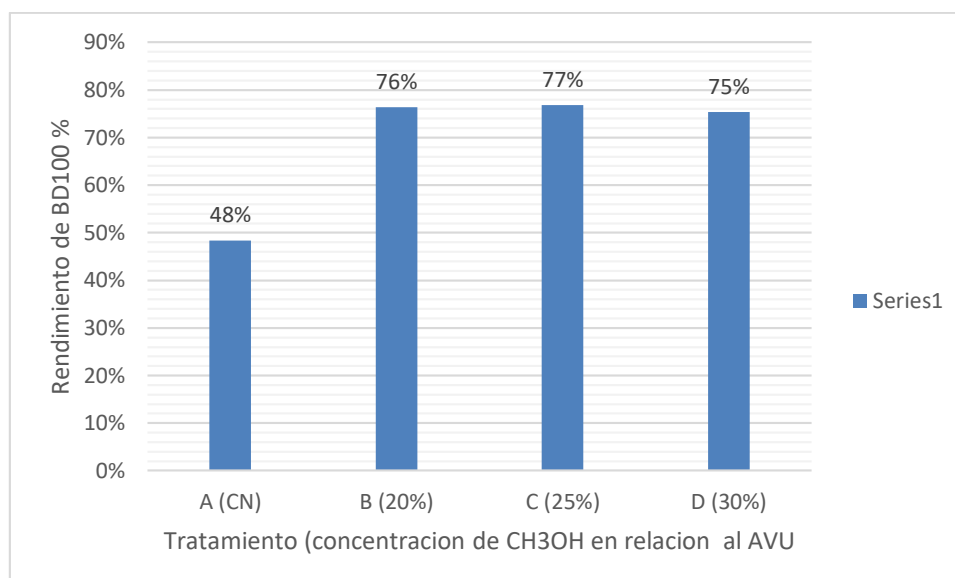


FIGURA 2 Comparación del rendimiento porcentual que presentan 4 tratamientos en relación a la producción de BD100 obtenido partiendo de AVU.

En la figura 2 y de acuerdo con la tabla 9 podemos concluir que las fórmulas utilizadas en los tratamientos C (25%) y D (30%), son las más óptimas por presentar mayores rendimientos en volumen siendo de 240 y 245ml de BD100 respectivamente, que es lo mismo a decir que tienen un 77 y 75% de rendimiento respectivamente; a diferencia de 229ml de BD100 de rendimiento que presenta el tratamiento B (20%), o 76% de rendimiento. Por último podemos observar que existe una estrecha relación aceite versus la cantidad de metanol a usar, siendo el metanol la variable que afectaría el rendimiento de BD100.

Utilizando la dosis que tiene 25% de incremento de metanol con relación al AVU tratado, tenemos en promedio 77% de rendimiento, el mismo que solo está por casi un punto porcentual debajo de la investigación realizada en Bogotá Colombia, en donde obtuvieron un 77.8% de rendimiento, Malagón y Martha, (2012).

En la investigación desarrollada en la presente tesis, llegamos a obtener hasta un máximo de 80% de rendimiento de BD100, notando una clara relación entre el aceite y el metanol, tal es así que este porcentaje de rendimiento se llegó a obtener en los tratamientos en los que presentan mayor concentración del metóxido (25 y 30 % de metanol en relación al volumen de AVU a tratar). Tal es así que, Medina, et al (2015) en Cartagena de India – Colombia da a conocer que llegaron a obtener rendimientos superiores a 90% y que relación aceite – metanol es la variable que afecta al rendimiento. Medina, (2011) indica que esa relación aceite – metanol es hasta cierto límite, hecho que también pudimos apreciar. Puesto que, a

una concentración del 30% de metanol en relación al AVU, el rendimiento tiene un ligero descenso, presentando 77% en promedio en el tratamiento con 25% de metanol en relación al AVU a 75% en promedio con relación al tratamiento a 30%. de metanol en relación al AVU.

Los rendimientos de BD100 obtenidos en la presente investigación (promedio general 69.23, mínimo 27% y máximo 80%), se lograron realizando pre tratamiento a todas las muestras. Cedrón, et al, "(2014) obtuvo 78% de rendimiento de biodiesel, partiendo de AVU sin darle ningún pre tratamiento a las muestras (filtración, neutralización, etc.).

Para nosotros existe una estrecha relación y significancia de las variables independientes (metanol e KHO), con la variable dependiente (producción de biodiesel), afectando positiva y/o negativamente al rendimiento de BD100. García, et al, (2013) hace notar que las variables independientes (metanol e KOH) no son significativos para la variable dependiente, llegando así a tener rendimientos superiores a 80%. Con lo que García, estaría rechazando todos los resultados antes obtenidos que indican que hay una estrecha relación entre el aceite – metóxido, que se verá reflejada en el rendimiento de biodiesel

En nuestra investigación notamos que cuando las concentraciones del metóxido fueron menores afectan al post tratamiento del biodiesel, incrementando las veces de lavado, esto suponemos porque habría triglicéridos que no reaccionaron, mostrando una capa gelatinosa de color blanco. Sin embargo, Dorado (2001) indica que el KHO más el metanol como catalizador, presentan rendimientos altos y que el alcohol es una variable muy importante, ya que, si la cantidad de alcohol es menor de la que requiere la reacción, no se produce separación de fases. En el caso de que se produzca, aparece una capa gelatinosa formada por triglicéridos sin reaccionar. Si se añade metanol en exceso, la fase de los ésteres aparece turbia, ya que el alcohol sobrante tiene un efecto negativo en la conversión de los triglicéridos.

De las pruebas de laboratorio en el proceso de obtención del biodiesel, se puede concluir que los mejores resultados son aquellos trabajados con 20, 25 y 30% más de metanol en relación al AVU a tratar; y utilizando la proporción de acuerdo a fórmula de Potasa; a una temperatura de 50 a 60°C, en un tiempo de 90 minutos de transesterificación, estos últimos tienen rangos variables debido a la dificultad de mantenerlos estables a escala de laboratorio, pero podrían ser controlados si este se realiza a mayor escala en una planta especializada.

De acuerdo con las estimaciones que presentamos en la tabla 6, donde nos indica que podemos llegar a tener una oferta de 18032.5 l/AVU/semana/Juliaca, realizando un buen proceso de transesterificación, podemos llegar a obtener rendimientos de 80% de BD100, lo que significa que podemos llegar a obtener 14426 litros de BD100 por semana. De no tratar de reaprovechar esta cantidad ofertada, no solo se pierde la oportunidad de desarrollar tecnología, dar trabajo, también se pierde la oportunidad de ser más amigables con el medio ambiente y la salud pública.

Inicialmente nos planteamos que cuanto menor sea la concentración de metóxido, mayor sería el rendimiento; Esto no fue lo que ocurrió, ya que obtuvimos de 70 a 80% de rendimiento de biodiesel cuando la concentración del metóxido fue mayor; con lo que queda rechazada nuestra hipótesis planteada.

4.3 Probar la Efectividad del Biodiesel Producido, en un Motor a Diésel Convencional y estacionario.

Para probar la efectividad del biodiesel producido, sometemos a pruebas de consumo de biodiesel, por un motor estacionario y convencional, en diversas concentraciones en determinado tiempo.

Tabla 13 Consumo de biodiesel (BD5, BD20, BD50 y BD100) en un motor estacionario y convencional durante 10 minutos de funcionamiento.

OBS	TRATAMIENTOS											
	BIODIESEL 5 ml			BIODIESEL 20 ml			BIODIESEL 50 ml			BIODIESEL 100 ml		
	V in	V fi	GASTO	V in	V fi	GASTO	V in	V fi	GASTO	V in	V fi	GASTO
Sin foco	1000	911	89	1000	938	62	1000	941	59	1000	1000	0
Un foco	1000	933	67	1000	938	62	1000	935	65	1000	1000	0
Dos focos	1000	938	62	1000	936	64	1000	934	66	1000	1000	0
Tres focos	1000	935	65	1000	932	68	1000	936	64	1000	1000	0
Total	4000	3717	283	4000	3744	256	4000	3746	254	4000	4000	0
Promedio	1000	929.3	70.8	1000	936.0	64	1000	936.5	63.5	1000	1000	0.0

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 13, podemos ver que el tratamiento que tiene una concentración de 5% de Biodiesel y 95% de Diésel (BD5, combustible comercial), sin el uso de focos que consuman la energía generada, presenta un consumo de 89 ml de BD5 en el lapso de 10 minutos, siendo el consumo más alto registrado. Por otro lado, el BD100, no logro hacer funcionar el motor, arrancando sí, pero sin poder generar energía eléctrica, puesto que la potencia generada era cero, motivo por el cual no se pudo llegar a medir su consumo. En general exceptuando el tratamiento BD100, tenemos un promedio de consumo de 66.1 ml de consumo en el lapso de 10 minutos, presentando menor consumo el BD50, que en promedio es de 63.50ml/10min, en comparación al promedio de BD20, que es de 64.00ml/10min, y el promedio de BD5 (comercial) presenta mayor consumo, en promedio 70.75ml/10min.

Luego de ver los consumos de biodiesel, nos preguntamos. ¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de consumo de biodiesel en diversas concentraciones, en relación al tiempo? Para poder dar respuesta a esta interrogante sometemos los consumos de BD a un análisis de Varianza (ANOVA), exceptuando al el BD100, puesto que no registra datos. Desarrollamos el análisis con ayuda del programa Excel - 2013, teniendo así:

Tabla 14 Resumen de datos para realizar el Análisis de Varianza de un factor, para ver la diferencia significativa en el promedio de consumo de biodiesel a diversas concentraciones.

Análisis de varianza de un factor
RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
BD 5	4	283	70.75	152.25
BD 20	4	256	64	8
BD 50	4	254	63.5	9.66666667

Fuente: Elaboración propia.

Lo que más resalta la tabla 14 es que al presentar concentraciones más altas a las del biodiesel del mercado (BD 5), se tiene menor consumo de Biodiesel.

Tabla 15 Análisis de varianza del consumo de BD5, BD20 y BD50; probados en un motor diésel convencional.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	131.166667	2	65.583	1.158	0.35686217	4.25649473
Dentro de los grupos	509.75	9	56.639			
Total	640.916667	11				
Total	13741.9375	15				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 Determinación de significancia a 95% de confianza.

Origen de las variaciones	valor prueba F	Valor P	confianza	Si /No
COLUMNAS	1.16	0.35686217	0.05	NO

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con las tablas 15 y 16, no encontramos diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos, lo que indica que no habrá diferencia de consumo de BD haciendo uso de cualquiera de las tres concentraciones analizadas.

Con las pruebas realizadas en un motor diésel convencional, se comprobó el correcto funcionamiento del mismo en las concentraciones BD5 (comercial), BD20 y BD50, pero, no logrando funcionamiento con BD100. De acuerdo con la tabla 13, se puede evidenciar que a mayor concentración de BD se tiene un ligero descenso en el consumo del mismo.

El BD100 que obtuvimos, no fue capaz de hacer funcionar un motor a diésel convencional y estacionario, pero realizando mezclas de 20 y 50% con el biodiesel al 5% que se comercializa en todos los grifos, se logró hacer funcionar el motor. Coello, et al, (2008) tras la implementación de un sistema piloto de producción en la UNALM de Lima, hicieron que el bus de universidad funcionara con una mezcla de 20% de biodiesel y 80% de diésel convencional (mezcla denominada B20). Viendo estos resultados y comparando con los obtenidos en nuestra investigación podríamos decir que aquí para nuestro medio también sería la dosis adecuada a ser usada.

Luego de hacer unas consultas con el Ing. José Calle Maravi, catedrático y jefe del laboratorio de energías renovables de la UNALM, pudimos concluir que la negativa del funcionamiento del motor con BD100, podría deberse a factores Climatológicos y ambientales propios de la zona. Cárdenas, (2011) da a conocer que la potencia del motor se ve disminuida con el uso de biodiesel. Dorado, (2001) demostró que la potencia suministrada fue, en el caso más desfavorable, un 7% inferior a la obtenida al emplear gasoil.

El hecho de no obtener el funcionamiento del motor convencional con BD100, rechaza parcialmente nuestra hipótesis planteada; toda vez, que si logramos que funcionara con BD20 y BD50.

V. CONCLUSIONES

Al determinar los volúmenes de AVU generados por las 21 pollerías de la ciudad de Juliaca, tenemos que, las pollerías pueden llegar a generar de 2.16 a 43.26 litros/AVU/día por establecimiento, haciendo un total de 204.14 litros/AVU/día; en promedio de 9.72 litros/AVU/día. Extrapolando el promedio con los 265 establecimientos registrados por la Municipalidad Provincial de San Román, tendríamos una generación de: 2576.07 litros/AVU/día. Con un índice de acidez (IA) que presentan los AVU en las pollerías de Juliaca de 1.045 a 0.537.

Las dosis adecuadas de metóxido para la obtención de biodiesel, a través del proceso de transesterificación, partiendo de AVU por las pollerías de Juliaca, son óptimas aquellas que presentan las proporciones de 20, 25 y 30% de metanol en relación al AVU a tratar, concentraciones que nos permiten llegar a obtener rendimientos que van de 70 a 80% en relación al volumen de AVU tratado. Estas concentraciones se ven afectadas negativamente si son usadas en aceite virgen, reduciendo el rendimiento de 27 a 68.3% en relación al volumen de AVU tratado.

Al probar la efectividad del biodiesel producido, en un motor a diésel convencional, se comprobó la efectividad y correcto funcionamiento del mismo, usando como combustible, BD5 (comercial), BD20 y BD50; siendo inefectivo con BD100. Presentando menor consumo el BD50, en promedio de 63.50ml/10min, en comparación al promedio de BD20, que es de 64.00ml/10min, y el promedio de BD5 (comercial), quien presenta mayor consumo, siendo este de 70.75ml/10min; no encontrando diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones de producción de biodiesel, en las que se contemplen hacer caracterizaciones físico química, iniciales y finales, tanto a los aceites a usar como materia prima como a al biodiesel obtenido.
- Realizar pruebas en el filtrado de AVU, usando distintos lechos filtrantes con diversos parámetros, para poder dar un pretratamiento que nos permita reducir el IA del AVU.
- Hacer mayores investigaciones que indiquen por qué el BD100 no logró hacer funcionar el motor; logrando con esto determinar los factores que influyen en este hecho. Además de, la validación con mayores ensayos para determinar la concentración adecuada para su uso en nuestro medio.
- Por último, se recomienda continuar con las investigaciones a nivel de una planta piloto para que se realicen diferentes pruebas variando otros factores, como podrían ser la utilización de etanol o metanol comercial, con el fin de analizar mejoras en los costos de producción.

VII. BIBLIOGRAFIA

Acosta, F. 2008. Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala. Soluciones Prácticas-ITDG – Lima. 55p.

Administración de Información de la Energía (EIA). 2007. International Energy Outlook 2007. Washington, DC, EE.UU.

Alcalde J, 2005. “Las Luces de la Energía” Personajes que Iluminaron al Mundo con su Energía. Fundación IBERDROLA. Madrid – España. 289p.

Andersen A.J. 1962. Refinación de aceites y grasas comestibles. México: Compañía Editorial Continental. 335 pp.

Arango G.H. 2002. Metabolitos primarios de interés farmacognóstico. Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia.

Barrero A, 2010. “Energía Geotérmica”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 10p.

Barrero A, 2010. “Energía del Mar”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 10p.

Biofuels Technology Platform. 2007. Biomass to liquid (Btl) biofuel production in Europe. En: <http://www.biofuelstp.eu/btl.html>

Biomass Users Network (BUN-CA), 2002. Manual Sobre Energías Renovables BIOMASA – Bun-ca 1ra ed. San José – Costa Rica, 52p.

Bouille D, agosto del 2004. Economía de la Energía, 275p.

Calle, J. 2008. Manual de Energías y Energías Renovables. Universidad Nacional Agraria la Molina – Lima 336p.

Canales, G. A. 2000. Bioestadística. Editorial Carlita, Puno – Perú, 193p.

Cardenas, A; B. Tinajero y S. Villanueva. 2011. Biodiesel Vegetal con Diésel Pemex en un Motor de Bomba de Mando Mecánico. Emisiones y Prestaciones. Tesis (Para obtener el

título de Ingeniero Mecánico). México D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. México. 117p.

Castro P; J. Coello, y L. Castillo. 2007. Opciones para la producción y usos del Biodiesel en el Perú. Soluciones Prácticas ITDG – Lima, 176p.

Cedrón, J.C; Moncada, A & Mendoza, P. 2014. Análisis de Biodiesel Preparado a Partir de Residuos de Aceites Domésticos, Mediante RMN. Revista de la Sociedad Química – Perú Vol. 80 N° 1 Lima.

Coello, J.; Acosta, F. & Velásquez, J. 2008. Opciones para la producción de biodiesel a pequeña escala para autoabastecimiento energético en comunidades aisladas de la Amazonia. Practical Action – UNALM. Lima. 7p

Comisión electrotécnica Internacional (IEC), 2008. Energías renovables. Ginebra Suiza, 16p.

Condori, H., et al. Producción de Biodiesel a Partir de Aceites Residuales Domesticas. (Diapositivas). Abancay – Perú: Universidad Alas Peruanas. 2012., 38 diapositivas, col.

Córdova M, 2002. Estadística inferencial. Segunda edición, Moshera S.R.L. Lima – Perú. 428p.

Cunningham R, agosto del 2003. La Energía Historia de sus Fuentes y transformación. PRETROTECNIA, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, pag. 52 – 58, 132p.

Diputación de Cádiz, 2008 Estudio sobre las Posibilidades de Gestión, Recogida o Valorización de los Aceites Vegetales Usados de Origen Domestico, Sector de Hostelería y Otros Sectores en la Comarca de la Janda. Área de Medio Ambiente. Cádiz – España.

Dorado, M. 2001. Desarrollo y Ensayo de Nuevos Biocombustibles para Motores Diésel Procedentes de Diversas Semillas Oleaginosas y de Grasas Vegetales Usadas. Tesis Doctoral. Córdoba: Universidad de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Departamento de Ingeniería Rural. Colombia. 279p.

DORSA R. 2004. Vegetable oils technology. Campinas, Brasil: Westfalia Separator do Brasil Ltda.

Edenhofer, O. R. Pichs y Y. Sokona. 2011. Informe Especial Sobre Fuentes de Energías Renovables y Mitigación del Cambio Climático. EEUU. 242p.

Energía y Minas (Perú). Aprueban Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles. Decreto Supremo N° 021 – 2007 – EM. Lima – Perú, 2007. 3p.

Fennema O.R. 1993. Química de los alimentos. Zaragoza: Editorial Acribia. 536 pp.

Freedman B., Butterfield R.O., Pryde E.H. 1986. «Transesterification kinetics of soybean oil». Journal of the American Oil Chemists' Society 63(10): 1375–80.

Fernández J, 2010. “Biomasa”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 20p.

García Díaz, M. Gandón Hernández, J. & Maqueira Tamayo, Y. 2013. Estudio de la obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado. Facultad de Ingeniería Química, ISPJAE, CUJAE, La Habana, Cuba - RTQ vol. 33 N°2 Santiago de Cuba.

Lawson H. 1994. Aceites y grasas alimentarios - Tecnología, utilización y nutrición. Zaragoza: Editorial Acribia. 333 p.

Liu B. y Z. Zhao. 2007. Biodiesel Production by direct methanolysis of oleaginous microbial biomass. J. Chem. Technol. Biotechnol. 82: 775-780p.

Malagón Mican, Martha L. 2012. Obtención de biodiesel, a escala de laboratorio, a partir de aceites comestibles de desecho: una nueva alternativa de energía renovable. Grupo de Investigación en Biotecnología. Línea de Investigación: Procesos biotecnológicos. Fundación Universidad de América. Revista de Investigación Volumen 5, N°2 julio – diciembre 2012. 8 – 20p.

Marcos, F. “Energía Renovable para Jóvenes”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 20p.

Márquez, L. 2013. Diseño de un Sistema para la Gestión de Aceites Vegetales Usados en Cañete para Producir Biodiesel. Tesis en ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Lima – Perú. 129p.

Matthys D. 2003. Producing Biodiesel A Simple Affair? A Practical Guide To Read Before Building Your Plant. Ghent, Bélgica: American Soybean Association. 23 pp.

Medina, M. y Y. Ospino. 2011. Evaluación de un Proceso para Obtener Biodiesel Usando Tecnologías Combinadas a partir de Aceites Residuales. Cartagena de India – Colombia. 136p.

Medina Villadiego, M; Ospino Roa, Y. & Tejada Benitez, L. 2015. Esterificación y Transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel. Revista Luna Azul, 40, 25 – 34.

Meher L.C. 2006. «Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review». Renewable and Sustainable Energy Reviews 10: 248-268.

Merino L, 2010. “Energías Renovables”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 20p.

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). 2008. Guía para la elaboración de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales a Nivel de Perfil. Lima – Perú. 194p.

Ministerio de energía y minas (MEM). 2005. Plan Referencial de Hidrocarburos 2005 - 2014. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

Mosquera P, 2010. “Eólica”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 20p

Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca. 2004. Plan Director de Juliaca 2004 – 2015. Juliaca – Puno. 295p.

Puig P, Jofra M, 2010. “Solar Térmica”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 20p.

Puig P, Jofra M, 2010. “Solar Fotovoltaica”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 20p.

Sheehan J; T. Dunahay, J. Benemann y P. Roessler. 1998. A look back to the Us Department of Energy’s Aquatic Species Program – biodiesel from algae. National Renewable Energy Laboratory, Golden CO; Report NREL/TP-580-24190, 328p.

Song D; J. Fu y D. Shi. 2008. Explotation of oil- bearing microalgae for biodiesel. Chin. J. Biotech. 24: 341-343p.

Soria E, 2010. “Energía Hidráulica”, Revista Energías Renovables para todos. Haya Comunicación – fundación IBERDROLA. España, 20p.

Srivastava A; R. Prasad. 2000. «Triglycerides-based diesel fuels». Renewable and Sustainable Energy Reviews 4: 111-133.

Stratta, J. 2000. Biocombustibles: Los Aceites Vegetales como Constituyentes Principales del Biodiesel. Investigación y Desarrollo – Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercado. Argentina 15p.

Van Gerpen J. 2005. «Biodiesel processing and production». Fuel Processing Technology 86: 1097–1107.

Varty, A. K. y S. C. Lishawa, 2010. Soluciones a los Problemas Ambientales (STEP). Centro de Política e Investigación de Madrid Ambiental Urbano, de la Universidad Loyola de Chicago. EEUU.

Villegas, I. 2014. Aprovechamiento de Aceites Vegetales Usados (AVUs). Buenos Aires – Argentina. 17p

Wang Y., Ou S., Liu P., Zhang Z. 2006. «Preparation of biodiesel from waste cooking oil via two-step catalyzed process». Energy Conversion and Management (en prensa).

Westfalia Separator Food Tec. 2006. Pre-treatment of oils and fats for biodiesel production. Oelde, Alemania: Westfalia Separator Food Tec GmbH. 13 pp.

Zhang Y., Dubee M.A., Mclean D.D., Kates M. 2003. «Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment». Bioresource Technology 89 (2003) 1–16.

Zhou W., Konar S.K., Boocock D.G.V. (2003). «Ethyl esters from the single-phase base-catalyzed ethanolysis of vegetable oils». Journal of the American Oil Chemists’ Society 80(4): 367–71.

VIII. ANEXOS

Encuesta

REAPROVECHAMIENTO DE ACEITES USADOS EN POLLERIAS PARA LA PRODUCCION DE BIODIESEL EN JULIACA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ENCUESTA: REAPROVECHAMIENTO DE ACEITES USADOS EN POLLERIAS PARA LA PRODUCCION DE BIODIESEL EN JULIACA.

1. Nombre del Establecimiento:

2. Administrador del Establecimiento:

3. Dirección:

4. ¿Qué cantidad de aceite consume semanalmente?

5. ¿Cuáles son los usos que le da al aceite?

Ensaladas

Frituras de papas

Pollo Broster

Pollo frito

Otros usos

6. ¿Con cuanta frecuencia utiliza el mismo aceite?

7. ¿Cuánto aceite desecha semanalmente?

8. ¿Cuál es la disposición final que le da a los aceites?

Alcantarillado:

Venta

Reciclaje

Otros usos

9. ¿Qué tipo de aceite usa?

Vegetal

Animal

Vaselina

10. ¿Qué marca de aceite usa?

11. ¿Estaría usted de acuerdo con la implementación de un sistema de recolección de aceite residual?

SI

NO

¿Por qué?

FIRMA:

Fecha: de de 201....

Resultados de la Encuesta.

RESULTADOS DE ENCUESTA: REAPROVECHAMIENTO DE ACEITES USADOS EN POLLERIAS PARA LA PRODUCCION DE BIODIESEL EN JULIACA.

INTRODUCCION

A nivel mundial el crecimiento demográfico es un problema difícil de frenar, cada día que pasa se explotan con mayor fuerza las materias primas para suplir las necesidades de los seres humanos y el planeta con sus diversos ecosistemas se llevan la peor parte.

Sin duda alguna en estos tiempos nos enfrentamos a un problema no menor que es la escasez de materias primas, si hablamos de ella, los combustibles fósiles y el problema energético a nivel global vienen a la cabeza. Las energías renovables no convencionales llegan a tiempo a nuestras vidas y nos abren un sinfín de oportunidades nuevas para solucionar estos problemas.

La materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía es llamada biomasa. El presente informe busca proponer al lector la generación de biodiesel de segunda generación, mediante el proceso de transesterificación, utilizando como materia prima los aceites vegetales de fritura usado.

Un litro de aceite comestible, contamina cerca de un millón de litros de agua. Lo recomendable sería verter el aceite usado en botellas de plástico de refresco, cerrarla y colocarla luego en la basura normal, sin embargo, se encontró la manera de reutilizarlo y producir biodiesel para no contaminar el ambiente, a través, de un proceso de transesterificación.

Por ello una de las alternativas para el uso de los aceites residuales es la producción de biodiesel. Uno de los principales beneficios del biodiesel es que prácticamente no contiene azufre y que, debido a la presencia de oxígeno en su composición química, su combustión es más completa, reduciendo la emisión de partículas, monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados, entre otros contaminantes.

En esta línea de investigación se hace primordial determinar la situación actual del uso de aceites vegetales residuales en Juliaca y la factibilidad de la producción de biodiesel como alternativa.

OBJETIVO

Determinar las cantidades de aceites vegetales usadas, generadas por las pollerías de la ciudad de Juliaca.

VARIABLES

Dependientes:

- Tipo de establecimiento
- Tipo de aceite

Independientes:

- Cantidad de aceite consumido
- Uso de aceite
- Frecuencia de uso de aceite
- Aceite desechado
- Disposición final de los aceites

DISEÑO MUESTRAL RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION

Selección de la muestra.

La población está definida por los 265 establecimientos que tienen licencia de funcionamiento como expendio de alimentos y preparados, otorgado por la Municipalidad de la Provincia de San Román, distrito de Juliaca.

El tipo de muestreo que se emplea para la presente investigación fue un muestreo aleatorio simple, de modo que cada miembro de la población ha tenido una probabilidad igual e independiente de ser seleccionado como parte de la muestra, pero para que forme parte de la muestra en sí, este establecimiento tenía que tener como giro de negocio el de ofrecer pollos a la brasa y/o broster, con lo que además buscamos que las muestras tengan las mismas características.

Hemos determinado la muestra, haciendo uso de los procedimientos que se usan en los estudios de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, los cuales nos permitieron usar el muestreo simple aleatorio:

Tamaño de muestra (n), para determinar el tamaño de muestra, se usó la presente formula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N - 1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

En donde:

Tamaño de la población (N) = 265, Número de establecimiento que cuentan con licencia de funcionamiento como expendio de alimentos y preparados; dato que se ha obtenido de la Municipalidad Provincial de San Román.

Nivel de confianza (Z), se trabajó con un nivel de confianza de 95%, siendo $Z_{1-\alpha/2}^2 = 1.96$.

Error (E), el error que se tomó es del 10% del promedio.

Varianza (σ)², la varianza de la población.

El promedio y desviación estándar que usamos para determinar la muestra fue de una investigación que desarrollaron en Abancay, teniendo como datos:

- Promedio = 10.8 litros/Establecimiento/día
- Desviación Estándar = 2.5 litros/Establecimiento/día

Reemplazando datos en la fórmula:

$$n = \frac{1.96^2 * 265 * 2.5^2}{(265 - 1) * 1.08^2 * 1.96^2} = \frac{6362.65}{331.94} = 19.2$$

Asimismo, en base a la experiencia, se ha observado que durante el estudio algunas unidades muestrales no completan el estudio, para lo cual incrementamos un 10% el tamaño de la muestra, siendo este:

$$10\%n = n * 0.1 = 19 * 0.1 = 2$$

Así, llegamos a tener que el tamaño de la muestra es:

$$n = n + 10\%n = 19 + 2 = 21$$

Recogida de datos

Las encuestas se realizaron cara a cara, la información inicial se pretendía hacerla no anónima, dada la solicitud expresa de algunos establecimientos se hace anónima en algunos casos. La encuesta es de tipo cerrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 17 Datos generales que resultan de las encuestas realizadas a las pollerías de la ciudad de Juliaca.

PREG.	4	5					6	7	8				9			10		11					
		ESTABLECIMIENTO	CONSUMO GLS.	USO					FRECUENCIA DE USO	DESECHO SEMANA GLS	DISPOSICION FINAL				TIPO DE ACEITE			MARCA DE ACEITE		RECOLECCION			
				Ensaladas	Fritura de Papas	Broster					Pollo Frito	Otros	ALCANTARILLADO	VENTA	RECICLAJE	OTROS USOS	VEGETAL	ANIMAL	VASELINA	SOYA	CIL	COCINERO	SI
POL 01	5		X				3	4				X	X			X			X				
POL 02	70		X	X			1	70			X		X				X		X				
POL 03	5		X				1	5				X	X			X			X				
POL 04	27		X	X			1	26				X	X				X		X				
POL 05	5		X				1	4.5				X	X			X			X				
POL 06	40		X	X			1	40				X	X			X			X				
POL 07	10		X				1	9				X	X			X			X				
POL 08	15		X	X			1	14				X	X			X			X				
POL 09	5		X				2	5				X	X			X			X				
POL 10	5		X				2	4				X	X			X			X				
POL 11	50		X	X			1	50			X		X			X			X				
POL 12	5		X				2	5				X	X			X			X				
POL 13	10		X				2	9				X	X			X			X				
POL 14	80		X	X			1	80			X		X			X			X				
POL 15	5		X				1	4				X	X			X			X				
POL 16	20		X	X			1	18			X		X			X			X				
POL 17	5		X				1	4				X	X				X		X				
POL 18	7		X				1	6				X	X			X			X				
POL 19	5		X				1	4				X	X			X			X				
POL 20	8		X				1	8				X	X			X			X				
POL 21	9		X				1	8				X	X			X			X				
TOTAL	391	0	21	7	0	0	16	378	0	0	4	17	21	0	0	4	15	2	21	0			
FREC.		0%	100%	33%	0%	0%	76%		0%	0%	19%	81%	100%	0%	0%	19%	71%	10%	100%	0%			
PROM	18.6							18															

Fuente: Elaboración Propia.

Pregunta 4. ¿Qué cantidad de aceite consume semanalmente?

Tabla 18 Frecuencia del consumo de aceite semanal.

Li	Ls	L	fi	xi	Fi	Fi*	Hi
5	19	5 a 19	14	11.992	14	21	0.67
19	33	19 a 33	3	25.976	17	7	0.14
33	47	33 a 47	1	39.960	18	4	0.05
47	61	47 a 61	1	53.944	19	3	0.05
61	75	61 a 75	1	67.927	20	2	0.05
75	89	75 a 89	1	81.911	21	1	0.05
			21	281.710			1.00

- Li Límite inferior
- Ls Límite superior
- Fi Frecuencia absoluta
- Xi Marca de clase
- Fi Frecuencia absoluta acumulada hacia abajo
- Fi* Frecuencia absoluta acumulada hacia arriba
- hi Frecuencia Relativa

Fuente: Elaboración Propia.

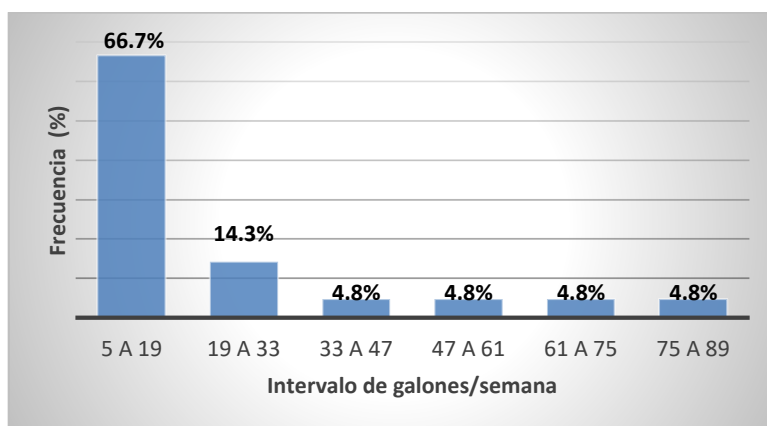


FIGURA 3 Frecuencia relativa de pollerías en relación a su consumo en galones por semana

En la figura, se observa que el 66.7% de pollerías, que son las mas pequeñas y las que se tiene en mayor representatividad, consumen de entre 5 a 19 galones/semana de AVU, el 14.3% de pollerías consume de entre 19 a 33 galones/semana de AVU. Y el 19.2% de pollerías consumen de 33 a 89 galones/establecimiento/seman de AVU.

Pregunta 05. ¿Cuáles son los usos que le da al aceite?

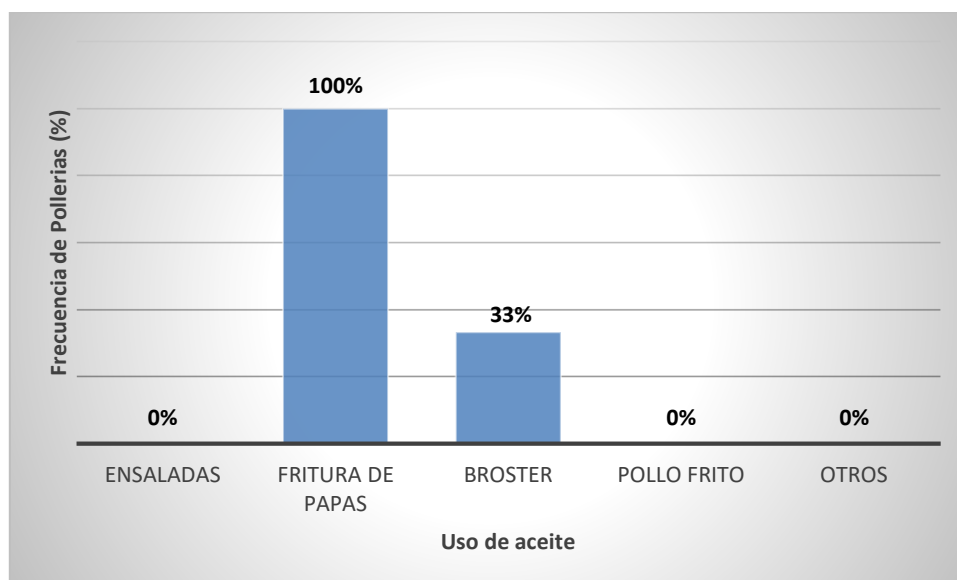


FIGURA 4 Uso que le dan las pollerías al aceite consumido.

De acuerdo con los datos obtenidos en la figura se muestra que, el 100% de pollerías usan el aceite en fritura de papas, 33% lo usan para producir broster. Cabe destacar sin embargo que el volumen de aceites usados en ensaladas es ínfimo y que aparentemente por eso no lo consideran como una respuesta relevante.

Pregunta 6. ¿Con cuanta frecuencia utilizan el mismo aceite?

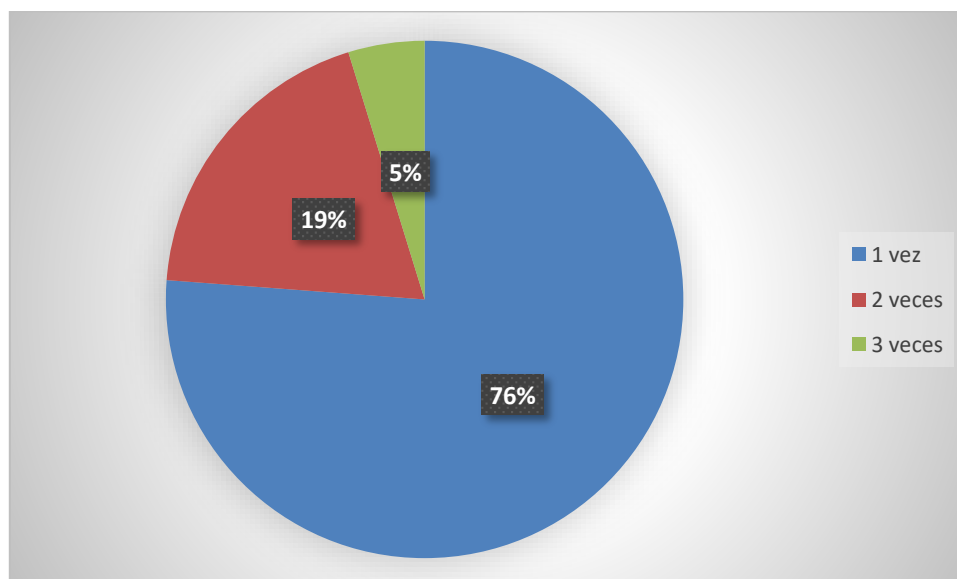


FIGURA 5 Muestra la frecuencia con la que usan el mismo aceite en las pollerías de Juliaca.

Se nota que al menos el 76% de pollerías le da una sola vez el uso a los aceites consumidos, lo preocupante es que hay un 19% que lo usa dos veces y peor aún, que el 5% le da un uso de 3 veces el aceite.

Pregunta 7. ¿Cuánto aceite desecha semanalmente?

Tabla 19 Distribución de Frecuencias basadas en la cantidad (galones) de aceite desechado semanalmente por las pollerías de Juliaca.

Li	Ls	Fi	xi	Fi	Fi*	hi
4	18	15	11.085	15	21	0.71
18	32	2	25.255	17	6	0.10
32	47	1	39.426	18	4	0.05
47	61	1	53.596	19	3	0.05
61	75	1	67.766	20	2	0.05
75	89	1	81.937	21	1	0.05
		21	279.066			1.00

- Li Límite inferior
- Ls Límite superior
- Fi Frecuencia absoluta
- Xi Marca de clase
- Fi Frecuencia absoluta acumulada hacia abajo
- Fi* Frecuencia absoluta acumulada hacia arriba
- Hi Frecuencia Relativa

Fuente: *Elaboración Propia.*

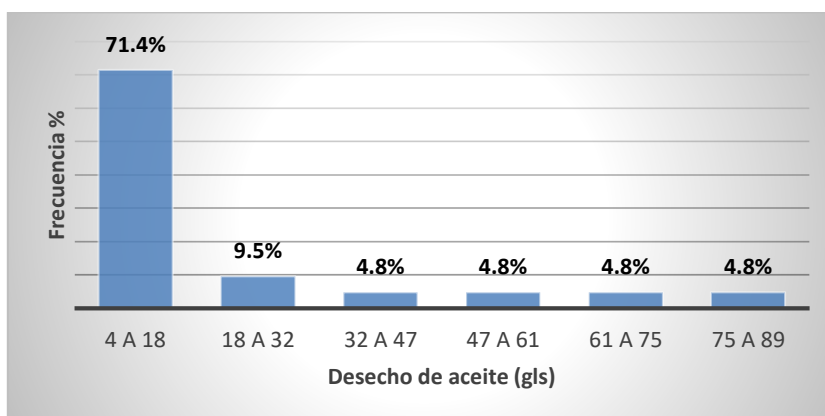


FIGURA 6 Muestra la cantidad (gls) de aceites vegetales desechados por las pollerías de Juliaca.

71.4% de las pollerías desechan aceites que se encuentran en el rango de 4 a 18gls/semana AVU, 9.5% de 18 a 32gls/semana AVU; y 18.2% de 32 a 89gls/semana AVU. Las pollerías que desechan cantidades pequeñas son mayores; resultando significativo la cantidad de

pollerías que desechan de 75 a 89gls/semana AVU a pesar de representar solo el 4.8% de pollerías.

Pregunta 8. ¿Cuál es la disposición final que le da a los aceites?

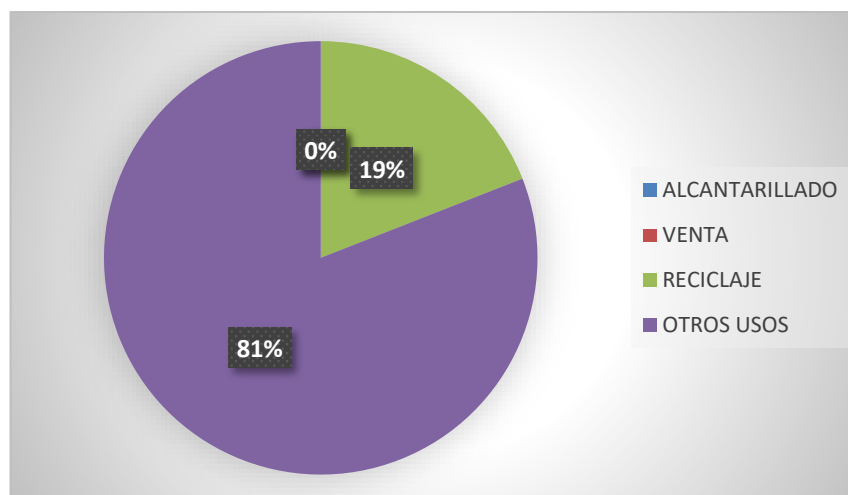


FIGURA 7 Disposición final de los aceites vegetales usados que le dan las pollerías de la ciudad de Juliaca.

Es preocupante ver que el 81% de pollerías afirman darle otros usos a los aceites usados como disposición final, lo que nos llama muchísimo la atención ya que, dentro de esos otros usos, podríamos considerar que lo revenden para luego ser usados en los establecimientos que expenden comida al paso por las calles. Por otro lado, que el 19% de pollerías recicle el aceite usado es loable, en vista que demuestra la iniciativa de darle un final adecuado, se sabe que este aceite reciclado es vendido a terceros, pero sería bueno saber que hacen con esos aceites los terceros que lo compran.

Pregunta 9. ¿Qué tipo de aceite usa?

Tal como se muestra en la tabla 03. El 100% de las pollerías utiliza aceite vegetal.

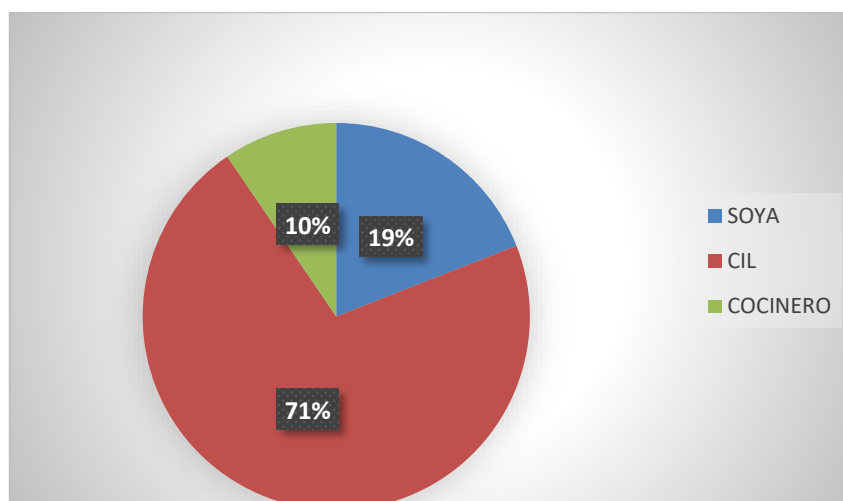
Pregunta 10. ¿Qué marca de aceite usa?

FIGURA 8 Marca de aceite usado por las pollerías de Juliaca

En la figura anterior podemos ver que el 71% de las pollerías de Juliaca tiene preferencia por el aceite de marca Cil; 19% utiliza aceite de soya y solo un 10% utiliza aceite de marca Cocinero.

Pregunta 11. ¿Estaría usted de acuerdo con la implementación de un sistema de recolección de aceite residual?

A esta pregunta el 100% de pollerías afirma que están de acuerdo con una implementación de un sistema de recolección de aceite residual.

- Después de los análisis realizados en las encuestas a las 21 pollerías generadoras de aceite vegetal usado, se puede concluir que el volumen que sería recolectado en la ciudad de Juliaca, quizá no justifica económicamente la implantación de un sistema de recolección y producción de biodiesel visto desde el punto únicamente económico actual para la gestión municipal responsable, pero estaría muy justificado si se valoran los costos ambientales necesarios para la biodegradación del aceite y las afecciones que este produce a las aguas y suelo donde se desecha sin ningún tratamiento.
- Por otro lado, creemos que la mayoría de las pollerías no dieron datos verdaderos con respecto a los desechos que producen, por lo que no se puede dar un dato exacto sobre el volumen de aceite que podría ser potencialmente reciclado a nivel de la ciudad.
- Debido a la falta de control sanitario de estos establecimientos, la utilización del aceite de frituras llega en algunas ocasiones a un período de tres días de duración y en el mejor de los

casos son utilizados en un promedio de dos a tres veces consecutivas, provocando serias afecciones a la salud de los consumidores.

- Considerando que en Juliaca hay bastante informalidad, por lo que el número de pollerías y establecimientos que desechan aceites vegetales son mayores, lo que incrementaría el universo de establecimientos y por ende la generación de aceites vegetales usados.

Determinación del índice de acidez para reagrupar muestras

Tabla 20 Determinación del Índice de Acidez Promedio (IA)

DETERMINACION DEL INDICE DE ACIDEZ												
MUES TRA	REPET	ACEITE USADO			C3H8O (ml)	C20H14O4 (gotas)	VOLUMEN DE GASTO KOH			IA (mg KOH / gr Aceite)	IA PROM	
		ml	g	DENSIDAD			V. INICIAL	V. FINAL	GASTO			
M1	IA 1	2.5	2.15	0.860	20	3	50.0	49.5	0.5	1.305	1.045	
	IA 2	2.5	2.14	0.856	20	3	49.5	49.1	0.4	1.049		
	IA 3	2.5	2.15	0.860	20	3	49.1	48.8	0.3	0.783		
M2	IA 1	2.5	2.13	0.852	20	3	48.8	48.7	0.1	0.263	0.709	
	IA 2	2.5	2.10	0.840	20	3	48.7	48.4	0.3	0.801		
	IA 3	2.5	2.11	0.844	20	3	48.4	48.0	0.4	1.064		
M3	IA 1	2.5	2.16	0.864	20	3	48.0	47.8	0.2	0.519	0.694	
	IA 2	2.5	2.17	0.868	20	3	47.8	47.5	0.3	0.776		
	IA 3	2.5	2.14	0.856	20	3	47.5	47.2	0.3	0.786		
M4	IA 1	2.5	2.10	0.840	20	3	47.2	47.0	0.2	0.534	0.537	
	IA 2	2.5	2.09	0.836	20	3	47.0	46.8	0.2	0.537		
	IA 3	2.5	2.08	0.832	20	3	46.8	46.7	0.2	0.539		
M5	IA 1	2.5	2.30	0.920	20	3	46.7	46.3	0.4	0.976	0.752	
	IA 2	2.5	2.14	0.856	20	3	46.3	46.0	0.3	0.786		
	IA 3	2.5	2.27	0.908	20	3	46.0	45.8	0.2	0.494		
M6	IA 1	2.5	2.09	0.836	20	3	45.8	45.5	0.3	0.805	0.808	
	IA 2	2.5	2.08	0.832	20	3	45.5	45.2	0.3	0.809		
	IA 3	2.5	2.08	0.832	20	3	45.2	44.9	0.3	0.809		
M7	IA 1	2.5	2.36	0.944	20	3	44.9	44.7	0.2	0.475	0.586	
	IA 2	2.5	2.17	0.868	20	3	44.7	44.4	0.3	0.776		
	IA 3	2.5	2.21	0.884	20	3	44.4	44.2	0.2	0.508		
M8	IA 1	2.5	2.26	0.904	20	3	44.2	44.0	0.2	0.496	0.672	
	IA 2	2.5	2.20	0.880	20	3	44.0	43.7	0.3	0.765		
	IA 3	2.5	2.23	0.892	20	3	43.7	43.4	0.3	0.755		
M9	IA 1	2.5	2.30	0.920	20	3	43.4	43.0	0.4	0.976	1.004	
	IA 2	2.5	2.14	0.856	20	3	43.0	42.6	0.4	1.049		
	IA 3	2.5	2.27	0.908	20	3	42.6	42.2	0.4	0.989		
M10	IA 1	2.5	2.25	0.900	20	3	42.2	42.1	0.1	0.249	0.585	
	IA 2	2.5	2.23	0.892	20	3	42.1	41.8	0.3	0.755		
	IA 3	2.5	2.24	0.896	20	3	41.8	41.5	0.3	0.751		
M11	IA 1	2.5	2.18	0.872	20	3	41.5	41.1	0.4	1.029	0.771	
	IA 2	2.5	2.19	0.876	20	3	41.1	40.9	0.2	0.512		
	IA 3	2.5	2.18	0.872	20	3	40.9	40.6	0.3	0.772		
M12	IA 1	2.5	2.26	0.904	20	3	40.6	40.3	0.3	0.745	0.670	
	IA 2	2.5	2.20	0.880	20	3	40.3	40.1	0.2	0.510		
	IA 3	2.5	2.23	0.892	20	3	40.1	39.8	0.3	0.755		
M13	IA 1	2.5	2.30	0.920	20	3	39.8	39.6	0.2	0.488	0.590	
	IA 2	2.5	2.14	0.856	20	3	39.6	39.3	0.3	0.786		
	IA 3	2.5	2.27	0.908	20	3	39.3	39.1	0.2	0.494		
M14	IA 1	2.5	2.25	0.900	20	3	39.1	38.9	0.2	0.499	0.669	
	IA 2	2.5	2.23	0.892	20	3	38.9	38.5	0.4	1.006		
	IA 3	2.5	2.24	0.896	20	3	38.5	38.3	0.2	0.501		
M15	IA 1	2.5	2.36	0.944	20	3	38.3	38.1	0.2	0.475	0.586	
	IA 2	2.5	2.17	0.868	20	3	38.1	37.8	0.3	0.776		
	IA 3	2.5	2.21	0.884	20	3	37.8	37.6	0.2	0.508		
M16	IA 1	2.5	2.26	0.904	20	3	37.6	37.3	0.3	0.745	0.670	
	IA 2	2.5	2.20	0.880	20	3	37.3	37.1	0.2	0.510		
	IA 3	2.5	2.23	0.892	20	3	37.1	36.8	0.3	0.755		
M17	IA 1	2.5	2.30	0.920	20	3	36.8	36.4	0.4	0.976	0.747	
	IA 2	2.5	2.14	0.856	20	3	36.4	36.2	0.2	0.524		
	IA 3	2.5	2.27	0.908	20	3	36.2	35.9	0.3	0.741		

M18	IA 1	2.5	2.25	0.900	20	3	35.9	35.6	0.3	0.748	0.584
	IA 2	2.5	2.23	0.892	20	3	35.6	35.4	0.2	0.503	
	IA 3	2.5	2.24	0.896	20	3	35.4	35.2	0.2	0.501	
M19	IA 1	2.5	2.26	0.904	20	3	35.2	34.9	0.3	0.745	0.586
	IA 2	2.5	2.20	0.880	20	3	34.9	34.7	0.2	0.510	
	IA 3	2.5	2.23	0.892	20	3	34.7	34.5	0.2	0.503	
M20	IA 1	2.5	2.30	0.920	20	3	34.5	34.3	0.2	0.488	0.672
	IA 2	2.5	2.14	0.856	20	3	34.3	34.0	0.3	0.786	
	IA 3	2.5	2.27	0.908	20	3	34.0	33.7	0.3	0.741	
M21	IA 1	2.5	2.25	0.900	20	3	33.7	33.5	0.2	0.499	0.752
	IA 2	2.5	2.23	0.892	20	3	33.5	33.2	0.3	0.755	
	IA 3	2.5	2.24	0.896	20	3	33.2	32.8	0.4	1.002	

Fuente: Elaboración Propia.

Distribución de frecuencias y reagrupación de muestras.

En base a los promedios de los Índices de Acidez tenemos:

a. Cáculo de la Longitud por donde recorrerá la variable.

$$L = \text{Dato máximo} - \text{Dato mínimo}$$

$$L = 1.045 - 0.537 = 0.508$$

b. Cálculo del Número de intervalos según Sturges

$$K = 1 + 3.3 \log N$$

$$N = 21$$

$$K = 1 + 3.3 \log 21 = 5.36$$

c. Cálculo de la amplitud o anchura del intervalo

$$e = \frac{L}{K} = \frac{0.508}{5.36} = 0.095$$

d. Cálculo del Rango de Trabajo

$$L1 = k * e = 5.36 * 0.095 = 0.508$$

e. Comparando longitudes

Como $L = L1$, no hay problema con lo que pasamos a realizar la distribución de frecuencias.

Tabla 21 Distribución de frecuencias en relación al IA promedio de las sub muestras

Li	Ls	Fi	Xi	Fi	Fi*	hi	Hi
0.537	0.632	7	0.584	7	21	0.33	0.33
0.632	0.726	7	0.679	14	14	0.33	0.67
0.726	0.821	5	0.774	19	7	0.24	0.90
0.821	0.916	0	0.869	19	2	0.00	0.90
0.916	1.011	0	0.963	19	2	0.00	0.90
1.011	1.106	2	1.058	21	2	0.10	1.00
		21	4.928			1.00	

Donde:

- Li Límite inferior
- Ls Límite superior
- Fi Frecuencia absoluta
- Xi Marca de clase
- Fi Frecuencia absoluta acumulada hacia abajo
- Fi* Frecuencia absoluta acumulada hacia arriba
- Hi Frecuencia Relativa
- Hi Frecuencia Relativa acumulada hacia abajo

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 22 Reagrupación de las unidades muestrales.

IA 1		IA 2		IA 3		IA 4	
M13	0.590	M2	0.709	M6	0.808	M1	1.045
M15	0.586	M3	0.694	M11	0.771	M9	1.004
M7	0.586	M8	0.672	M5	0.752		
M19	0.586	M20	0.672	M21	0.752		
M10	0.585	M12	0.670	M17	0.747		
M18	0.584	M16	0.670				
M4	0.537	M14	0.669				

Fuente: elaboración propia

Luego de reagrupar las unidades muestrales y homogenizarlas correctamente, separamos una muestra representativa de 1500ml de AVU de cada una de las 4 muestras reagrupadas.



FIGURA 9 Muestras a reagrupadas en relación a su índice de acidez.



FIGURA 10 Muestras Reagrupadas.

A las 4 muestras se sumó el testigo, haciendo un total de 5 muestras, a las cuales se les volvió a realizar todo el procedimiento de Valoración inicial del AVU. Ayudados por matraces, gasas, chaco, tubos de PVC acondicionados como soportes del lecho filtrante; filtramos las 4 muestras que resultaron de la reagrupación de muestras, realizándose una valorización final a las mismas,

para ver si disminuía el índice de acides. Para determinar que lecho filtrante era el que permitía mayor porcentaje de remoción o disminución del IA, se hizo algunas pruebas con papel filtro simple, chaco molido, chaco granular y carbón vegetal; de estos el chaco granular es el que mejor operatividad y disminución de IA presento, tal como se muestra en las tablas siguientes.

$$\%Remoción = \frac{\text{concentración inicial} - \text{concentración final}}{\text{concentración inicial}} * 100$$

Tabla 23 Pruebas de Remoción o Disminución de IA de AVU.

MUESTRA	IA INICIAL	IA FINAL	% DE REMOCION
PAPEL FILTRO	0.806	0.662	17.9%
CHACO	0.806	0.488	39.5%
CARBON	0.806	0.516	36.0%
CHACO FINO	0.647	0.580	10.2%
CHACO GRANILADO	0.645	0.418	35.1%

Fuente: elaboración propia

Tabla 24 Porcentaje de Remoción de IA de las muestras que se usaron para la producción de Biodiesel a partir de AVU.

PORCENTAJE DE REMOCION			
MUESTRA	IA INICIAL	IA FINAL	% DE REMOCION
IA - 1	0.647	0.590	8.8%
IA - 2	0.645	0.587	8.9%
IA - 3	0.486	0.414	14.9%
IA - 4	0.648	0.503	22.4%
PROMEDIO	0.607	0.523	13.7%

Fuente: elaboración propia

Panel Fotográfico



FIGURA 11 Muestras de aceites vegetales usados en 21 pollerías de la ciudad de Juliaca



FIGURA 14 Determinación del peso de las sub muestras de AVU para poder determinar el IA



FIGURA 12 Filtrado de muestras de aceites vegetales usados en 21 pollerías de la ciudad de Juliaca



FIGURA 15 Adición de Alcohol isopropílico a las sub muestras de AVU para poder determinar el IA



FIGURA 13 Sub muestras de AVU para poder determinar el IA



FIGURA 16 Determinando el IA de las sub muestras de AVU.



FIGURA 17 Calentando el aceite para evaporar el agua del AVU.



FIGURA 20 Extrayendo la glicerina luego de la decantación en el tubo de decantación luego del proceso de transesterificación.



FIGURA 18 Proceso de Transesterificación del AVU tratado.



FIGURA 21 Lavado del biodiesel producido



FIGURA 19 Proceso de separación de la glicerina y biodiesel producido luego del proceso de transesterificación.



FIGURA 22 Deshidratado del biodiesel producido



FIGURA 23 Glicerina y biodiesel producido partiendo de AVU en las pollerías de Juliaca.



FIGURA 24 Prueba de efectividad del biodiesel en un motor convencional.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Megalaboratorio y Medio Ambiente



"Año del Diálogo de la Reconciliación Nacional"

CONSTANCIA

El que suscribe (e) del Megalaboratorio Area Medio Ambiente, UNA-Puno.


HACE CONSTAR:

Que, el señor Percy MOLLENIDO MAMANI, identificada con DNI N° 41124551 de la facultad de CIENCIAS BIOLÓGICAS, Escuela profesional Biología de la Universidad Nacional del Altiplano con código N° 980276, ha desarrollado su proyecto de investigación titulado **APROVECHAMIENTO DE ACEITES USADOS EN POLLERIAS PARA LA PROUDCCION DE BODIESEL - JULIACA**. durante los meses de setiembre a diciembre del año 2017.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que estime por conveniente.

Puno, 27 de marzo del 2018.




Dr. Cs. Martin Choque Yucra
Ciencia Tecnología y Medio ambiente
Megalaboratorio UNA-Puno

Ciudad Universitaria - Teléfono (051) 599430 Anexo 31102