

**“DETERMINACIÓN DE  
PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA  
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL  
(B100), A PARTIR DEL ACEITE  
VEGETAL UTILIZADO EN FRITURA”**



# INTRODUCCIÓN

CONTAMINACIÓN



ACEITE VETAL  
USADO



ALTERNATIVA  
ENERGÉTICA

# OBJETIVOS



## OBJETIVO GENERAL

- DETERMINAR PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL (B100) A PARTIR DEL ACEITE VEGETAL USADO EN FRITURA

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS



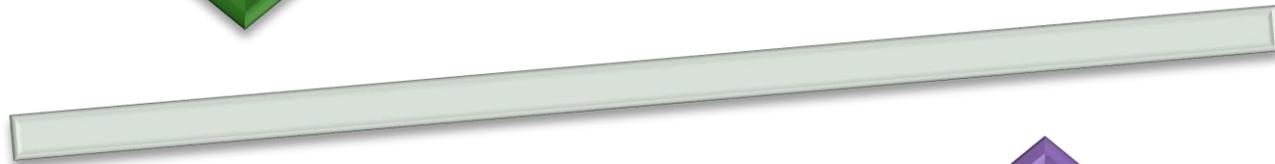
- Establecer el proceso de obtención de Biodiesel (B100).
- Identificar los parámetros óptimos (revoluciones por minuto y tiempo de mezclado durante la reacción de transesterificación), para la obtención de Biodiesel.
- Realizar los análisis fisicoquímicos respectivos, contenidos en la NTE INEN 2482 : 2009 para biodiesel "B100"
- Determinar el rendimiento del biodiesel, por medio de un balance de materiales.



# HIPÓTESIS



**Ho:** La intensidad de agitación en el reactor y el tiempo en la etapa de transesterificación no influyen en el proceso de obtención de Biodiesel "B100"



**Hi:** La intensidad de agitación en el reactor y el tiempo en la etapa de transesterificación influyen en el proceso de obtención de Biodiesel "B100".



# MARCO TEÓRICO



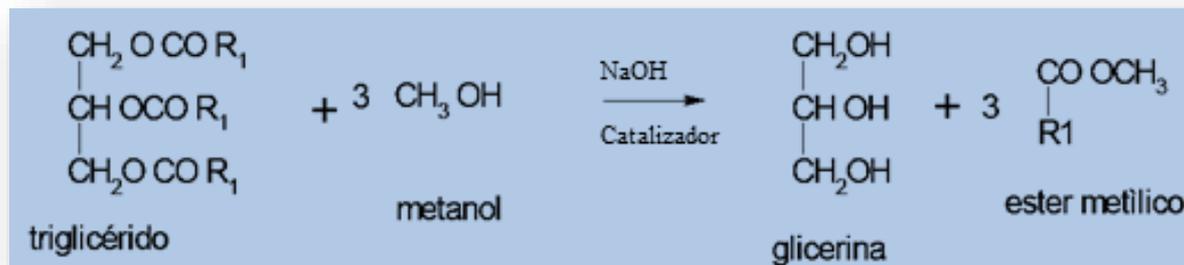
**BIODIESEL**



**LOS ACEITES  
VEGETALES  
USADOS (AVU)**

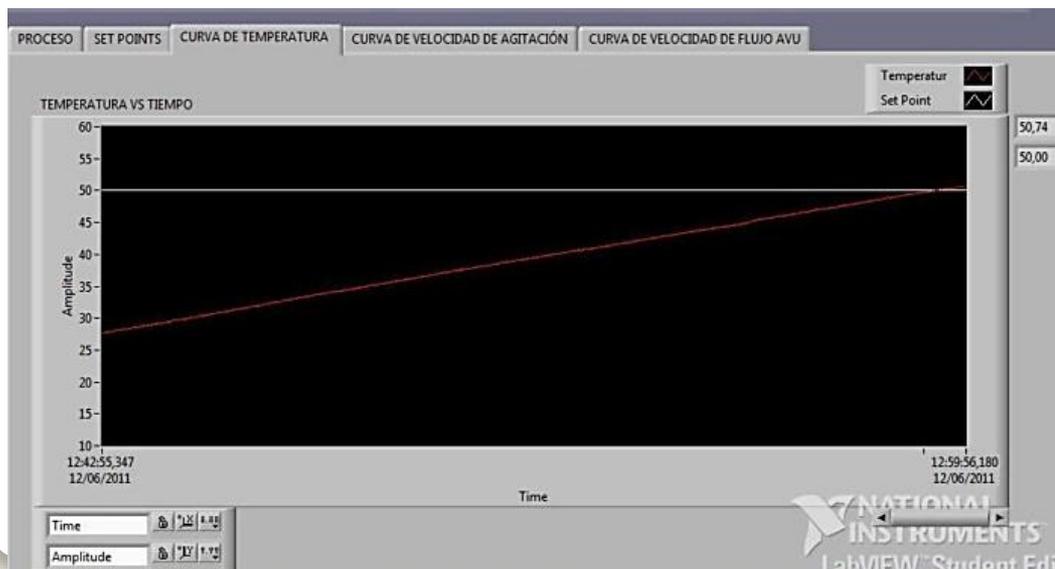
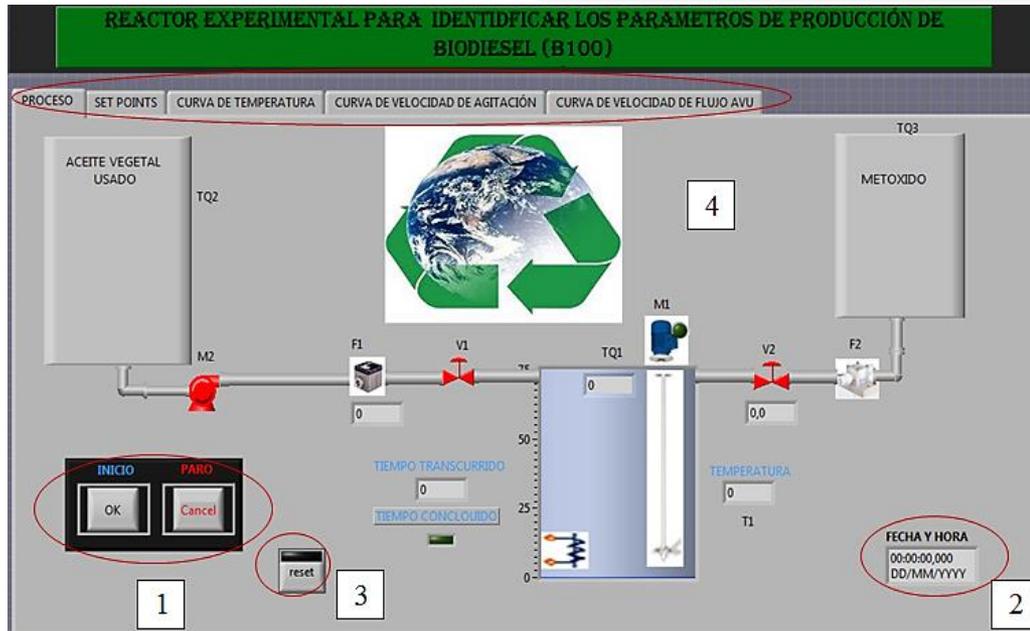


**METÓXIDO DE  
SODIO**



**Transesterificación**

# REACTOR DE MEZCLA



|                              |  |
|------------------------------|--|
| Rango de medición            | 10-100l/h  |
| Temperatura máxima de fluido | 80 °C  |
| Presión máxima               | 6 Bares  |
| Viscosidad                   | De 1 Hasta 10 cSt                                |
| Precisión                    | ≤ ± 2%   |
| Repetitividad                | ≤ 0.8%   |
| Frecuencia de salida         | Colector abierto NPN,<br>max. 11 mA, 5 a 24 V DC |
| K-factor                     | 10200 pulsos/litro                               |

# MATERIALES Y MÉTODOS



# MATERIALES Y EQUIPO



## Materia prima e Insumos

- Aceite vegetal usado
- Alcohol metílico
- Hidróxido de sodio
- Agua
- Ácido acético
- Alcohol isopropílico

## Materiales de laboratorio

- Equipo de titulación
- Probeta de 1000 ml
- Erlenmeyer de 500 ml
- Gradilla
- tubos de ensayo
- Varilla de agitación
- Papel filtro
- Embudo de separación

## Equipos

- EPPs
- Reactor de mezcla
- Balanza analítica
- Potenciómetro
- Termómetro



## LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO



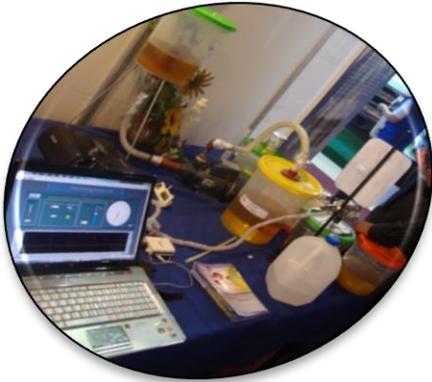
### UBICACIÓN

- PROVINCIA : Imbabura
- CANTÓN : Ibarra
- PARROQUIA : El Sagrario

### Características Climáticas

- TEMPERATURA : 17.4 °C
- ALTITUD : 2250 m.s.n.m.
- HUMEDAD RELATIVA : 73 %
- PLUVIOSIDAD : 550.3 mm/año
- LATITUD : 0 ° 20" Norte
- LONGITUD : 78° 08" Oeste

# FACTORES EN ESTUDIO



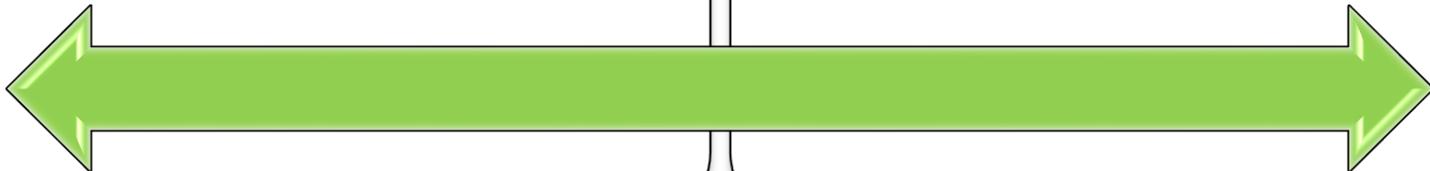
**FACTOR A:** Tiempo de transesterificación (mezcla)

- A1 = 40 minutos
- A2 = 50 minutos
- A3 = 60 minutos



**FACTOR B:** Velocidad de mezcla

- B1 = 200 RPM
- B2 = 250 RPM
- B3 = 300 RPM



# CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO



En esta investigación se utilizó el **Diseño Completo al Azar** con arreglo factorial AxB.

Número de repeticiones  
Número de tratamientos  
Número de unidades experimentales

Tres **(3)**  
Nueve **(9)**  
Veinte y siete **(27)**

## Esquema del ADEVA

| F de V                    | GI |
|---------------------------|----|
| <b>Total</b>              | 26 |
| <b>Tratamientos</b>       | 8  |
| <b>Factor A</b>           | 2  |
| <b>Factor B</b>           | 2  |
| <b>Factor AxB</b>         | 4  |
| <b>Error Experimental</b> | 18 |



# TRATAMIENTOS



| <b>TRATAMIENTOS</b> | <b>FACTOR A</b><br>Tiempo de transterificación | <b>FACTOR B</b><br>rpm del agitador de mezcla | <b>COMBINACIONES</b> |
|---------------------|--|---|----------------------|
| <b>T1</b>           | A1 = 40 minutos                                | B1 = 200 rpm                                  | A1B1                 |
| <b>T2</b>           | A1 = 40 minutos                                | B2 = 250 rpm                                  | A1B2                 |
| <b>T3</b>           | A1= 40 minutos                                 | B3 = 300 rpm                                  | A1B3                 |
| <b>T4</b>           | A2 = 50 minutos                                | B1 = 200 rpm                                  | A2B1                 |
| <b>T5</b>           | A2 = 50 minutos                                | B2 = 250 rpm                                  | A2B2                 |
| <b>T6</b>           | A2= 50 minutos                                 | B3 = 300 rpm                                  | A2B3                 |
| <b>T7</b>           | A3 = 60 minutos                                | B1 = 200 rpm                                  | A3B1                 |
| <b>T8</b>           | A3 = 60 minutos                                | B2 = 250 rpm                                  | A3B2                 |
| <b>T9</b>           | A3= 60 minutos                                 | B3 = 300 rpm                                  | A3B3                 |

# Análisis estadístico



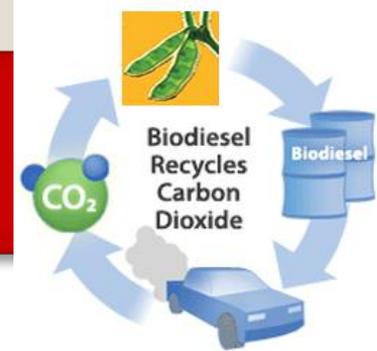
| F de V             | GI |
|--------------------|----|
| Total              | 26 |
| Tratamientos       | 8  |
| Factor A           | 2  |
| Factor B           | 2  |
| Factor Ax B        | 4  |
| Error Experimental | 18 |



## Análisis Funcional

- Se calculó el Coeficiente de Variación (CV), Detectada la diferencia significativa en los tratamientos se realizó la prueba de TUKEY al 5% para tratamientos; DMS para factores (A y B); y GRÁFICOS para interacciones.

# VARIABLES EVALUADAS



## Cuantitativas

### Proceso

- Cantidad de subproducto (glicerina).
- pH luego de la transesterificación
- Cantidad de ácido acético (lavado).
- Cantidad de impurezas.
- Cantidad de agua a la salida del lavado.

### Producto terminado

- Densidad a 15°C (kg/m<sup>3</sup>).- ASTM D 1298
- Rendimiento.

# ANÁLISIS ADICIONALES



NTE INEN 2482 : 2009 para biodiesel

**% Cenizas sulfatadas.- ASTM D 874**

**% Carbón residual.- ASTM D 4530**

**Corrosión lámina de cobre.- ASTM D 130**

**Numero de cetano.- ASTM D 613**

**% Contenido de glicerina libre.- ASTM D 6584**

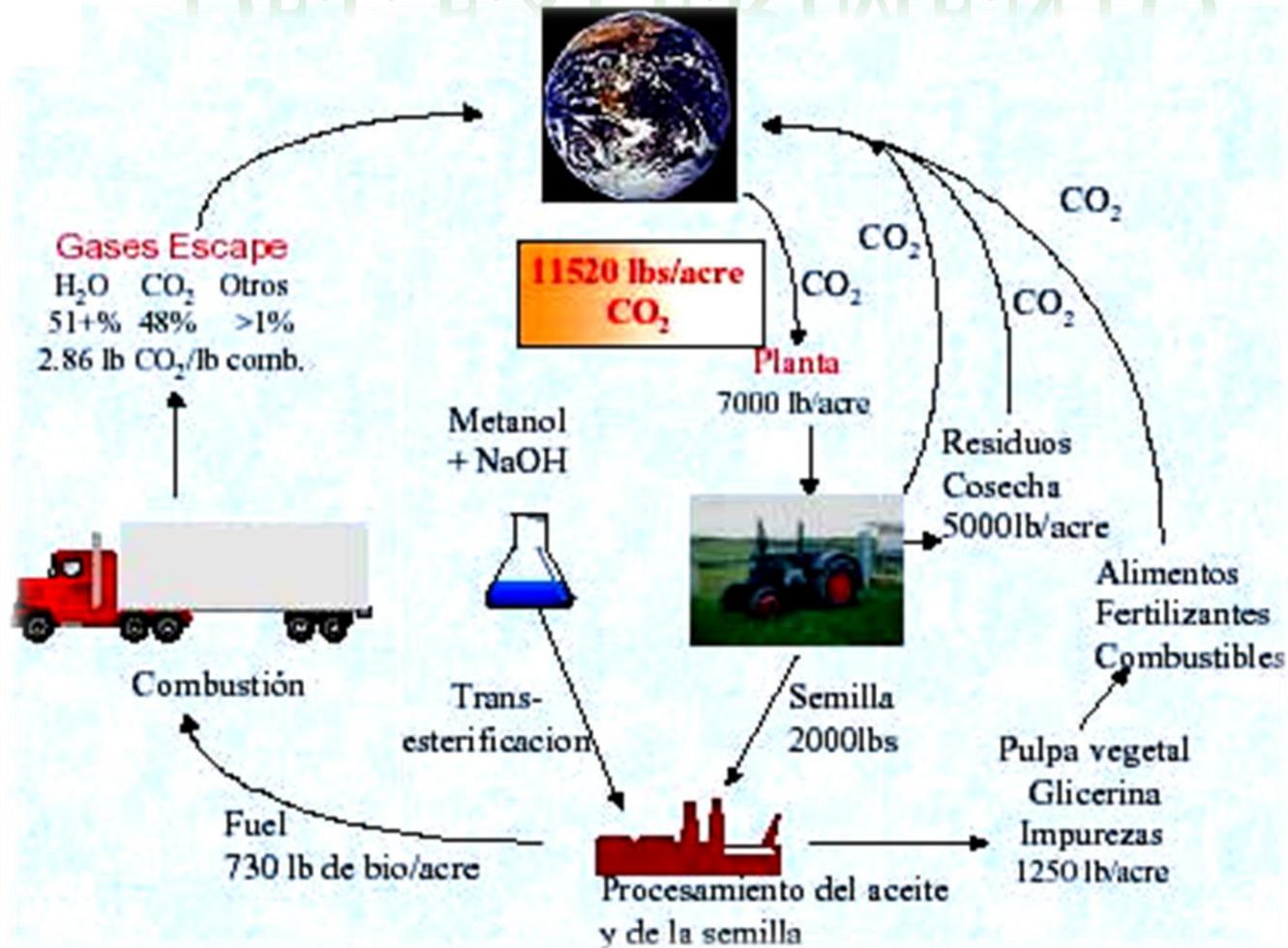
**% Glicerina total.- ASTM D 6584**

**Contenido de Na (mg/kg).- EN 14108**





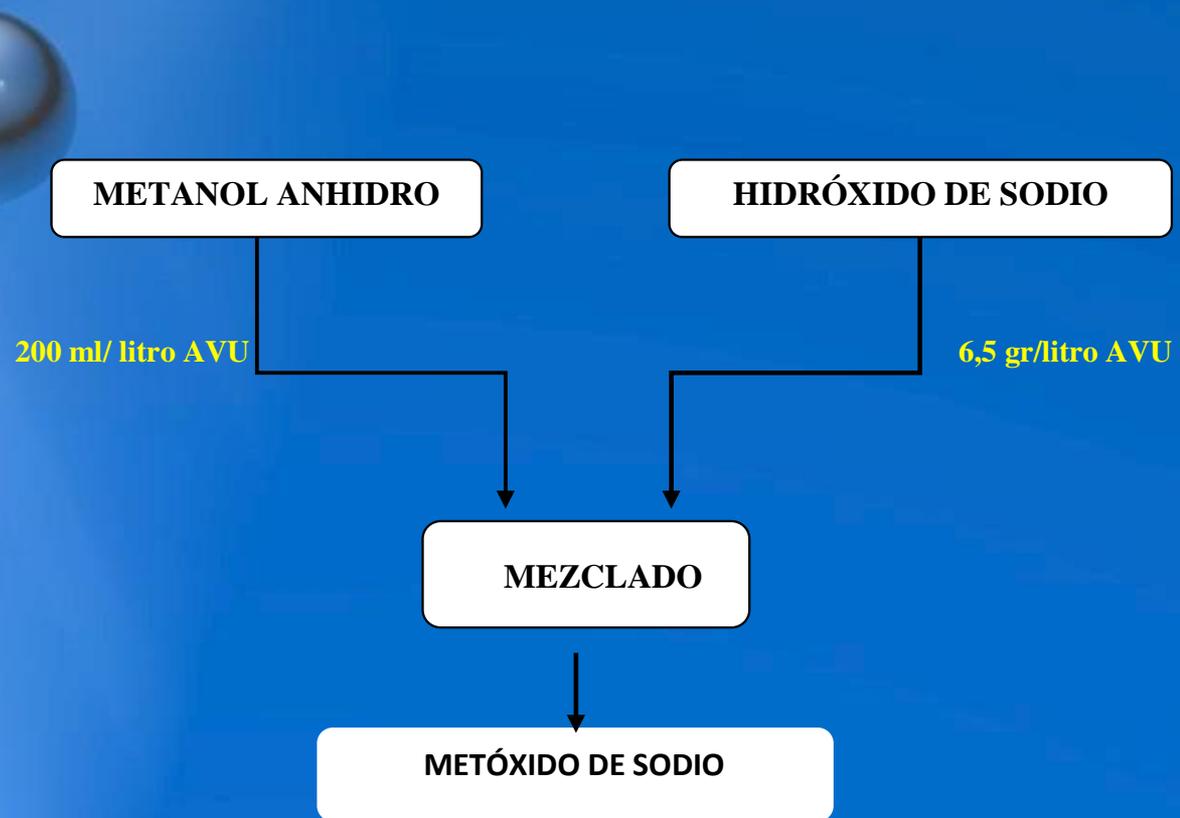
# MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO



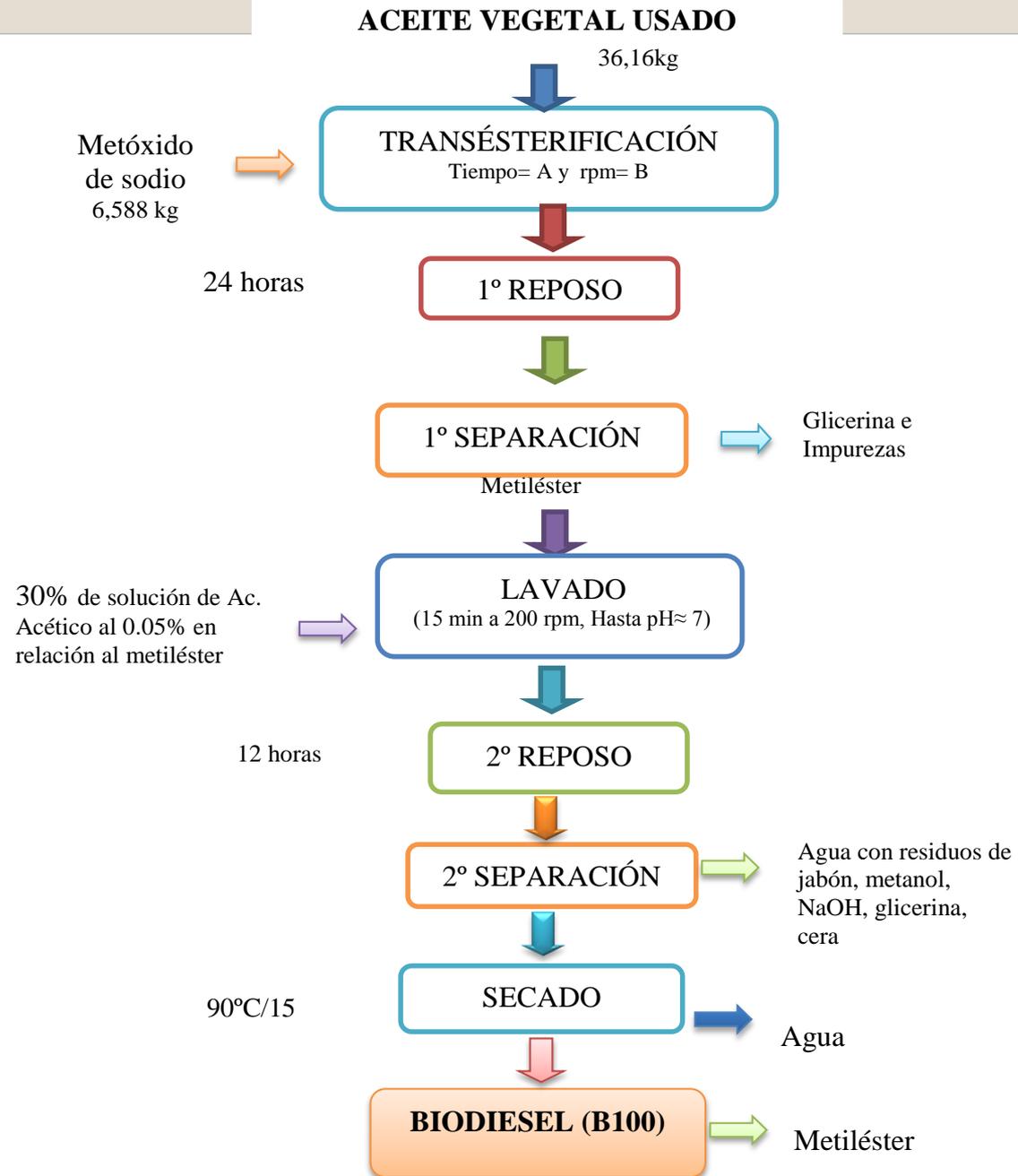
# Flujograma preparación Aceite Vegetal usado



# FLUJOGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL METÓXIDO DE SODIO



# FLUJOGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE BODIESEL (B100)





# 1° SEPARACIÓN



24h



**LAVADO**



**2° REPOSO**

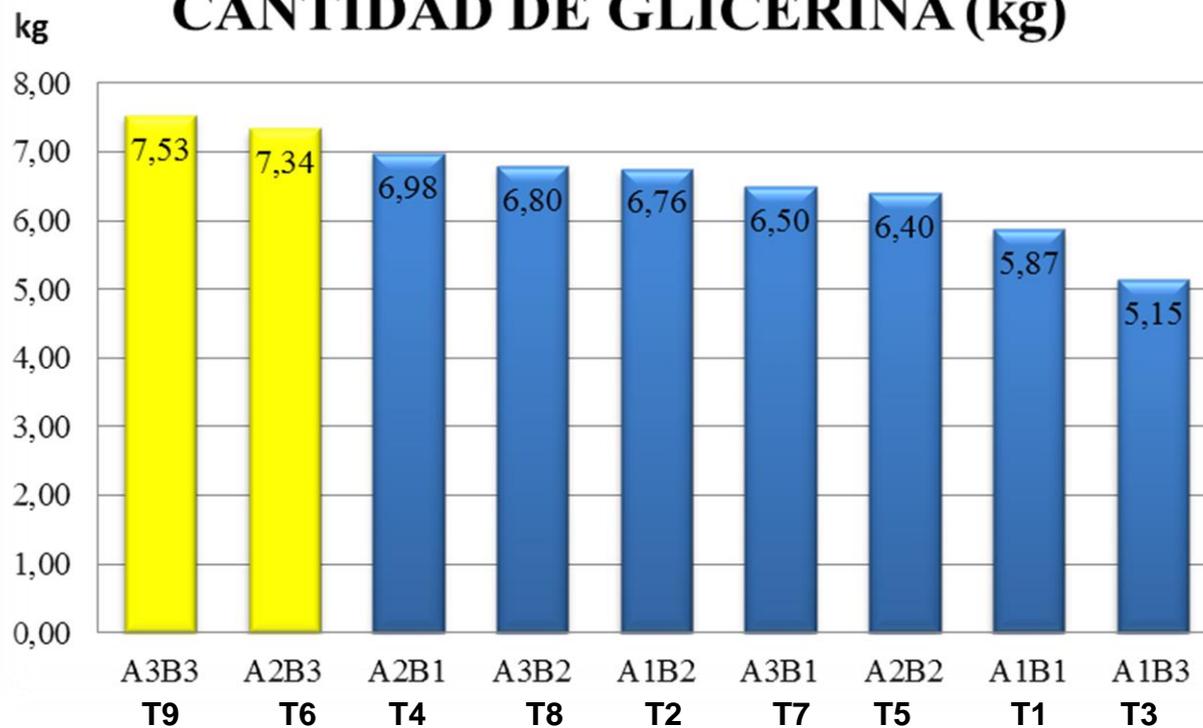


**SECADO**

# RESULTADOS



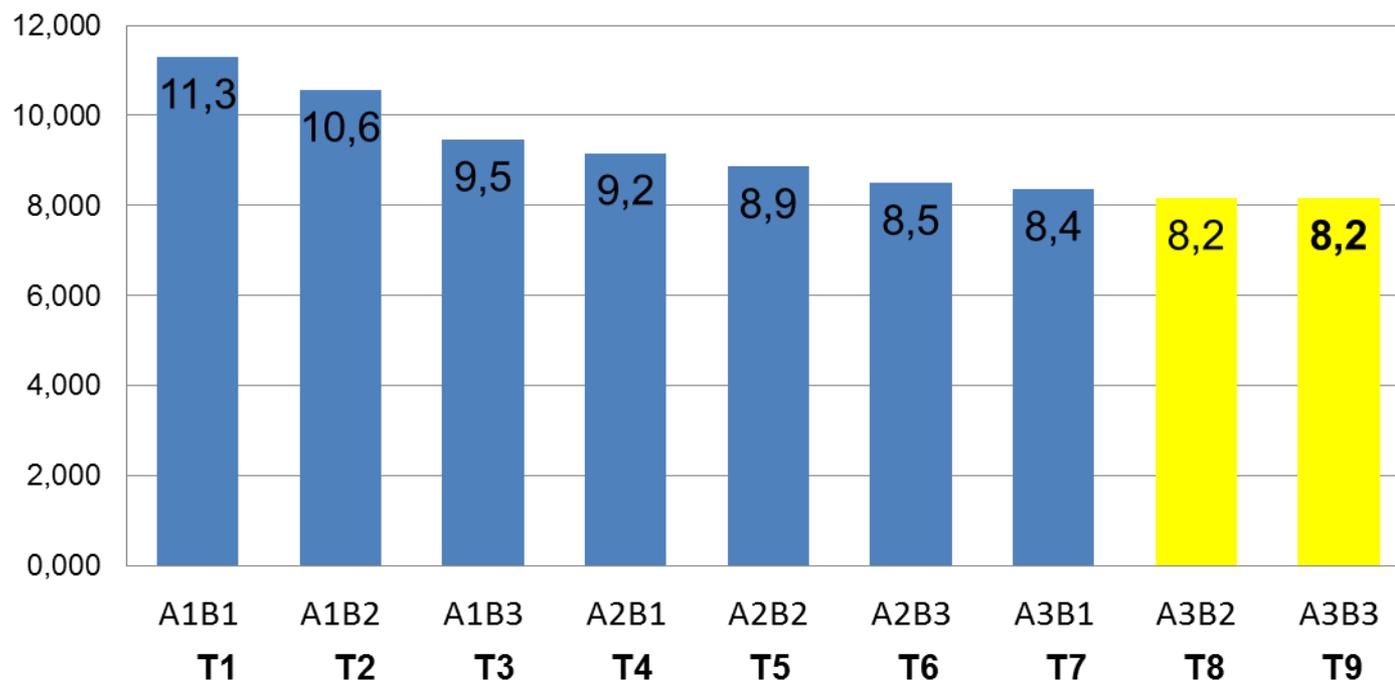
# CANTIDAD DE GLICERINA (kg)



Más es mejor

**bio**  
biodiesel a partir de  
aceite vegetal usado

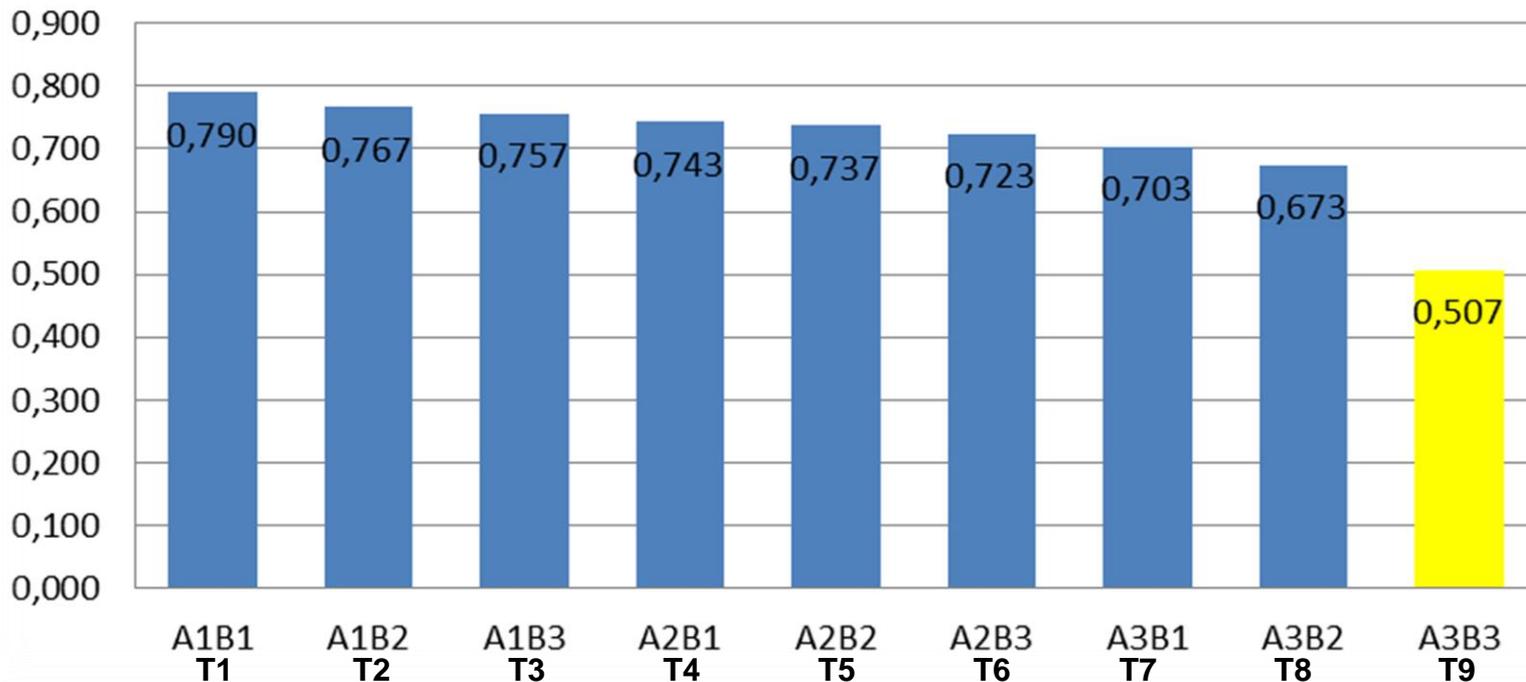
# pH del metiléster



Menos es mejor

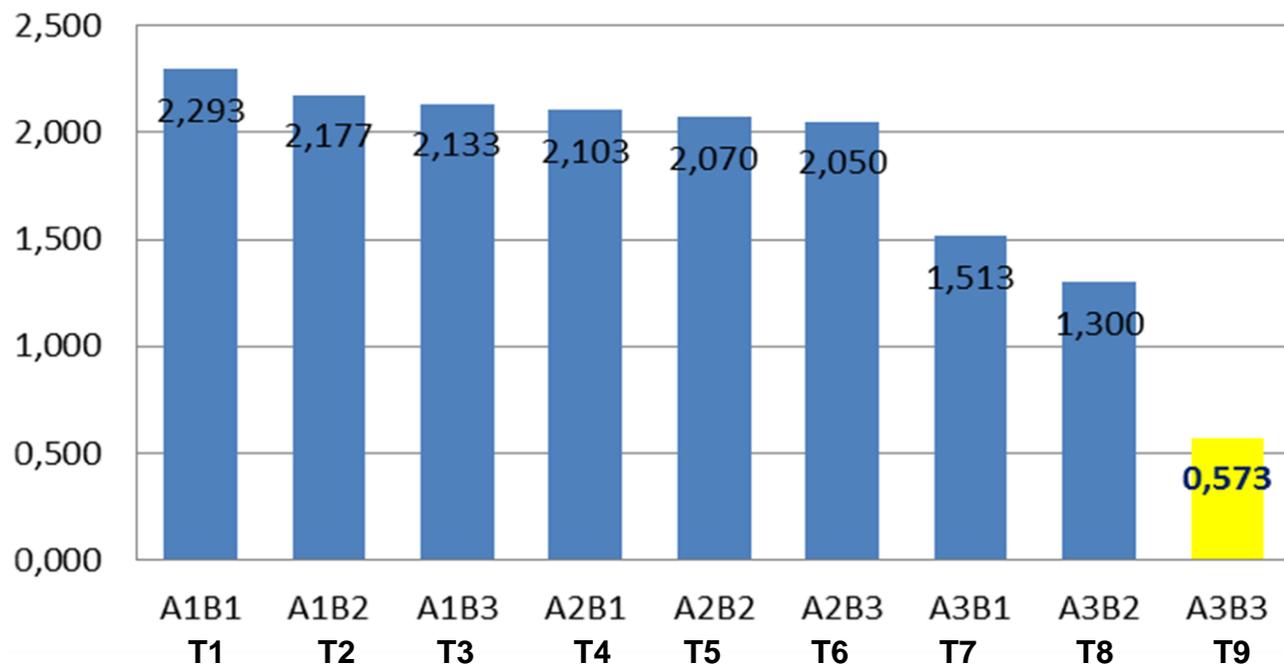
# Cantidad de ácido acético en el lavado (g)

Ac. acético (g)



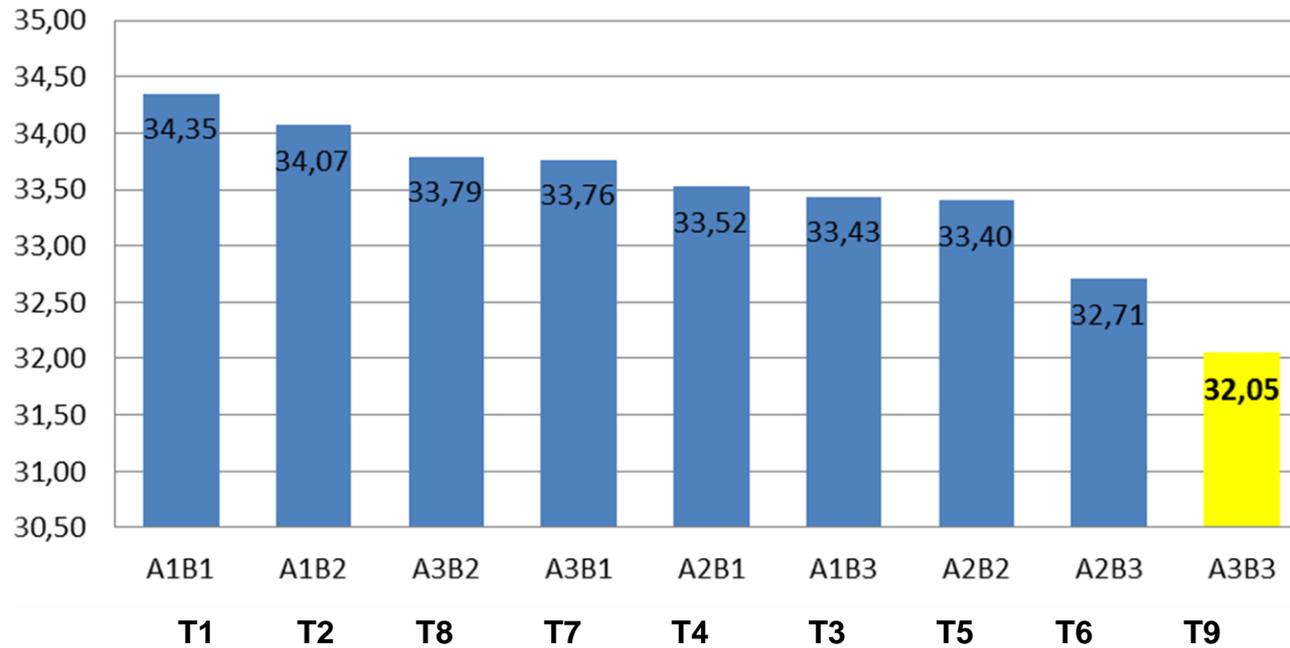
Menos es mejor

## Cantidad impurezas en el lavado (kg)



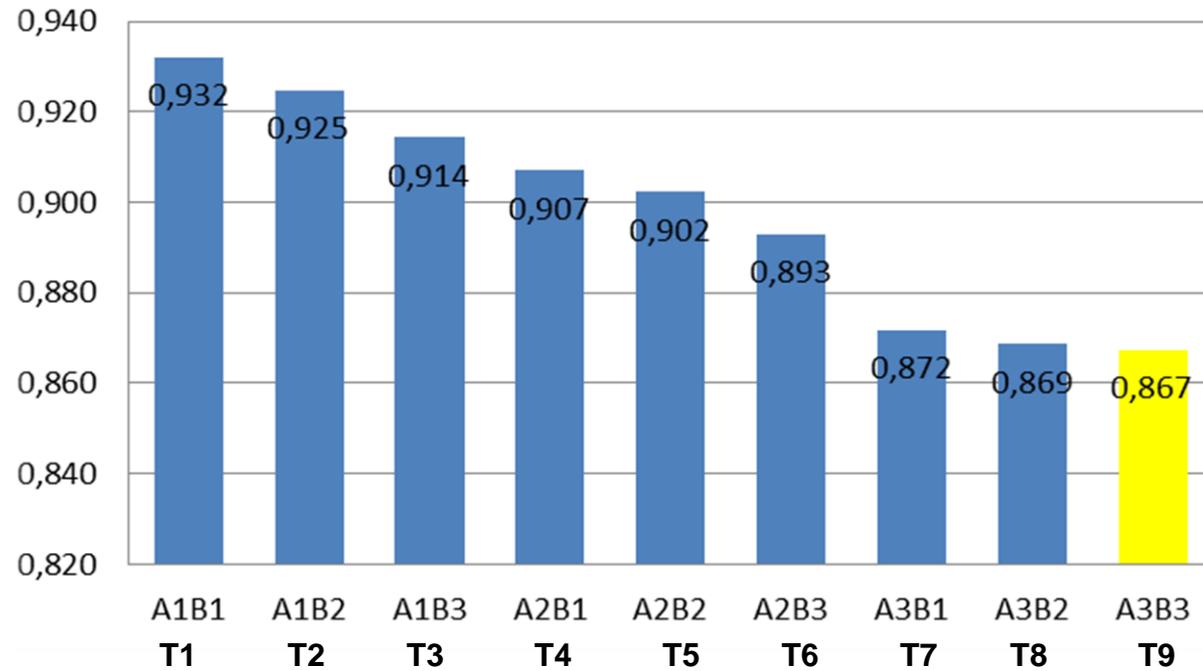
Menos es mejor

## Cantidad de agua a la salida del lavado (kg)

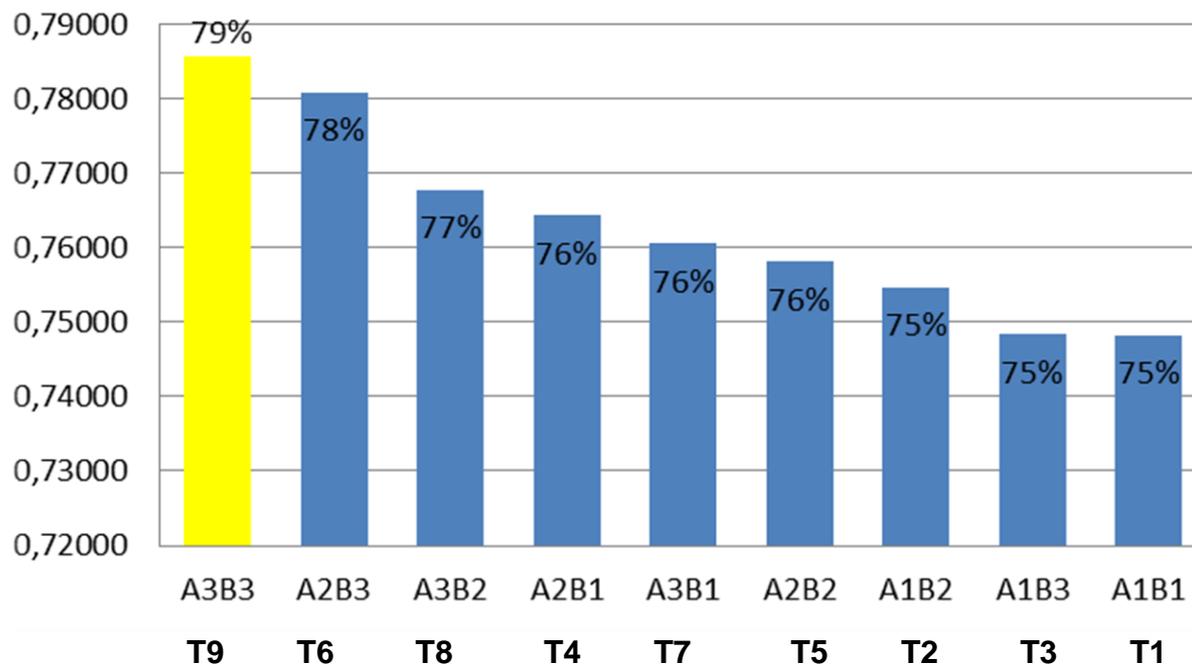


Menos es mejor

# DENSIDAD DEL B100 (g/cm<sup>3</sup>)



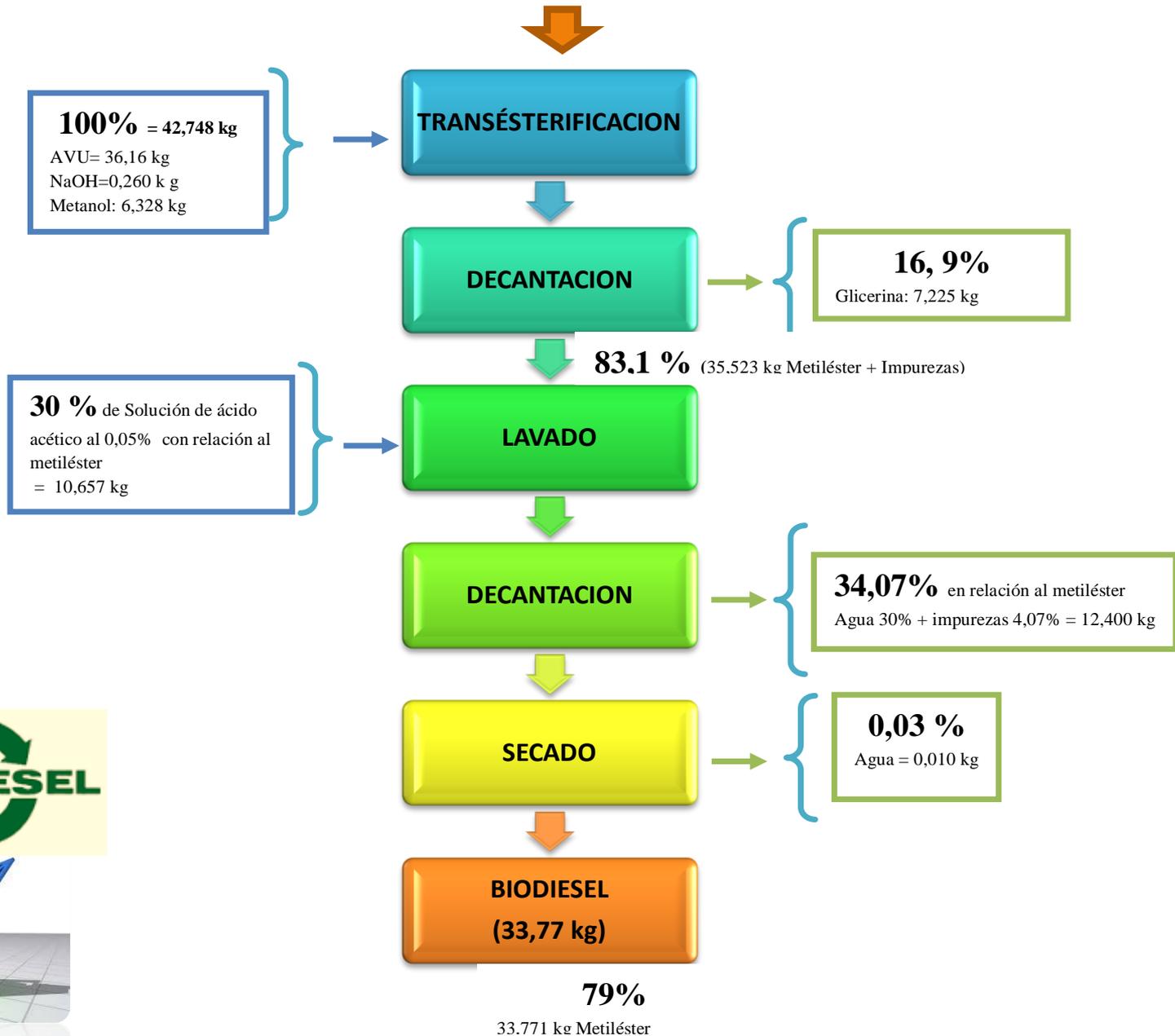
# RENDIMIENTO DEL BIODIESEL (%)



# BALANCE DE MATERIALES



# ACEITE VEGETAL USADO



# ANÁLISIS DE LABORATORIO

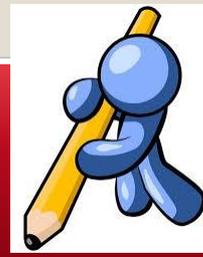
| PARÁMETRO                               | UNIDADES     | MÉTODO                    | NTE INEN 2 482: 2009 |                              | RESULTADO |
|---|--------------|---------------------------|----------------------|------------------------------|-----------|
| <b>Densidad API a 60°F</b>              | API          | ASTMD287                  | Mínimo ---<br>---    | Reportar                     | 28,100    |
| <b>Sedimento Básico y Agua (BSW) *</b>  | % V          | ASTMD96                   | Mínimo ---<br>--     | Máximo 0,5<br>ASTM D<br>1796 | 0,01      |
| <b>Viscosidad Cinemática a 40°C • '</b> | Cst          | PNÉ/DPEC/P/A<br>STM D 445 | Mínimo<br>3,5        | Máximo 5<br>ASTM D<br>445    | 4,97      |
| <b>Carbón Conradson*</b>                | %P           | A5TM D 189                | Mínimo ---<br>-      | Máximo 0,5<br>ASTM D<br>4530 | 0,145     |
| <b>Corrosión a la lámina de Cobre *</b> | U. Corrosión | ASTM D 130                | Mínimo ---<br>-      | Máximo 3<br>ASTM D<br>130    | 1A        |
| <b>índice de Cetano Calculado'</b>      | -            | ASTM D 976                | Mínimo ---<br>-      | Máximo 47<br>ASTM D<br>613   | 45        |
| <b>Calcio</b>                           | mg/Kg        | ASTM D 5056               | Mínimo ---<br>-      | Máximo 5                     | < 1,800   |
| <b>Magnesio</b>                         | mg/Kg        | ASTM D 5056               | Mínimo ---<br>-      | Máximo 5                     | 4,99      |
| <b>Glicerol total</b>                   | %            | Gravimétrico              | Mínimo ---<br>-      | Máximo<br>0,25               | 0,04      |
| <b>Glicerina libre</b>                  | %            | Gravimétrico              | Mínimo ---<br>-      | Máximo<br>0,02               | 0,01      |
| <b>Índice de acidez</b>                 | mgKOH/g      | UNE-EN 14104              | Mínimo ---<br>-      | Máximo 0,5                   | 0,25      |

# COSTOS DE PRODUCCIÓN

**Costo por galón (T9) = \$ 1,866**



# CONCLUSIONES



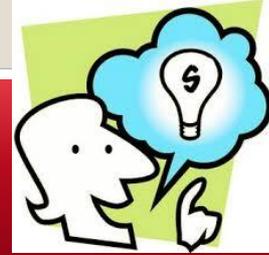
- ❖ Se acepta la hipótesis alternativa planteada.
- ❖ Los parámetros óptimos (**T9**) 300 rpm x 60 min.
- ❖ Los análisis físico-químicos contenidos en la NTE INEN 2 482: 2009, determinaron que **T9** puede ser utilizado en motores diésel.
- ❖ El balance de materiales determinó **T9** con el rendimiento más alto.
- ❖ A mayor contenido de humedad en la materia prima (aceite vegetal usado), la reacción de transesterificación se vuelve más inestable y da lugar a otros subproductos no deseados (mono y diglicéridos, jabón, emulsiones).

# RECOMENDACIONES



- ✓ Hacer buen uso y empleo de las dosis exactas de cada componente químico.
- ✓ Este combustible puede usarse en mezclas con diésel comercial.
- ✓ Realizar pruebas preliminares de la materia prima (AVU).
- ✓ Se recomienda realizar investigaciones que permitan aprovechar el subproducto (Glicerina) de este proceso, a fin de dar un valor agregado representa alrededor del 16%.

# RECOMENDACIONES



- ✓ Realizar estudios similares con otros tipos de grasas (animales y tipos de oleaginosas) para la producción de biodiesel B100.
- ✓ Se recomienda realizar estudios similares de transesterificación, con parámetros de revoluciones por minuto que bordeen un rango de 300 a 350 rpm, para determinar un punto más eficiente de reacción.
- ✓ Para el almacenamiento del B100, tener las mismas consideraciones para almacenamiento y transporte, como si se tratara de un combustible a base de petróleo.



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN !!!**