



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# **TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN PETROQUÍMICA**

**TEMA: “DESARROLLO DE UNA PROPUESTA TÉCNICA PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE DIÉSEL DE LA UNIDAD DE  
DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA CPF B-15 DE PETROAMAZONAS EP  
MEDIANTE LA MEZCLA DE CRUDOS INDILLANA Y QUINDE EN LA  
ALIMENTACIÓN, USANDO ASPEN HYSYS”**

**AUTOR:**

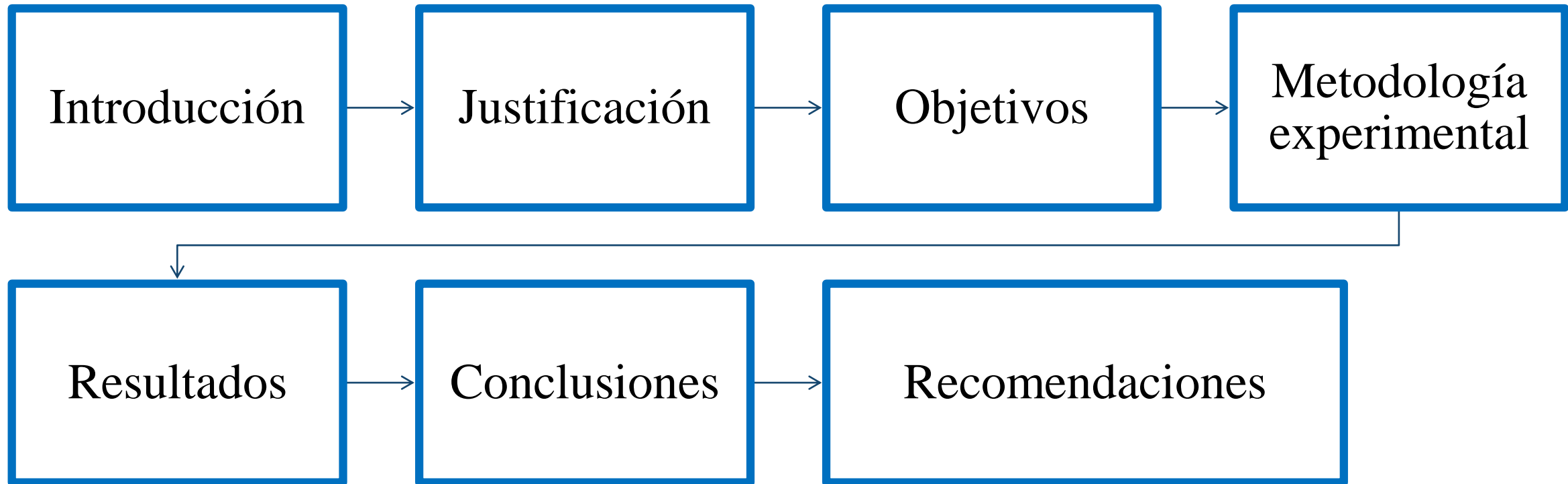
**TUTOR:**

**ESTRELLA SEMBLANTES, MARLON JONATHAN    ING. DE LA TORRE, GUIDO**

**LATACUNGA, JULIO 2019**



# CONTENIDO





# INTRODUCCIÓN



1.- Lago Agrio –  
Bloque 56.



1000 BPD de crudo,  
nafta, jet fuel, entre  
otros.

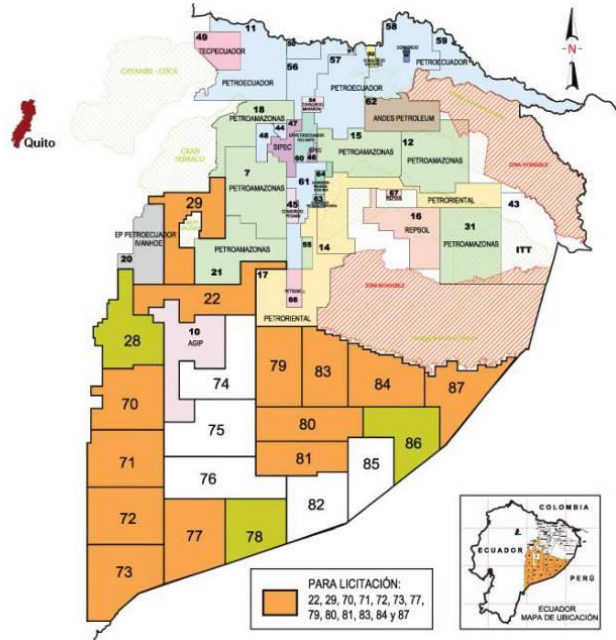
2.- Central de  
Facilidades de Producción  
(CPF) – Bloque 15.



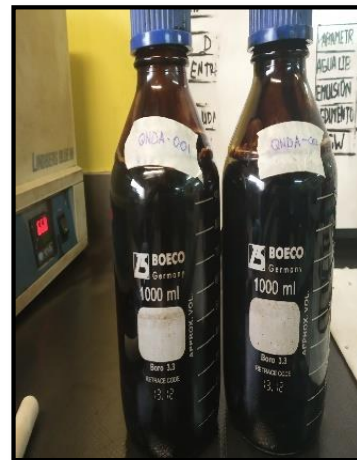
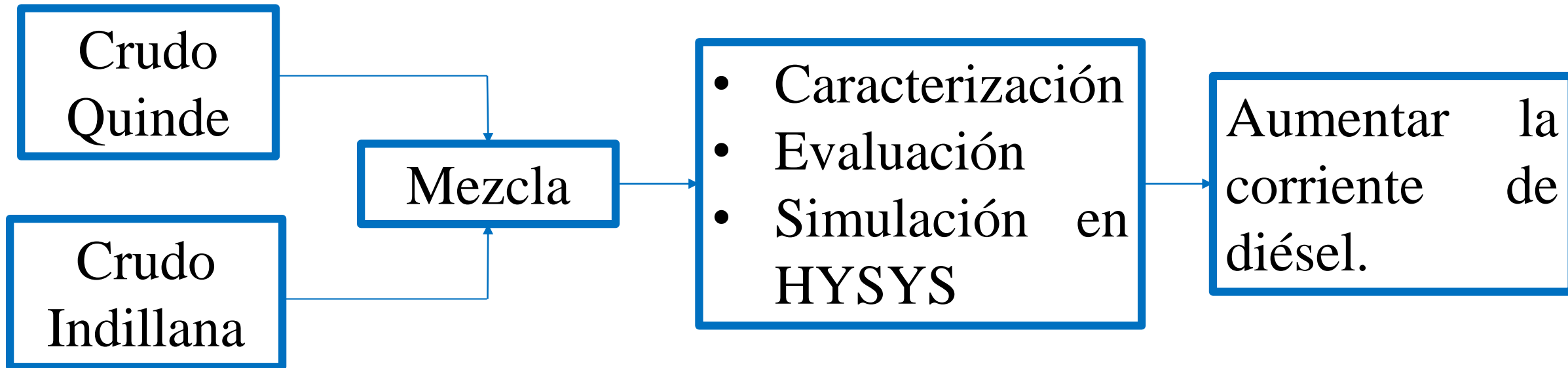
1700 BDP de crudo y  
500 BPD de diésel



Actualidad +-  
400 BDP de  
diésel.



# JUSTIFICACIÓN



# OBJETIVOS

## Objetivo General

- Desarrollar un estudio para incrementar la producción de diésel de la unidad de destilación atmosférica CPF B-15 de Petroamazonas EP mediante la mezcla de los crudos Indillana y Quinde en la alimentación, usando Aspen HYSYS.

## Objetivos Específicos

- Caracterizar las mezclas de crudos Indillana y Quinde, mediante ensayos de viscosidad, densidad API, cantidad de azufre, BS&W, factor de caracterización K UOP y destilación.
- Construir el diagrama de flujo de procesos de la unidad de destilación atmosférica en el software de simulación.
- Evaluar las mezclas de crudos Indillana y Quinde en la simulación del software e identificar la mezcla que favorezca el incremento de la producción de diésel.

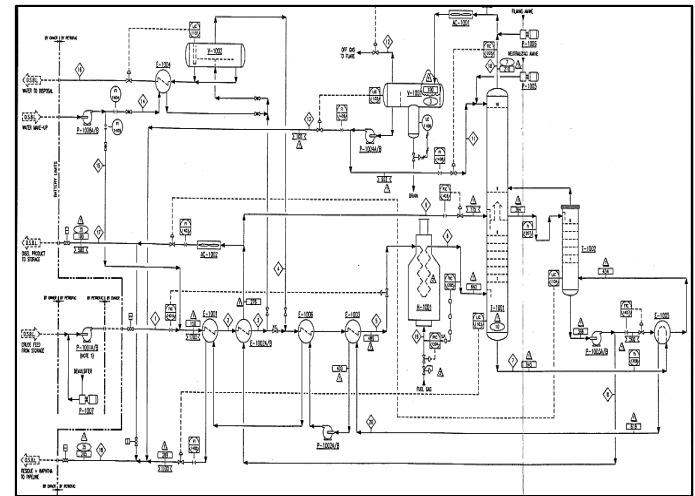
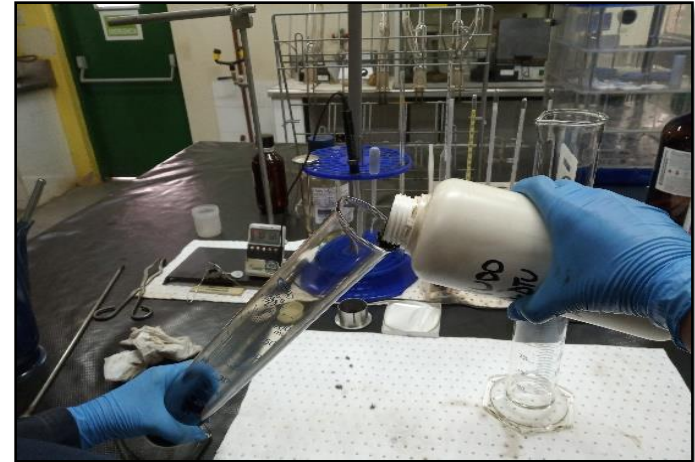


## Etapas

1.- Mezcla de Crudos y determinación de características.

2.- Desarrollo de Diagramas de flujo de proceso.

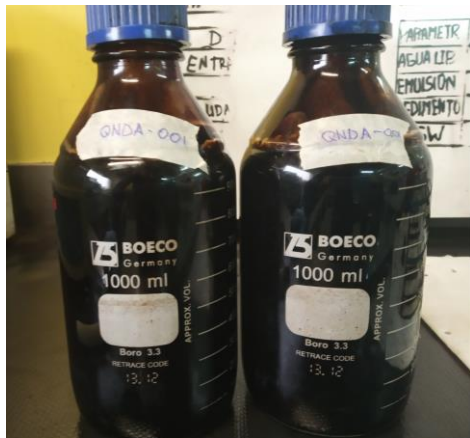
3.- Evaluación



## MUESTREO

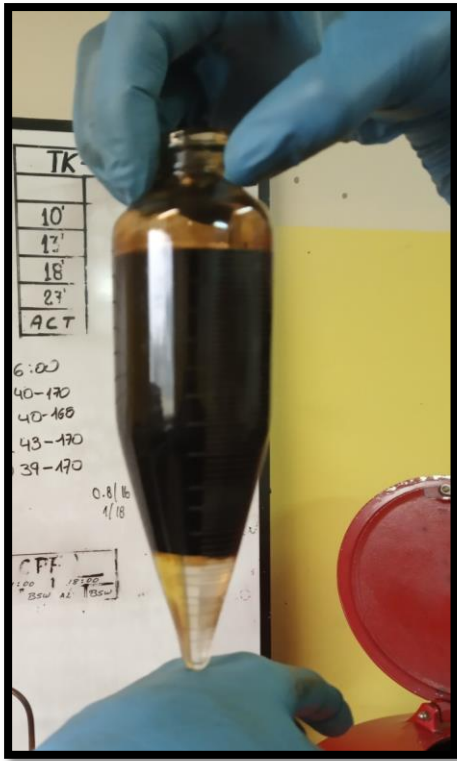
Muestra de Crudo Quinde Estación Palmar Oeste.

Muestra de Crudo Indillana toma muestras de la Planta.

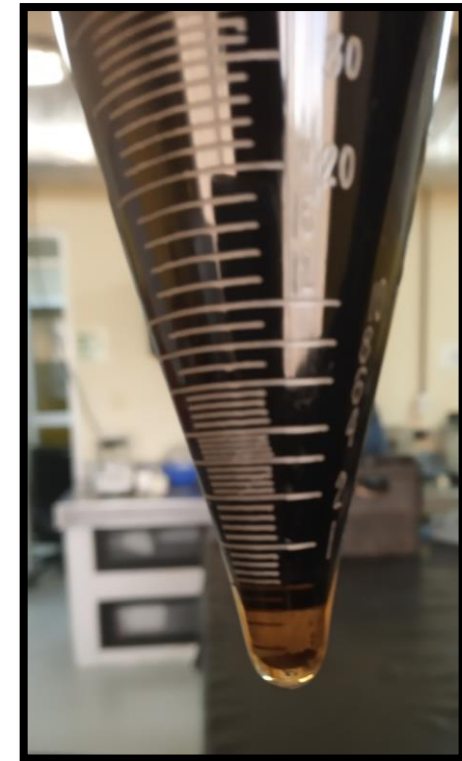


- Purgar la línea.
  - Envasar en botellas ámbar con tapón plástico.
  - Etiquetar para su transporte en caja térmica.
- \*Norma INEN 930: procedimientos de muestreo de crudo y derivados

## DESHIDRATACIÓN



Crudo Quinde	Agua Libre	BS&W
Rep. 1	16%	18%
Rep. 2	0,9%	1%
Rep. 3	0,3%	0,35%



\*Norma ASTM D4007-08. procedimiento para medición de BS&W de crudo





## MEZCLA

Mezclas	Crudo Indillana		Crudo Quinde		Vol. Total (ml)
	ml	%	ml	%	
A	1000 ml	100%	0	0%	1000 ml
B	750 ml	75%	250 ml	25%	1000 ml
C	500 ml	50%	500 ml	50%	1000 ml
D	250 ml	25%	750 ml	75%	1000 ml
E	0	0%	1000 ml	100%	1000 ml



## AGUA Y SEDIMENTOS (BS&W)

Mezclas

A

B

C

D

E

Agua Libre

0,5%

0,5%

0,45%

0,35%

0,3%

BS&W

0,5%

0,6%

0,55%

0,4%

0,35%

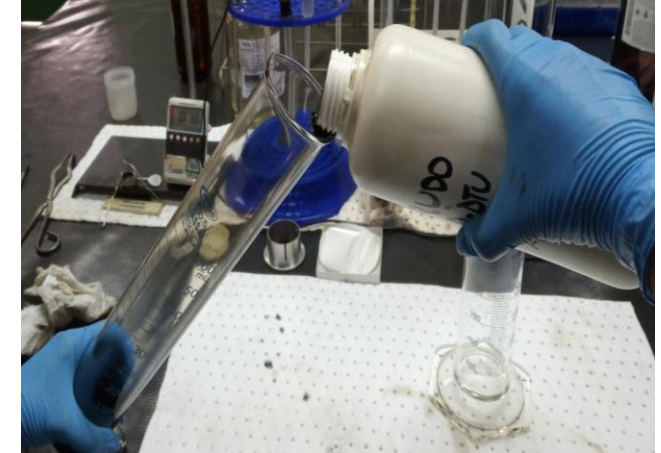


\*Norma ASTM D4007-08. procedimiento para medición de BS&W de crudo



## API Y DENSIDAD RELATIVA

ID. DE LA MUESTRA	EQUIPO USADO	API OBSERVADO (L0)	L1=L0-0,1 (API)	API @ 60 (°F)	Densidad Relativa
A	3H	20.8	20.7	<b>20</b>	<b>95,7095</b>
B	3H	22.6	22.5	<b>21,8</b>	<b>94,4927</b>
C	3H	24.6	24.5	<b>23,7</b>	<b>93,3359</b>
D	3H	26.6	26.5	<b>25,7</b>	<b>92,1484</b>
E	3H	28.6	28.5	<b>27,7</b>	<b>90,9907</b>



\*Norma ASTM D1298-12b.



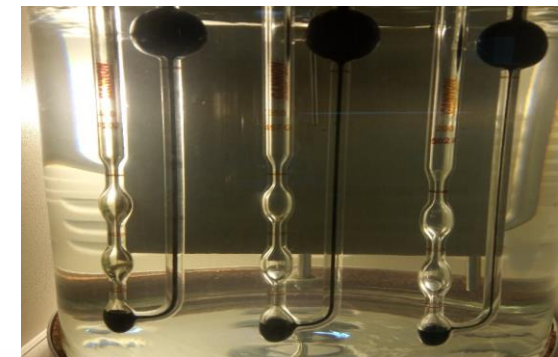
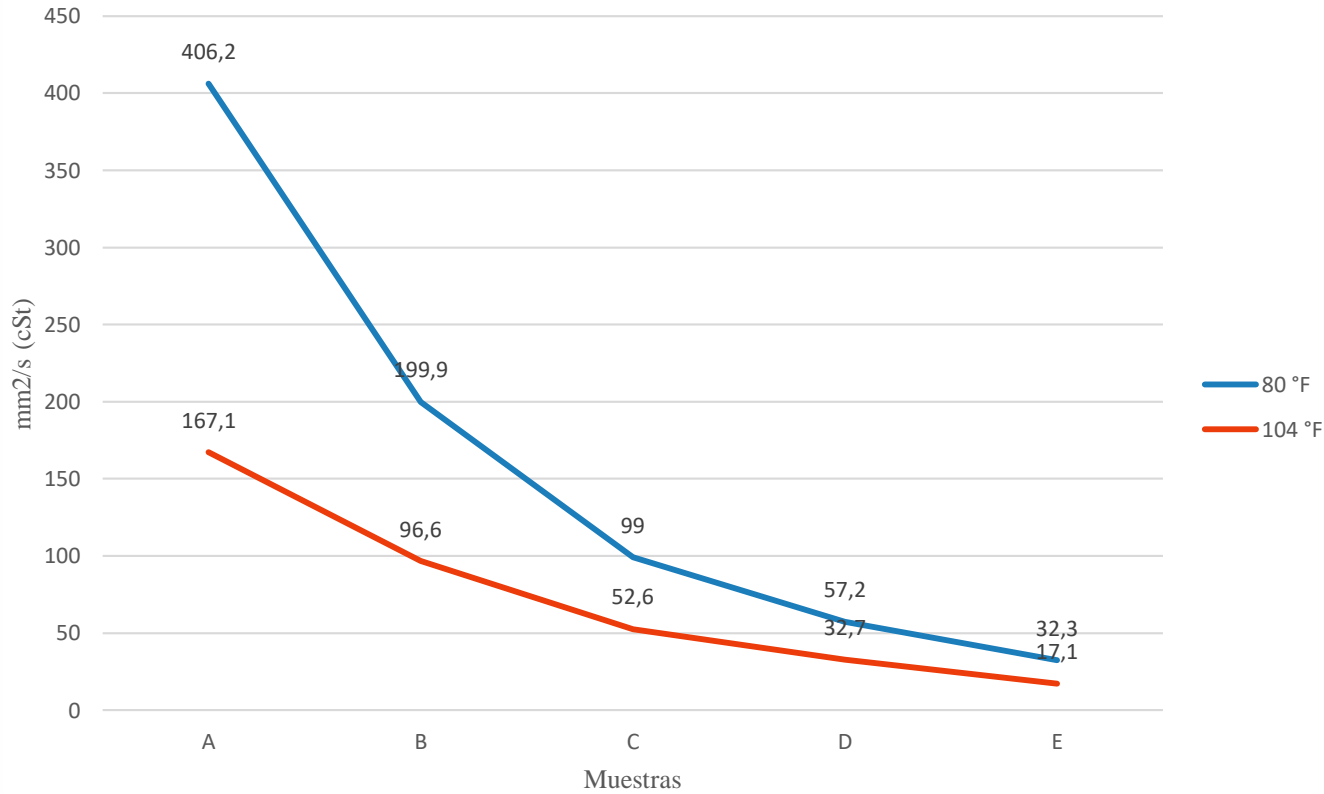
## VISCOSIDAD DINÁMICA

ID. MUESTRA	VISCOSIMETRO	T (°F)	t1 (s)	C1	R1 (t1*C) mm2/s (cSt)	t2 (s)	C2	R2 (t2*C) mm2/s (cSt)	R=(R1+R2)/2 mm2/s (cSt)
A	400/F202	80	342.2	11.922	407.97	470.1	0.8603	404.43	<b>406,2</b>
B	400/F202	80	166.7	11.922	198.74	233.7	0.8603	201.05	<b>199,9</b>
C	350/457G	80	211.2	0.4676	98.76	293.2	0.3383	99.19	<b>99</b>
D	200/502F	80	643.5	0.089	57.27	892.1	0.0641	57.18	<b>57,2</b>
E	200/502F	80	363.1	0.089	32.32	505.2	0.0641	32.38	<b>32,3</b>
A	400/F202	104	142.9	1.194	170.62	189.7	0.8618	163.48	<b>167,1</b>
B	350/457G	104	206.8	0.4683	96.84	284.6	0.3389	96.45	<b>96,6</b>
C	300/F494	104	212	0.248	52.58	292.6	0.1798	52.61	<b>52,6</b>
D	200/502F	104	366.5	0.08909	32.65	509.2	0.0642	32.69	<b>32,7</b>
E	200/502F	104	182.5	0.08909	16.26	279.3	0.0642	17.93	<b>17,1</b>



## VISCOSIDAD DINÁMICA

Viscosidad

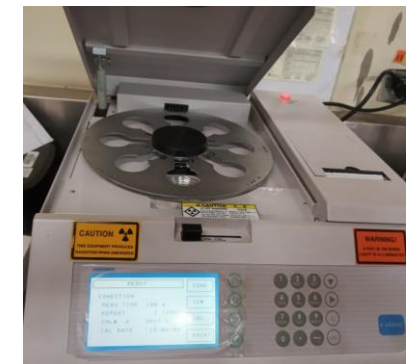
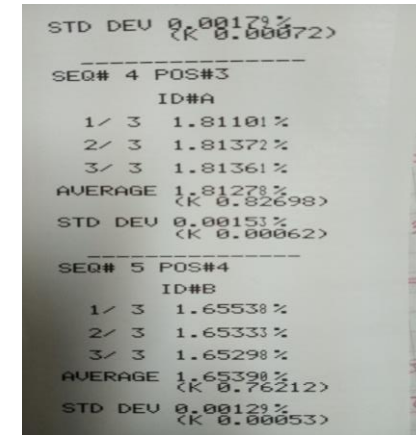


\*Norma ASTM D445-12.



## CANTIDAD DE AZUFRE

Mezclas	Rep. 1 (%)	Rep. 2 (%)	Rep. 3 (%)	S (%)
A	1,8110	1,8137	1,8136	1,8127
B	1,6553	1,6533	1,6529	1,6539
C	1,4756	1,4737	1,4710	1,4734
D	1,3263	1,3235	1,3228	1,3242
E	1,1509	1,1465	1,1447	1,1474



\*Norma ASTM D4294-10.



## DESTILACIÓN

$$T_{TBP} = a[T_{D-86}]^b SG^c$$

Esta formula se utilizó hasta 40 °C, luego se completo la curva con la siguiente formula

$$Y = \ln\left(\frac{T_i - T_0}{T_0}\right); X = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1 - X_i}\right)\right) \quad Y = C_1 + C_2X$$

$$B_T = \frac{1}{C_2} \quad A_T = B_T \exp(C_1 * B_T)$$

$$\frac{T_i - T_0}{T_0} = \left[ \frac{A_T}{B_T} \ln\left(\frac{1}{1 - X_i}\right) \right]^{\frac{1}{B_T}}$$

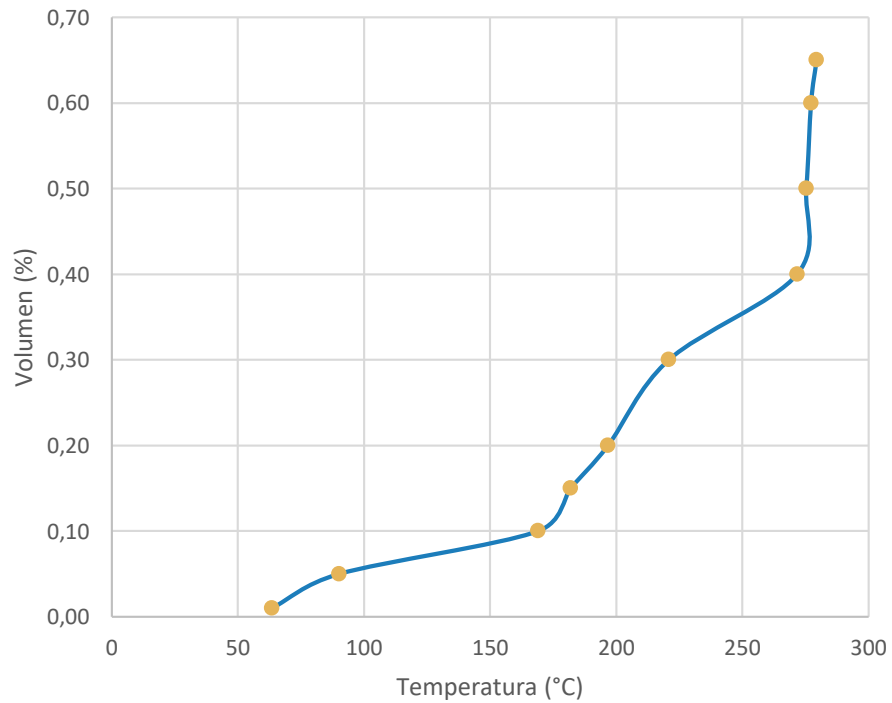
Vol %	a	b	c
0	0,5604	0,7867	1,1575
5	4,3886	0,7133	1,7969
10	9,1430	0,6275	2,5211
15	13,5206	0,5753	2,7419
20	18,0159	0,5381	2,8195
30	36,7752	0,4383	2,9262
40	87,4840	0,3042	3,3380

\*Norma ASTM D86.

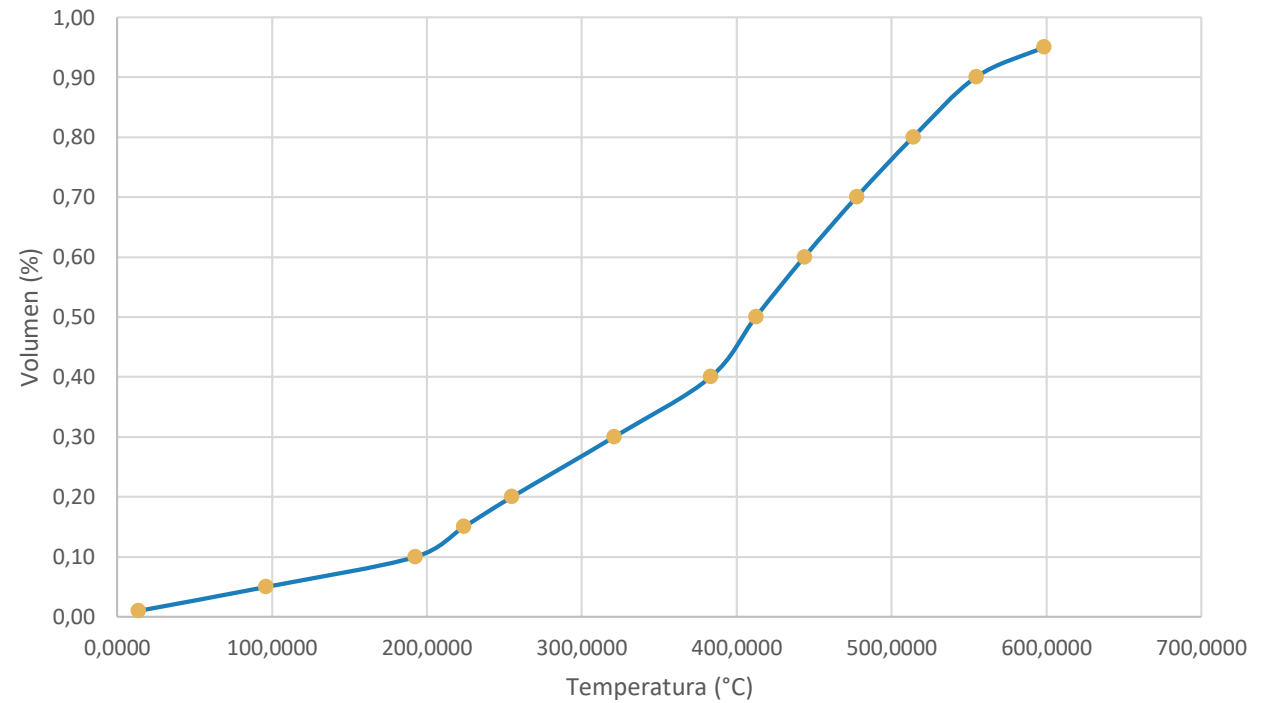


## DESTILACIÓN (A)

Destilación ASTM D86 (A)



Destilación ASTM D86 corregida a TBP (A)



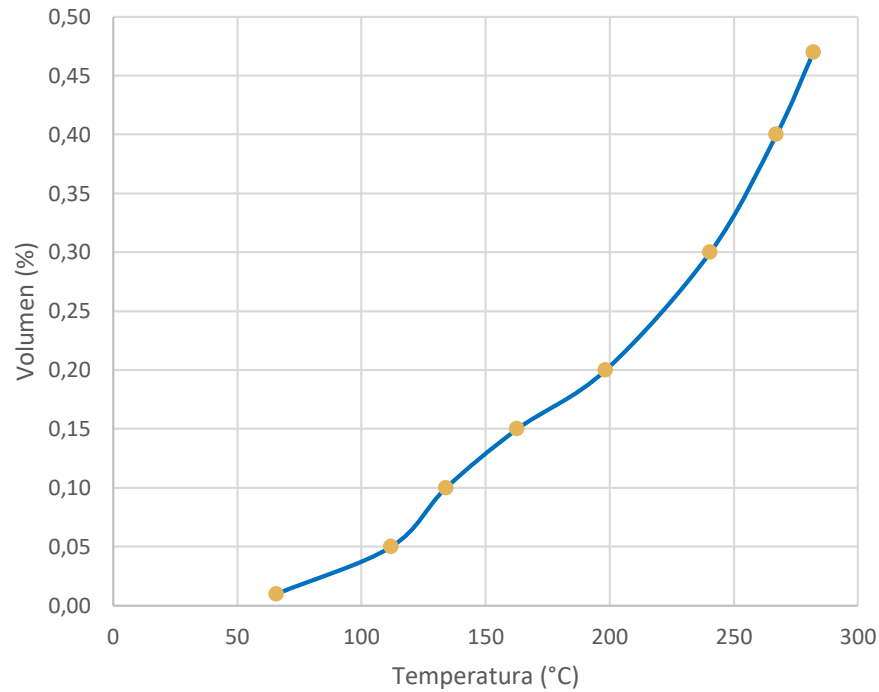
\*Norma ASTM D86.



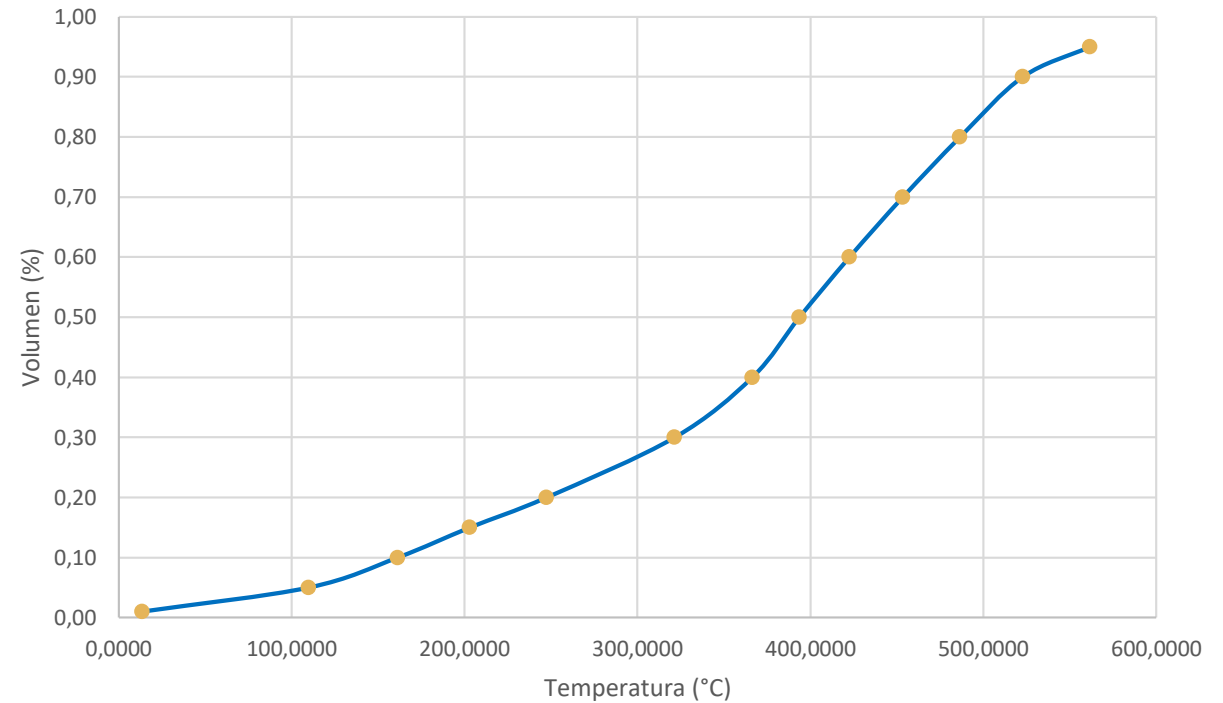


## DESTILACIÓN (B)

Destilación ASTM D86 (B)



Destilación ASTM D86 corregida a TBP (B)

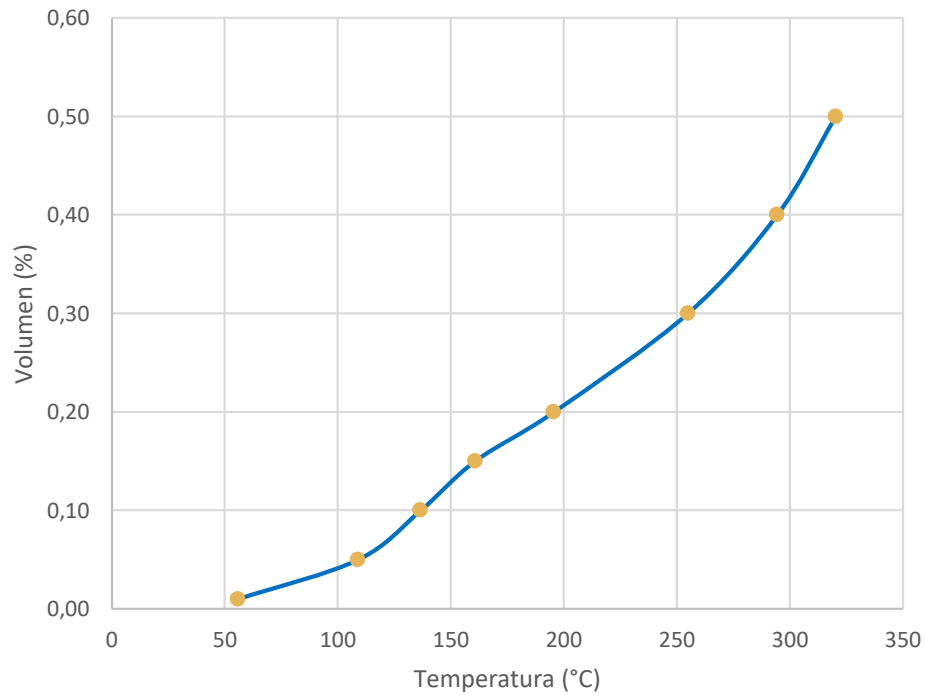


\*Norma ASTM D86.

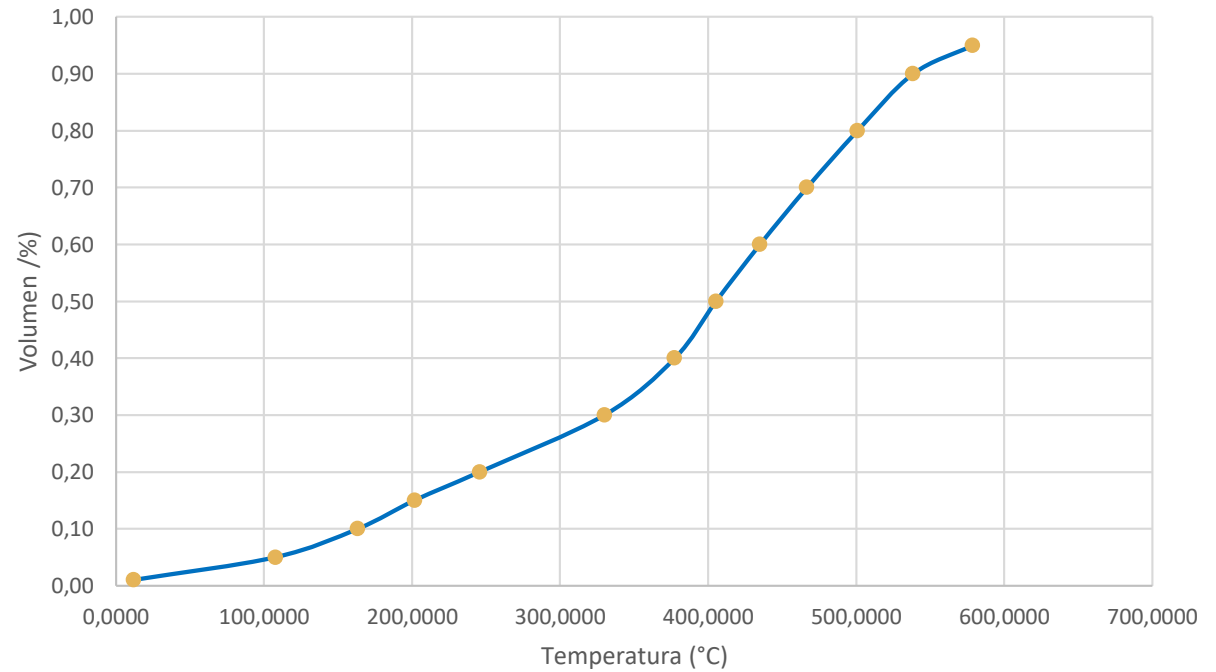


## DESTILACIÓN (C)

Destilación ASTM D86 (C)



Destilación ASTM D86 corregida a TBP ©

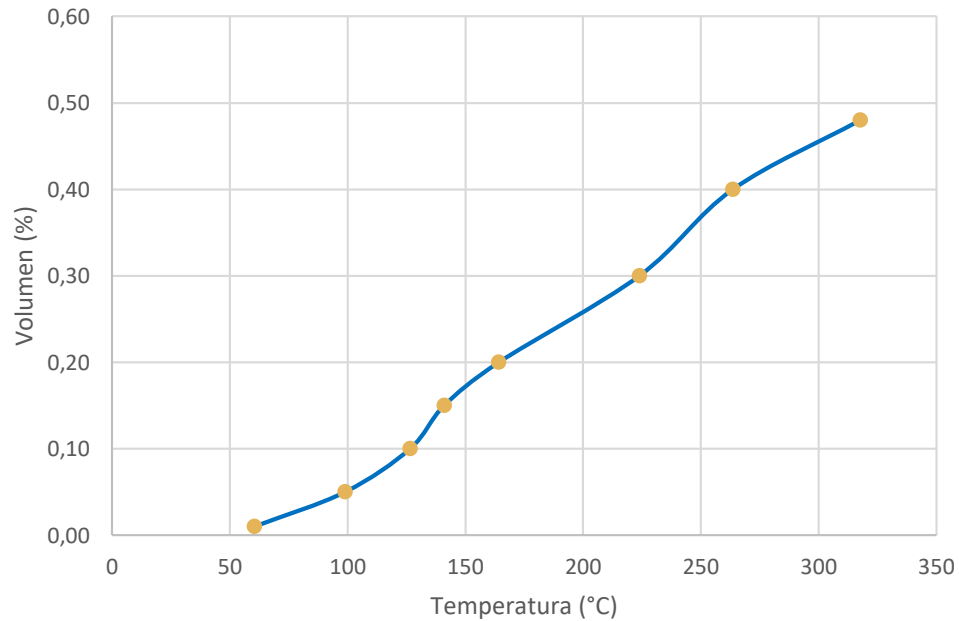


\*Norma ASTM D86.

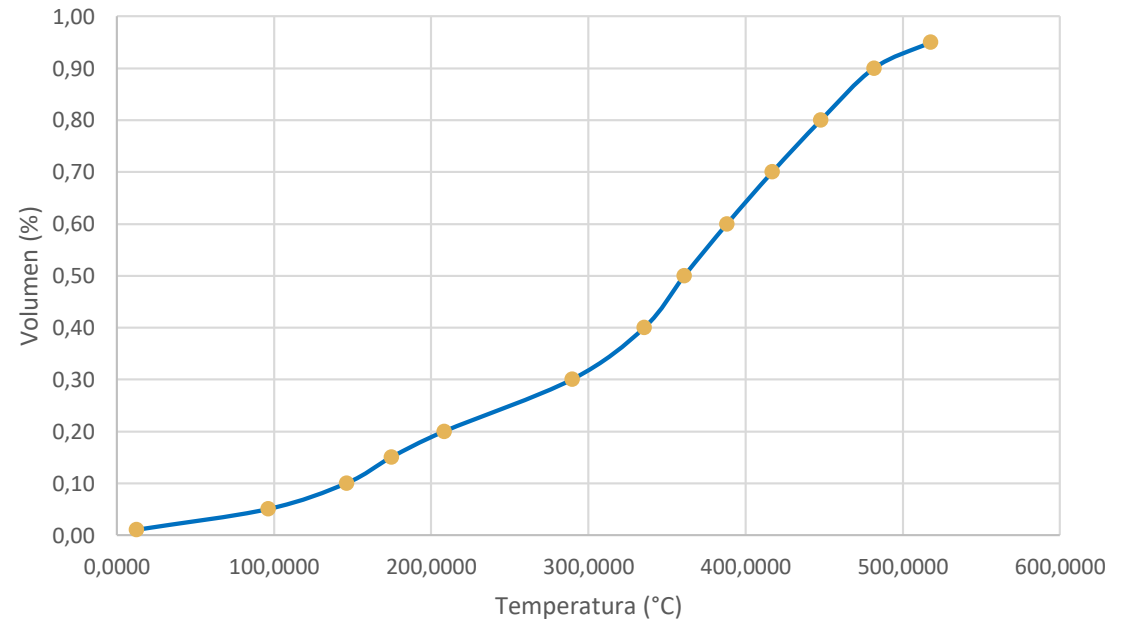


## DESTILACIÓN (D)

Destilación ASTM D86 (D)



Destilación ASTM D86 corregida a TBP (D)

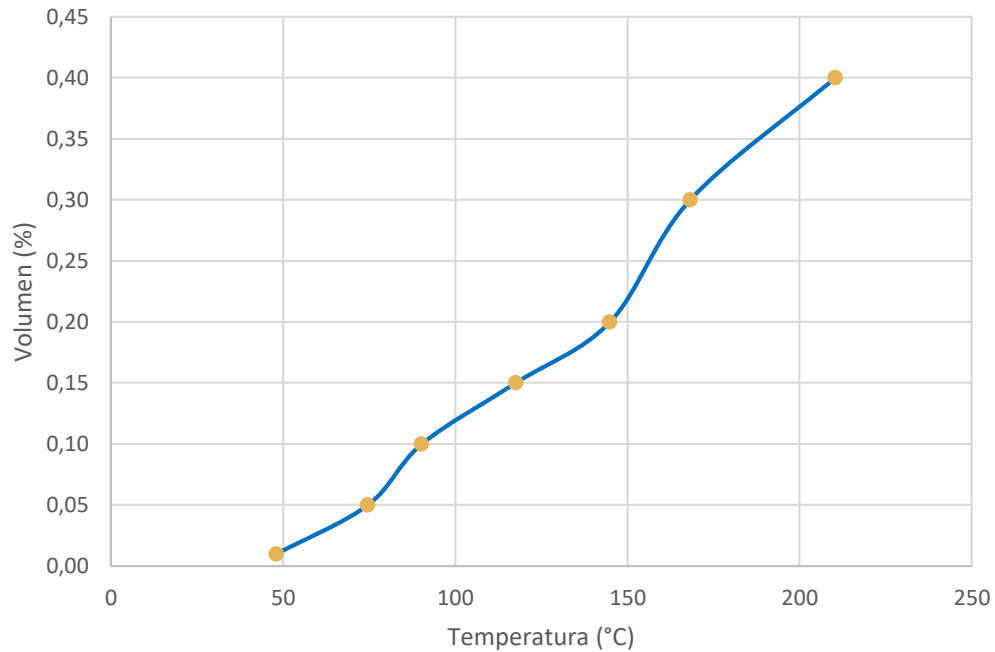


\*Norma ASTM D86.

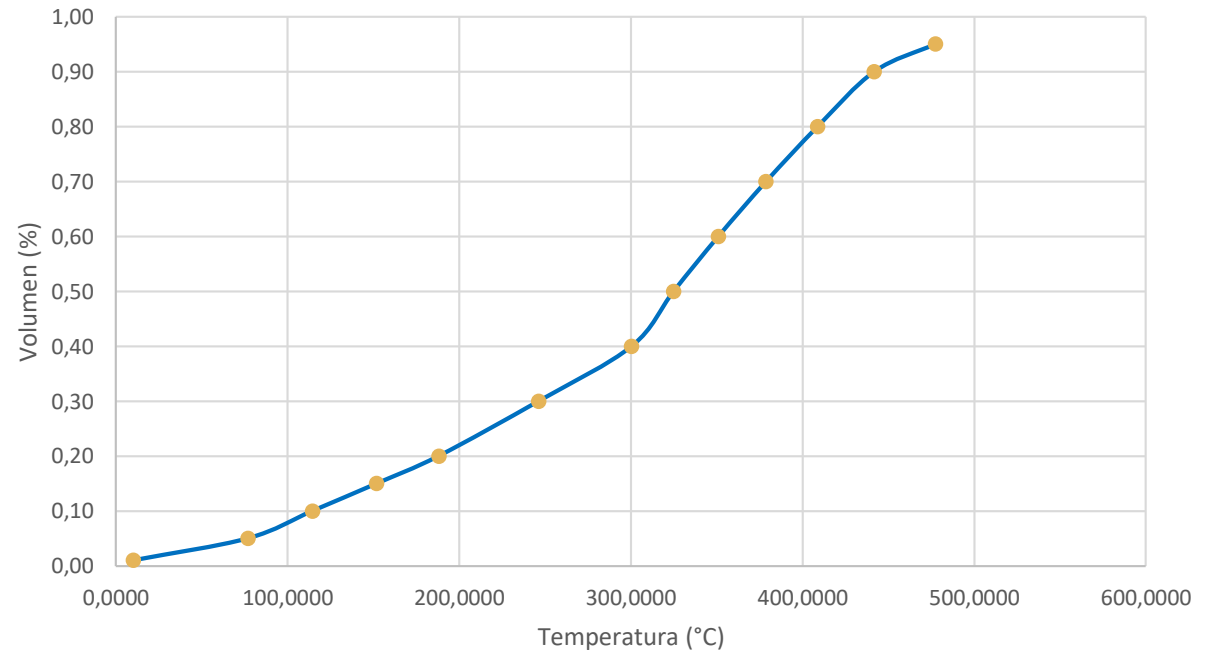


## DESTILACIÓN (E)

Destilación ASTM D86 (E)



Destilación ASTM D86 corregida a TBP (E)

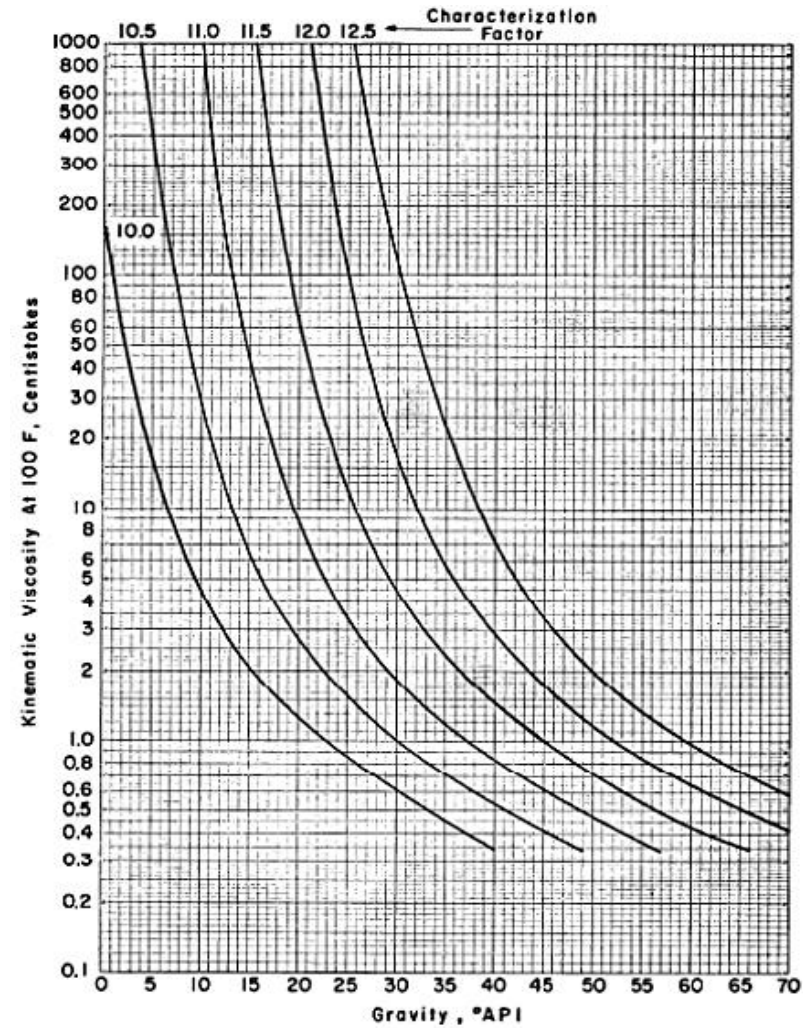


\*Norma ASTM D86.



## FACTOR K UOP

Muestra	K <sub>UOP</sub>
A	11,6
B	11,75
C	11,8
D	11,8
E	11,85



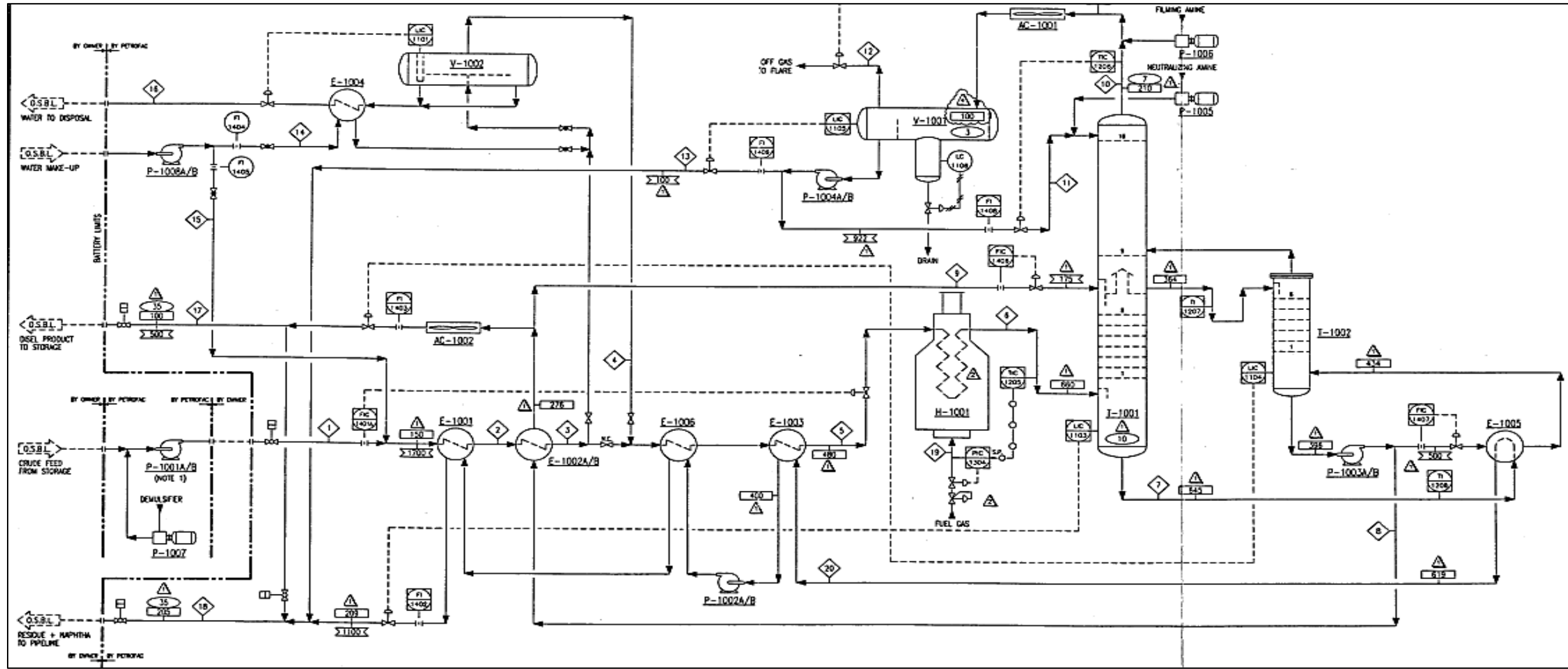
\*Norma ASTM D86.





## 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS





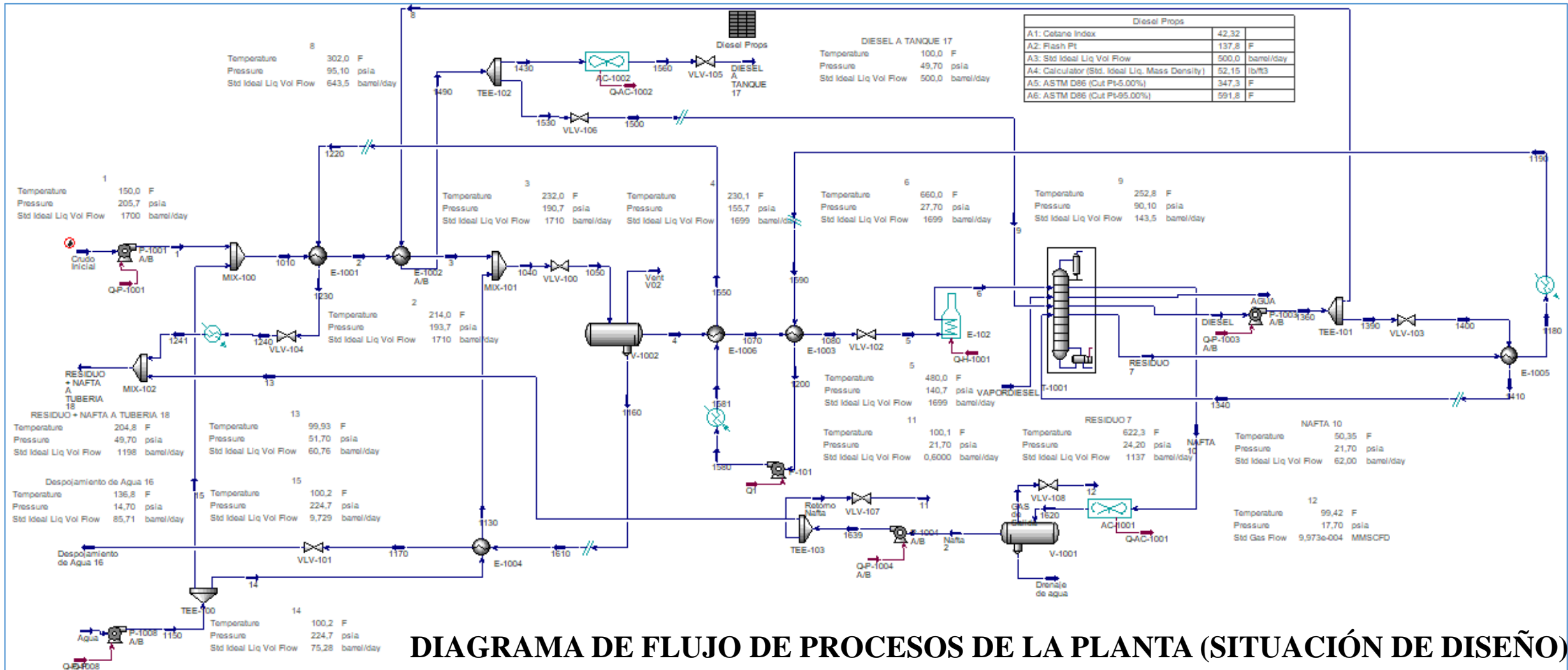
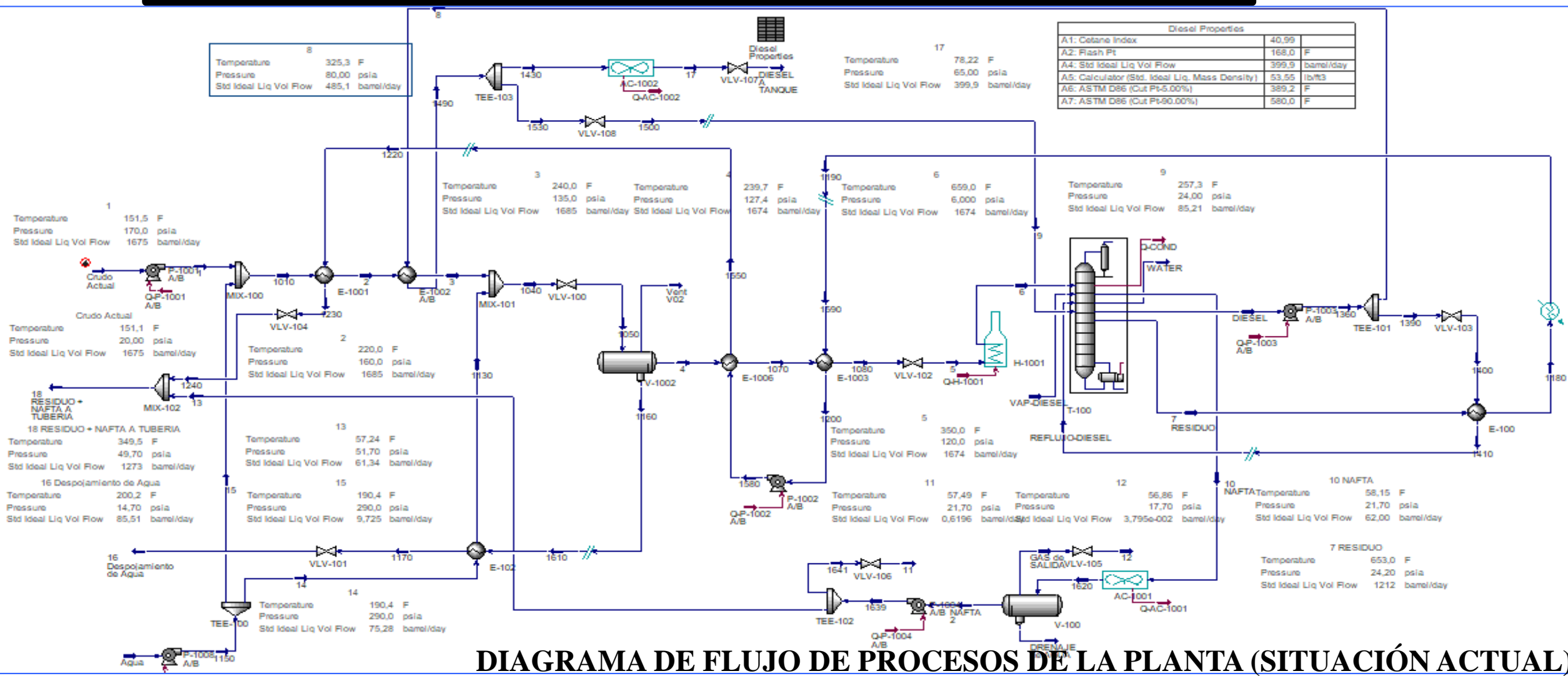


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS DE LA PLANTA (SITUACIÓN DE DISEÑO)







**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS DE LA PLANTA (SITUACIÓN ACTUAL)**

## VALIDACIÓN DE LOS DIAGRAMAS

$$x_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$x_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(150 - 150)^2}{150} + \frac{(205,7 - 205,7)^2}{205,7} + \frac{(1700 - 1700)^2}{1700} = 0$$

$$x_c^2 = 0$$

$$x_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(214 - 214)^2}{214} + \frac{(193,7 - 193,7)^2}{193,7} + \frac{(1710 - 1700)^2}{1700} = 0$$

$$x_c^2 = 0,06$$

	Corriente 1		Corriente 2	
	Simulación (O <sub>i</sub> )	Tabla (E <sub>i</sub> )	Simulación (O <sub>i</sub> )	Tabla (E <sub>i</sub> )
<b>T (°F)</b>	150	150	214	214
<b>P (psia)</b>	205,7	205,7	193,7	193,7
<b>Flujo (Barriles/día)</b>	1700	1700	1710	1700



$$gl = (m - 1) * (n - 1)$$

$$gl = (3 - 1) * (2 - 1) = 2$$

Donde:

*m*: número de columnas

*n*: número de filas

- H0: Los datos de la simulación se ajustan a los datos del manual de operación.
- H1: Los datos de la simulación no se ajustan a los datos del manual de operación.



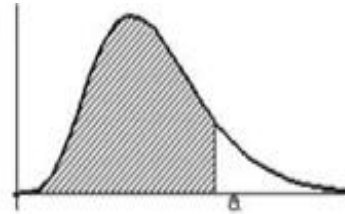
CONTINUA



## VALIDACIÓN DE LOS DIAGRAMAS

PERCENTILES DE LA DISTRIBUCIÓN  $\chi^2$

$F(a) = P(X \leq a)$



n	0,995	0,99	0,975	0,95	0,9	0,75	0,5	0,25	0,05	0,025	0,01	0,005
1	7,879	6,635	5,024	3,841	2,706	1,323	0,455	0,102	0,004	0,001	0,000	0,000
2	10,597	9,210	7,378	5,991	4,605	2,773	1,386	0,575	0,103	0,051	0,020	0,010
3	12,838	11,345	9,348	7,815	6,251	4,108	2,366	1,213	0,352	0,216	0,115	0,072
4	14,860	13,277	11,143	9,488	7,779	5,385	3,357	1,923	0,711	0,484	0,297	0,207
5	16,750	15,086	12,833	11,070	9,236	6,626	4,351	2,675	1,145	0,831	0,554	0,412
6	18,548	16,812	14,449	12,592	10,645	7,841	5,348	3,455	1,635	1,237	0,872	0,676
7	20,278	18,475	16,013	14,067	12,017	9,037	6,346	4,255	2,167	1,690	1,239	0,989
8	21,955	20,090	17,535	15,507	13,362	10,219	7,344	5,071	2,733	2,180	1,646	1,344
9	23,589	21,666	19,023	16,919	14,684	11,389	8,343	5,899	3,325	2,700	2,088	1,735
10	25,188	23,209	20,483	18,307	15,987	12,549	9,342	6,737	3,940	3,247	2,558	2,156
11	26,757	24,725	21,920	19,675	17,275	13,701	10,341	7,584	4,575	3,816	3,053	2,603
12	28,300	26,217	23,337	21,026	18,549	14,845	11,340	8,438	5,226	4,404	3,571	3,074

$$x_{c1}^2 = 0 < 5,991 \text{ y } x_{c2}^2 = 0,06 < 5,991$$

como el valor calculado es menor a los valores de la tabla se acepta la hipótesis nula  $H_0$ , es decir, los datos de la simulación se ajustan a los datos del manual de operación.

## 3. EVALUACIÓN

The screenshot displays the Aspen Plus interface. On the left, a navigation pane shows the 'Simulation' section with 'Capital Cost' selected. The main area shows a 'Flowsheet Case (Main)' with five sample streams (Muestra B, C, D, E) connected by arrows. Below the flowsheet, four 'Material Stream' windows are open, each displaying a 'Worksheet' with various properties and values for the respective stream.

Stream Name	Value
Muestra B	
Vapour / Phase Fraction	0,0000
Temperature [F]	151,1
Pressure [psia]	20,00
Molar Flow [MMSCFD]	0,8127
Mass Flow [kg/d]	2,444e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [barrel/day]	1675
Molar Enthalpy [Btu/lbmole]	-2,275e+005
Molar Entropy [Btu/lbmole-F]	76,56
Heat Flow [Btu/hr]	-2,030e+007
Liq Vol Flow @Std Cond [USGPM]	48,86
Fluid Package	Basis-1

Stream Name	Value
Muestra C	
Vapour / Phase Fraction	0,0000
Temperature [F]	151,1
Pressure [psia]	20,00
Molar Flow [MMSCFD]	0,7693
Mass Flow [kg/d]	2,413e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [barrel/day]	1675
Molar Enthalpy [Btu/lbmole]	-2,369e+005
Molar Entropy [Btu/lbmole-F]	91,09
Heat Flow [Btu/hr]	-2,001e+007
Liq Vol Flow @Std Cond [USGPM]	48,86
Fluid Package	Basis-1

Stream Name	Value
Muestra D	
Vapour / Phase Fraction	0,0000
Temperature [F]	151,1
Pressure [psia]	20,00
Molar Flow [MMSCFD]	0,8696
Mass Flow [kg/d]	2,382e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [barrel/day]	1675
Molar Enthalpy [Btu/lbmole]	-2,077e+005
Molar Entropy [Btu/lbmole-F]	69,67
Heat Flow [Btu/hr]	-1,983e+007
Liq Vol Flow @Std Cond [USGPM]	48,86
Fluid Package	Basis-1
Utility Type	

Stream Name	Value
Muestra E	
Vapour / Phase Fraction	0,0000
Temperature [F]	151,1
Pressure [psia]	20,00
Molar Flow [MMSCFD]	0,7703
Mass Flow [kg/d]	2,353e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [barrel/day]	1675
Molar Enthalpy [Btu/lbmole]	-2,306e+005
Molar Entropy [Btu/lbmole-F]	92,88
Heat Flow [Btu/hr]	-1,951e+007
Liq Vol Flow @Std Cond [USGPM]	48,86
Fluid Package	Basis-1
Utility Type	



# RESULTADOS

Muestra	T (°F)	P (psia)	F (BPD)	Cetano	Flash Pt.
A (crudo actual)	78,23	64	399,9	40,99	168
B	53,11	64	465,1	42,57	132,8
C	55,89	64	476,1	46,23	135,3
D	42,01	64	506,4	40,47	120,9
E	99,2	64	511,6	52,91	165,7

Aproximadamente un barril de crudo Brent contiene 42 galones estadounidenses o 159 litros, entonces:

$$1 \frac{\text{Barril}}{\text{día}} = 42 \frac{\text{galones}}{\text{día}}$$

$$60 \frac{\text{Barriles}}{\text{día}} = X$$

$$X = \frac{60 \frac{\text{Barriles}}{\text{día}} * 42 \frac{\text{galones}}{\text{día}}}{1 \frac{\text{Barril}}{\text{día}}} = 2520 \frac{\text{galones}}{\text{día}}$$

$$2520 \frac{\text{galones}}{\text{día}} * 2,140064 \frac{\$}{\text{galón}} = 5392,96 \frac{\$}{\text{día}}$$

Si consideramos este valor para un año de producción de diésel de la planta:

$$5392,96 \frac{\$}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 1968430.4 \frac{\$}{\text{año}}$$



La mezcla de crudos es una alternativa aplicable para aumentar el flujo de la corriente de diésel de la Unidad de Destilación Atmosférica ubicada en CPF B-15 de Petroamazonas EP

El uso de crudos con distintas características posibilitó un análisis cualitativo del comportamiento de los mismos al ser mezclados.

Resultado una tendencia a la disminución de sus valores a medida que aumenta el valor de la densidad API.

El desarrollo del diagrama de flujo de proceso de la planta en el simulador permitió conocer las particularidades y eventualidades que se presentan en un sistema tan complejo como lo es una unidad de destilación atmosférica.

# CONCLUSIONES

31

Se determinó en base a un análisis de producción del crudo Quinde que la cantidad de crudo máxima que se puede mezclar con el crudo de Indillana es el que representa a la muestra B, ya que con esta mezcla se producen aproximadamente de  $60 \pm 5$  BPD de diésel en condiciones que corresponden a las características de diésel 1 según la Norma NTE INEN 1489.

La simulación de los equipos que conforman la planta, no presentó mayor complicación al ser añadidos en el diagrama, exceptuando la columna de destilación.

El proceso de corrección de la destilación ASTM D86 a TBP está considerado como una alternativa aplicable.

No está exento a presentar cierto error de cálculo.

El comportamiento de los crudos a nivel mundial no es lineal y depende de muchos factores para determinar la composición de los mismos.

Se considera que realizar una mezcla de crudos es una opción económica.





# RECOMENDACIONES

Estudio de factibilidad económica.

Uso de softwares libres y de pago con aplicaciones prácticas.

Revisión periódica tuberías equipos.

de y

Análisis frecuente del crudo de ingreso.







**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN**

