



# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L

**CARRERA DE INGENIERÍA PETROQUÍMICA**

## ALTERNATIVA TECNOLÓGICA A LA DESHIDRATACIÓN CONVENCIONAL DE ETANOL EN EL ECUADOR MEDIANTE DESTILACIÓN EXTRACTIVA CON GLICOLES

AUTOR: TAPIA HERRERA, DIEGO VICENTE

DIRECTOR: ING. DONOSO QUIMBITA , CATERINE ISABEL MSc.





## INTRODUCCIÓN

## SECCIÓN EXPERIMENTAL

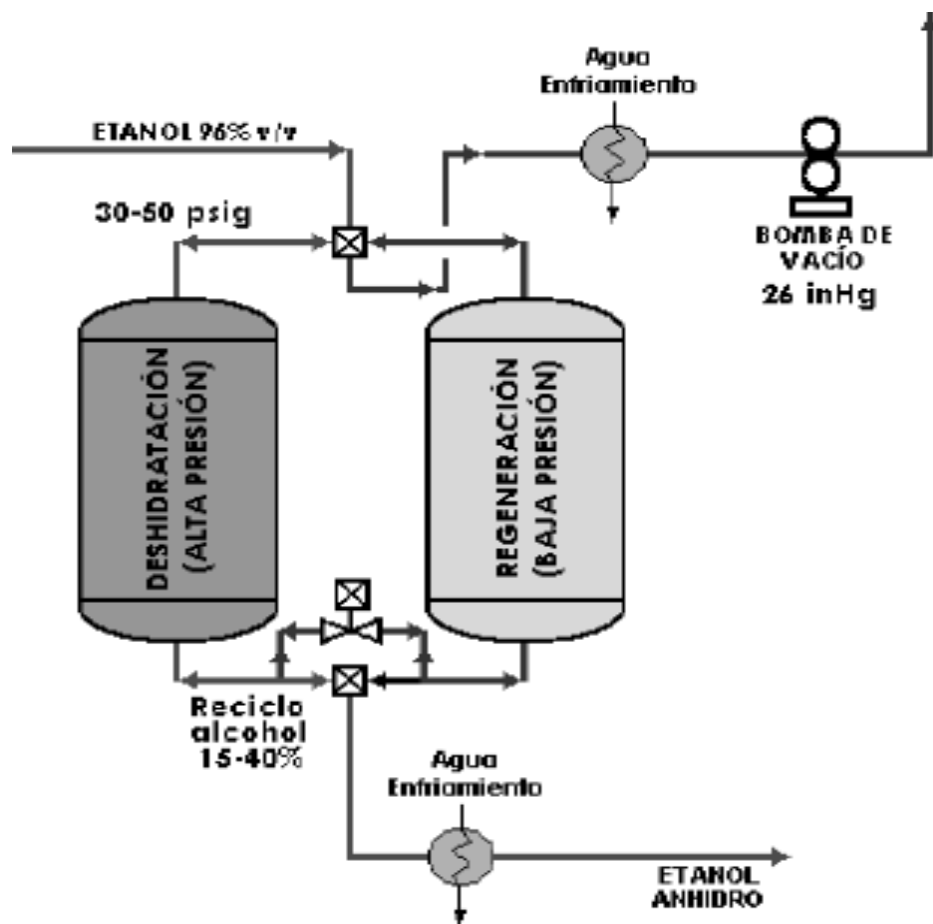
## ANÁLISIS DE RESULTADOS

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# Introducción



## Deshidratación convencional de etanol

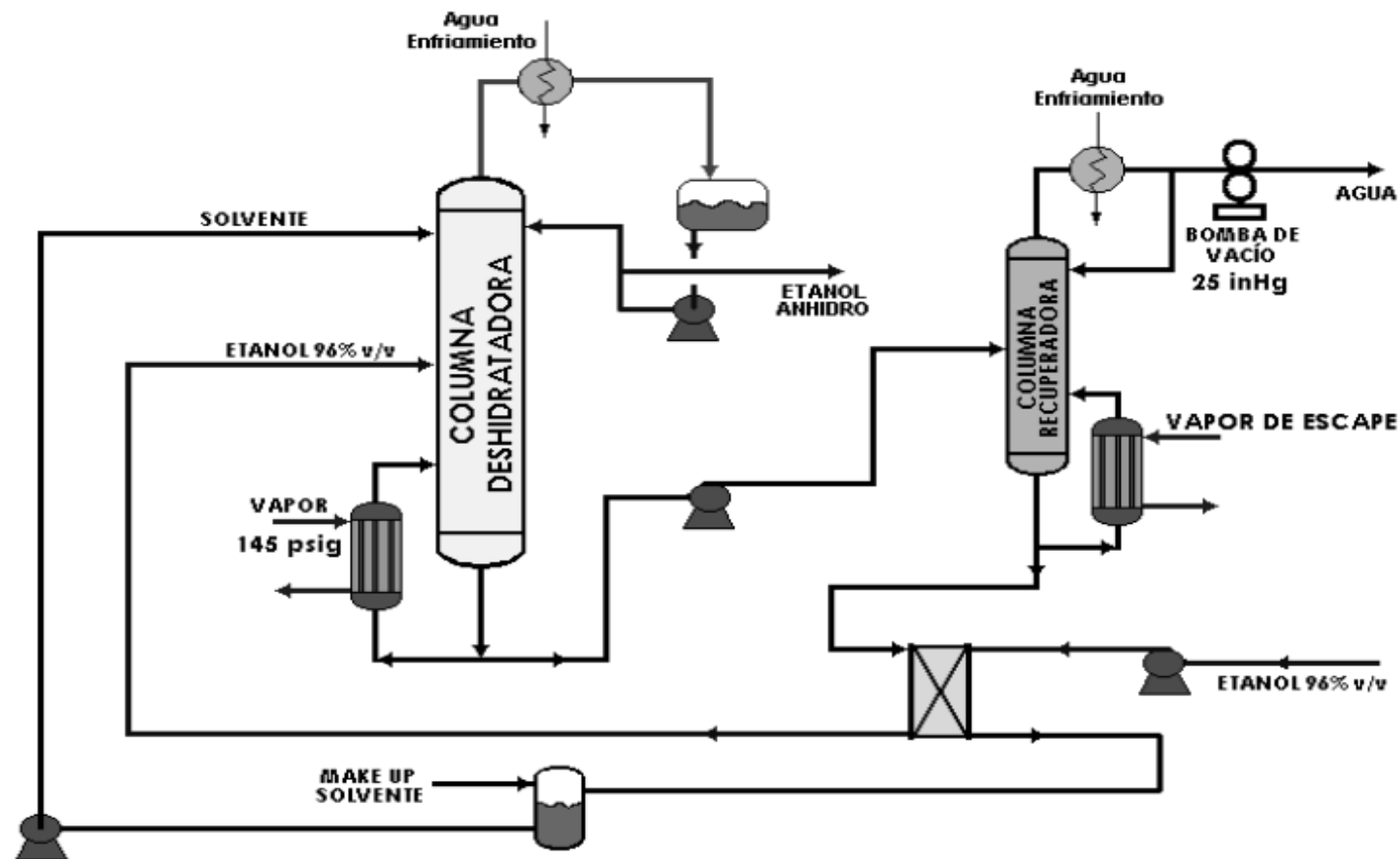


### Desventajas:

- Alta automatización
- Corto tiempo de vida de los tamices.
- Alto costo de capital

## Alternativas a la deshidratación de etanol

- Destilación al vacío
- Destilación azeotrópica
- **Destilación extractiva**



# SOLVENTES PARA LA DESTILACIÓN EXTRACTIVA

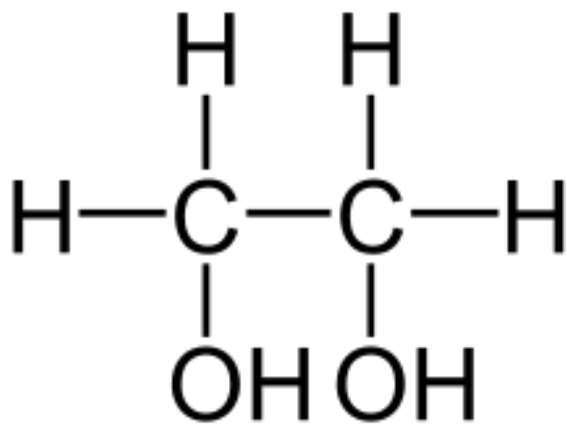
Solventes líquidos

Sal sólida

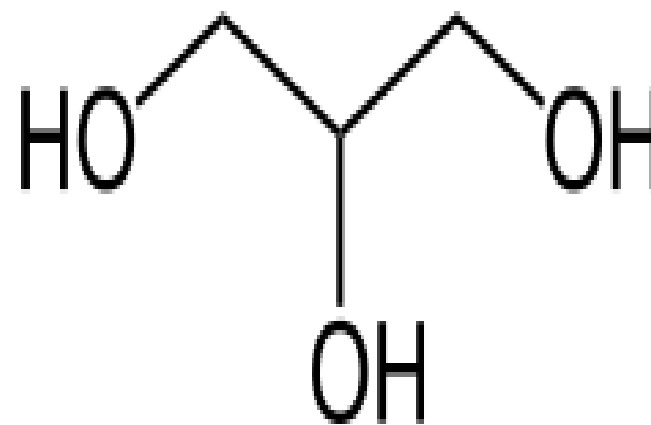
Polímeros hiperramificados

Líquidos iónicos

# Glicoles



Etilenglicol



Glicerina

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

- Proponer una alternativa tecnológica a la deshidratación convencional de etanol en el Ecuador mediante destilación extractiva con glicoles.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la mejor condición de operación en el proceso de destilación extractiva de la mezcla etanol-agua con glicoles, empleando un simulador de procesos, para la obtención de etanol grado anhidro.
- Validar los resultados de la simulación de la destilación extractiva con experimentos en la unidad de destilación continua, controlada desde computador (UDCC) de (Edibon).
- Evaluar la factibilidad económica de emplear glicoles en la deshidratación de etanol mediante destilación extractiva.





INTRODUCCIÓN

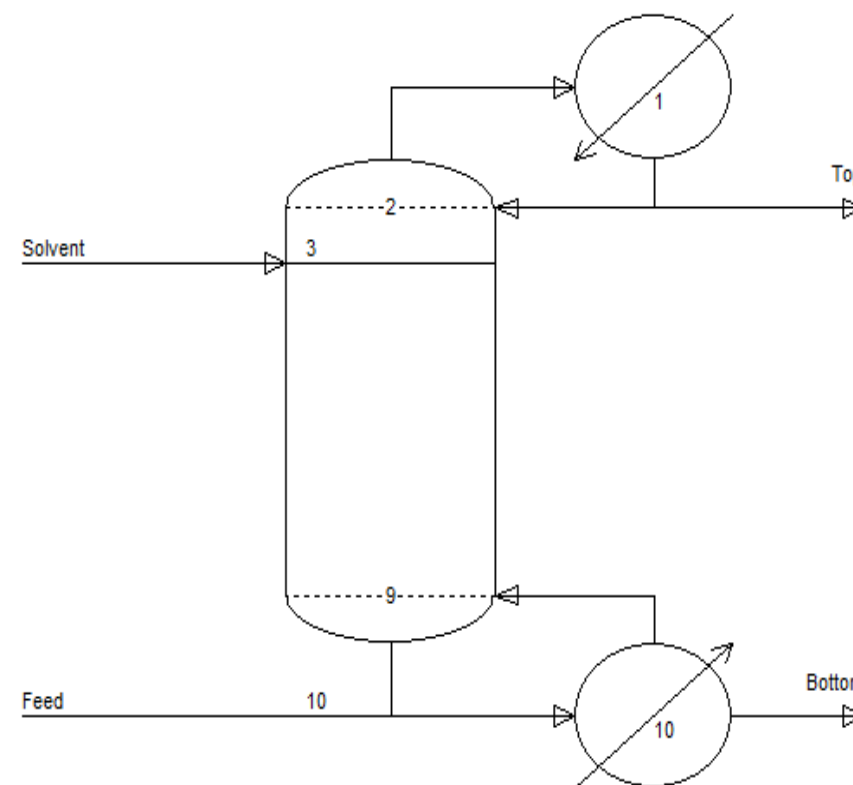
**SECCIÓN EXPERIMENTAL**

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# Simulación del proceso

- Definir los componentes
- Selección de las propiedades termodinámicas
- Especificaciones de las corrientes de alimentación
- Especificaciones de la columna
- Metodología para la obtención de la mejor condición de operación



# VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

- Variable dependiente
  - Concentración de etanol en el destilado
- Variable independiente
  - Razón de reflujo
  - Relación solvente/alimentación
  - Etapa de alimentación de solvente

## Selección de la mejor condición de operación

RR=2 ;  
Etapa solvente=3

S/A=1 ;  
Etsolvente=3

S/A=1 ;  
RR=3,5

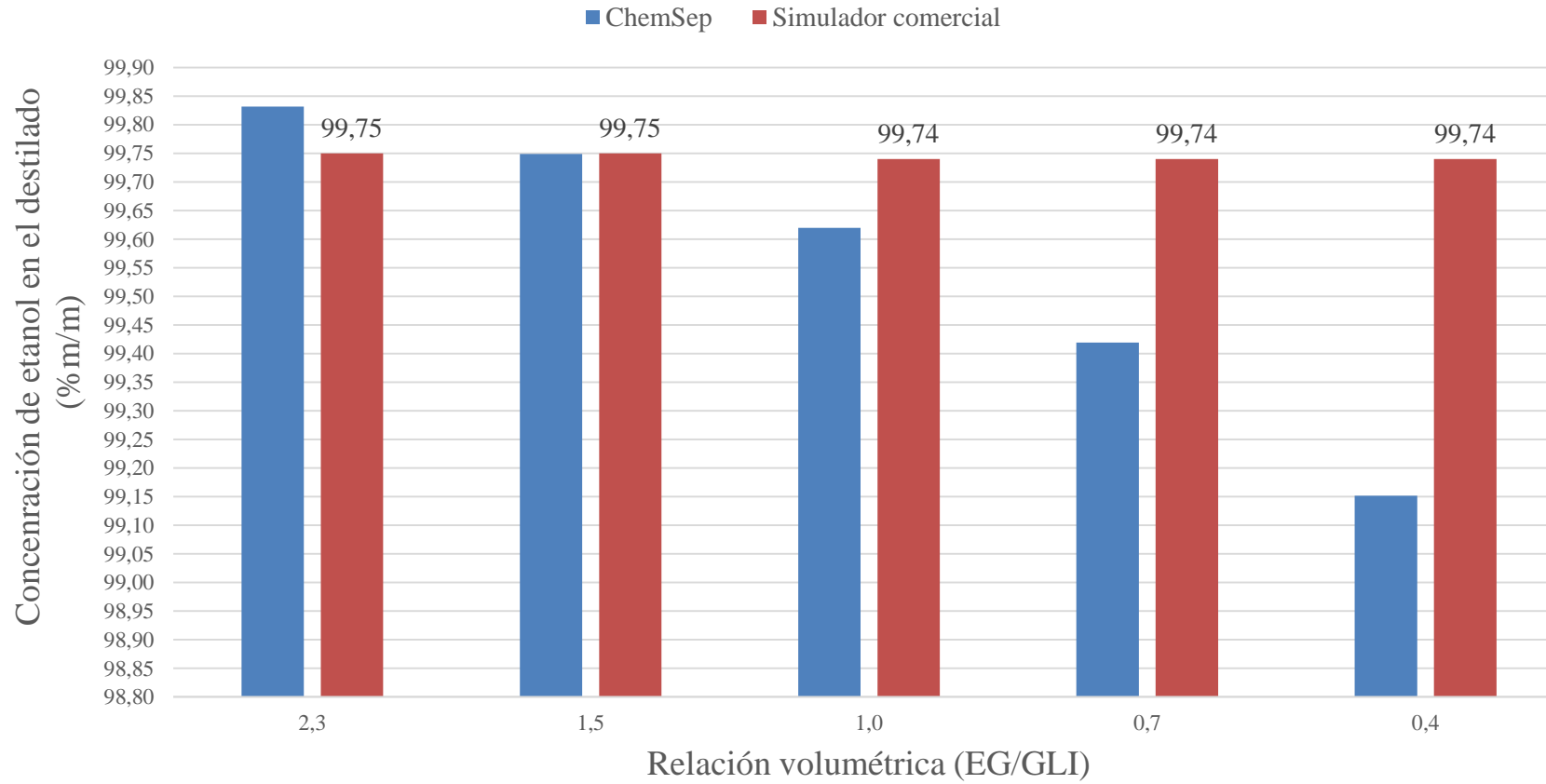
CONDICIÓN DE OPERACIÓN	Concentración de etanol (%m/m)		
	CASO 1	CASO 2	CASO3
RELACIÓN SOLVENTE/ALIMENTACIÓN			
0,25	93,00	94,10	93,50
0,5	93,83	94,47	94,23
0,75	94,43	95,05	94,78
<b>1</b>	<b>99,78</b>	<b>95,72</b>	<b>99,58</b>
1,25	98,17	99,68	98,87
1,5	96,44	99,32	96,67
1,75	97,15	97,12	97,30
2	97,88	98,48	97,91

CONDICIÓN DE OPERACIÓN	Concentración de etanol (%m/m)		
	CASO 1	CASO 2	CASO3
RAZÓN DE REFLUJO			
2	99,78	95,72	99,58
2,5	99,86	98,84	99,74
3	99,86	99,53	99,80
<b>3,5</b>	<b>99,90</b>	<b>99,68</b>	<b>99,83</b>
4	99,91	99,82	99,85
4,5	99,91	99,82	99,86
5	99,92	99,82	99,87

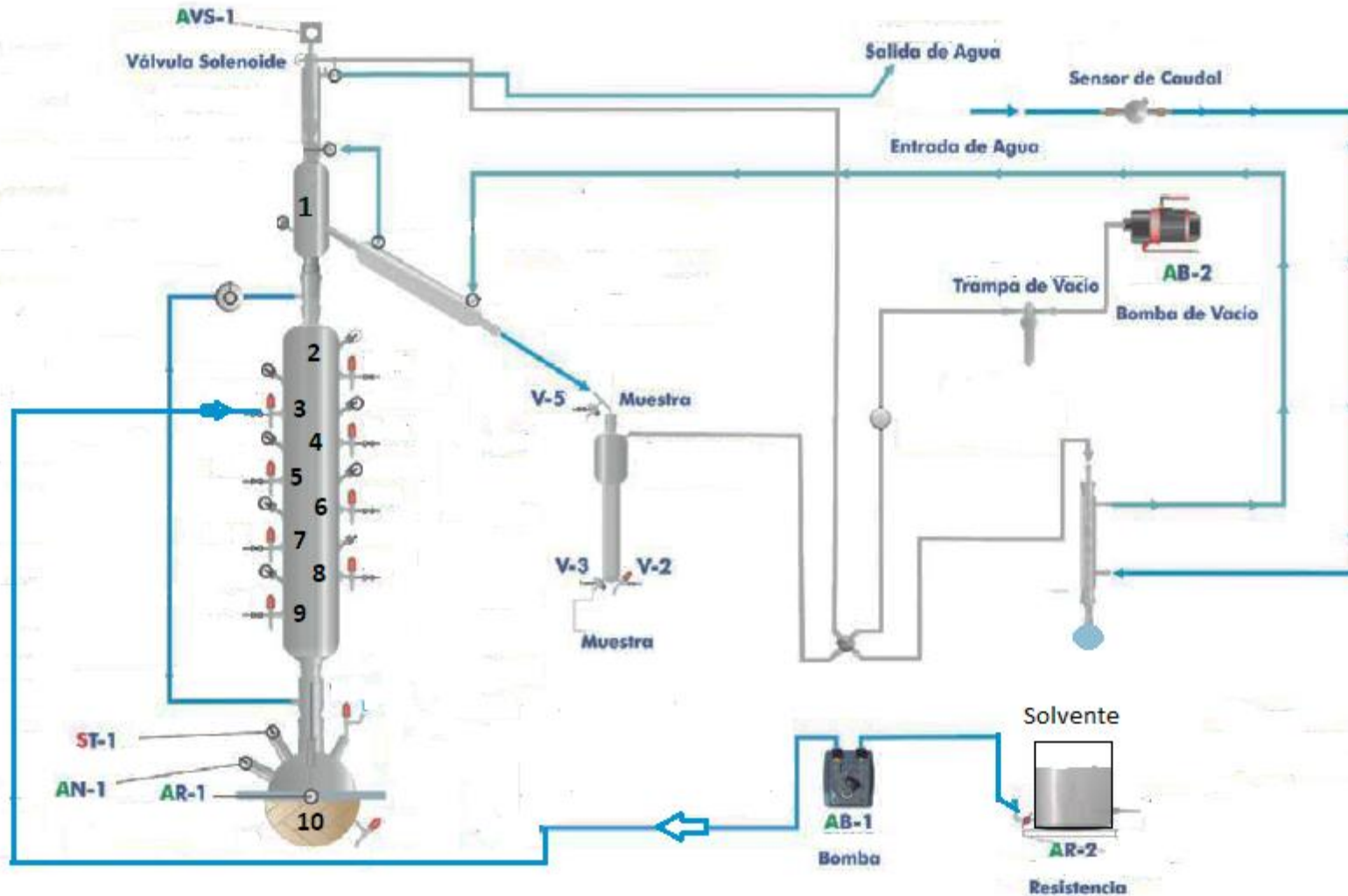
CONDICIÓN DE OPERACIÓN	Concentración de etanol (%m/m)		
	CASO 1	CASO 2	CASO3
ETAPA SOLVENTE			
1	70,84	67,95	69,55
2	99,65	99,77	99,61
<b>3</b>	<b>99,90</b>	<b>99,68</b>	<b>99,83</b>
4	99,87	99,54	99,78
5	99,78	99,33	99,69
6	99,61	99,02	99,51
7	99,30	98,57	99,23
8	98,76	97,95	98,79
9	97,87	97,12	98,14
10	96,66	96,05	97,57

# Mejor relación para la mezcla

Efecto de la relación (EG/GLI) con respecto



# Validación de la mejor condición en la UDCC





INTRODUCCIÓN

SECCIÓN EXPERIMENTAL

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# Resultados experimentales en la UDCC

Tiempo alimentación de solvente(min)	CASO 1			CASO 2			CASO 3		
	S/A	%v/v	%m/m	S/A	%v/v	%m/m	S/A	%v/v	%m/m
0	0,7	97,7	96,4	0,7	97,1	95,5	0,7	97,9	96,6
10	0,8	98,7	97,9	0,8	99,1	98,6	0,8	99,1	98,5
20	1,0	99,1	98,5	1,0	99,5	99,2	1,0	99,4	98,9
30	1,1	99,3	98,8	1,1	99,7	99,4	1,1	99,5	99,1
40	1,3	99,5	99,2	1,2	99,7	99,5	1,2	99,5	99,1
50	1,4	99,5	99,2	1,4	99,7	99,4	1,3	99,5	99,2
60	1,6	99,5	99,1	1,5	99,7	99,5	1,4	99,5	99,2



## Comparación con datos obtenidos en simulación

Concentración de etanol en el destilado	ChempSep	Simulador comercial	UDCC	%Error relativo 1	%Error relativo 2
Caso 1 (%m/m)	99,90	99,67	99,2	0,70	0,47
Caso 2 (%m/m)	99,68	99,73	99,5	0,18	0,23
Caso 3 (%m/m)	99,83	99,74	99,2	0,63	0,54

# Análisis de la factibilidad económica

COSTOS EQUIPOS			
EQUIPOS	Potencia (W)	Tiempo (h)	Costo (\$)
Agitador magnético con calefacción	750,00	1,00	0,07
Rotavapor	1998,00	0,00	0,00
Bomba vacío	124,28	0,00	0,00
UDCC	2400	1,5	0,34
COSTO DE INSUMOS			
INSUMOS	Costo unitario (\$/unidad)		
Etanol(GAL)		0	
Etilenglicol(L)		30	
Glicerina(L)		15,23	
Agua potable UDCC (m3)		0,72	
Agua potable rotavapor (m3)		0,72	
Aceite mineral (kg)		0,0466	
Tarifa energía eléctrica (KWh)		0,0933	

Casos de estudio	Concentración de etanol en el destilado (%v/v)	CTU (USD/kg etanol)
Caso 1	99,5	0,91
Caso 2	99,7	0,30
Caso 3	99,5	0,98



INTRODUCCIÓN

SECCIÓN EXPERIMENTAL

ANÁLISIS DE RESULTADOS

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

# Conclusiones

- El empleo de un simulador de procesos es una buena herramienta para estimar condiciones de operación en el proceso de destilación extractiva de la mezcla etanol-agua con glicoles, sin embargo, al utilizar el simulador Chemsep no se obtuvo buenas predicciones en el comportamiento hidrofílico de la glicerina.
- La utilización de la glicerina como solvente en el proceso de destilación extractiva de la mezcla etanol-agua en la unidad de destilación continua, controlada desde computador (UDCC) de (Edibon) resultó ser la más eficiente, ya que cumplió con el requisito de contenido de alcohol fijada por la normativa NTE INEN 2478 para considerarse como etanol anhidro.
- La destilación extractiva con glicerina genera el menor costo total unitario respecto a los otros glicoles evaluados, sin embargo, este costo no es competitivo con la tecnología de adsorción con tamices moleculares, debido a que no se tomó en cuenta el proceso de regeneración de solvente.

# Recomendaciones

- Para el proceso de destilación extractiva de la mezcla etanol-agua con glicoles se recomienda el empleo de un simulador de procesos comercial ya que para el proceso mencionado se obtuvo mayores aproximaciones en la concentración de etanol en el destilado con respecto a resultados obtenidos en la unidad de destilación continua, controlada desde computador(UDCC) de Edibon.
- Se recomienda determinar los equilibrios líquido-vapor mediante experimentación, para usarlos en la simulación con el fin de que el simulador de procesos utilizado interprete de mejor manera el comportamiento termodinámico y químico de los componentes que intervienen en el proceso de destilación extractiva con glicoles.
- Realizar las correcciones respectivas a los diferentes dispositivos que no se encortaron operativos en la UDCC ya que esta unidad didáctica es muy buena para realizar estudios ya sea para destilación o para destilación extractiva, además se recomienda la implementación de bomba de dosificación adicional con su respectivo programa de adquisición de datos de tal manera se pueda realizar experimentaciones de destilación extractiva de manera continua.