



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO EXTRACTOR DE ESENCIAS DE PLANTAS AROMÁTICAS CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS

**POR:**

**ALEX FERNANDO RONQUILLO MORETA**

**JOHN JAVIER YUGCHA ALOMALIZA**



## **ESENCIAS.**

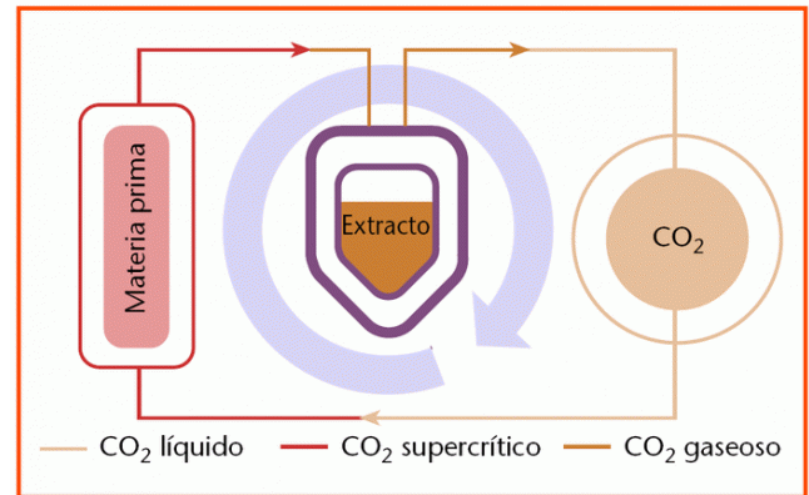
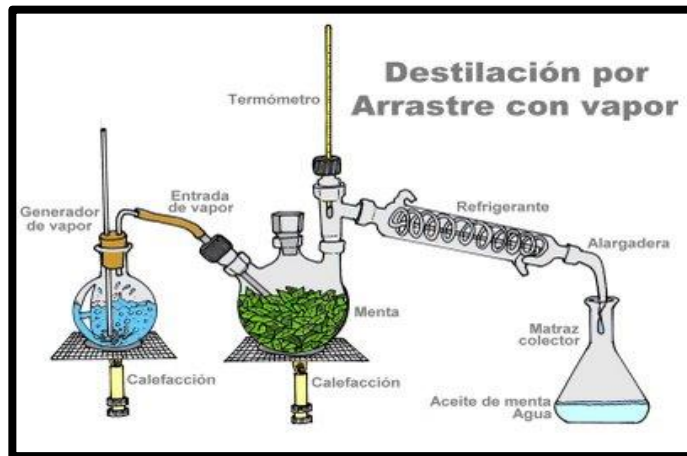
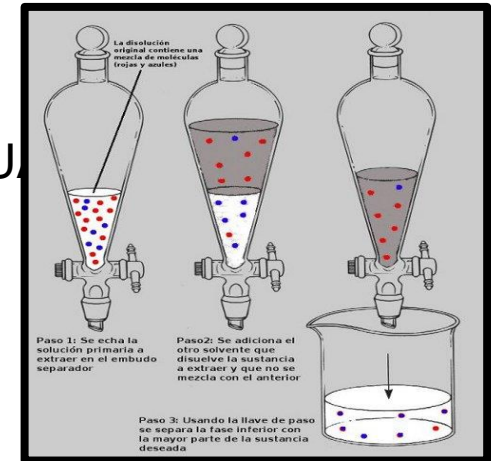
BÁSICAMENTE LAS ESENCIAS SON PRODUCTOS QUE DESPIDEN OLOR AGRADABLE Y QUE SON EXTRAÍDAS POR INFUSIÓN ES DECIR LA ACCIÓN DE SUMERGIR UNA SUSTANCIA ORGÁNICA EN UN LÍQUIDO A CONDICIONES DE TEMPERATURAS IDEALES PARA QUE SE DISUELVAN SUS PARTES SOLUBLES.

### **APLICACIONES DE LAS ESENCIAS EN LA INDUSTRIA:**

- EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA
- EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA
- EN LA INDUSTRIA DE COSMÉTICOS
- EN LA INDUSTRIA DE DESODORANTES INDUSTRIALES
- EN LA INDUSTRIA TABACALERA
- EN LA INDUSTRIA DE BIOCIDAS

## MÉTODOS DE EXTRACCIÓN:

- DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR DE AGUA
- EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES
- MÉTODO DE ENFLORADO
- EXTRACCIÓN POR FLUIDOS SUPERCRÍTICOS



# Ventajas y Desventajas de Extracción por Fluidos Supercríticos:

## Ventajas

Se usan temperaturas moderadas, lo que evita el deterioro de los componentes térmicamente lábiles del producto natural.

La alta volatilidad de estos fluidos facilita su eliminación y asegura niveles muy bajos de solvente residual en el producto final. Esto, sumado a que generalmente se utilizan como fluidos supercríticos solventes no nocivos, los hace atractivo para el desarrollo de procesos sustentables, contribuyendo a la denominada “química verde”.

La extracción se realiza sin cambios de fase.

Se mejoran las propiedades de transporte, lo que facilita el proceso de extracción.

Pueden extraerse en forma diferencial compuestos volátiles y no-volátiles, ajustando la densidad del fluido para variar su poder solvente. El agregado de un cosolvente también puede ayudar a mejorar la selectividad en la separación.

## Desventajas

El equilibrio de fase entre soluto y solvente puede ser complicado.

Cuando se necesitan utilizar cosolventes para alterar la polaridad del fluido, éstos pueden quedar en el extracto, requiriendo una operación de separación posterior.

Las altas presiones dificultan la adición continua de sólidos al extracto.

Los costos de operación son elevados, se necesita de una inversión inicial alta.

Baja disponibilidad de equipos y reducido desarrollo de diseños.

## TEMPERATURAS CRÍTICAS Y PRESIONES CRÍTICAS DE FLUIDOS SUPERCRÍTICOS ÚTILES

Solvente	T <sub>c</sub> (°C)	P <sub>c</sub> (psi)	P <sub>c</sub> (atm)	P <sub>c</sub> (Mpa)	P <sub>c</sub> (bar)
Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>	31.1	1072	72.9	7.38	73.8
Óxido Nitroso N <sub>2</sub> O	36.5	1051	71.5	7.25	72.5
Propano C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	97	616.4	41.9	4.25	42.5
Hexafluoruro de azufre SF <sub>6</sub>	45.5	545.2	37.1	3.76	37.6
Amoníaco NH <sub>3</sub>	132.5	1638.6	111.5	11.3	113
Acetileno C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	36	906	61.65	6.24	62.4
Agua H <sub>2</sub> O	374	3203	218	22.08	220.8
Metanol CH <sub>3</sub> OH	239.4	1173	79.8	8.09	80.9
Etanol C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	240.4	890.5	60.6	6.14	61.4
Xenón Xe	16.6	858.24	58.4	5.91	59.17



## Aplicación de CO2 como fluido supercrítico:

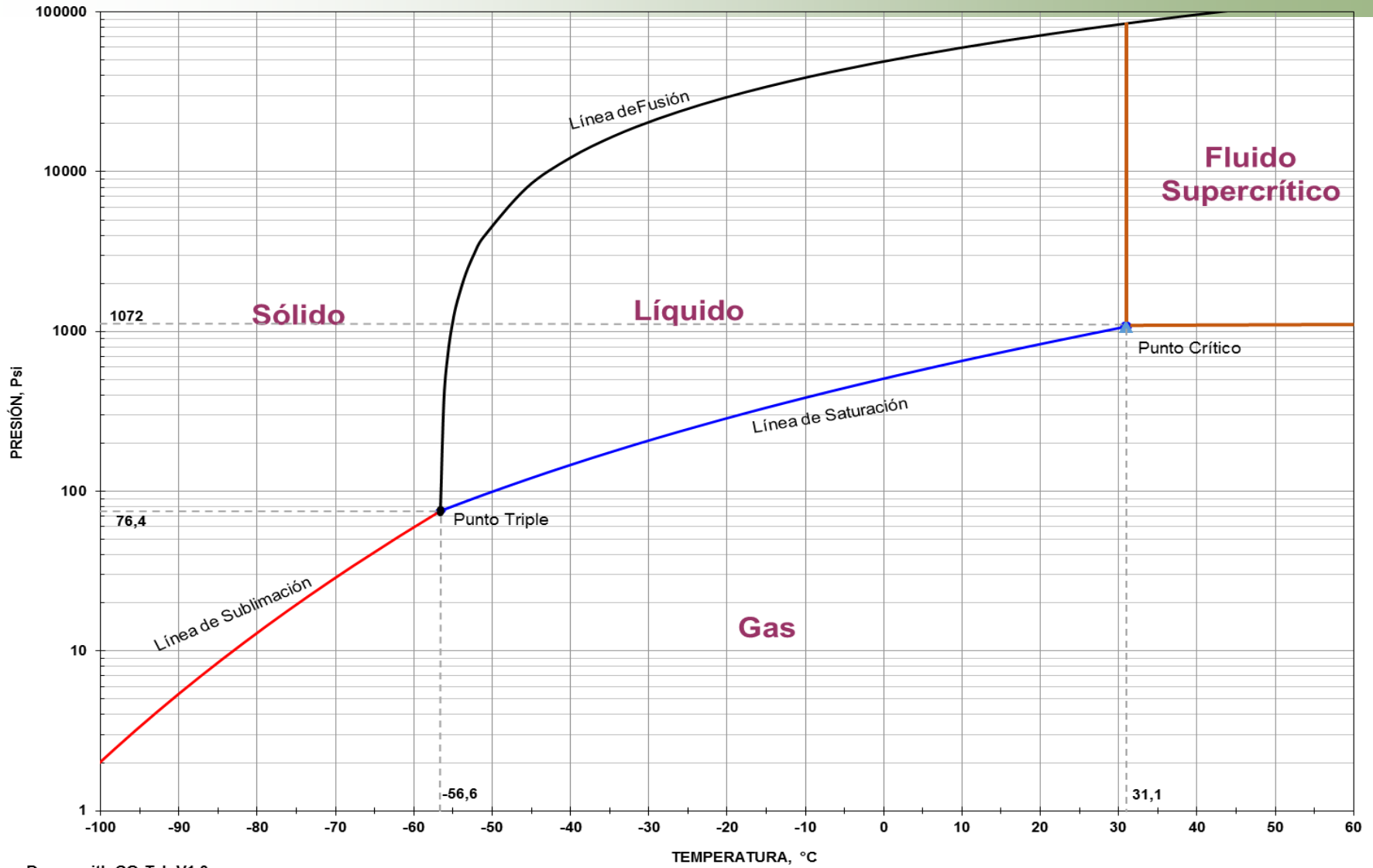
El fluido que generalmente se utiliza a escala analítica es el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), el cual adquiere las condiciones de fluido supercrítico a una temperatura de 31.1°C y a la relativamente moderada presión de 1072 psi.

## Aspectos Favorables y desfavorables de los fluidos supercríticos más usuales

	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	CFC	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> OH
Toxicidad	O	-	O		O	O	-
Inflamabilidad	O	-	O		O	-	-
Bajo Coste	O	-	O		O	-	-
Reactividad	O	-	-	-	O	O	-
Facilidad alcanzar condiciones críticas	O	-	-	O	O	O	-
Impacto ambiental	O		O		-		-
Gas en condiciones ambientales	O			O	O	O	
Polaridad	-	O	O	O	O	-	O

(O) Favorable, (-) Desfavorable

# DIÓXIDO DE CARBONO: DIAGRAMA PRESIÓN - TEMPERATURA

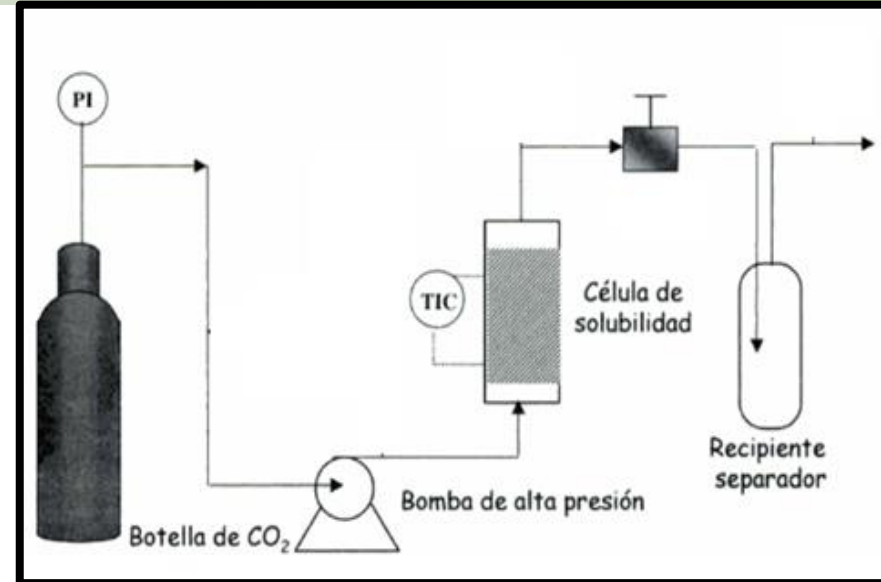


Drawn with CO<sub>2</sub>Tab V1.0

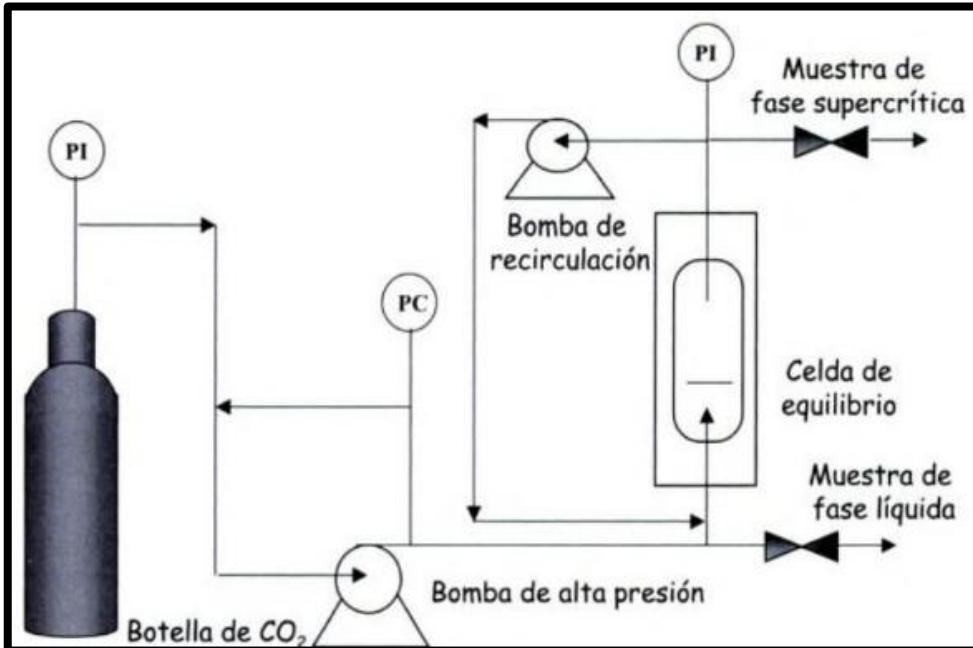


# TIPOS DE SISTEMAS

SISTEMA DINÁMICO O DE FLUJO →



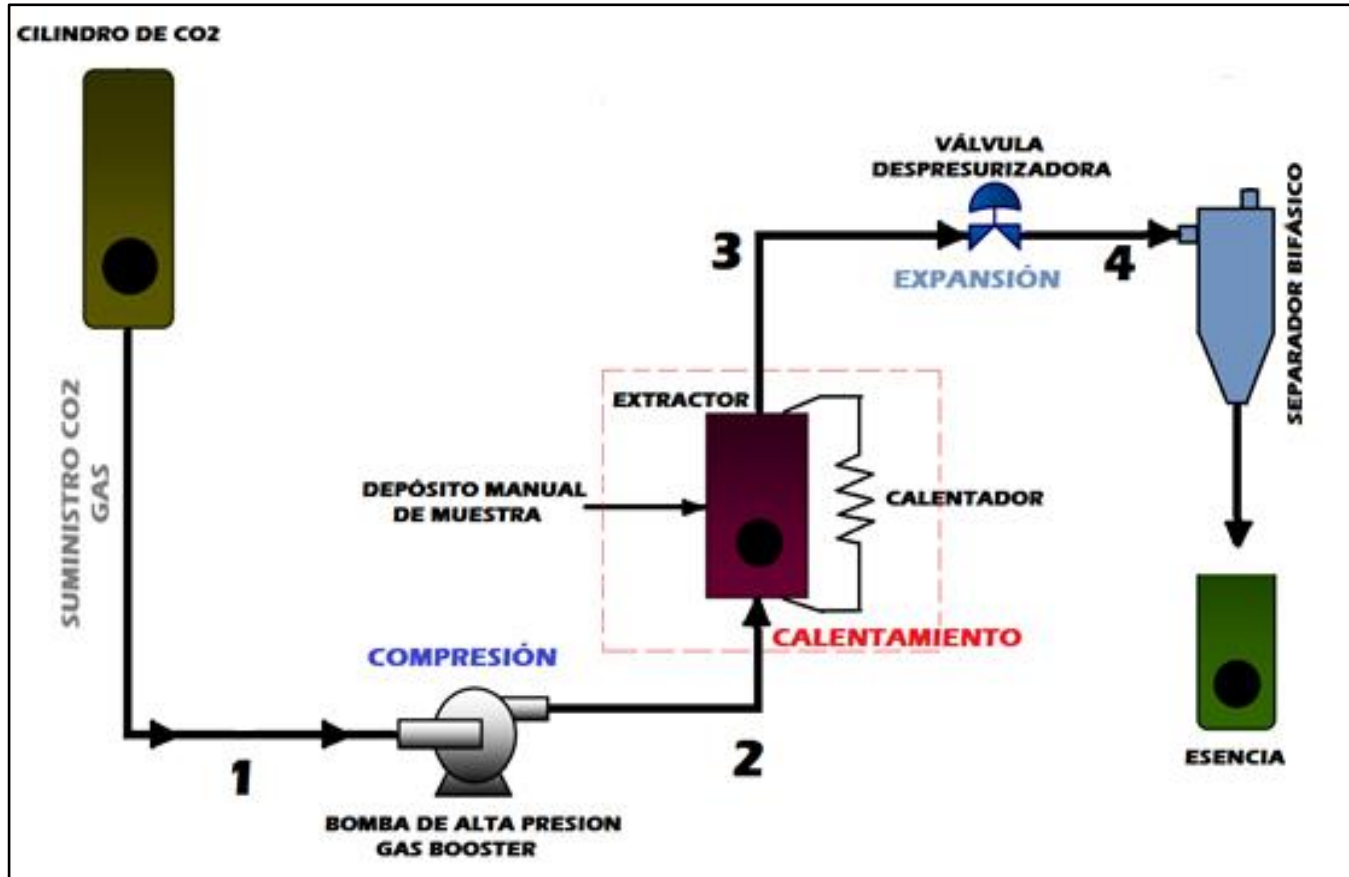
← SISTEMAS ESTÁTICOS





# ETAPAS DE EXTRACCIÓN

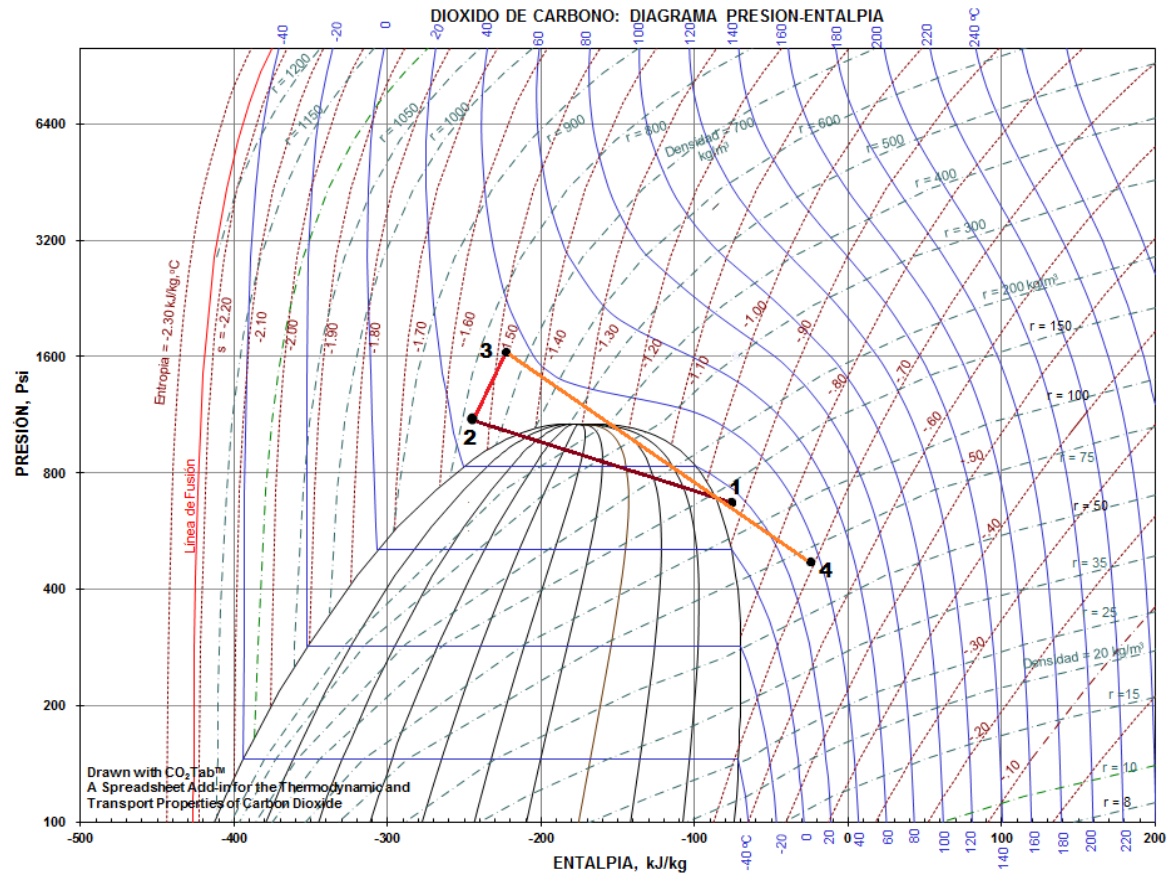
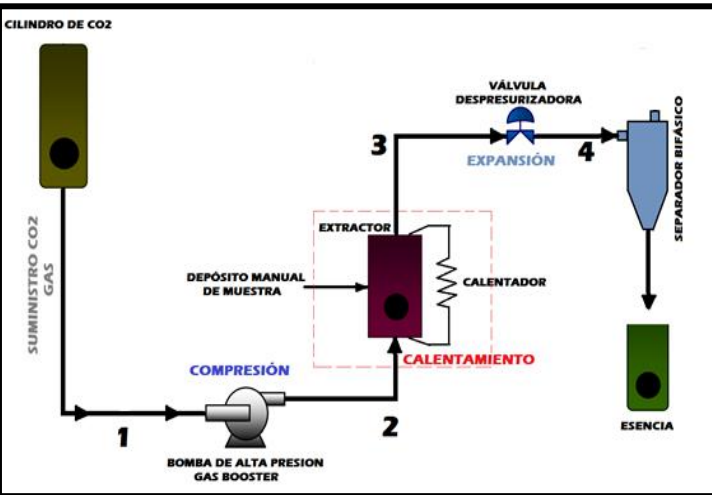
1. PRESURIZACIÓN.
2. AJUSTE DE TEMPERATURA.
3. EXTRACCIÓN.
4. SEPARACIÓN.



# DISEÑO Y SELECCIÓN.



# CONDICIONES TERMODINÁMICAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN



**ESTADO 1:**

$P_1 = 700 \text{ psi}$ ,  $T_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

**ESTADO 2:**

$P_2 = 1100 \text{ psi}$ ,  $T_2 = 23 \text{ }^\circ\text{C}$

**ESTADO 3:**

$P_3 = 1674 \text{ psi}$ ,  $T_3 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

**ESTADO 4:**

$P_4 = 500 \text{ psi}$ ,  $T_4 = 31.3 \text{ }^\circ\text{C}$





# DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO

No.	Concepto	Propone	R/D	Descripción
1	Función	C	R	Que el sistema tenga un buen desempeño mecánico y eléctrico.
		C	R	Integrar los componentes del sistema adecuadamente.
				Obtener la cantidad de esencia determinada en un tiempo determinado.
		C	R	Las protecciones eléctricas se seleccionarán de acuerdo a la corriente máxima del sistema.
		C	R	Las dimensiones del módulo didáctico permitirán un acople perfecto con los componentes del sistema.
2	Dimensiones	D	R	El material apto para la construcción de los recipientes de alta presión son Acero Inoxidable 304
3	Materiales	D	R	
4	Construcción	F	R	La construcción del módulo didáctico se debe hacer, de tal forma que cumpla con los requerimientos propuestos por el cliente.
4	Mantenimiento	C	R	Se debe realizar distintas tareas a condición mensualmente.
5	Seguridad	C	R	El módulo en su totalidad está construido con fines didácticos, por lo que cumplirá con las protecciones necesarias para evitar lesiones a los estudiantes.
6	Costo	C	R	El módulo tendrá un costo aproximado de \$4000.

Propone: M=Márquetin, C=Cliente, D=Diseño, P=Producción, F=fabricación.

R/D: R=Requerimientos, D=Deseo, MR=Modificación de Requerimientos



# DISEÑO Y SELECCIÓN DE BOMBA

## Parámetros Requeridos para Selección de Gas Booster

Máxima presión requerida:	2000 Psi.
Máxima presión de aire:	75 Psi.
Presión de ingreso:	700 Psi.
Caudal de Aire (scfm):	10 Scfm.
Relación de flujo:	40:1
Gas a ser comprimido:	CO2
Detalles de Aplicación:	Aumento de presión para propiedades supercríticas.

Haskel Air Driven Gas Boosters - Selection

Air Drive psig

Air Drive Flow scfm

Initial psig

Minimum psig

Capacity ft.3

Outlet psig

Cylinder emptying to constant pressure

Model Number	Minutes to Empty	Average Air Used Scfm	Average Cycles / Min	Total Air S.Cu.Ft
AG-30	76	2	3	188

Change to Metric Units

Instructions

1. Select application type from above choices.
2. Enter appropriate conditions.
3. Choose selection options.

Compressibility

Selection Options

Ignore air available setting

Gas booster selection is for guidance only and will depend on final installation contact factory for certified flow rates

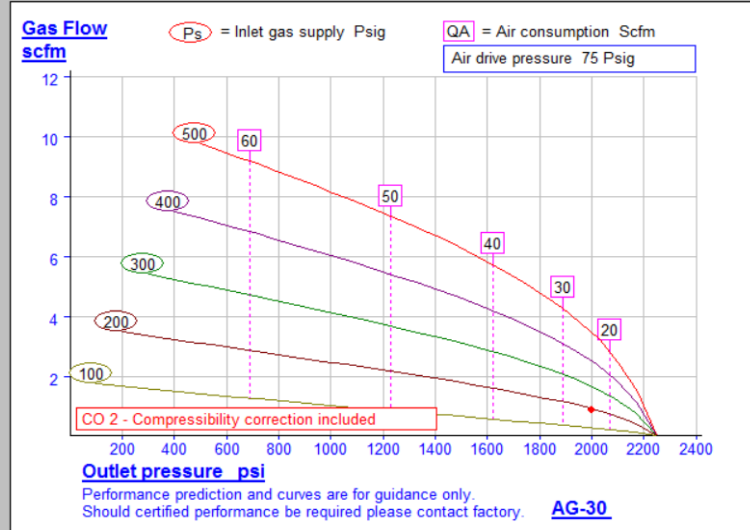
Show Drawing Show Graph Print List List Selections Main Menu

SOFTWARE HASKEL GAS BOOSTER



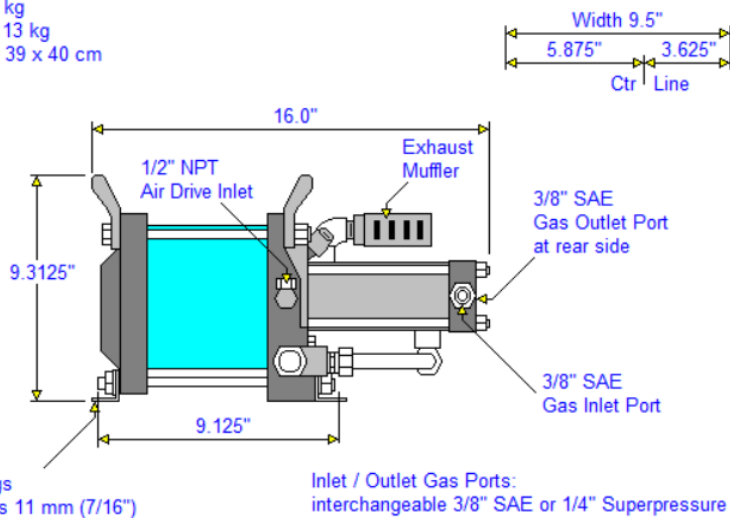
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## CURVAS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA.



Print Copy Flip Units OK

Net weight 12 kg  
Boxed weight 13 kg  
Box size 51 x 39 x 40 cm

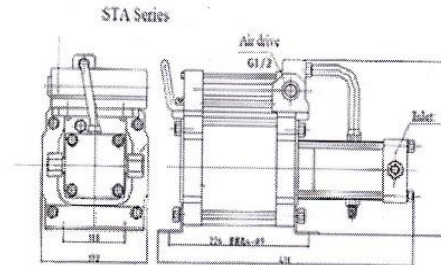


**AG-30**

## DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE BOMBA AG-30



# GAS BOOSTER SHINE-EAST



## Technical parameters

Type	Pressure ratio	Min. gas inlet pressure PA (bar)	Max. gas inlet pressure PA (bar)	Max. gas outlet pressure PB (bar)	Formula to calculate gas outlet pressure PB	Connection: Gas Inlet / Gas outlet (NPT thread)	Max. flow at air drive pressure of 6bar (L/min)
STA0.6	0.6: 1	0.1	4	4.8	0.6X PL	1/2 / 1/2	1000 ( at PA of 6 bar )
STA02	2: 1	1.7	16	16	2X PL	1/2 / 1/2	960(at PA of 6 bar )
STA05	5: 1	3.5	40	40	5XPL	1/2 / 1/2	360(at PA of 6 bar )
STA10	10: 1	5.5	80	80	10XPL	1/4/ 1/4	196(at PA of 20 bar )
STA25	25: 1	10	200	200	25XPL	1/4/ 1/4	81(at PA of 20 bar )
STA40	40: 1	15	320	320	40XPL	1/4/ 1/4	49(at PA of 20 bar )
STA60	60: 1	25	480	480	60XPL	1/4/ 1/4	61(at PA of 40 bar )
STA100	100: 1	35	800	800	100XPL	1/4/ M14X1.5	39(at PA of 40 bar )

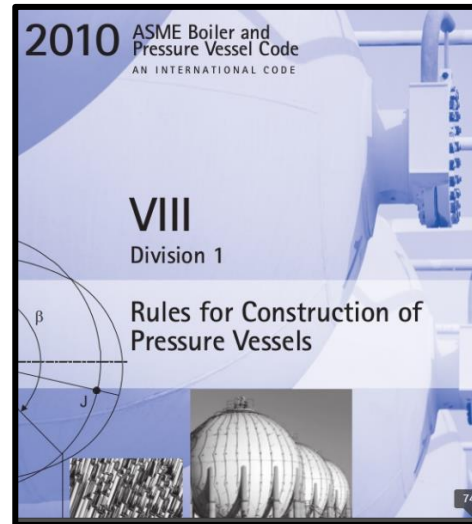
Note: P<sub>L</sub>: air drive pressure    P<sub>A</sub>: gas inlet pressure    P<sub>B</sub>: gas outlet pressure





# DISEÑO Y SELECCIÓN DEL EXTRACTOR DE ESENCIAS

## Norma ASME Sección VIII



## Limitaciones de la división 1:

- La presión deberá ser menor a 3000 psi
- Recipientes para menos de 454.3 litros de capacidad de agua, que utilizan aire como elemento original de presión
- Suministro de calor no mayor de 58 600 W
- Temperatura interna de 99 °C
- Recipientes sujetos a presión interna o externa de 15 psi
- Recipientes que no excedan de 15.2 cm (6 pulgadas) de diámetro.



# DIMENSIONAMIENTO DEL ESPESOR DEL CILINDRO

CASCO CILINDRICO FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES			
PROCEDIMIENTOS SECCION DE DISEÑO DE RECIPIENTES			
		CON E= 0,7 ESFUERZO LONG.	
		t= 0,1124	
		ESFUERZO CIRC.	
		t= 0,2585	
MATERIAL DEL CUERPO	S.A 304		CON E= 0,85
PRESION DE OPERACIÓN	2000	Psi	ESFUERZO LONG.
PRESION DE DISEÑO (P)	2200	Psi	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	350	°F	t= 0,0931
TEMPERATURA DE DISEÑO	350	°F	
ESFUERZO DE TRABAJO (S)	18600	Psi	ESFUERZO CIRC.
EFICIENCIA (E)	0,7		
DIAMETRO EXTERIOR (D.E)	2,7500	Pulg	t= 0,2088
CORROSION PERMISIBLE (C)	0	Pulg	
ESPESOR REQUERIDO (t)	0,375	Pulg	CON E= 1
ESFUERZO LONGITUDINAL			ESFUERZO LONG.
$t = \frac{PR}{2SE + 0,4P}$		t= 0,1124	
ESFUERZO CIRCUNFERENCIAL			ESFUERZO CIRC.
$t = \frac{PR}{SE - 0,6P}$		t= 0,2585	
AL ESPESOR SE LE SUMA LA CORROSION			PRESION MAXIMA PERM. DE TRABAJO CON:
			t= 0,375
SACANDO LA MEDIDA COMERCIAL			$P = \frac{S * E * t}{R - 0,4t}$
tmin= 0,258547	t= 0,3750 Pulg		P= 3985,7143
CALCULO DE LA MAXIMA PRESION HIDROSTATICA CORRIGIDA POR TEMPERATURA (P.H.C)			
P.H.C=	$1,3 * \frac{S * ATM * P}{S}$		
P.H.C=	2860 Psi		



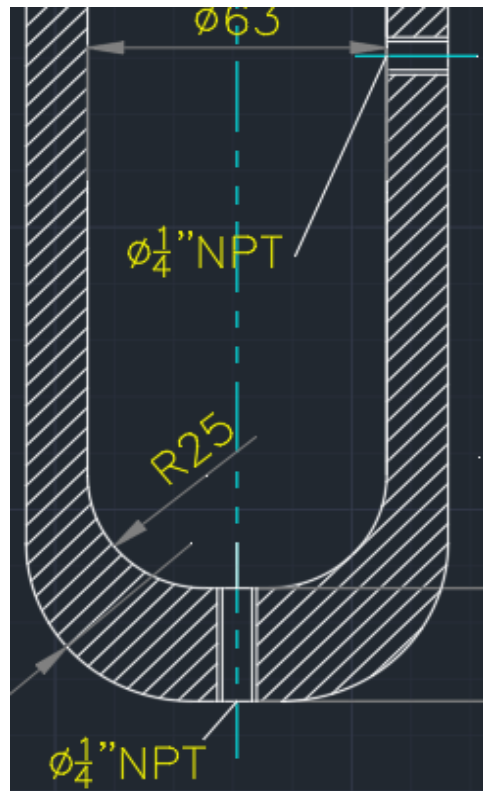
# DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABEZALES DEL CILINDRO

CABEZA TORIESFERICO FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES			
PROCEDIMIENTOS SECCION DE DISEÑO DE RECIPIENTES			
			<p>CON E= 0,7</p> $t = \frac{PD}{2SE - 0,2P}$ <p>t= 0,2498</p>
MATERIAL DEL CUERPO	S.A 304		CON E= 0,85
TEMPERATURA DE DISEÑO	350	°F	$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P}$ <p>t= 0,2052</p>
ESFUERZO DE TRABAJO (S)	18600,0000	Psi	
PRESION INTERNA DE DISEÑO (P)	2000	Psi	
RADIO INTERIOR (L)	2,75	Plg	
EFICIENCIA MENOR DE CABEZA (E)	0,85		
CORROSION PERMISIBLE (C)	0,0000	Plg	
ESPESOR MINIMO REQUERIDO (t)		Plga	
ESPESOR MINIMO ESPECIFICADO (tmin)	0,312	Plg	
$t = \frac{PLM}{2SE - 0,2P}$ <p>t= 0,2052 Plg</p> <p>+ C= 0,0000 Plg      tmin= 0,2500 Plg</p> <p>EXCESO= tmin-(t+C)= 0,0448 Plg</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>CALCULO DE LA MAXIMA PRESION HIDROSTATICA CORREGIDA POR TEMPERATURA</p> </div> <p>P.H.C.= <math>1,5 * \frac{S \text{ ATM}}{S} * P</math></p> <p>P.H.C.= 3000 Psi</p>			$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P}$ <p>t= 0,1741</p> <p>PRESION MAXIMA PERM. DE TRABAJO CON: t= 0,312</p> $P = \frac{2 * S * E * t}{LM + 0,2t}$ <p>P= 3021,5280</p>



## BOQUILLAS EN RECIPIENTE A PRESIÓN

Según la norma ASME sección VIII división 1, recomienda que todos los recipientes a presión deban estar provistos de conexiones de entrada y salida del producto, válvulas de seguridad, entradas macho, etc. Todas las placas de 12 pulgadas de diámetro a menores, deberán usar una boquilla de  $\frac{1}{4}$  pulgada de diámetro con cuerda NPT.

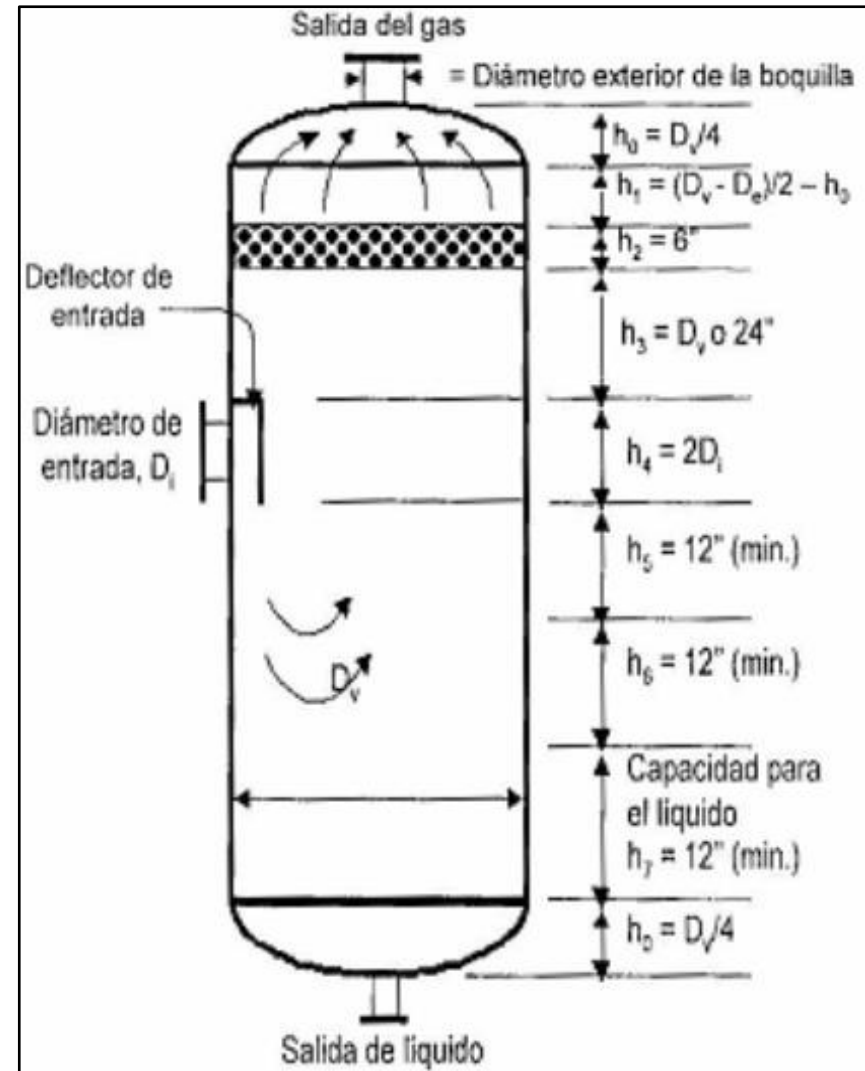


# CÁMARA DE EXTRACCIÓN



**ESPE**  
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SEPARADOR DE ESENCIAS





# DIMENSIONAMIENTO DEMISTER

## DATOS PARA EL DISEÑO DEL DEMISTER

Temperatura (°F)	104
Presión (Psi)	500
Densidad del gas (kg/m <sup>3</sup> )	500
Densidad del líquido (kg/m <sup>3</sup> )	900
Caudal (cfs)	0.032
Tamaño Partículas (um)	10-50
Cantidad a obtener (gr)	20



### DISEÑO DE DEMISTERS

Datos	PROCESS	V-230
Datos	Gas/Liquid system /	
Datos	Temperature, °F	104
Datos	Pressure, psig	500
Datos	Compressibility factor	1
Datos	Gas density, specific gravity	0,38
	Gas density, kg/m <sup>3</sup>	0,491
	Gas density, lb/ft <sup>3</sup>	0,0285
	Gas density, Comp. P y T [lb/ft <sup>3</sup> ]	0,920
Datos	Gas viscosity, centipoise	0,021
	Gas viscosity, lb/ft-s	1,41113E-05
Datos	Gas flow rate, mmscfd	0,089
	Gas flow rate, cfs	0,032
Datos	Liquid density, sp. grav.	0,9
	Liquid density, lb/ft <sup>3</sup>	56,16
Datos	Liquid viscosity, centipoise	1,063
	Liquid viscosity, lb/ft-s	0,000714303
Datos	Fouling	No

#### Tabla 1 PAD LAYERS

Tabla 1	1st Pad style	7CA
Tabla 1	Superficie, S (ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup> )	45
Tabla 1	thickness, t (in)	0
	thickness, t (ft)	0
Tabla 1	Diametro alam., Dw (in)	0,011
	Diametro alam., Dw (ft)	0,000916667
Tabla 1	Densidad, d ( lb/ft <sup>3</sup> )	5
Tabla 3	factor, k (ft/s)	0,35
Tabla 1	2nd Pad style	38F
Tabla 1	Superficie, S (ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup> )	120
Tabla 1	thickness, t (in)	3
	thickness, t (ft)	0,25
Tabla 1	Diametro alam., Dw (in)	0,006
	Diametro alam., Dw (ft)	0,0005
Tabla 1	Densidad, d ( lb/ft <sup>3</sup> )	7,2
Tabla 3	factor, k (ft/s)	0,35

#### Datos PERFORMANCE

Datos	(Cumulative)	10 um	94,34%
		0,000033 ft	
		1st Pad style	2nd Pad style
fig. 10	K	0,747	1,369
	E	0,390	0,450
	SO	0,000	6,401
	eff	0,000	94,340

Datos	20 um	99,22%
	0,000066 ft	

fig. 10		1st Pad style	2nd Pad style
	K	2,987	5,476
	E	0,730	0,760
	SO	0,000	6,401
	eff	0,000	99,217

Datos	50 um	99,72%
	0,000164 ft	

fig. 10		1st Pad style	2nd Pad style
	K	18,667	34,223
	E	0,890	0,920
	SO	0,000	6,401
	eff	0,000	99,718

#### Diseño GEOMETRY

Diseño	Pad shape	Round
Diseño	Actual Dimension 1, in**	2
Diseño	Actual Dimension 2, in***	-- --
	Actual Capacity factor	0,1888
	Actual Velocity, fps	1,4627
	Actual Area, ft <sup>2</sup>	0,0218
Diseño	Optimum Capacity factor	0,277
	Optimum Velocity, fps	2,1464
	Optimum Area, ft <sup>2</sup>	0,0149

\*\* Dimension 1: Diameter (round, segment); Length (rectangle)

\*\*\* Dimension 2: Width (rectangle); Segment width (segment)





# DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE MANGUERA.

TYPE	Size	Size	I.D		W.D		O.D	Cover thickness		Max.W.P	P.P	Min.B.P	Min.B.R	W.T
	mm	inch	Min	Max	Min	Max	Max	Min	Max	MPa	MPa	MPa	mm	kg/m
1SN-03	5.0	3/16	4.6	5.4	8.9	10.1	12.5	0.8	1.5	25.0	50.0	100	90	0.19
1SN-04	6.0	1/4	6.2	7.0	10.6	11.7	14.1	0.8	1.5	22.5	45.0	90	100	0.21
1SN-05	8.0	5/16	7.7	8.5	12.1	13.3	15.7	0.8	1.5	21.5	43.0	86	115	0.27
1SN-06	10.0	3/8	9.3	10.1	14.5	15.7	18.1	0.8	1.5	18.0	36.0	72	128	0.35
1SN-08	12.5	1/2	12.3	13.5	17.5	19.0	21.5	0.8	1.5	16.0	32.0	64	180	0.45
1SN-10	16.0	5/8	15.5	16.7	20.6	22.2	24.7	0.8	1.5	13.0	26.0	52	205	0.51
1SN-12	19.0	3/4	18.6	19.8	24.6	26.2	28.6	0.8	1.5	10.5	21.0	42	240	0.58
1SN-16	25.0	1	25.0	26.4	32.5	34.1	36.6	0.8	1.5	8.7	17.5	35	300	0.98
1SN-20	31.5	1-1/4	31.4	33.0	39.3	41.7	44.8	1.0	2.0	6.2	12.5	25	420	1.17
1SN-24	38.0	1-1/2	37.7	39.3	45.6	48.0	52.0	1.3	2.5	5.0	10.0	20	500	1.35
1SN-32	51.0	2	50.4	52.0	58.7	61.9	65.9	1.3	2.5	4.0	8.0	16	630	2.00
2SN-03	5.0	3/16	4.6	5.4	10.6	11.7	14.1	0.8	1.5	41.5	83.0	165	90	0.31
2SN-04	6.0	1/4	6.2	7.0	12.1	13.3	15.7	0.8	1.5	40.0	80.0	160	100	0.35
2SN-05	8.0	5/16	7.7	8.5	13.7	14.9	17.3	0.8	1.5	35.0	70.0	140	115	0.40
2SN-06	10.0	3/8	9.3	10.1	16.1	17.3	19.7	0.8	1.5	33.0	66.0	132	130	0.49
2SN-08	12.5	1/2	12.3	13.5	19.0	20.6	23.1	0.8	1.5	27.5	55.0	110	180	0.60
2SN-10	16.0	5/8	15.5	16.7	22.2	23.8	26.3	0.8	1.5	25.0	50.0	100	200	0.75
2SN-12	19.0	3/4	18.6	19.8	26.2	27.8	30.2	0.8	1.5	21.5	43.0	86	240	0.95
2SN-16	25.0	1	25.0	26.4	34.1	35.7	38.9	0.8	1.5	16.5	33.0	66	300	1.30
2SN-20	31.5	1-1/4	31.4	33.0	43.2	45.6	49.6	1.0	2.0	12.5	25.0	50	420	1.90
2SN-24	38.0	1-1/2	37.7	39.3	49.6	52.0	56.0	1.3	2.5	9.0	18.0	36	500	1.95
2SN-32	51.0	2	50.4	52.0	62.3	64.7	68.6	1.3	2.5	8.0	16.0	32	630	3.42



# SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

## MANÓMETROS.



Opcional Brida en U (U-Clamp)

### Descripción

- Caja acero inoxidable 304 con aro bayoneta
- Relleno con glicerina o seco (rellenable en campo)
- Internos de Acero Inoxidable 316 o Latón
- Aguja micrométrica ajustable
- Tornillo restrictor
- Escalas disponibles: psi/bar, psi/kg/cm<sup>2</sup>

### Aplicaciones

- Donde se produce vibración y/o hay fluctuación constante de presión
- Bombas, compresores, prensas y maquinaria hidráulica, motores, montacargas

Especificaciones	Internos Acero Inoxidable	Internos Latón
<b>Carátula</b>	2.5" (63mm), 4" (100mm), 6" (150mm) aluminio blanco con marcaciones en rojo y negro	4" (100mm) aluminio blanco con marcaciones en rojo y negro
<b>Caja</b>	Acero Inoxidable 304	Acero Inoxidable 304
<b>Lente</b>	Policarbonato	Policarbonato
<b>Aro</b>	Acero Inoxidable 304	Acero Inoxidable 304
<b>Conector</b>	Acero Inoxidable 316, 4": conector soldado	Latón 58 OT
<b>Conexión</b>	1/4"NPT o 1/2" NPT Standard, 2.5" (63mm): 1/4 NPT Standard unicamente	1/4"NPT o 1/2" NPT Standard
<b>Tubo de Bourdon</b>	Acero Inoxidable 316	Bronce al fosforo
<b>Movimientos</b>	Acero Inoxidable 304	Latón 58 OT
<b>Aguja</b>	2.5" (63mm): Aluminio negro, 4" (100mm), 6" (150mm): Aluminio negro, ajustable micrometricamente	4" (100mm) Aluminio negro, ajustable micrometricamente
<b>Soldaduras</b>	TIG	Aleación de plata
<b>Fluido de Relleno</b>	Glicerina	Glicerina
<b>Limite de Sobrepresión</b>	30% para presiones hasta 600psi/Bar - 15% para presiones por encima de 600psi/Bar	25% para presiones hasta 1400psi/Bar - 15% para presiones por encima de 1400psi/Bar
<b>Material de la Junta</b>	2.5" (63mm): Buna N para sellar la caja, 4" (100mm): Monoprene para sellar el lente, 6" (150mm): EPDM	Goma silicona para el conector, EPDM para el lente, tapon de relleno
<b>Presión de Trabajo</b>	Máximo 75% de fondo de escala	Máximo 75% de fondo de escala
<b>Temperatura de Proceso</b>	Seco: -40°C a 65°C (-40°F a 150°F) - Relleno de Glicerina: -20°C a 65°C (-4°F a 150°F)	Seco: -40°C a 65°C (-40°F a 150°F) - Relleno de Glicerina: -20°C a 65°C (-4°F a 150°F)
<b>Exactitud</b>	2.5" (63mm): 1,5% de fondo de escala, 4" (100mm), 6" (150mm): 1% de fondo de escala	4" (100mm): 1% de fondo de escala
<b>Grado de Protección</b>	IP66	IP66

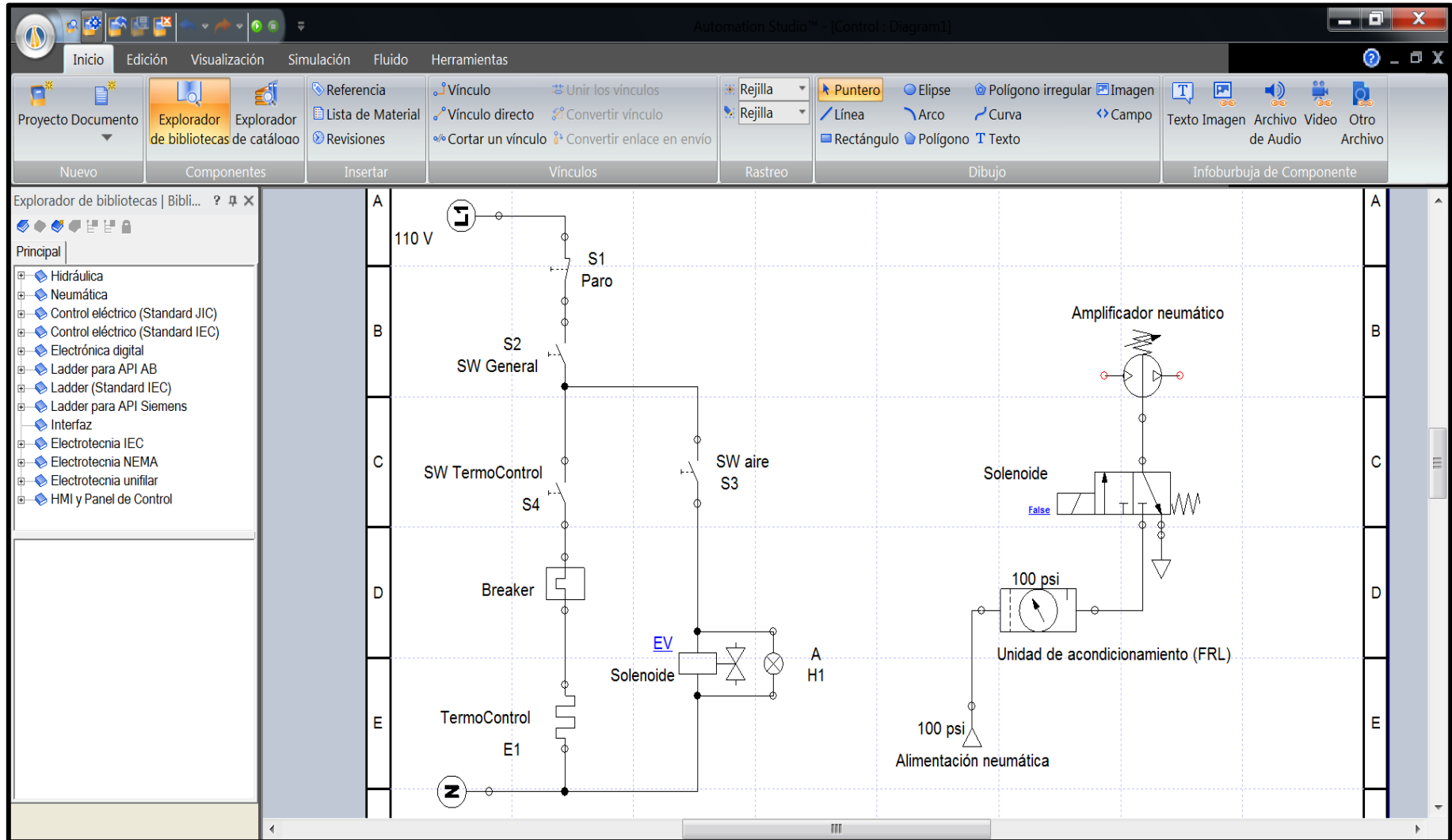
## TERMOCUPLA.

Tipo	Materiales		Rangos	
	Conductor +	Conductor -	Temp. °C	Tensión
B	Platino + 30% Rodio	Platino + 6% Rodio	600 a 1820	1,792 a 13,82 mV
C	Tungsteno + 5% Rhenio	Tungsteno + 26% Rhenio	0 a 2316	0 a 37,079 mV
E	Niquel-Cromo (Chromel)	Cobre-Niquel (Constantán)	-250 a 1000	-9,719 a 76,37 mV
J	Hierro	Cobre-Niquel (Constantán)	-210 a 1200	-8,096 a 69,555 mV
K	Niquel-Cromo (Chromel)	Niquel Aluminio	-200 a 1372	-5,891 a 54,886 mV
L	Hierro	Cobre-Niquel (Constantán)	-200 a 900	-8,166 a 53,147 mV
N	Niquel-Cromo-Silicio (Nicrosil)	Niquel-Silicio-Magnesio (Nisil)	-200 a 1300	-3,990 a 47,514 mV
R	Platino + 13% Rodio	Platino	-20 a 1767	-0,101 a 21,089 mV
S	Platino + 10% Rodio	Platino	-20 a 1767	-0,103 a 18,682 mV
T	Cobre	Cobre-Niquel (Constantán)	-250 a 400	-6,181 a 20,873 mV
U	Cobre	Cobre-Niquel	-200 a 600	-5,693 a 34,320 mV

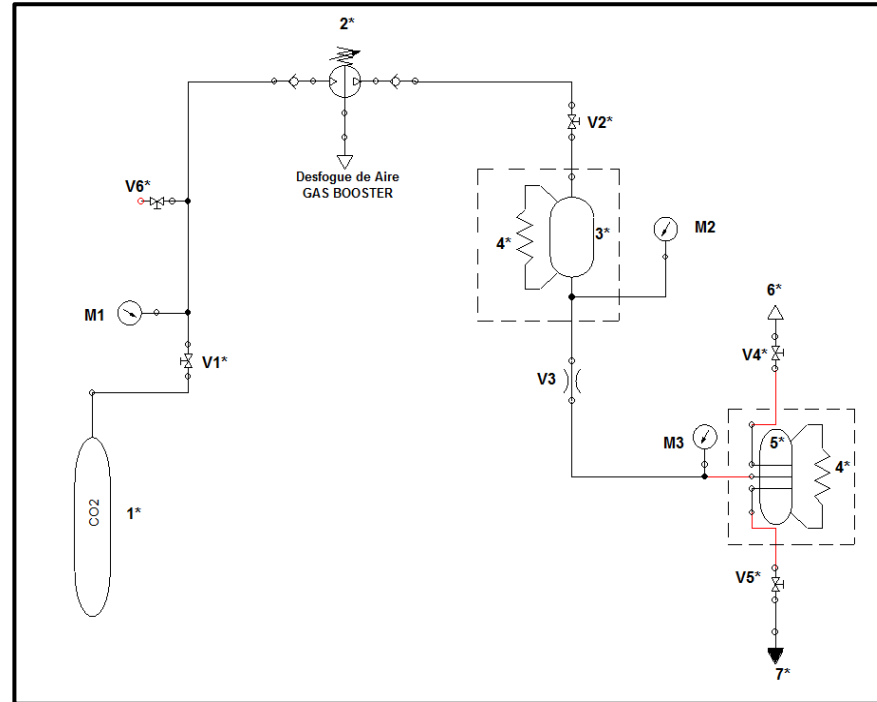


# MODELACIÓN DEL PROCESO EN AUTOMATION STUDIO PRFESSIONAL 6.

## CIRCUITOS DE CONTROL



# CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN



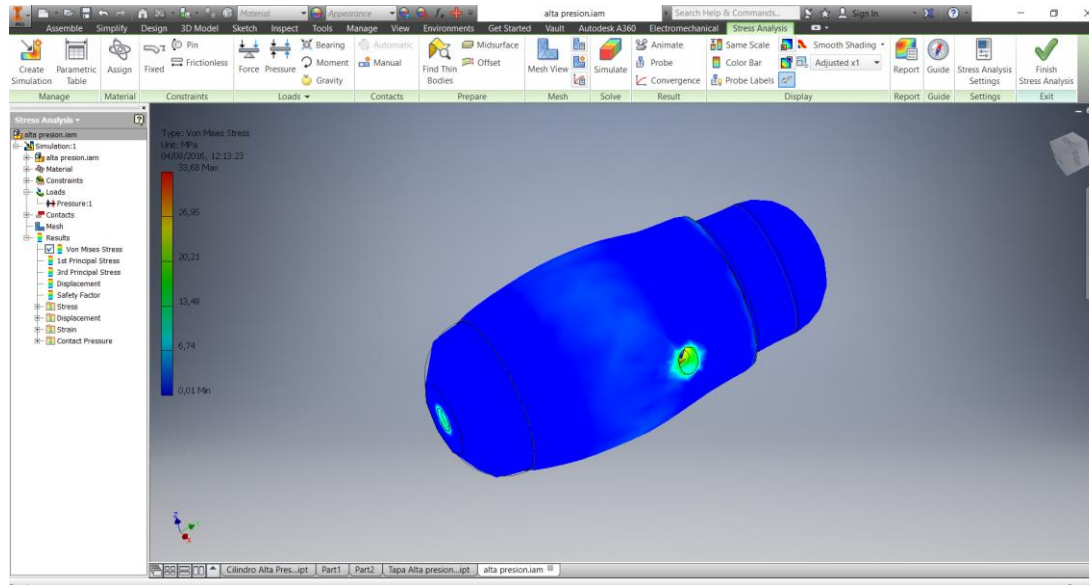
## ELEMENTOS DEL MÓDULO DE PRUEBAS:

- 1.- Cilindro De CO<sub>2</sub>
- V1.- Válvula de paso tipo Bola.
- M1.- Medidor indicador de Presión.
- V6.- Válvula de paso tipo aguja.
- 2.- Bomba Neumática Gas Booster.
- V2.- Válvula de paso tipo bola.
- 3.- Cámara Extractora (Cilindro de Alta Presión).
- 4.- Regulador de Temperatura.
- M2.- Medidor indicador de Presión.
- V3.- Válvula de paso tipo aguja.
- M3.- Medidor Indicador de Presión.
- 5.- Cámara Separadora (Cilindro de baja Presión).
- V4.- Válvula de paso tipo bola.
- 6.- Salida de Co<sub>2</sub>.
- V5.- Válvula de paso tipo bola.
- 7.- Recolección de extracto.



# ANÁLISIS ESTÁTICO EN INVENTOR

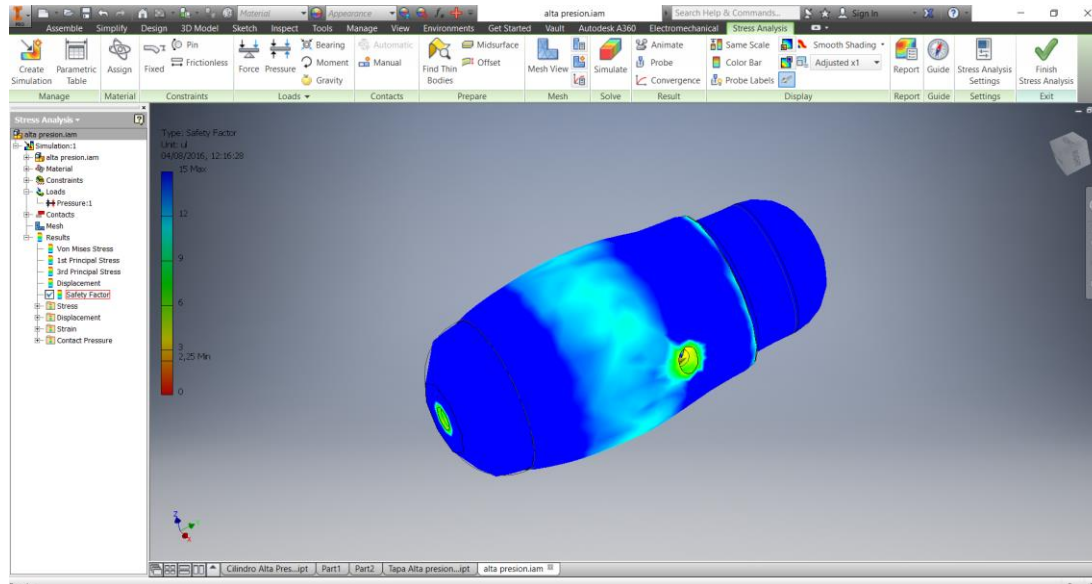
## ANÁLISIS ESTÁTICO CON 1100 PSI.



Muestra que el factor de seguridad es de 15 en la parte exterior del cilindro y 10 en las roscas, lo que indica que las roscas de  $\frac{1}{4}$  son las primeras en ceder antes un aumento de presión.

# ANÁLISIS ESTÁTICO EN INVENTOR

## ANÁLISIS ESTÁTICO CON 3000 PSI.



El factor de seguridad se reduce considerablemente en la zona intermedia del cilindro a un valor de 10 y en las roscas se reduce a un valor de 3, lo que indica que no debemos trabajar con rango de presión muy elevado por motivos de seguridad, pues el factor de seguridad se reduce notablemente.

# ANÁLISIS DE COSTOS.

## PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN CON FLUIDO SUPERCRÍTICO CO2

ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO \$	TOTAL \$
<b>Bomba Ga Booster</b>	1	2000	2000
<b>Cilindro Extractor</b>	1	450	450
<b>Cilindro Separador</b>	1	250	250
<b>Resistencia de 5000Vatios</b>	3	60	180
<b>Control de temperatura</b>	1	60	60
<b>Válvulas tipo Bola</b>	5	10	50
<b>Válvula tipo aguja</b>	2	35	70
<b>Válvula check de aire</b>	1	10	10
<b>Manguera de Alta Presión</b>	10m	20	200
<b>Manómetros</b>	3	50	150
<b>Electro válvula</b>	1	40	40
<b>Unidad de mantenimiento</b>	1	80	80
<b>Estructura de Planta Piloto</b>	1	500	500
<b>Cilindro CO2</b>	1	120	120
<b>Total</b>			4160





# ENSAMBLE DEL PROTOTIPO



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA



# ENSAMBLE DEL PROTOTIPO.

COLOCACIÓN DE  
VÁLVULAS Y  
MANÓMETROS.



ENSAMBLE  
SEPARADOR  
BIFÁSICO VERTICAL



ENSAMBLE DEL  
CILINDRO  
EXTRACTOR



ENSAMBLE GAS  
BOOSTER



# ENSAMBLE DEL PROTOTIPO.

ENSAMBLE UNIDAD  
DE MANTENIMIENTO  
Y ELECTROVÁLVULA



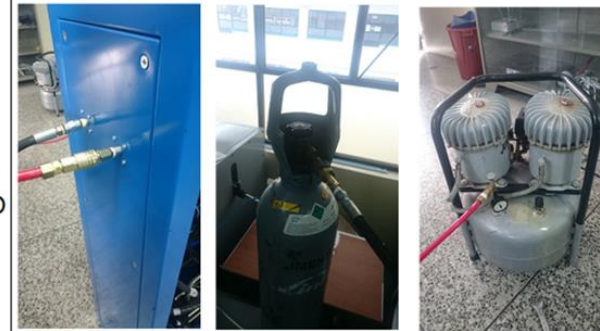
AJUSTE  
MANGUERAS DE  
ALTA PRESIÓN



ENSAMBLE  
PROTECCIONES  
ELECTRICAS



ENSAMBLE  
ENTRADAS DE CO2  
Y AIRE COMPRIMIDO



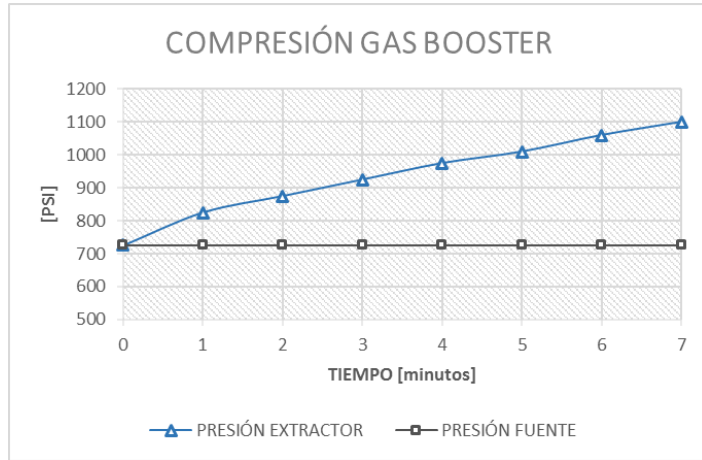
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# OBTENCIÓN DE ESENCIA

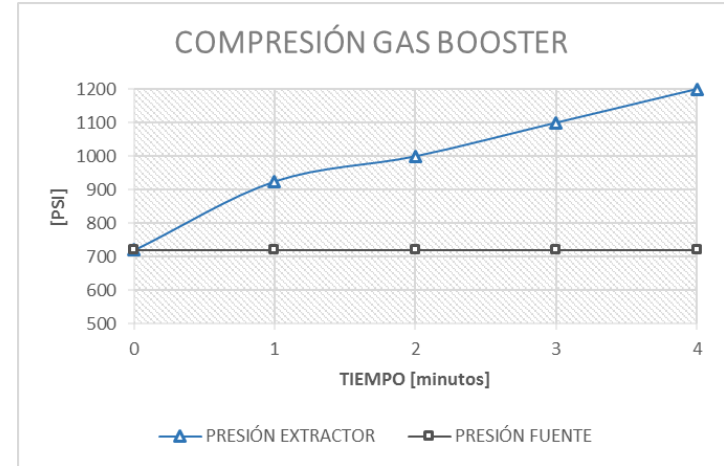


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

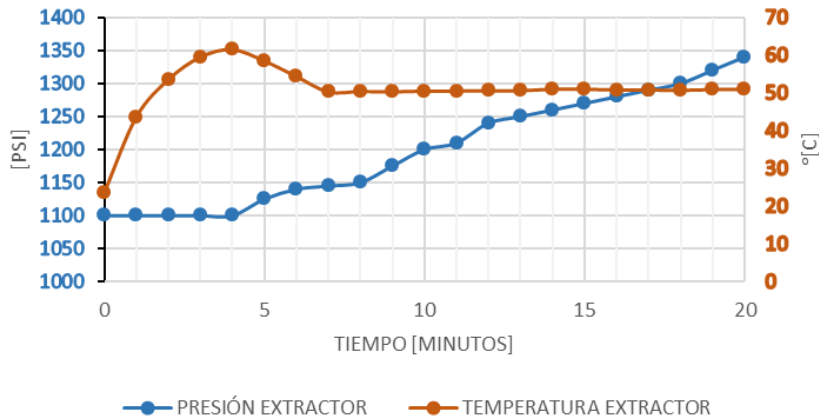
## PRUEBA 1



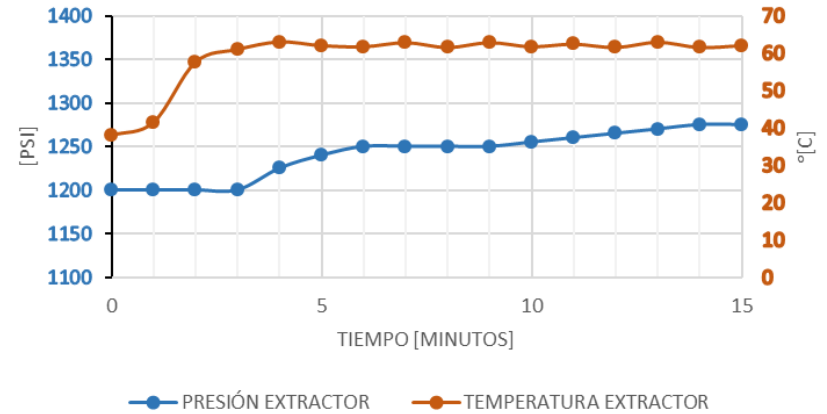
## PRUEBA 2



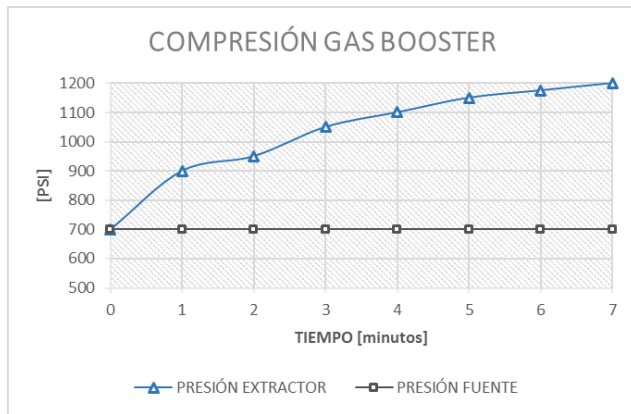
## PROCESO DE CALENTAMIENTO



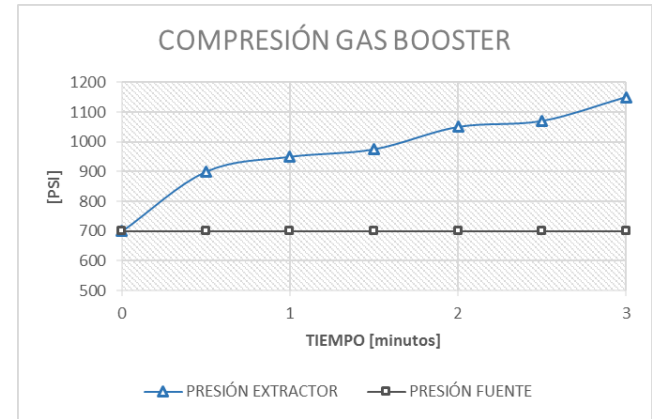
## PROCESO DE CALENTAMIENTO



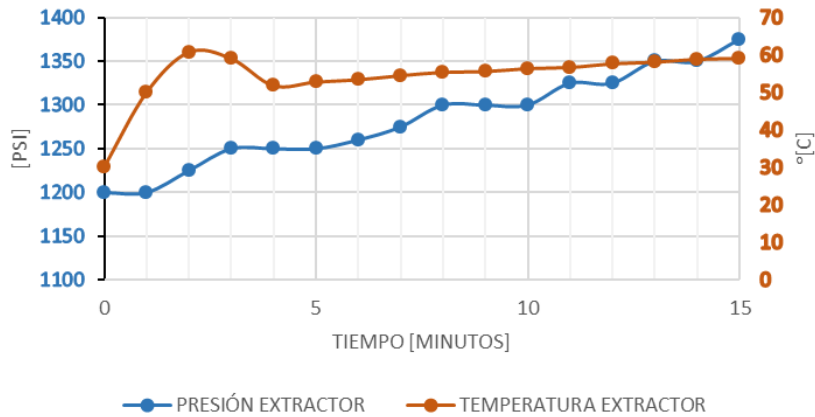
## PRUEBA 3



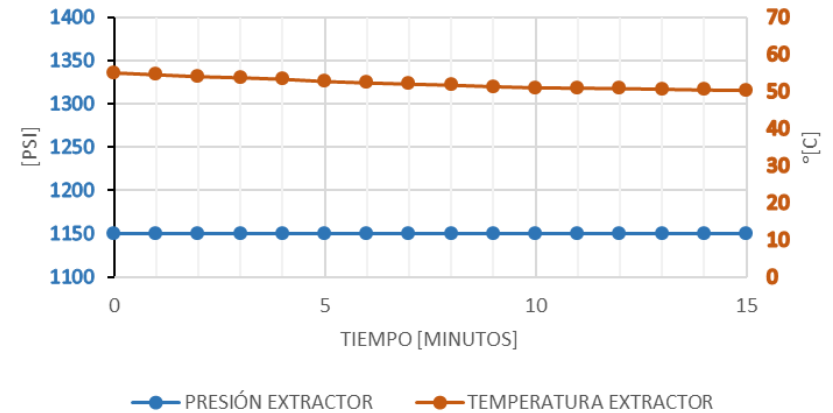
## PRUEBA 4



## PROCESO DE CALENTAMIENTO



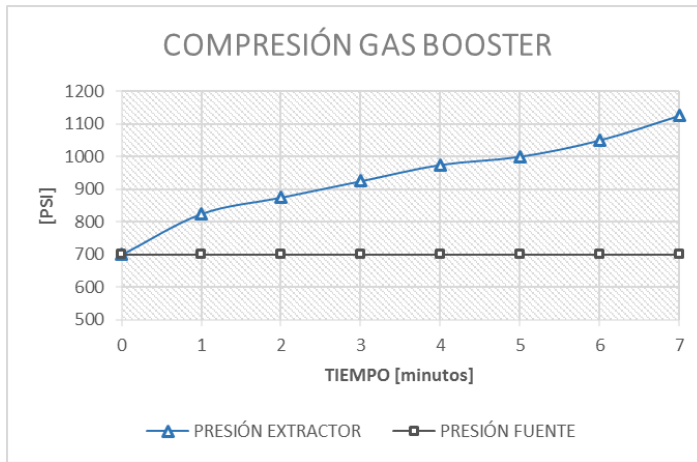
## PROCESO DE CALENTAMIENTO



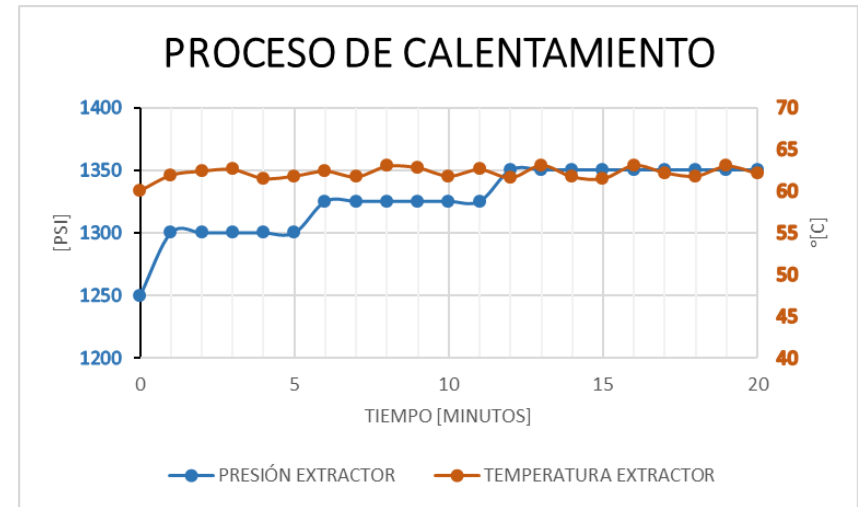
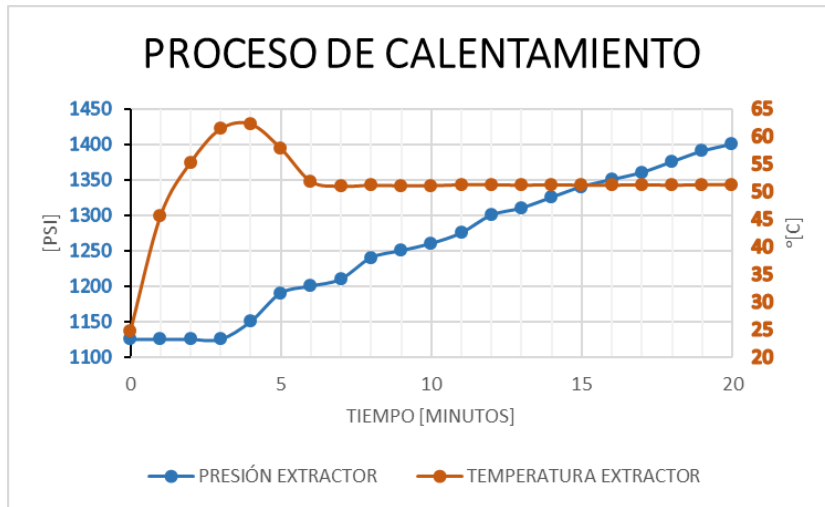
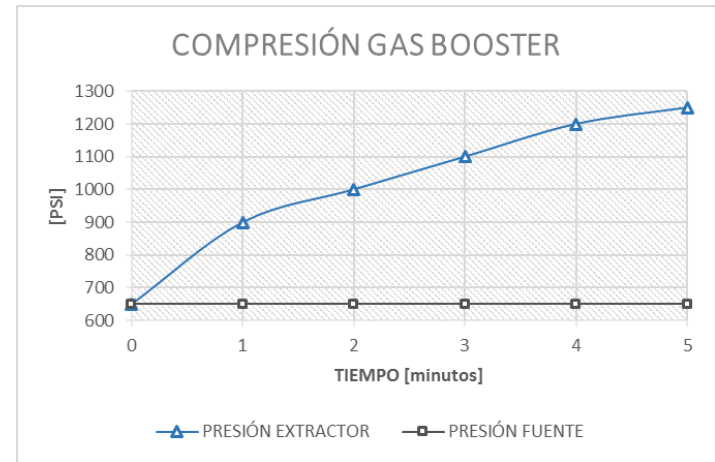


# MOLLE

## PRUEBA 1

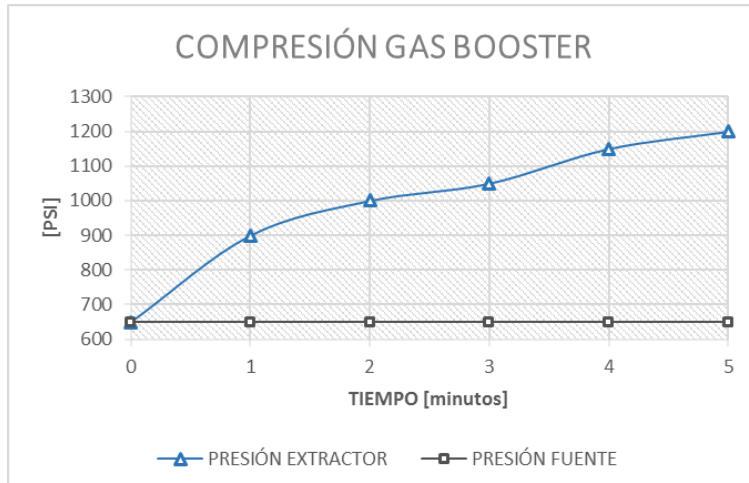


## PRUEBA 2

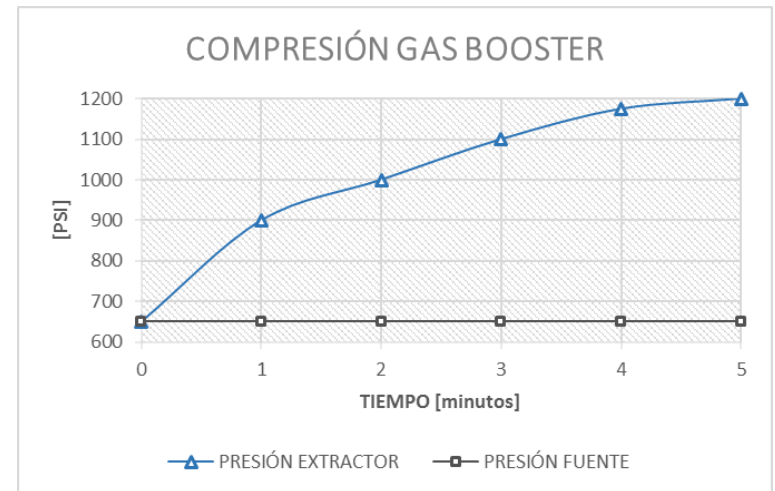


# MOLLE

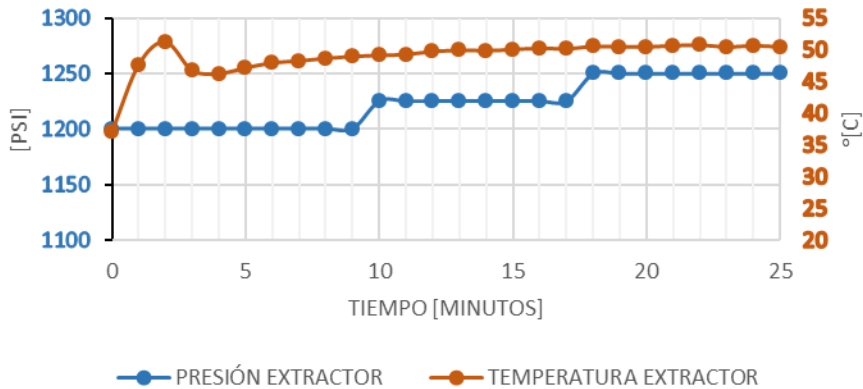
## PRUEBA 3



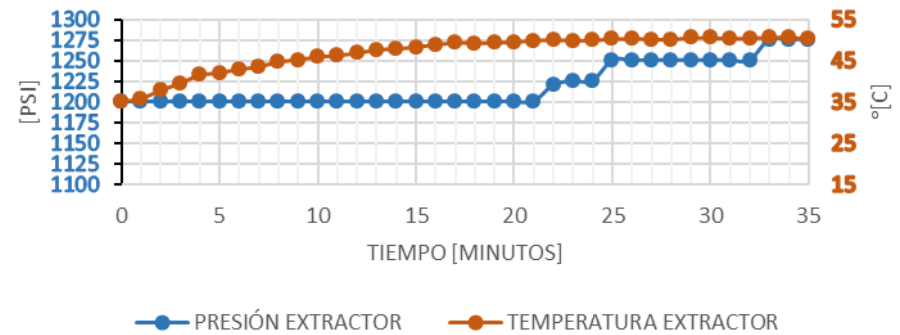
## PRUEBA 4



## PROCESO DE CALENTAMIENTO



## PROCESO DE CALENTAMIENTO



# CONCLUSIONES

- LA EXTRACCIÓN DE ESENCIAS POR CO<sub>2</sub> SUPERCRÍTICO OBTIENE ESENCIAS SIN RESIDUOS DE SOLVENTES Y EN MENOR TIEMPO DE PROCESAMIENTO POR LO QUE RESULTA UNA MUESTRA EN BRUTO CON MAYOR PORCENTAJE DE PUREZA QUE LOS MÉTODOS CONVENCIONALES.
- SE CONSTRUYÓ UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN Y SEPARACIÓN EN DONDE DEBIDO A SUS CONDICIONES DE OPERACIÓN SON NECESARIOS INSTRUMENTOS QUE PERMITAN DEFINIR EL ESTADO DEL SISTEMA DEBIDO A QUE ESTA PERMITIRÁ AL OPERADOR TOMAR LA DECISIÓN DE APERTURA Y CIERRE DE LAS VÁLVULAS.
- EL CILINDRO DE ALTA PRESIÓN EL CUAL CUMPLE LA FUNCIÓN DEL EXTRACTOR ESTÁ DISEÑADO DE TAL MANERA QUE PERMITA EL INGRESO Y SALIDA DE FORMA MANUAL DE LA MATERIA PRIMA A EXTRAERSE, DE TAL MANERA EL CILINDRO POSEE UNA TAPA ROSCA QUE IMPIDE TOTALMENTE LA FILTRACIÓN DE CUALQUIER SUSTANCIA INTERNA HACIA EL EXTERIOR.
- EL DISEÑO DEL SEPARADOR FUE ESTABLECIDO DE TAL MANERA QUE PERMITA LA SEPARACIÓN DE PARTÍCULAS TANTO POR GOLPETEO Y POR UTILIZACIÓN DE DEMISTER, EL CUAL POSEE UNA BRIDA QUE SELLA Y HERMETIZA TOTALMENTE EL FLUIDO SUPERCRÍTICO DENTRO DEL CONTENEDOR.
- SE UTILIZÓ MANGUERAS RECUBIERTAS DE ALTA PRESIÓN TANTO A LA ENTRADA, ASÍ COMO EN LA PARTE INTERNA DEL SISTEMA YA QUE SON CAPACES DE SOPORTAR PRESIONES DE HASTA 5000 PSI PARA AIRE, GAS O LÍQUIDO.
- SE CONCLUYE QUE LA EXTRACCIÓN POR FLUIDO SUPERCRÍTICO ES UN PROCESO DE ALTA INVERSIÓN INICIAL, PERO CON BAJO COSTO DE OPERACIÓN POR LA FACILIDAD CON LA QUE SE PUEDEN CONTROLAR SUS CONDICIONES DE OPERACIÓN.





# CONCLUSIONES

- SE CONSTRUYÓ UNA CÁMARA PORTADORA DE MATERIA PRIMA, EL CUAL PERMITE EL FÁCIL CONTACTO DEL FLUIDO SUPERCRÍTICO CON LA PLANTA A EXTRAER Y DEL MISMO MODO IMPIDE QUE SE ALGUNA FRACCIÓN DE LA MATERIA PRIMA FLUYA A TRAVÉS DE LOS CONDUCTOS DURANTE EL PROCESO.
- LAS RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INSTALADAS EN EL SEPARADOR DILUYEN PARTÍCULAS DE ESENCIA EN PROCESO DE SOLIDIFICACIÓN EN EL INSTANTE EN QUE EL FLUIDO SUPERCRÍTICO ES DESPRESURIZADO DENTRO DEL SEPARADOR, DE ESTA MANERA PARTÍCULAS LIQUIDAS SE SUMAN AL EXTRACTO OBTENIDO.
- CADA MATERIA PRIMA A EXTRAERSE SU ESENCIA REACCIONA DE MANERA DISTINTA A SUS CONDICIONES DE OPERACIÓN, EN DONDE MEDIANTE MÉTODOS EXPERIMENTALES SE HA LLEGADO A LAS CONDICIONES ESPECÍFICAS TANTO EN TEMPERATURA, PRESIÓN Y TIEMPO PARA LA EXTRACCIÓN OPTIMA DE CADA PLANTA.
- SE DISEÑÓ UNA PLANTA PILOTO CAPAZ DE ALCANZAR 2000 PSI Y 80 °C, PARA ESTO SE DEFINIÓ MEDIANTE INGENIERÍA LAS ECUACIONES NECESARIAS PARA EL DISEÑO DE RECIPIENTES DE PRESIÓN SIGUIENDO LA NORMA ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN I, Y PARA EL DISEÑO DEL SEPARADOR BIFÁSICO.
- DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS PARA LA PLANTA PILOTO EL ELEMENTO MÁS REPRESENTATIVO ECONÓMICAMENTE ES LA BOMBA GAS BOOSTER PARA EL AUMENTO DE PRESIÓN DE CO<sub>2</sub>, REPRESENTA UN 50% DEL PRECIO TOTAL ESTIMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA PILOTO.
- LA INVERSIÓN TOTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA PILOTO ES DE \$ 4000 + IVA, QUE COMPLEMENTA LOS GASTOS DE INGENIERÍA, MATERIAL (ACERO 304) Y FABRICACIÓN DE RECIPIENTES, COMPRAR INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y EL MONTAJE MECÁNICO DE LA PLANTA PILOTO.
- SE EXTRAJO ESENCIA DE MENTA, PAICO, MOLLE, ROMERO, CEDRÓN, LOS CUALES EN MUESTRAS DE 1 ML CADA UNO, TOMARON UN OLOR PECULIAR Y DEL MISMO MODO UNA PIGMENTACIÓN PERTENECIENTE A CADA PLANTA, DANDO A CONCLUIR QUE LA PLANTA PROTOTIPO FUNCIONA BAJO SUS FUNDAMENTOS.



# RECOMENDACIONES

- EVALUAR Y AUTOMATIZAR LA PLANTA PILOTO PARA MEJORAR SU OPERACIÓN, PARA LO CUAL SE DEBE SUSTITUIR LAS VÁLVULAS TIPO BOLA DE MANIPULACIÓN MANUAL IDENTIFICADAS EN EL DIAGRAMA P&ID POR VÁLVULAS DE CONTROL AUTOMÁTICO.
- UTILIZAR ELEMENTOS HECHOS EN ACERO 304 O 316 PARA APLICACIÓN EN EXTRACCIÓN DE ESENCIAS Y NO EXISTA LA MESCLA DE PARTÍCULAS DE METALES CON LA ESENCIA. LOS RECIPIENTES DE PRESIÓN, SEPARACIÓN, NEPLOS, CODOS, ETC.
- REALIZAR UN ANÁLISIS DE COSTOS PARA DECIDIR LA IMPLEMENTACIÓN A NIVEL INDUSTRIAL PARA SABER EL TIEMPO EN EL QUE SE RECUPERARA LA INVERSIÓN ANTE LA INSTALACIÓN DE UN MÉTODO CONVENCIONAL DE COSTO INICIAL BAJO PERO QUE PRESENTA PROCESOS ADICIONALES.
- REALIZAR UN REDISEÑO DE LA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN EN UN SISTEMA CERRADO DE REUTILIZACIÓN DEL CO2 DESPRESURIZADO EN LA ETAPA DE SEPARACIÓN PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA MÁQUINA.
- ANALIZAR EL TIPO DE CIERRE DEL SEPARADOR BIFÁSICO, YA QUE EL CIERRE POR BRIDA ROSCADA REDUCE LA PRESIÓN DE RETENCIÓN, EN COMPARACIÓN DE OTROS MÉTODOS COMO EL CIERRE POR TORNILLO. EL ACTUAL MÉTODO PRESENTA FALLAS AL SOBREPASAR LA PRESIÓN DE DISEÑO.
- ANALIZAR EL MÉTODO PARA PRESERVAR LA MUESTRA DE ESENCIA OBTENIDA POR FLUIDO SUPERCRÍTICO, PUES LA MUESTRA TIENDE A PRESENTAR UN ESTADO DE FERMENTACIÓN A MEDIDA QUE PASA EN UN ESTADO AMBIENTE.
- DECANTAR LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS DURANTE EL PROCESO HACIA UNA CENTRIFUGADORA, PARA ASÍ OBTENER UNA ESENCIA TOTALMENTE SOLUBLE Y LIBRE DE PIGMENTACIÓN POR PARTE DE LA PLANTA.

