

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Proyecto Final

**Estudio de Prefactibilidad de Producción de
Jabones de Tocador y Glicerina Grado USP.**

Autor 1: Zurano, Franco.

Autor 2: Pereyra, Agustín Elías.

Título al que se aspira: Ingeniero Químico

Director/a del proyecto: Ing. Silvana Martínez

San Rafael, Mendoza, 2026

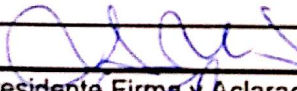
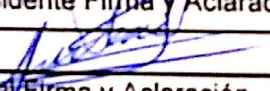
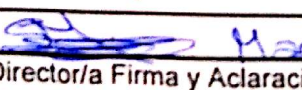
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN DE JABONES DE TOCADOR Y GLICERINA GRADO USP

Autores: Zurano, Franco Román y Pereyra, Agustín Elías

Título al que se aspira:
Ingeniero Químico, con Orientación en Petroquímica

Nota Final: 10 (diez)

Trabajo aprobado por:

 Presidente Firma y Aclaración	<u>28/08/2026</u> Fecha
 Vocal Firma y Aclaración	<u>28/08/2026</u> Fecha
 Vocal Firma y Aclaración	 Fecha
 Director/a Firma y Aclaración	<u>28/08/2026</u> Fecha

Observaciones de corrección: _____

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA**

San Rafael, Mendoza, 2026



AGRADECIMIENTOS

A nuestras queridas familias, cuyo apoyo ha sido determinante a lo largo de nuestra trayectoria académica.

A nuestros queridos amigos y amigas por su enorme apoyo a lo largo de tantos años.

A nuestros queridos docentes por inculcarnos la pasión por el aprendizaje de la ciencia y la ingeniería.

A nuestra excelentísima universidad pública, cuya inconmensurable grandeza se manifiesta en nuestra querida casa de altos estudios, la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo.



ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	27
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	28
1.1. OBJETIVOS.....	29
1.1.1. Objetivo General.....	29
1.1.2 Objetivos Específicos.....	29
1.2. ALCANCE.....	30
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	30
1.4. ANTECEDENTES.....	31
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO.....	33
2.1. Jabones de tocador.....	33
2.1.1 Definición del Producto.....	33
2.1.2 Mercado Competidor.....	33
2.1.3. Mercado Consumidor.....	38
2.1.4. Mercado Proveedor.....	42
2.1.5 Mercado Distribuidor.....	57
2.2. Glicerina USP.....	62
2.2.1 Definición del Producto.....	62
2.2.2 Mercado consumidor.....	63
2.2.3. Mercado Competidor.....	67
2.2.4. Mercado Proveedor.....	77
2.2.5. Mercado Distribuidor.....	81
2.3. Conclusión.....	81
CAPÍTULO III: TECNOLOGÍA.....	84
3.1. Introducción.....	84
3.2. Alternativas tecnológicas.....	86



3.2.1. Saponificación directa.....	86
3.2.2. Hidrólisis y Neutralización de cuerpos grasos.....	88
3.3. Selección y Justificación de la Tecnología.....	91
3.3.1. Matriz de Selección Tecnológica (Método de Ponderación por Puntos).....	92
3.4. Descripción Global del Proceso Seleccionado.....	94
3.4.1. Proceso de obtención de jabón.....	94
3.4.2. Proceso de purificación de Glicerina Grado USP.....	96
3.5. Diagramas de Bloques (BFD).....	97
3.5.1. Diagrama de bloque de la Planta de producción de jabón.....	97
3.5.2. Planta de concentración de glicerina.....	98
CAPÍTULO IV: TAMAÑO.....	99
4.1. Introducción.....	99
4.2. Análisis de factores que afectan el tamaño.....	99
4.2.1. Competencia y Estrategia de Inserción.....	99
4.2.2. Demanda proyectada.....	100
4.2.3. Disponibilidad de materias primas.....	100
4.2.4. Exigencias de la tecnología (Economía de Escala).....	100
4.3. Determinación del tamaño.....	101
4.3.1. Capacidad de diseño de la Planta de Jabón de Tocador.....	101
4.3.2. Capacidad de diseño de la Planta de Glicerina USP.....	102
4.4. Ritmo de trabajo y Programa de Producción.....	102
4.4.2. Caudales de Producción (Base de Diseño).....	103
4.5. Conclusión.....	104
CAPÍTULO V: LOCALIZACIÓN.....	105
5.1. Introducción.....	105
5.2. Macro localización.....	105
5.2.1. Análisis de factores de macro localización.....	106
5.2.2. Análisis comparativo de alternativas.....	107
5.2.3. Criterios de decisión de macro localización.....	109
5.2.4. Selección de macro Localización.....	110
5.3. Micro Localización.....	111



5.3.1. Análisis de factores de micro localización.....	111
5.3.2. Alternativas de micro localización.....	113
5.3.3. Criterios de decisión de micro localización.....	115
5.3.4. Selección de micro Localización.....	119
5.4 Conclusión.....	121
CAPÍTULO VI: INGENIERÍA BÁSICA.....	126
6.1. Bases de Diseño del Proceso.....	126
6.1.1. Capacidad de Planta y Factor de Servicio.....	126
6.1.2. Especificaciones de las Materias Primas.....	127
6.1.3. Especificaciones de los Productos Terminados.....	128
6.1.4. Condiciones Termodinámicas y Ambientales del Sitio (Campana, Buenos Aires)....	128
6.2. Descripción de los Procesos Productivos.....	129
6.2.1. Proceso de producción de jabón de tocador.....	129
6.2.2. Proceso de purificación de Glicerina USP.....	131
6.3. Diagramas de Flujo de Proceso (PFD).....	135
6.3.1. Diagrama PFD del proceso del jabón.....	135
6.3.2. Diagrama PFD del proceso de la Glicerina UPS.....	138
6.4. Balance Global de Materia y Energía.....	140
6.5. Requerimientos de Servicios Auxiliares.....	142
6.6. Lista de Equipos Principales.....	143
CAPÍTULO VII: INGENIERÍA DE DETALLE.....	145
7.1. Fundamentos Estequiométricos.....	145
7.1.1. Estequiometría del Proceso.....	145
7.1.2. Ecuaciones Globales y Relación Base.....	146
7.1.3. Termodinámica de la Hidrólisis.....	147
7.2. Tanques de Almacenamiento Calefaccionados Por Vapor.....	148
7.2.1. Dimensionamiento Volumétrico y Geometría.....	148
7.2.2. Diseño Mecánico y Cálculo de Espesores (Norma ASME).....	151
7.2.3. Diseño Térmico y Consumo de Vapor.....	152
7.2.4. Costos.....	155



7.3. Torre de Hidrólisis.....	156
7.3.1. Fundamentos Cinéticos y Operativos.....	156
7.3.2. Modelo Cinético.....	157
7.3.3. Tiempo de Residencia y Conversión.....	163
7.3.4. Balance Volumétrico y Dimensionamiento Final.....	164
7.4. Intercambiadores de Casco y Tubos.....	168
7.4.1. Fundamentos.....	168
7.4.2 Propiedades de las corrientes.....	169
7.4.3 Dimensionamiento Intercambiador Sebo vs Flujo Superior de torre.....	171
7.4.4. Dimensionamiento Intercambiador Agua vs Flujo inferior de torre.....	181
7.4.4. Costos.....	188
7.5 Decantador Gravitacional Continuo.....	189
7.5.1 Fundamentos y propiedades de las corrientes.....	189
7.5.2. Tiempo de Separación y Volumen del Recipiente.....	191
7.5.3. Nivel Total, Interfase y Desbordes.....	192
7.5.4. Peso y Costo.....	194
7.6 Reactor CSTR de Neutralización.....	194
7.6.1. Fundamentos.....	194
7.6.2. Balance de masa y volumen.....	196
7.6.3. Sistema de Agitación.....	198
7.6.4. Cálculos Térmicos.....	198
7.6.5. Potencia de agitación.....	200
7.6.6. Costos.....	202
7.7. Torre de Secado.....	203
7.7.1. Fundamentos.....	203
7.7.2. Dimensionamiento.....	204
7.7.3. Potencia de los ventiladores.....	211
7.7.4. Consumo horario de vapor.....	212
7.7.5. Costos.....	212
7.8. Evaporador de doble efecto.....	213



7.8.1. Fundamentos.....	213
7.8.2 Dimensionamiento de calandrias y separadores.....	213
7.8.3. Dimensionamiento del condensador de contacto.....	220
7.8.4. Costos.....	222
7.9. Torre de Destilación de Solución Glicerina- Agua Bajo Vacío.....	223
7.9.1. Fundamentos.....	223
7.9.2. Condiciones de operación.....	224
7.9.3. Separación Flash.....	229
7.9.4. Destilación Fraccionada.....	232
7.9.5. Dimensionamiento de la torre de Fraccionamiento.....	248
7.9.6. Costos.....	259
7.11. Adsorbedores.....	260
7.11.1. Fundamentos.....	260
7.11.2. Parámetros de diseño y generalidades.....	260
7.11.3. Dimensionamiento.....	264
7.11.4. Precalentador de Nitrógeno.....	271
7.11.5. Costos.....	271
7.12. Caldera.....	272
7.12.1. Fundamentos.....	272
7.12.2. Consumos.....	272
7.12.3. Costo.....	273
7.13. Línea de Acondicionamiento y Terminado de Jabón.....	273
7.13.1. Fundamentos.....	273
7.13.2. Extrusora.....	274
7.13.3. Tanque Mezclador.....	275
7.13.4. Cortadora-Stampadora.....	276
7.13.5. Costos.....	277
7.14. Resinas de intercambio iónico y filtro de membrana.....	277
7.14.1. Introducción.....	277
7.14.2 Dimensionamiento de resinas de intercambio.....	278
7.14.3. Dimensionamiento de filtros de membrana.....	279



7.14.4. Costos de adquisición.....	280
7.15. Línea de llenado de glicerina USP.....	281
7.15.1. Dimensionamiento.....	281
7.15.2. Costos.....	282
7.16. Diagramas P&ID.....	283
7.16.1. Diagrama P&ID - planta de jabones de tocador.....	283
7.16.2. Diagrama P&ID - Planta de Glicerina USP.....	284
CAPÍTULO VIII: DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS.....	285
8.1 Introducción.....	285
8.2. Layout de Planta.....	286
8.2.1. Listado de Equipos Layout de Planta y Balance de Obras Físicas.....	286
8.2.2. Terreno, Medidas y Superficie Total.....	290
CAPÍTULO IX: ESTUDIO ORGANIZACIONAL.....	295
9.1 Introducción.....	295
9.2. Estructura organizativa.....	296
9.3. Organigrama.....	298
9.4. Dotación de personal.....	304
9.4.1. Distribución del personal por gerencias.....	305
9.4.2. Dotación por cuadrillas y personal administrativo.....	307
9.5. Régimen laboral y gremial.....	309
9.5.1. Modalidad de contratación del personal.....	309
9.5.2. Convenio colectivo de trabajo aplicable.....	310
9.5.3. Jornada laboral.....	311
9.5.4 Categorías ocupacionales.....	312
9.6. Descripción de Puestos y Perfiles.....	314
9.8. Conclusión.....	336
CAPÍTULO X: ESTUDIO LEGAL.....	337
10.1. Introducción.....	337
10.2. Constitución jurídica de la empresa.....	337
10.2.1. Identidad Empresarial y Constitución Jurídica.....	337
10.2.2. Razón social e Identidad.....	338
10.2.3. Datos sociales, tributarios y comerciales.....	341



10.3. Marco Legal Aplicable.....	342
10.3.1. Legislación nacional.....	342
10.3.2 Legislación regional/provincial (Buenos Aires).....	344
10.3.3 Legislación municipal (Campana).....	346
10.4. Tramitación ambiental y habilitadora - Hoja de ruta.....	346
10.5. Marco impositivo.....	351
10.5.1. Impuestos nacionales (ARCA / AFIP).....	351
10.5.2. Impuestos provinciales (ARBA - Provincia de Buenos Aires).....	352
10.5.3. Impuestos municipales.....	354
10.6. Permisos y habilitaciones.....	354
10.7. Seguridad, higiene y salud ocupacional.....	357
10.8. Legislación ambiental.....	359
10.9. Régimen impositivo y obligaciones legales.....	359
10.10. Conclusiones del aspecto legal.....	360
CAPÍTULO XI: ESTUDIO NORMATIVO.....	362
11.1. Normativa de calidad y regulaciones del producto.....	362
11.2. Conclusión.....	366
CAPÍTULO XII: ESTUDIO AMBIENTAL.....	366
12.1. Introducción.....	366
12.2. Metodología Aplicada.....	367
12.2.1. Objetivos y presentación de la metodología aplicada.....	367
12.2.2. Línea de Base.....	368
12.2.3. Lista de chequeo.....	371
12.2.4. Matriz de Leopold.....	375
12.3. Tratamiento de efluentes.....	377
12.3.1. Esquema de tratamiento.....	377
12.4. Conclusión.....	378
CAPÍTULO XIII: ECONÓMICO-FINANCIERO.....	379
13.1. Inversión inicial.....	379
13.1.1. Costo del terreno.....	379
13.1.2. Inversión Fija.....	380
13.1.2.1. Inversión Fija de línea de Jabón.....	384



13.1.2. Inversión Fija de Línea de Glicerina.....	385
13.2. Egresos operativos.....	389
13.2.1. Materias primas e insumos.....	389
13.2.2. Electricidad.....	390
13.2.3. Gas Natural.....	393
13.2.4. Transporte de materias primas e insumos.....	394
13.2.5. Transporte de productos terminados.....	395
13.2.6. Costos Laborales.....	397
13.2.7. Costos de Exportación.....	398
13.3. Ingresos Operativos.....	398
13.3.1. Precios de venta.....	398
13.3.2. Ingresos por Ventas de Productos Terminados.....	400
13.3.3. Ingresos por Venta de Equipos Reemplazados.....	401
13.4. Capital de Trabajo.....	402
13.4.1. Introducción.....	402
13.4.2. Inversión en Capital de Trabajo - Jabones de Tocador.....	402
13.4.3. Inversión en Capital de Trabajo - Glicerina USP.....	403
13.5. Tasa de Descuento.....	403
13.5.1. Introducción.....	403
13.5.2. Tasa Libre de Riesgo.....	404
13.5.3. Riesgo Sistemático de la Industria.....	404
13.5.4. Prima de Riesgo de Mercado.....	404
13.5.5. Costo del Capital por Método CAPM.....	405
13.6. Valor de Desecho del Proyecto.....	406
13.6.1. Introducción.....	406
13.6.2. Valor de Desecho Contable.....	406
13.7. Flujo de Caja.....	410
13.8. Valor de Desecho Económico.....	412
CAPÍTULO XIV: ANÁLISIS DE RIESGOS.....	414
14.1. Introducción.....	414
14.2. Factores de Riesgo.....	414
14.3. Análisis FODA.....	417



14.4. Conclusión.....	418
CAPÍTULO XV: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	419
15.1. Introducción.....	419
15.2. Análisis - jabones de tocador.....	419
15.2.1. Sensibilización del VAN con respecto a la participación en el mercado de jabones.....	419
15.2.2. Sensibilización del VAN con respecto al costo de las materias primas.....	420
15.3. Análisis - Glicerina USP.....	421
15.3.1. Sensibilización del VAN con respecto al tipo de cambio.....	421
15.4. Conclusión.....	422



LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Producción de aceite de soja (2013-2025).....	36
Fuente: Elaboración propia en base a datos de MAGyP.....	36
Figura 2.2 - Evolución del precio por tonelada de aceite de soja (2013-2025).....	37
Fuente: Elaboración propia en base a datos de MAGyP.....	37
Figura 2.3 - Proyección de la demanda de jabones de tocador (2027-2036).....	40
Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones demográficas del INDEC.....	40
Figura 2.4 - Producción histórica de jabones de tocador en Argentina (1996-2025).....	41
Fuente: Elaboración propia en base a datos del INDEC.....	41
Figura 2.5 - Evolución interanual de los insumos del transporte automotor de cargas (Agosto 2025-julio 2026).....	61
Fuente: FADEEAC.....	61
Figura 2.6 - Distribución porcentual del mercado consumidor de glicerina por sector industrial.....	64
Fuente: Elaboración propia.....	64
Figura 2.7 - Escenarios posibles precio FOB glicerina.....	73
Fuente: Elaboración propia.....	73
Figura 3.1 - Estructura química general de un ácido graso.....	85
Fuente: Elaboración propia.....	85
Figura 3.2 - Estructura química de una molécula de jabón (sal sódica de ácido graso).....	85
Fuente: Elaboración propia.....	85
Figura 3.3 - Diagrama de bloques del proceso general de saponificación directa.....	87
Fuente: Elaboración propia.....	87
Figura 3.4 - Reacción química de saponificación de grasas con hidróxido sódico para la obtención de jabón y glicerina.....	87
Fuente: El libro del jabón 2022.....	87
Figura 3.5 - Primera etapa: Reacción química de hidrólisis de triglicéridos.....	89
Fuente: Elaboración propia.....	89



Figura 3.6 Segunda etapa: Reacción química de neutralización de ácidos grasos.....	89
Fuente: Elaboración propia.....	89
Figura 3.7 - Diagrama de bloques del proceso de hidrólisis y neutralización de cuerpos grasos para la obtención de jabón y glicerina.....	90
Fuente: Elaboración propia.....	90
Figura 3.8 - Diagrama de Bloques (BFD) del proceso del jabón.....	97
Fuente: Elaboración propia.....	97
Figura 3.9 - Diagrama de Bloques (BFD) del tren de purificación de Glicerina.....	98
Fuente: Elaboración propia.....	98
Figura 5.1 - Mapa de las alternativas de macro localización evaluadas para la planta industrial.....	108
(Mendoza, Santa Fe y Buenos Aires).....	108
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).....	108
Figura 5.2 - Mapa de las alternativas de microlocalización evaluadas para la planta industrial.....	115
(Zárate, Campana, Pilar y Escobar).....	115
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).....	115
Figura 5.3 - Mapa estratégico de localización para la planta de jabón de tocador y glicerina USP.....	121
Fuente: Elaboración propia.....	121
Figura 5.4 -Vista aérea panorámica del Parque Industrial Campana y su entorno.....	124
Fuente: Parque Industrial Campana.....	124
Figura 5.5 - Ubicación estratégica y principales accesos viales al Parque Industrial Campana.....	124
Fuente: Parque Industrial Campana.....	124
Figura 5.6 - Plano de loteo y disponibilidad de parcelas dentro del Parque Industrial Campana.....	125
Fuente: Parque Industrial Campana.....	125
Figura 6.1 - Diagrama de proceso (PFD) del proceso del jabón.....	135
Fuente: Elaboración propia.....	135
Figura 6.2 - Diagrama de Proceso (PFD) del proceso de la glicerina USP.....	138
Fuente: Elaboración propia.....	138
Figura 7.1 - Primera etapa: Reacción química de hidrólisis de triglicéridos.....	146



Fuente: Elaboración propia.....	146
Figura 7.2 - Segunda etapa: Reacción química de neutralización de ácidos grasos.....	146
Fuente: Elaboración propia.....	146
Figura 7.3 - Propiedades termofísicas del sebo bovino refinado a 25 °C y 1 bar.....	149
Fuente: Datos del simulador DWSIM.....	149
Figura 7.4 - Propiedades termofísicas del sebo bovino refinado a 65 °C y 1 bar.....	150
Fuente: Datos del simulador DWSIM.....	150
Figura 7.5 – Entalpías de enlace promedio (E) para distintos enlaces covalentes....	159
Fuente: Química Orgánica, John McMurry, 9na edición.....	159
Figura 7.6 – Propiedades termofísicas del agua líquida a 100 °C y 565 psig.....	160
Fuente: Datos del simulador DWSIM.....	160
Figura 7.7 – Propiedades físicas de ácidos grasos a 250 °C y 50.000 psig.....	160
Fuente: Datos del simulador DWSIM.....	160
Figura 7.8 – Propiedades termofísicas del sebo bovino refinado (RBD) a 250 °C y 565 psig... 160	
Fuente: Datos del simulador DWSIM.....	160
Figura 7.9 – Propiedades físicas del vapor a 250,4 °C y 565 psig.....	161
Fuente: Datos del simulador DWSIM.....	161
Figura 7.10 – Propiedades termodinámicas del glicerol a 250 °C y 50.000 psig.....	161
Fuente: Datos del simulador DWSIM.....	161
Figura 7.11 – Relación de van't Hoff entre $\ln K_{eq}$ y $1/T$, mostrando la dependencia del equilibrio químico con la temperatura y permitiendo la determinación de ΔH y ΔS del sistema.....	162
Fuente: Elaboración propia.....	162
Figura 7.12 – Variación del tiempo de residencia en función de la conversión fraccional.....	163
Fuente: Elaboración propia.....	163
Figura 7.13 - Esquema del decantador gravitacional.....	193
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	193
Figura 7.14 - Esquema del decantador gravitacional.....	198
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	198
Figura 7.15 – Perfil térmico de secaderos mixtos rotativo.....	206
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	206



Figura 7.16 – Humedad de equilibrio del jabón y otros sólidos a 25 °C.....	208
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	208
Figura 7.17 - Diagrama psicrométrico del aire húmedo a 1 atm.....	209
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	209
Figura 7.18 - Balance de masa global - Evaporadores.....	214
Fuente: Elaboración propia.....	214
Figura 7.19 - Balance de masa - 1er efecto de evaporación.....	216
Fuente: Elaboración propia.....	216
Figura 7.20 - Balance de masa - 2do efecto de evaporación.....	217
Fuente: Elaboración propia.....	217
Figura 7.21 - Balance de masa y PFD - evaporadores.....	217
Fuente: Elaboración propia.....	217
Figura 7.22 - Balance de masa - condensador de contacto.....	221
Fuente: Elaboración propia.....	221
Figura 7.23 - Equilibrio líquido - vapor, mezcla glicerina - agua a 150 mmHg.....	225
Fuente: Simulador DWSIM.....	225
Figura 7.24 - Equilibrio líquido - vapor, mezcla glicerina - agua a 80 mmHg.....	226
Fuente: Simulador DWSIM.....	226
Figura 7.25 - Equilibrio líquido - vapor, mezcla glicerina - agua a 65 mmHg.....	227
Fuente: Simulador DWSIM.....	227
Figura 7.26 - Equilibrio líquido - vapor, mezcla glicerina - agua a 50 mmHg.....	228
Fuente: Simulador DWSIM.....	228
Figura 7.27 - Esquema de destilación flash, mezcla glicerina - agua a 100 mmHg....	229
Fuente: simulador DWSIM.....	229
Figura 7.28 – Resultados, destilación flash.....	230
Fuente: Simulador ChemSep.....	230
Figura 7.29 – Resultados, destilación flash complemento.....	231
Fuente: Simulador ChemSep.....	231
Figura 7.30 – Esquema, destilación fraccionada.....	233
Fuente: Elaboración propia.....	233
Figura 7.31 - Esquema, balance de masa en el plato de alimentación.....	236
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	236



Figura 7.32 - Curva de equilibrio, agua - glicerina a 15 mmHg.....	238
Fuente: Simulador DWSIM.....	238
Figura 7.33 - Esquema, cabeza de torre.....	238
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	238
Figura 7.33 - Esquema, fondo de torre.....	239
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	239
Figura 7.34 - Diagrama, método McCabe - Thiele.....	241
Fuente: Elaboración propia.....	241
Figura 7.35 - Esquema de rehervidor termita.....	245
Fuente: Elaboración propia.....	245
Figura 7.36 - Esquema de columna de destilación con reflujo.....	246
Fuente: Elaboración propia.....	246
Figura 7.37 - Factor de capacidad.....	250
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	250
Figura 7.38 - Perfiles de concentración en adsorción.....	261
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	261
Figura 7.39 - Curvas de tiempo de ruptura.....	262
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	262
Figura 7.40: Diagrama P&ID planta de jabón.....	283
Fuente: Elaboración propia.....	283
Figura 7.41 - Diagrama P&ID, planta de concentración de glicerina.....	284
Fuente: Elaboración propia.....	284
Figura 8.1: Diagrama Layout de planta.....	291
Fuente: Elaboración propia.....	291
Figura 9.1 - Organigrama.....	298
Fuente: Elaboración propia.....	298
9.4.3. Cuadro resumen de la dotación total.....	308
Fichas de Función: Puestos Críticos Operativos (Turno Rotativo).....	323
Figura 9.2 - Salarios, operarios.....	333
Fuente: Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la República Argentina.....	333
Figura 9.3 - Salarios, administrativos.....	333



Fuente: Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la República Argentina.....	333
Figura 10.1 – Logo de la empresa.....	339
Fuente: Elaboración propia.....	339
Figura 10.2 – Datos de la empresa.....	340
Fuente: Elaboración propia.....	340
Figura 12.1 – Matriz de Impacto Ambiental.....	376
Fuente: Elaboración propia.....	376
12.3.2. Disposiciones del ADA (autoridad del agua de la Provincia de Buenos Aires) y el OPDS (Organismo Provincial Para el Desarrollo Sostenible).....	377
Figura 13.1 - Características del terreno.....	379
Fuente: Parque Industrial Campana.....	379
13.1.3. Inversión Diferida.....	386
Figura 13.1 – Potencia instalada.....	392
Fuente: Ente Provincial Regulador de la Energía.....	392
Figura 14.1 – Análisis FODA.....	418
Fuente: Elaboración propia.....	418



LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 - Principales proveedores nacionales de sebo vacuno y subproductos.....	48
Fuente: Elaboración propia.....	48
Tabla 2.2 - Análisis del mercado de sebo refinado para jabonería en Argentina.....	51
Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 2.3 - Principales productores y precios de referencia en el mercado mayorista.....	53
Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla 2.4 - Distribuidores clave y precios de referencia para segmento industrial y fraccionado (USD/ton).....	53
Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla 2.5 - Costos, proveedores y características logísticas de colorantes para jabonería.....	55
Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 2.6 Costos, clasificación y consideraciones técnicas de esencias para jabonería.....	56
Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones comerciales 2026.....	56
Tabla 2.7 - Estructura de costos de insumos de envasado y empaque por lote de 1.000 unidades.....	58
Fuente: Elaboración propia.....	58
Tabla 2.8 - Estructura de costos del transporte automotor de cargas de larga distancia (Marzo 2024).....	59
Fuente: Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas (CATAC).....	59
Tabla 2.9 - Evolución mensual y acumulada del Índice de Costos de Transporte.....	60
Fuente: Departamento de Estudios Económicos y Costos de FADEEAC (2024).....	60
Tabla 2.10 - Evolución mensual y acumulada del Índice de Costos de Transporte.....	61
(FADEEAC) - Año 2025.....	61
Tabla 2.11 - Evolución histórica, factores clave y escenarios de precios FOB de la Glicerina USP (2000-2025).....	71
Fuente: Elaboración propia.....	71
Tabla 2.12 - Proyección del precio FOB de la Glicerina USP (2027–2036).....	72
Fuente: Elaboración propia.....	72
Tabla 2.13 - Valores esperados de mercado para el precio FOB, “Escenario Conservador”.....	75
Fuente: Elaboración propia.....	75
Tabla 2.14 - Valores esperados de mercado para el precio FOB, “Escenario Alcista”.....	76



Fuente: Elaboración propia.....	76
Tabla 2.15 - Valores esperados de mercado para el precio FOB, “Escenario Bajista”	76
Fuente: Elaboración propia.....	76
Tabla 2.16 - Valores esperados de mercado para el precio FOB, “Escenario Estrés” Fuente: Elaboración propia.....	77
Tabla 2.17 - Comparativo logístico de tambores de 200 litros para transporte y almacenamiento (Buenos Aires – Mendoza).....	80
Fuente: Elaboración propia.....	80
Tabla 2.18 - Capacidades técnicas de cilindros de nitrógeno gaseoso y tarifas de recarga por grado de pureza.....	81
Fuente: Elaboración propia.....	81
Tabla 2.19 - Principales proveedores, especialización, cobertura logística y certificaciones en el mercado de gases industriales.....	82
Fuente: Elaboración propia.....	82
Tabla 5.1 Matriz de evaluación ponderada para la selección tecnológica.....	94
Fuente: Elaboración propia.....	94
Tabla 4.1 - Demanda de jabones de tocador y capacidad de diseño.....	102
Fuente: Elaboración propia.....	102
Tabla 5.1 - Matriz de evaluación ponderada para la selección de la macro localización Fuente: Elaboración propia.....	111
Tabla 5.2 - Comparación técnica, de infraestructura y de costos de las alternativas de microlocalización.....	119
Fuente: Elaboración propia.....	119
Tabla 5.3 - Matriz de evaluación ponderada para la selección de la microlocalización Fuente: Elaboración propia.....	120
Tabla 5.4 - Accesibilidad logística y cercanía al mercado consumidor para las alternativas de microlocalización.....	121
Fuente: Elaboración propia.....	121
Tabla 6.1 - Tabla de Corrientes del Proceso de Producción de Jabón.....	138
Fuente: Elaboración propia a partir de balances de materia y energía.....	138
Tabla 6.2 - Tabla de Corrientes del Tren de Purificación de Glicerina USP.....	141
Fuente: Elaboración propia a partir de balances de materia y simulación termodinámica en ChemSep.....	141
Tabla 6.3 - Cuadro resumen del Balance Global de Materia de la Planta.....	142



Fuente: Elaboración propia.....	142
Tabla 6.4 - Resumen de Requerimientos de Servicios Auxiliares de la Planta.....	143
Fuente: Elaboración propia en base al diseño de los equipos y balances energéticos.....	143
Tabla 6.5 - Especificaciones preliminares de los equipos principales de proceso.....	145
Fuente: Elaboración propia en base al dimensionamiento de Ingeniería de Detalle.....	145
Tabla 7.1 - Pesos moleculares de las especies químicas del proceso.....	146
Fuente: Elaboración propia a partir del modelado de mezclas lipídicas.....	146
Tabla 7.2 – Resumen de propiedades termofísicas del sebo bovino del sebo bovino refinado a condiciones estándar (25 °C y 1 bar).....	155
Fuente: Elaboración propia.....	155
Tabla 7.3 – Relación estequiométrica de especies A, B, C y D en un reactor de flujo.....	165
Fuente: Elementos de Ingeniería de las Reacciones, Scott Fogler.....	165
Tabla 7.4 – Balance de materia en el reactor para las especies S, W, A y G.....	166
Fuente: Elaboración propia.....	166
Tabla 7.5 – Relaciones estequiométricas de especies A, B, C y D.....	168
Fuente: Elaboración propia.....	168
Tabla 7.6 - Propiedades termodinámicas promedio para el diseño de intercambiadores.....	172
Fuente: Elaboración propia a partir de simulación en DWSIM.....	172
Tabla 7.7 - Propiedades termodinámicas - intercambiador recuperador inferior.....	182
Fuente: Elaboración propia.....	182
Tabla 7.8 - Comparación de tecnologías de decantación.....	191
Fuente: Elaboración propia.....	191
Tabla 7.9 - Composición del flujo inferior de torre.....	192
Fuente: Elaboración propia.....	192
Tabla 7.10 - Propiedades termodinámicas del flujo inferior de torre.....	192
Fuente: Elaboración propia.....	192
Tabla 7.11 - Entalpía de neutralización de ácidos grasos.....	197
Fuente: Elaboración propia.....	197
Tabla 7.12 - Constantes para determinar la potencia de agitadores.....	203
Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot.....	203
Tabla 7.13 - Propiedades de licores y VAHOS - evaporadores.....	220
Fuente: Elaboración propia.....	220



Tabla 7.14 - Condiciones operativas, destilación flash.....	230
Fuente: Elaboración propia.....	230
Tabla 7.15 - Condiciones operativas, destilación fraccionada.....	234
Fuente: Elaboración propia.....	234
Tabla 7.14 - Tabla resumen, Simulación de destilación fraccionada.....	244
Fuente: Simulador ChemSep.....	244
Tabla 7.15 - Eficiencia global de columna y diámetro.....	245
Fuente: Simulador ChemSep.....	245
Tabla 7.16 - Tabla resumen, Balance de energía de la columna.....	246
Fuente: Simulador ChemSep.....	246
Tabla 7.17 - Tabla resumen de corrientes corregidas por factor de escala.....	249
Fuente: Elaboración propia.....	249
Tabla 7.18 - Tabla resumen de corrientes corregidas por factor de escala Fuente: Elaboración propia.....	249
Tabla 7.18 - Corrientes y propiedades, cabeza de torre.....	252
Fuente: Elaboración propia.....	252
Tabla 7.19 - Corrientes y propiedades, fondo de torre.....	254
Fuente: Elaboración propia.....	254
Tabla 7.20 - Capacidad, tiempo de ruptura y longitud de lecho no utilizada.....	268
Fuente: Elaboración propia.....	268
Tabla 7.21 - Capacidad, costo de adquisición y costo de recarga de nitrógeno.....	270
Fuente: Elaboración propia.....	270
Tabla 7.21 - Dimensionamiento de caldera.....	273
Fuente: Elaboración propia.....	273
Tabla 7.23 – Dimensionamiento de extrusora.....	276
Fuente: Elaboración propia.....	276
Tabla 7.24 - Dimensionamiento de aglomerador.....	277
Fuente: Elaboración propia.....	277
Tabla 7.25 - Dimensionamiento de máquina cortadora-estampadora.....	278
Fuente: Elaboración propia.....	278
Tabla 7.26 - Dimensionamiento de máquina dosificadora de glicerina USP.....	283
Fuente: Elaboración propia.....	283



Tabla 8.1 - Equipos y superficie cubierta de planta de jabón.....	288
Fuente: Elaboración propia.....	288
Tabla 8.2 - Equipos y superficie cubierta de plata de glicerina.....	289
Fuente: Elaboración propia.....	289
Tabla 8.3 - Balance de obras físicas.....	291
Fuente: Elaboración propia.....	291
Tabla 9.1 - Dotación y distribución del personal.....	307
Fuente: Elaboración propia.....	307
Tabla 9.2 - Distribución por cuadrillas.....	308
Fuente: Elaboración propia.....	308
Tabla 9.3 -Tabla resumen de dotación.....	309
Fuente: Elaboración propia.....	309
Tabla 9.4 -Turnos.....	313
Fuente: Elaboración propia.....	313
Tabla 9.5 -Ficha de funciones, gerente general.....	316
Fuente: Elaboración propia.....	316
Tabla 9.6 -Ficha de funciones, gerente de producción.....	317
Fuente: Elaboración propia.....	317
Tabla 9.7 -Ficha de funciones, gerente de mantenimiento.....	318
Fuente: Elaboración propia.....	318
Tabla 9.8 -Ficha de funciones, gerente de calidad e ingeniería.....	319
Fuente: Elaboración propia.....	319
Tabla 9.9 -Ficha de funciones, gerente de seguridad, higiene y medio ambiente Fuente: Elaboración propia.....	320
Tabla 9.10 -Ficha de funciones, gerente de cadena de suministro.....	321
Fuente: Elaboración propia.....	321
Tabla 9.11 -Ficha de funciones, gerente comercial.....	322
Fuente: Elaboración propia.....	322
Tabla 9.12 -Ficha de funciones, gerente de administración y finanzas.....	323
Fuente: Elaboración propia.....	323
Tabla 9.13 -Ficha de funciones, Ingeniero de procesos.....	324
Fuente: Elaboración propia.....	324



Tabla 9.14 -Ficha de funciones, Supervisor de turno.....	325
Fuente: Elaboración propia.....	325
Tabla 9.15 -Ficha de funciones, Operador de sala de control.....	326
Fuente: Elaboración propia.....	326
Tabla 9.16 -Ficha de funciones, Operador de campo.....	327
Fuente: Elaboración propia.....	327
Tabla 9.17 -Ficha de funciones, Técnico de mantenimiento.....	328
Fuente: Elaboración propia.....	328
Tabla 9.18 -Ficha de funciones, Analista de laboratorio.....	329
Fuente: Elaboración propia.....	329
Tabla 9.19 -Ficha de funciones, Técnico de seguridad e higiene.....	330
Fuente: Elaboración propia.....	330
Tabla 9.20 - Marco laboral del proyecto.....	332
Fuente: Elaboración propia.....	332
Tabla 9.21 - Escala salarial, operarios.....	333
Fuente: Elaboración propia.....	333
Tabla 9.22 - Escala salarial, administrativos.....	333
Fuente: Elaboración propia.....	333
Tabla 9.23 - Básicos mensuales y subtotal.....	336
Fuente: Elaboración propia.....	336
Tabla 10.1 - Información de la empresa.....	342
Fuente: Elaboración propia.....	342
Tabla 10.2 - Costos de constitución de S.A.....	348
Fuente: Elaboración propia.....	348
Tabla 10.3 - Impuesto a los débitos y créditos bancarios.....	353
Fuente: Elaboración propia.....	353
Tabla 10.4 - Impuesto de sellos.....	354
Fuente: Elaboración propia.....	354
Tabla 10.5 - Evaluación de riesgos.....	359
Fuente: Elaboración propia.....	359
Tabla 11.1 – Parámetros del Estándar USP.....	364



Fuente: Elaboración propia.....	364
Tabla 11.1 - Parámetros del estándar USP.....	367
Fuente: Elaboración propia.....	367
Tabla 12.1 – Principales Leyes Ambientales.....	368
Fuente: Elaboración propia.....	368
Tabla 12.2 - Flora predominante, Campana.....	371
Fuente: Elaboración propia.....	371
Tabla 12.3 - Fauna predominante, Campana.....	371
Fuente: Elaboración propia.....	371
Tabla 12.4 - Lista de chequeo, etapa de construcción.....	372
Fuente: Elaboración propia.....	372
Tabla 12.5 - Lista de chequeo, etapa de operación.....	373
Fuente: Elaboración propia.....	373
Tabla 12.6 - Lista de chequeo, etapa de mantenimiento.....	374
Fuente: Elaboración propia.....	374
Tabla 12.7 - Lista de chequeo, etapa de cierre.....	375
Fuente: Elaboración propia.....	375
Tabla 13.1 - Balance de equipos.....	383
Fuente: Elaboración propia.....	383
Tabla 13.2 - Balance de equipos.....	384
Fuente: Cátedra de Formulación y Evaluación de Proyectos, FCAI.....	384
Tabla 13.3 - Balance de equipos, línea de jabón.....	385
Fuente: Elaboración propia.....	385
Tabla 13.3 - Balance de equipos, línea de glicerina.....	386
Fuente: Elaboración propia.....	386
Tabla 13.4 - Inversión diferida.....	389
Fuente: Elaboración propia.....	389
Tabla 13.5 - Balance de insumos, jabón.....	390
Fuente: Elaboración propia.....	390
Tabla 13.6 - Balance de insumos, glicerina.....	391



Fuente: Elaboración propia.....	391
Tabla 13.7 – Potencia Instalada.....	392
Fuente: Elaboración propia.....	392
Tabla 13.8 - Costos de electricidad.....	393
Fuente: Elaboración propia.....	393
Tabla 13.8 - Costos de gas natural.....	394
Fuente: Elaboración propia.....	394
Tabla 13.9 - Costos de transporte de materias primas.....	395
Fuente: Elaboración propia.....	395
Tabla 13.10 - Impacto, costos de transporte de materias primas.....	396
Fuente: Elaboración propia.....	396
Tabla 13.11 - Costos de transporte, jabones de tocador.....	397
Fuente: Elaboración propia.....	397
Tabla 13.12 - Costos de transporte, glicerina USP.....	397
Fuente: Elaboración propia.....	397
Tabla 13.13 - Impacto, costos de transporte de productos terminados.....	397
Fuente: Elaboración propia.....	397
Tabla 13.14 – Costos Laborales.....	398
Fuente: Elaboración propia.....	398
Tabla 13.15 - Impacto, costos laborales.....	399
Fuente: Elaboración propia.....	399
Tabla 13.16 - Tabla resumen de costos.....	400
Fuente: Elaboración propia.....	400
Tabla 13.17 - Ingresos por ventas de jabones.....	401
Fuente: Elaboración propia.....	401
Tabla 13.18 - Ingresos por ventas de glicerina.....	402
Fuente: Elaboración propia.....	402
Tabla 13.19 - Ingresos por ventas de equipos obsoletos.....	402
Fuente: Elaboración propia.....	402
Tabla 13.20 - Resultado contable, ventas de equipos obsoletos.....	403



Fuente: Elaboración propia.....	403
Tabla 13.21 - Rendimiento anual, Índice S&P Merval.....	406
Fuente: Elaboración propia.....	406
Tabla 13.22 - Depreciación de activos fijos.....	407
Fuente: Elaboración propia.....	407
Tabla 13.23 - Depreciación y valor de libro de activos fijos, planta de jabones de tocador.....	408
Fuente: Elaboración propia.....	408
Tabla 13.24 - Depreciación y valor de libro de activos fijos, planta de glicerina USP.....	409
Fuente: Elaboración propia.....	409
Tabla 13.25 - Depreciación y valor de libro de inmuebles.....	410
Fuente: Elaboración propia.....	410
Tabla 13.26 - Depreciación y valor de libro de inmuebles.....	411
Fuente: Elaboración propia.....	411
Tabla 13.27 - Flujo de caja.....	413
Fuente: Elaboración propia.....	413
Tabla 14.1 - Análisis de riesgo, baja cuota de mercado.....	416
Fuente: Elaboración propia.....	416
Tabla 14.2 - Análisis de riesgo, mayores costos de aprovisionamiento.....	416
Fuente: Elaboración propia.....	416
Tabla 14.3 - Análisis de riesgo, desplome del tipo de cambio.....	417
Fuente: Elaboración propia.....	417
Tabla 14.4 - Análisis de riesgo, saturación del mercado de glicerina.....	418
Fuente: Elaboración propia.....	418
Tabla 15.1 - Sensibilización del VAN con respecto a la cuota de mercado.....	421
Fuente: Elaboración propia.....	421
Tabla 15.2 - Sensibilización del VAN con respecto a los costos variables.....	422
Fuente: Elaboración propia.....	422
Tabla 15.3 - Sensibilización del VAN con respecto al tipo de cambio.....	423
Fuente: Elaboración propia.....	423



RESUMEN

A lo largo del presente estudio se estudia en profundidad el mercado argentino de jabones de tocador y el mercado internacional de la glicerina USP y la posibilidad de incursionar en los mismos mediante la construcción de dos plantas de producción; también se discute la viabilidad técnica y las tecnologías disponibles para producir tales bienes, junto con los aspectos legales, normativos, ambientales y económicos. Se realiza una proyección a 10 (diez) años de la producción de los bienes mencionados a 10 (diez) años y se analiza la rentabilidad esperada en el marco de un estudio de prefactibilidad. También se proponen distintos escenarios posibles para analizar una eventual variabilidad de la rentabilidad

PALABRAS CLAVES

Mercado, viabilidad, tecnologías, proyección, prefactibilidad, escenarios, variabilidad, rentabilidad



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El presente proyecto nace con el objetivo de diseñar e implementar un sistema de procesamiento químico apropiado para la valorización del sebo bovino y evaluar la factibilidad de producir jabón de tocador y glicerina de alta pureza a partir del mismo.

Es importante considerar dos planteamientos que pueden incidir en la sostenibilidad del modelo de negocio industrial: el primero es si la tecnología de desdoblamiento térmico seleccionada es la más eficiente para las realidades de la materia prima local, y lo segundo es si los costos que ameritan su implementación operando a alta presión justifican la inversión.

La industria frigorífica argentina genera miles de toneladas anuales de grasas animales. Tradicionalmente, una parte de este subproducto se destina a usos de bajo valor agregado. El desdoblamiento (hidrólisis) de la fracción orgánica de estas grasas separa los ácidos grasos de la glicerina. La posterior purificación y destilación al vacío de esta glicerina cruda genera grandes beneficios económicos e impulsa el desarrollo de una economía circular, transformando un pasivo o subproducto ganadero en un precursor químico de grado farmacéutico.

Argentina cuenta con un alto potencial para desarrollar la industria oleoquímica de especialidades debido a la abundancia de biomasa animal y a una demanda sostenida del sector cosmético y laboratorios. En un contexto global que avanza hacia la optimización de recursos, la refinación de glicerina surge como una solución sustentable y un vector de sustitución de importaciones.

Este recurso renovable puede utilizarse como insumo crítico en excipientes farmacéuticos, industria alimenticia y cosmética. Además, su producción local permite valorizar subproductos frigoríficos, reducir la huella de carbono asociada a la importación de insumos químicos y contribuir con el abastecimiento del mercado B2B nacional.



En países con fuerte industria química, la glicerina refinada ya forma parte estructural de su matriz productiva. En Argentina, su desarrollo a escala industrial en polos estratégicos como Zárate permitiría reducir la dependencia externa de precursores de alta pureza y fomentar inversiones privadas en el marco de un modelo de producción más resiliente y enfocado en la calidad (Farmacopea de los Estados Unidos - USP).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica, ambiental, legal y económica de instalar una planta de producción continua de jabón de tocador y glicerina grado USP a partir del desdoblamiento de sebo bovino por hidrólisis y neutralización, considerando la disponibilidad de materias primas locales, las condiciones del mercado nacional e internacional, y las políticas de incentivo a la producción y exportación y todos los costos pertinentes.

1.1.2 Objetivos Específicos

- **Analizar la disponibilidad y costos de materias primas** (sebo bovino refinado, hidróxido de sodio, colorantes y aromatizantes) en el país.
- **Estudiar la tecnología de producción** de jabones de tocador y glicerina grado USP, identificando procesos estandarizados y adaptables al contexto local.
- **Elaborar el balance de masa y energía del proceso**, determinando consumos específicos, rendimientos y generación de coproductos.
- **Dimensionar preliminarmente las unidades operativas críticas** (digestor, torre de hidrólisis, reactor de neutralización, extrusora, sistemas de secado y envasado).
- **Evaluar la situación del mercado nacional e internacional**, incluyendo la demanda de jabones de tocador y la estabilización del precio de la glicerina



- **Examinar el impacto económico del proyecto**, considerando costos de inversión, operación, logística y potencial de exportación.
- **Determinar el impacto social y ambiental**, incluyendo generación de empleo, contribución a la economía circular y aprovechamiento de subproductos de la cadena bovina.
- **Identificar riesgos y oportunidades** asociados al proyecto, tanto en el plano técnico como en el económico y regulatorio.
- **Definir la tasa de descuento** aplicable a un horizonte de evaluación de 10 (diez) años.
- **Evaluar la conveniencia de la inversión** finalmente a partir de indicadores económicos como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR)

1.2. ALCANCE

Comprende la etapa de ingeniería conceptual y básica del proceso, análisis de prefactibilidad técnica, diseño de los balances de materia y energía en los reactores y columnas de destilación, selección de la localización estratégica y evaluación económico-financiera integral de la planta industrial.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, gran parte del sebo bovino generado por la industria frigorífica argentina se comercializa crudo o se destina a usos de bajo valor. Su procesamiento oleoquímico local impulsa la **economía circular**, transformando un subproducto cárnico abundante en bienes de consumo y especialidades químicas de alta demanda.

La ejecución del presente proyecto se fundamenta en tres pilares estratégicos:

- **Abastecimiento Asegurado de Materia Prima:** La viabilidad operativa de este proyecto está respaldada por la disponibilidad sostenida de materia prima. El stock



bovino nacional, con 50,9 millones de cabezas y una eficiencia reproductiva histórica (relación ternero/vaca del 65,2%), garantiza la continuidad en la generación de subproductos. Adicionalmente, políticas recientes como el esquema de retenciones cero para la exportación de carne y los cupos preferenciales hacia mercados internacionales (como Estados Unidos y la Unión Europea), promueven la expansión ganadera. Este escenario asegura un abastecimiento estable y precios moderados para el sebo bovino en el mediano plazo.

- **Demanda Inelástica y Bajo Riesgo Técnico:** El consumo de jabones de tocador es estable frente a las fluctuaciones económicas. A nivel ingeniería, el proceso se sustenta en tecnologías térmicas ampliamente estandarizadas, minimizando la curva de aprendizaje y los riesgos operativos.
- **Oportunidad Comercial para la Glicerina USP:** La recuperación del precio internacional de la glicerina tras años de sobreoferta abre una ventana de oportunidad estratégica, impulsada fundamentalmente por el crecimiento sostenido de la demanda en los mercados emergentes. Esta coyuntura favorable justifica económicamente la inversión e integración de un tren de purificación al vacío dentro del proceso industrial. Al refinar la glicerina cruda hasta alcanzar el Grado USP, lo que permite comercializar este subproducto en el exigente mercado farmacéutico y cosmético.

Por estas razones, resulta pertinente y necesario desarrollar el estudio de prefactibilidad para determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la instalación en Argentina, en un contexto económico de inflación moderada y consumidores que buscan satisfacer sus necesidades a precios razonables.

1.4. ANTECEDENTES

La industria oleoquímica argentina cuenta con precedentes históricos en la elaboración de jabones, concentrados principalmente en la provincia de Buenos Aires y Santa Fe. Empresas tradicionales han operado plantas de saponificación e hidrólisis durante décadas. Sin embargo, el presente proyecto sienta un precedente al integrar en una misma



instalación el concepto de eficiencia energética moderna, automatización de procesos mediante sistemas de control distribuido (DCS) y la purificación extrema de la glicerina para certificar normativas USP y ANMAT, elevando el estándar de la industria química básica local hacia la química fina de especialidad



CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO

2.1. Jabones de tocador

2.1.1 Definición del Producto

Se estudiará la viabilidad de producir jabones de tocador económicos en packs familiares de tres barras cada uno, con pesos totales de 300 g cada uno. En cada pack habría jabones rectangulares; la mitad de los packs sería de color blanco y la otra mitad de color naranja, ambos con aromas florales.

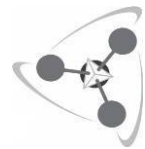
Proponemos utilizar Flow back de polietileno para el envase primario. Los packs de tres jabones cada uno se almacenarían en cajas de 20 a 25 kg cada una para su posterior distribución a los negocios mayoristas y minoristas.

2.1.2 Mercado Competidor

Nuestro interés se centra en el mercado nacional, por lo que a continuación haremos una inferencia sobre las plantas de producción existentes en la República Argentina, la cuota de mercado de las principales compañías y áreas y canales de distribución.

Dreamco S.A

1. **Localización:** posee 4 plantas de producción de artículos para el hogar en Morón, San Justo, Garín y Pilar, todas localizadas dentro de la provincia de Buenos Aires.
2. **Marcas y cuota de mercado:** se estima que sus productos están presentes en 8 de cada 10 hogares argentinos y comercializan tres líneas de jabones de tocador bajo las marcas Limol, Plusbelle y Campos Verdes. Se estima que poseen una cuota de mercado de entre el 10 y e 20% y cuentan con más de 1000 proveedores y clientes directos y sus productos llegan a todas las provincias de nuestro país.



3. **Canales de Distribución:** logística flexible con enfoque nacional. La producción se distribuye a supermercados, mayoristas y autoservicios.
4. **Target:** hogares argentinos de ingresos medios-bajos.
5. **Estrategia:** durante el año 2025 llevaron a cabo un plan de inversión de USD 10.000.000 para ampliar su capacidad de producción total y tienen prevista una facturación de al menos USD 500.000.000 en los próximos 5 años. Invierten en capacidad de producción y ofrecen una amplia variedad de fragancias a un costo razonable.

Unilever S.A

1. **Localización:** a comparación de la compañía anterior posee una producción descentralizada, con plantas en Tortuguitas, Provincia de Buenos Aires, en la Ciudad de La Rioja, en Villa Gobernador Gálvez, Provincia de Santa Fe y en Pilar, Provincia de Buenos Aires.
2. **Marcas y cuota de Mercado:** sus marcas registradas son Dove, Rexona y Lux y cuenta con una cuota de mercado estimada de un 40 a un 45%. Sus productos tienen un alcance nacional, llegando a todas las provincias.
3. **Canales de distribución:** poseen una flota de camiones propios y también tercerizan parte del transporte. También exportan una parte de su producción vía los puertos de Rosario y Buenos Aires. La producción tiene como destino supermercados y mayoristas de todo el país.
4. **Target:** apunta a un segmento urbano de ingresos medios-altos, tanto dentro como fuera del país.
5. **Estrategia:** elevada inversión en marketing para crear una imagen de productos premium de cuidado personal con fórmulas innovadoras.

Colgate-Palmolive S.A



1. **Localización:** Sólo cuenta con una planta en la Ciudad de San Luis y su capacidad de producción de jabones es moderada.
2. **Marcas y Cuota de mercado:** esta compañía comercializa sus jabones de tocador bajo las marcas Protex y Palmolive y su cuota de mercado se estima entre un 25 y un 30%. Sus productos llegan a todo el territorio nacional.
3. **Canales de distribución:** operadores logísticos tercerizados, nacionales y globales. La producción llega a supermercados, mayoristas, farmacias y perfumerías.
4. **Target:** hogares de distintos ingresos, desde medios a altos, tanto en zonas urbanas o más lejanas.
5. **Estrategia:** confianza en marcas globales, enfoque en la protección antibacteriana, la responsabilidad social y la sustentabilidad.

Otros

Además de las mencionadas, existen otras compañías de menor tamaño cuya cuota de mercado es menor al 10% y cuyo alcance se encuentra limitado a regiones específicas. Tal es el caso de Algabo, Natura, La Mariposa S.A, etc.

Hasta este punto solo se han mencionado competidores directos, es decir, aquellas compañías que ofrecen un bien similar al que ofrecería este proyecto en el caso de ser llevado a cabo.

Cabe destacar que también es importante conocer a los competidores indirectos, a saber, aquellos que competirán con el proyecto por abastecimiento, canales de distribución, etc.

En este caso podemos decir que nuestra mayor competidora en términos de abastecimiento de materias primas (principalmente sebo y soda cáustica) es la industria del biodiesel, ya que la producción de tal bien requiere de una reacción química conocida como transesterificación, la cual es bastante similar a la hidrólisis y saponificación requerida en la producción de jabón.

Sin embargo, el rol del sebo vacuno como materia prima para la elaboración de biodiesel es muy secundario. Estados Unidos es el mayor productor mundial de biodiesel y en dicho país el sebo solo representa un 10% de la materia prima utilizada. Dicho país es autosuficiente en cuanto al aceite de soja, ya que cuenta con más de 81 millones de acres sembrados (cerca de 34 millones de ha) En nuestro país y el resto del mundo la situación es muy parecida.

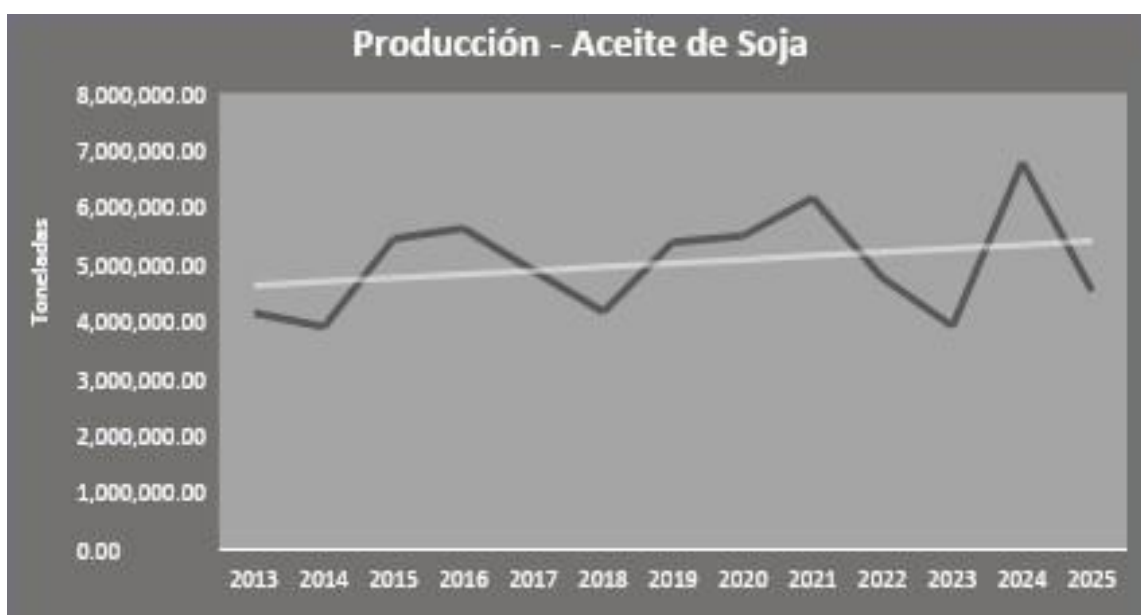


Figura 2.1 - Producción de aceite de soja (2013-2025).

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MAGyP.

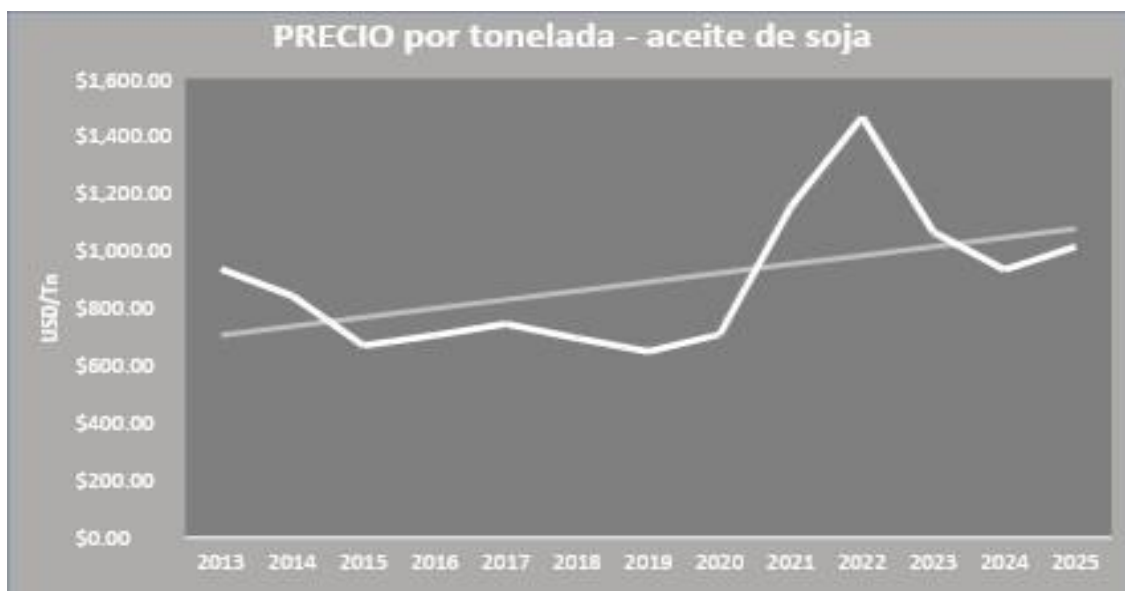


Figura 2.2 - Evolución del precio por tonelada de aceite de soja (2013-2025).

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MAGyP.

Como se puede apreciar en los gráficos, existe la probabilidad de que en los próximos años el precio del aceite de soja aumente, lo cual puede ser atractivo para los productores, los cuales eventualmente podrían incrementar la oferta.

Conclusiones y Expectativas Generales del Mercado competidor

Como puede observarse en la sección precedente, el comportamiento del mercado argentino de jabones de tocador tiende a ser de **competencia perfecta**, ya que hay muchas empresas de diverso tamaño produciendo un producto con poca diferenciación. Sin embargo, el mercado nacional de jabones de tocador presenta un nivel de concentración alto, repartido entre tres actores principales (Unilever, Colgate-Palmolive y Dreamco) que dominan en conjunto alrededor del 80% de la cuota de mercado.

Frente a este escenario, la viabilidad comercial del proyecto se fortalece al adoptar un modelo de negocio B2B, orientado como proveedor de "marcas blancas" y viruta de jabón para el mercado minorista, evitando la confrontación directa en góndola.

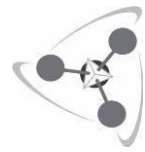
Con respecto a la amenaza de la industria del biodiesel como **competidor indirecto** por el abastecimiento de materias primas (sebo y soda cáustica) es marginal. Puesto que la matriz energética del biodiesel depende fundamentalmente del aceite de soja (dejando al sebo con una participación menor al 10%). A su vez, la proyección alcista en los precios del aceite de soja incentivará a los productores agrícolas a volcar su oferta al sector energético, blindando el suministro continuo de grasas animales a precios competitivos para la industria oleoquímica.

Las **expectativas del mercado a mediano plazo** apuntan a una demanda inelástica y estable en el volumen de bienes de cuidado personal. Sin embargo, la rentabilidad y resiliencia del proyecto no dependen exclusivamente de ganar una cuota marginal en la venta de jabones, sino de la eficiencia operativa.

2.1.3. Mercado Consumidor

El análisis del mercado consumidor tiene como objetivo principal evaluar la viabilidad de inserción y nivel de aceptación de una nueva línea de jabones económicos en el mercado nacional, dentro de los siguientes submercados:

- **El Gran Buenos Aires (GBA) y la Región Pampeana:** Constituyen el núcleo demográfico del país. Su altísima densidad poblacional asegura el volumen de rotación necesario para licuar los costos fijos de una línea económica.
- **El Litoral, el Noroeste Argentino (NOA) y Cuyo:** Representan mercados de penetración clave. En estas regiones, los costos de flete suelen encarecer los productos de las marcas líderes (premium), lo que otorga una ventaja competitiva directa a una marca económica capaz de optimizar su cadena de distribución.



El jabón de tocador es un bien de consumo masivo, estandarizado y de primera necesidad, cuya segmentación por edad o estrato socioeconómico es marginal. Al tratarse de un producto indispensable para la higiene y el cuidado personal, presenta una **demanda altamente inelástica**. Esto significa que su consumo se mantiene estable a lo largo del tiempo, independientemente de las fluctuaciones macroeconómicas que eventualmente pudieran impactar en su precio de venta.

Adicionalmente, en contextos de inflación moderada o pérdida de poder adquisitivo, el mercado de jabones experimenta un "efecto de sustitución". Los consumidores tienden a migrar desde marcas premium hacia segundas marcas o líneas económicas que ofrezcan una relación calidad-precio razonable, lo que garantiza un piso de ventas sólido para el presente proyecto.

Para dimensionar el tamaño del mercado interno, se considera un índice de consumo aparente conservador de 1 kg de jabón per cápita al año. Tomando como referencia el último censo nacional elaborado por el INDEC, el cual registra una población de 46.387.098 habitantes, se obtiene una demanda orgánica base superior a las **46.000 toneladas anuales**.

Para proyectar el crecimiento de este mercado, se han incorporado las proyecciones demográficas oficiales del instituto, permitiendo modelar el incremento del consumo en función del crecimiento vegetativo de la población para la próxima década.



Figura 2.3 - Proyección de la demanda de jabones de tocador (2027-2036).

Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones demográficas del INDEC.

Los datos demográficos se complementan de manera integral con la oferta histórica del sector, utilizando las Estadísticas de Productos Industriales (EPI) publicadas por el INDEC (rama de jabones de tocador, detergentes y limpiadores).

El análisis de esta serie de datos, que abarca la producción anual de los últimos 30 años (1996-2025), permite estructurar una regresión estadística robusta para el horizonte de evaluación del proyecto. Aplicando estos métodos de pronóstico para el periodo 2027-2036, se estima que la producción nacional de jabones de tocador oscilará entre un máximo de 66.720,71 toneladas (año 2027) y un mínimo de 63.851,39 toneladas (año 2028), consolidando un **nivel de producción promedio de 65.338,79 toneladas anuales**.

La brecha existente entre el piso de consumo demográfico (46.000 Tn) y la producción total proyectada (65.300 Tn) evidencia el volumen destinado a la exportación, el consumo de usos industriales (hotelería, instituciones) y el margen de expansión comercial disponible para nuevos oferentes.

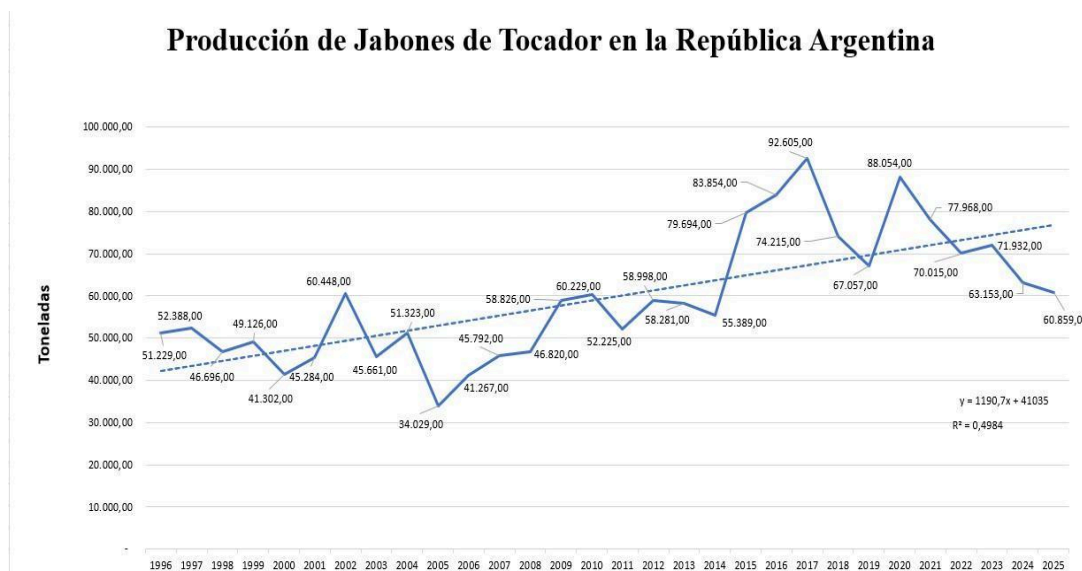


Figura 2.4 - Producción histórica de jabones de tocador en Argentina (1996-2025).

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INDEC

Conclusiones y Expectativas Generales del Mercado consumidor

Del análisis demográfico y las proyecciones productivas del sector, podemos concluir para la inserción de una nueva línea de jabones económicos:

- **Demanda inelástica y resiliencia comercial:** Al tratarse de un bien de consumo masivo y de primera necesidad vinculado a la higiene personal, el jabón de tocador no presenta una fragmentación o segmentación restrictiva por edad o escala de ingresos. Esta característica le otorga una demanda inelástica, garantizando un volumen de ventas estable a lo largo del tiempo, incluso frente a fluctuaciones macroeconómicas.
- **Volumen base garantizado por densidad demográfica:** El índice de consumo per cápita estimado en **1 kg anual por habitante** establece una base comercial sumamente sólida. Considerando la población nacional de más de 46,3 millones de personas, el mercado interno exige un piso de demanda orgánica superior a las

46.000 toneladas anuales. Este volumen masivo valida la viabilidad de introducir una línea económica para captar una porción de este mercado constante.

- **Proyección productiva y absorción del mercado (2027-2036):** La extrapolación de la serie histórica de producción (1996-2025) demuestra un mercado maduro pero dinámico. Para el horizonte de evaluación del proyecto, se espera que la producción nacional oscile entre un piso de **63.851 toneladas** y un techo de **66.720 toneladas**, promediando las **65.338 toneladas anuales**. Esta escala productiva confirma que existe un ecosistema industrial capaz de absorber nuevas cuotas de mercado, siempre y cuando se ingrese con una estrategia de precios competitivos.
- **Penetración geográfica estratégica:** La decisión de focalizar la colocación del producto en el Gran Buenos Aires, la Región Pampeana, Cuyo, el Litoral y el Noroeste Argentino (NOA) se alinea perfectamente con la naturaleza del bien. Al ser un producto de bajo costo unitario, la rentabilidad depende de la economía de escala y la rotación; por lo tanto, dirigir la logística hacia las cinco regiones de mayor densidad demográfica y comercial del país maximizará el rendimiento de la inversión.

2.1.4. Mercado Proveedor

El proceso de producción de jabón requiere cuatro insumos críticos, los cuales se comentan en el siguiente apartado.

I. Sebo vacuno

Se trata de un subproducto de la industria cárnica, también conocido como grasa líquida. Cada año en Argentina se faenan entre 14 y 15 millones de bovinos, lo cual genera una gran disponibilidad de sebo en grandes frigoríficos del país.

Su calidad puede medirse mediante dos indicadores químicos, el índice de peróxidos y el índice de yodo, medidos mediante titulaciones yodométricas. Los estándares recomendados para la industria jabonera son un índice de peróxidos menor a los 10 meq de O_2/kg y un índice de yodo entre 35 y 50 g de $I_2/100\text{ mg}$.



En nuestro caso pretendemos crear una línea de jabones económicos, por lo que no seremos tan exigentes con los parámetros de calidad.

Dado su carácter de subproducto de la industria cárnica y considerando que esta última se concentra en la región centro-este de nuestro país, los grandes proveedores de sebo también se encuentran en la misma región.

Es importante entender que el mercado proveedor de sebo tiene dos grandes eslabones, esto es, **los frigoríficos**, donde se faenan los bovinos y se separan subproductos como el sebo y **las industrias de rendering**, que se dedican a la refinación del sebo y la harina de hueso. Muchas empresas incluso integran ambos eslabones.

A continuación, se presentan los principales proveedores de sebo de Argentina.

- **HDK S.A:** Se trata de una empresa refinadora ubicada en la localidad de Virrey del Pino, Provincia de Buenos Aires. Se especializa en la producción de sebo vacuno con especificaciones técnicas rigurosas, destacando un índice de peróxidos de 4 meq de O₂/kg y un índice de yodo de 44 g de I₂/100 g, parámetros ideales para la industria del cuidado personal.

Sin embargo, comercializan la mayor parte de su volumen de producción a través de contratos de suministro consolidados con Unilever Argentina S.A. Esta fuerte fidelización con el actor dominante del mercado representa una barrera comercial significativa, por lo que resulta poco probable asegurar con ellos el abastecimiento continuo requerido para la puesta en marcha de un nuevo proyecto industrial.

- **Frigorífico Gorina:** se halla ubicado en la localidad de Joaquín Gorina, en el partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires, y se consolida como uno de los principales establecimientos exportadores de carne del país. Cuenta con una capacidad de faena intensiva de aproximadamente 1.600 cabezas bovinas por día, lo que le otorga un volumen de generación de subproductos grasos crudos elevado a escala industrial.

Su magnitud operativa y su estabilidad productiva anual lo posicionan como un proveedor potencial de gran envergadura, capaz de sostener las toneladas mensuales de materia prima que demandaría la operación continua de una torre de hidrólisis.

- **Frigorífico Rioplatense:** Está ubicado en la localidad de General Pacheco, Provincia de Buenos Aires, y figura entre los frigoríficos con mayor capacidad de procesamiento a nivel nacional, alcanzando una faena sostenida de 2.000 cabezas por día.

Un factor tecnológico diferencial para la cadena de suministro es que, desde el año 2007, cuentan con su propia planta de *rendering* (procesamiento y fusión de subproductos), lo que les permite entregar un sebo vacuno industrial ya filtrado y estandarizado.

- **Frigorífico General Pico:** Se encuentra ubicado en la ciudad de General Pico, provincia de La Pampa. Es un actor regional de gran relevancia con un fuerte perfil exportador y una capacidad de faena que ronda las 800 cabezas diarias.

Su volumen de procesamiento constante y el estricto cumplimiento de estándares internacionales aseguran la generación de un sebo crudo de alta calidad, resultando una alternativa viable para diversificar y asegurar la cartera de proveedores de la planta.

- **Frigorífico Alberdi:** Está emplazado en la localidad de Oro Verde, provincia de Entre Ríos, destacándose como uno de los principales exportadores cárnicos de la región. Su capacidad operativa supera las 800 cabezas por día.
- **Swift Argentina:** Su planta principal opera en Villa Gobernador Gálvez, provincia de Santa Fe, y pertenece al grupo multinacional Minerva Foods. Es un gigante de la industria con una capacidad de faena masiva que supera ampliamente las 2.000 cabezas diarias.

Al ser una instalación altamente industrializada, cuenta con tecnología de *rendering* de última generación, lo que le permite ofrecer sebo vacuno ya fundido, filtrado y estabilizado. Sin embargo, dada su envergadura corporativa, suele comprometer sus volúmenes en contratos a gran escala, requiriendo negociaciones de alto nivel para asegurar cupos de entrega.

- **ArreBeef**: Se localiza en la localidad de Pérez Millán, partido de Ramallo, Provincia de Buenos Aires. Con una capacidad de faena de aproximadamente 1.500 cabezas diarias, es uno de los establecimientos más modernos y energéticamente sustentables del país.
- **Ecocarnes S.A.**: Anteriormente conocido como Cocarsa, este frigorífico se ubica en el partido de San Fernando, Provincia de Buenos Aires. Posee una capacidad de procesamiento intensivo que ronda las 1.200 cabezas por día.
- **Azul Natural Beef**: Ubicado en la ciudad de Azul, en el centro de la Provincia de Buenos Aires, es un frigorífico orientado a la faena de animales de alta calidad para el exigente mercado de exportación (cuota Hilton). Su capacidad operativa ronda las 800 a 1.000 cabezas diarias. Sus estrictos protocolos sanitarios y de trazabilidad en la línea de faena garantizan la obtención de subproductos grasos con bajísimos niveles de impurezas, un factor crítico para maximizar el rendimiento en tu torre de hidrólisis.
- **Insuga SRL**: A diferencia de los frigoríficos tradicionales, Insuga (con plantas en Recreo, Santa Fe, y otras locaciones) es una empresa dedicada exclusivamente al *rendering* industrial. Su núcleo de negocio es la recolección y transformación de despojos de faena de múltiples mataderos para producir harina de carne y sebo industrial bovino a gran escala. Venden glicerina a granel y cuentan con empresas jaboneras grandes y medianas como clientes.

Esto los convierte en un proveedor altamente técnico, capaz de entregar sebo vacuno refinado y estandarizado, con parámetros fisicoquímicos garantizados

(como acidez y humedad controladas), facilitando su bombeo directo a los reactores de la planta química.

- **Frimsa S.A.:** Ubicado en la localidad de Escobar, Provincia de Buenos Aires, este establecimiento cuenta con una faena diaria que ronda las 1.000 cabezas y se destaca por su sólida orientación a la exportación.
- **Marfrig Argentina (Planta Baradero):** Perteneciente a uno de los grupos multinacionales líderes en la producción de carne a nivel global, esta planta industrial se ubica en Baradero, Provincia de Buenos Aires. Su envergadura corporativa le permite operar con tecnología de procesamiento de subproductos de punta, ofreciendo grandes volúmenes de sebo industrial estandarizado.
- **Refinería del Centro S.A.:** A diferencia de los frigoríficos tradicionales, esta compañía (con base operativa principal en la Provincia de Córdoba, pero con centros de distribución y alcance nacional) se dedica de forma exclusiva a la refinación e industrialización de grasas animales. Tienen la capacidad de proveer sebo vacuno industrial filtrado, blanqueado y desodorizado bajo estrictas especificaciones fisicoquímicas.

<i>Empresa</i>	<i>Provincia</i>	<i>Actividad principal</i>	<i>Tipo de operación</i>
<i>Insuga S.A.</i>	<i>Santa Fe</i>	<i>Sebo, harinas de carne y hueso</i>	<i>Independiente</i>
<i>Rendering S.A.</i>	<i>Buenos Aires</i>	<i>Procesamiento de subproductos</i>	<i>Independiente</i>
<i>Frigorífico Rioplatense</i>	<i>Buenos Aires</i>	<i>Rendering integrado</i>	<i>Integrado al frigorífico</i>
<i>Swift Argentina</i>	<i>Santa Fe</i>	<i>Recuperación de subproductos</i>	<i>Integrado</i>
<i>Gorina S.A.</i>	<i>Buenos Aires</i>	<i>Aprovechamiento integral de subproductos</i>	<i>Integrado</i>
<i>ArreBeef</i>	<i>Buenos Aires</i>	<i>Rendering para autoconsumo y comercialización</i>	<i>Integrado</i>

Frigorífico General Pico	<i>La Pampa</i>	<i>Subproductos animales</i>	<i>Integrado</i>
Frigorífico María del Carmen	<i>Mendoza</i>	<i>Sebo industrial y refinado</i>	<i>Integrado</i>
HDK S.A.	<i>Buenos Aires</i>	<i>Refinación de sebo vacuno</i>	<i>Independiente</i>
Frigorífico Alberdi	<i>Entre Ríos</i>	<i>Subproductos animales</i>	<i>Integrado</i>
Ecocarnes S.A.	<i>Buenos Aires</i>	<i>Recuperación de subproductos</i>	<i>Integrado</i>
Azul Natural Beef	<i>Buenos Aires</i>	<i>Recuperación de subproductos</i>	<i>Integrado</i>
Frimsa S.A.	<i>Buenos Aires</i>	<i>Aprovechamiento de subproductos</i>	<i>Integrado</i>
Marfrig Argentina	<i>Buenos Aires</i>	<i>Procesamiento de subproductos / Rendering</i>	<i>Integrado</i>
Refinería del Centro S.A.	<i>Córdoba</i>	<i>Refinación e industrialización de grasas</i>	<i>Independiente</i>

Tabla 2.1 - Principales proveedores nacionales de sebo vacuno y subproductos

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la categorización de los potenciales proveedores ordenados de mayor a menor conveniencia estratégica para el abastecimiento continuo de una planta oleoquímica a nivel nacional.

1. Proveedores Estratégicos Primarios (Especialistas en Rendering)

La mayor conveniencia recae en las empresas cuyo negocio principal es la comercialización de subproductos industriales, y no la venta de carne. Ofrecen sebo estandarizado, fundido y con parámetros fisicoquímicos garantizados.

- **Insuga S.A. (Chaco / Santa Fe)**: Máxima disponibilidad. Al ser una empresa independiente que recolecta despojos de múltiples mataderos, su volumen de producción es masivo y constante.
- **Refinería del Centro S.A. (Córdoba)**: Alta conveniencia. Especialistas exclusivos en la refinación de grasas, garantizando un producto blanqueado y desodorizado que optimiza el rendimiento del reactor de hidrólisis.
- **Rendering S.A. (Buenos Aires)**: Excelente opción por dedicarse de forma independiente al procesamiento, lo que facilita negociaciones directas (B2B) sin competir con los intereses cárnicos de la empresa.

2. Proveedores de Gran Escala (Integrados Masivos)

Son frigoríficos de enorme envergadura. Su conveniencia radica en el volumen masivo que generan, aunque su disponibilidad puede requerir contratos a largo plazo más complejos.

- **Swift Argentina / Minerva Foods (Santa Fe)**: Con más de 2.000 cabezas diarias y tecnología de rendering propia, es uno de los mayores generadores de sebo del país.
- **Frigorífico Rioplatense (Buenos Aires)**: Capacidad de faena top a nivel nacional (2.000 cabezas/día) con planta de rendering propia desde 2007. Excelente volumen de entrega.
- **Gorina S.A. (Buenos Aires)**: Faena intensiva de 1.600 cabezas diarias. Su perfil exportador asegura una alta operatividad anual.
- **Marfrig Argentina - Planta Baradero (Buenos Aires)**: Respaldo de una multinacional con tecnología de punta en la recuperación de subproductos.



3. Proveedores de Escala Media y Regional (Diversificación)

Son ideales como proveedores secundarios para evitar la dependencia de un solo oferente (riesgo de desabastecimiento por paradas técnicas del frigorífico). Su disponibilidad es buena, pero en volúmenes individuales menores.

- **ArreBeef (Buenos Aires):** Instalaciones modernas y sustentables, faena cercana a las 1.500 cabezas diarias.
- **Frimsa S.A. (Buenos Aires) y Ecocarnes S.A. (Buenos Aires):** Volúmenes consistentes (1.000 a 1.200 cabezas diarias), muy enfocados en mantener operaciones ágiles.
- **Frigorífico Alberdi (Entre Ríos) y Frigorífico General Pico (La Pampa):** Actores regionales de peso (800+ cabezas diarias). Excelentes para diversificar el origen geográfico de la materia prima.
- **Azul Natural Beef (Buenos Aires):** Volumen medio (800-1.000 cabezas), pero con altísimos estándares de calidad por su enfoque en cuota Hilton, asegurando grasas con pocas impurezas.
- **Frigorífico María del Carmen (Mendoza):** Operación regional integrada, útil si se requiere abastecimiento en la zona de Cuyo.

4. Proveedores Restringidos (Baja Conveniencia Comercial)

Aquellos que, a pesar de tener una excelente calidad técnica, presentan barreras comerciales de entrada casi insalvables para un nuevo jugador en el mercado.

- **HDK S.A. (Buenos Aires):** Disponibilidad críticamente baja para nuevos proyectos. Al tener su producción comprometida mayoritariamente con Unilever Argentina S.A., intentar desviar ese volumen requeriría pagar sobrepuestos que afectarían de forma negativa la rentabilidad (OPEX) de la nueva planta.

A diferencia de la compra de subproductos grasos crudos directamente a los frigoríficos, la adquisición de sebo refinado asegura parámetros fisicoquímicos estandarizados, optimizando el rendimiento y reduciendo las necesidades de pretratamiento antes de ingresar a los reactores.

En el transcurso del año actual el precio promedio del sebo se ha estabilizado en el rango de los 1,2 a los 1,4 USD por cada kg.

Proveedor	Ubicación Principal	Clientes Destacados	Precio Ref. (USD/kg)	Canal de Distribución
Insuga S.A.	Santa Fe	Unilever, Jabonerías medianas	1,20–1,40	Contratos directos, Cisternas
Refinerías Sudamericana	Buenos Aires	Jabonerías locales, Exportación	1,10–1,30	Contratos, Exportación
Refinería del Centro	Córdoba	Jabonerías medianas	1,00–1,20	Transporte terrestre
Ramgras S.A.	Buenos Aires	Jabonerías locales	1,10–1,30	Contratos directos
Sebos Pasquale SRL	Santa Fe	Jabonerías medianas	1,10–1,30	Mercado spot, Contratos
Sebos Pasquale SRL	Santa Fe	Jabonerías locales	1,10–1,30	Contratos directos
Evasio Marmetto S.A.	Santa Fe	Jabonerías medianas	1,00–1,20	Contratos, Exportación
HDK S.A.	Prov. de Buenos Aires	Oleoquímica, Jabonerías locales	1,10–1,30	Contratos directos, Exportación

Tabla 2.2 - Análisis del mercado de sebo refinado para jabonería en Argentina

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a las condiciones de venta, podemos decir que los descuentos por volumen son una práctica común entre las 500 y 1000 toneladas por mes, así como los plazos de pago de 15 a 30 días.

Dados los incentivos del gobierno nacional a la exportación de carne vacuna es probable que aumente la producción bovina y por ende la producción de sebo, con lo cual podría haber una oportunidad de abastecimiento para el proyecto. Al haber un aumento en la oferta de este subproducto también resulta plausible una tendencia a la baja de su precio en los próximos años.



II. Hidróxido de sodio:

El hidróxido de sodio reacciona con el sebo vacuno junto con el agua para dar como productos ácidos grasos y glicerina y en una etapa posterior jabón.

Se produce mediante un proceso industrial muy conocido denominado cloro-soda. La oferta de la soda cáustica está fuertemente vinculada a la demanda de cloro y PVC y la tendencia a mediano plazo es el ingreso de soda cáustica importada a bajo precio, comercializada a través de distribuidoras locales.

Puede conseguirse en forma de perlas o como solución acuosa y se trata de un insumo clave para las industrias papeleras, mineras, petroquímicas, jaboneras y textiles. Es por ello que el abastecimiento del proyecto podría llegar a ser difícil, teniendo que optar por múltiples fuentes de abastecimiento.

El principal actor del mercado argentino es Unipar, empresa integrada (productora de cloro, NaOH, PVC e hipoclorito de sodio) de capitales brasileños, la cual es responsable de casi toda la producción de soda. Se trata de un mercado cuasi monopólico.

Existen ciertas expectativas con respecto a futuras inversiones en el sector del litio, lo cual implicaría una demanda muy alta de soda cáustica, aunque cabe destacar que Unipar cuenta con la capacidad de importar parte de su producción en Brasil.

La siguiente tabla detalla los principales productores primarios, destacando la oferta local fuertemente concentrada en el polo petroquímico de Bahía Blanca, frente a las alternativas de importación directa desde Brasil y Estados Unidos.

PRODUCTORES PRINCIPALES			
Empresa	Tipo	Ubicación Principal	Precio Referencia
 Unipar	Productor Local	Bahía Blanca, Buenos Aires	USD 550–750 / ton
 Braskem	Exportador (Brasil)	Brasil	USD 600–650 / ton (CIF)
 Olin	Exportador (EE.UU.)	Estados Unidos	USD 600–700 / ton

Tabla 2.3 - Principales productores y precios de referencia en el mercado mayorista

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, dado que las compras directas a fábrica suelen operar con acuerdos B2B (precio, volumen, logística y plazos), considerando las necesidades de las empresas con las que trabaja. Este tipo de contratos suele incluir plazos de pago de 30 a 60 días.

La siguiente tabla expone a los distribuidores clave que asumen el fraccionamiento y la logística orientada a clientes industriales y pymes.

DISTRIBUIDORES CLAVE				
Empresa	Tipo	Ubicación	Segmento	Precio Referencia
Química Olivos	Distribuidor	GBA Norte, Buenos Aires	Industrial	USD 700–900 / ton
Anedra	Distribuidor	Bahía Blanca, Buenos Aires	Fraccionado	USD 750–950 / ton
Droguería Sur	Distribuidor	Bahía Blanca, Buenos Aires	Minorista / PyME	Alto (Fraccionado)

Tabla 2.4 - Distribuidores clave y precios de referencia para segmento industrial y fraccionado (USD/ton)

Fuente: Elaboración propia



III. Reguladores de PH

El regulador más utilizado es el **ácido cítrico**, aunque cualquier otro ácido es efectivo a la hora de bajar el PH del jabón natural, el cual suele estar por encima de 10. En el presente estudio vamos a considerar al ácido cítrico y al bicarbonato de sodio. Este último es más versátil debido a su naturaleza anfiprótica.

Es por ello que se necesita contar con fuentes confiables de suministro que dispongan de las cantidades industriales requeridas.

El ácido cítrico no se produce en nuestro país pero puede importarse desde China a un costo FOB de 600 USD por tonelada. A dicho monto hay que sumarle el flete marítimo (entre 80 y 150 USD por tonelada), el seguro (entre 10 y 20 USD por tonelada) y los impuestos nacionales (generalmente 14% + IVA 21%), con lo cual el costo final puede ascender hasta los 750-950 USD por tonelada.

Además, las compañías Chinas suelen emplear políticas de pedidos mínimos de 5 toneladas.

Con respecto al bicarbonato de sodio, existe tan solo un productor en territorio nacional, la empresa PyME CHIMEX, con una producción anual en torno a las 650 toneladas. Dicha empresa se encuentra en San Pedro, Provincia de Buenos Aires. La misma abastece principalmente a la industria local, aunque cuenta con un excedente exportable a los países del MERCOSUR.

No sería aconsejable del todo abastecerse solo a partir de esta compañía, ya que seguramente debería pagarse un costo marginal alto para obtener las cantidades necesarias.

Existen empresas como QUIMINSA en Maipú, Mendoza y Química x Químicos, en CABA, las cuales importan bicarbonato de sodio y lo distribuyen dentro del país. Este insumo puede conseguirse a un precio de 200-250 USD por tonelada puesta en planta.

IV. Aromatizantes y colorantes:

Unas de las principales características en las que se centran los consumidores a la hora de comprar jabones de tocador son sin duda su aroma y su color.

En cuanto a los colorantes, los hay hidrosolubles y liposolubles, sólidos y líquidos. Para los fines del presente estudio sólo vamos a considerar el óxido de hierro y el dióxido de titanio, los cuales le dan colores blanco y naranja al jabón, respectivamente.

Los *colorantes cosméticos* como óxidos de hierro y dióxido de titanio se consiguen principalmente en distribuidores especializados de insumos químicos y cosméticos en Buenos Aires, con envíos a Mendoza y otras provincias.

Colorante	Presentaciones Comunes	Precio de Referencia	Proveedores Principales	Aplicaciones en Jabonería	Observaciones Logísticas
Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	10 g, 25 g, 100 g, 1 kg	\$720 – \$30.399 según cantidad	VanRossum (Bs. As), Pigmentos Pirámide (Bs. As), MercadoLibre (Parvati Natural, Pura Química)	Pigmentos rojos, amarillos, verdes, y azules; alta estabilidad en pH alcalino	Envío interprovincial \$3.500–\$9.000; conviene comparar en volumen
Dióxido de titanio (TiO ₂)	100 g, 500 g, 1 kg	\$866 – \$3.800 según cantidad	VanRossum, Pura Química, MercadoLibre	Blanqueador, opacador, base para tonos claros	Envío similar al anterior; más económico por kilo que óxidos de hierro
Micas y Ultramarinos	10 g – 500 g	\$1.200 – \$6.000	VanRossum, Proveedores Cosméticos Online	Colores perlados, efectos brillantes	Menor estabilidad que óxidos; amplia paleta estética
Arcillas Naturales	100 g – 1 kg	\$1.000 – \$4.500	Distribuidores Cosméticos Locales	Colores suaves (rosa, verde, caolín), propiedades absorbentes	Disponibles en Mendoza y Cuyo; menor costo de envío

Tabla 2.5 - Costos, proveedores y características logísticas de colorantes para jabonería

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en Argentina, los *aromatizantes industriales* para jabón se consiguen principalmente en distribuidores cosméticos como Parvati Natural, Pura Química y Aromatizar Mayorista, con precios promedio entre \$3.100 y \$3.500 por 100 ml de esencia

concentrada. Estas empresas ofrecen envíos nacionales y opciones mayoristas para plantas productivas o emprendimientos de escala media.

La siguiente tabla sistematiza las principales opciones de aromatización disponibles en el mercado, categorizándolas desde fragancias industriales sintéticas (ideales para sostener la rentabilidad de una línea económica por su menor costo por volumen) hasta aceites esenciales puros (orientados a segmentos premium).

Tipo de Esencia	Precio de Referencia	Presentaciones Comunes	Proveedores Principales	Aplicaciones	Consideraciones
Esencias Aromáticas Concentradas (Vainilla, Coco, Lavanda, Rosa)	\$3.140 – \$3.489 / 100 ml	100 ml, 250 ml, 1 l	Parvati Natural, Pura Química	Jabones de tocador, velas, cosmética sólida	Envío transnacional de alto estándar de calidad.
Fragancias Industriales SAPHIRUS / ÁMBAR	\$2.900 – \$5.661 / 500 ml	125 ml, 500 ml, 1 l	Aromatizar Mayorista	Aromatización de jabones, detergentes, ambientadores	Envío estándar, de alto estándar.
Bases Hidrosolubles Aromáticas	\$2.920 – \$3.245 / litro	1 l, 5 l	Pura Química	Integración en bases de jabón líquido	Envío estándar de anterior, para sanitización, para uso de vector.
Aceites Esenciales Naturales (Limón, Menta, Eucalipto)	\$4.000 – \$8.000 / 100 ml	50 ml, 100 ml	Proveedores Cosméticos Locales, MercadoLibre	Segmento premium o natural	Envío con altos costos para sanitización.

Consideraciones Técnicas

- **Compatibilidad:** Hidrosolubles o liposolubles según tipo de jabón.
- **Dosificación:** 0,5% – 2% del peso total del jabón.
- **Normativa:** Cumplir con Resolución ANMAT 155/98.

Tabla 2.6 Costos, clasificación y consideraciones técnicas de esencias para jabonería

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones comerciales 2026.

El eslabón final en la línea de producción, previo a las operaciones de almacenamiento y logística de distribución, corresponde al envasado y empaque del producto terminado, por lo que también se requieren **materiales de envasado** para los jabones en barra y materiales para el paletizado, a saber:

- Film de plástico (envase primario)
- Cartón corrugado o film termoencogible (envase secundario)



- Etiquetas autoadhesivas
- Tintas para impresión
- Palets de madera
- Stretch film para paletizar

Se destacan las siguientes compañías proveedoras:

- **Faplast (Buenos Aires)** → film stretch y termoencogible.
- **FADEP (Santa Fe)** → envases plásticos, pero también provee materiales de embalaje.
- **Cartocor (Grupo Arcor, Córdoba)** → cajas de cartón corrugado industriales.
- **Bizay (online)** → etiquetas autoadhesivas personalizadas.

La siguiente tabla desglosa la estructura de costos estimada para el envasado de un lote estándar de 1.000 unidades. El análisis clasifica los insumos en envoltura primaria (contacto directo con el producto, como papel laminado), empaque secundario (cajas de cartón corrugado y film termoencogible para agrupamiento) e insumos auxiliares para la consolidación y paletizado de la carga.

COSTOS DE INSUMOS PARA ENVASADORA DE JABÓN EN BARRA (1,000 UNIDADES)			
Estimación de costos de insumos para el envasado de 1,000 jabones en barra.			
Insumo	Cantidad por 1,000 Jabones	Costo Unitario (2026)	Costo Total Estimado
Material de Envoltura Primaria			
Film Flowpack (PP)	12 kg (aprox. 500 m)	\$20,000 por bobina	\$24,000
Papel Laminado	10 kg (aprox. 400 m)	\$25,000 por bobina	\$25,000
Material de Empaque Secundario			
Cajas de Cartón Corrugado	40 cajas (packs de 25 jabones)	\$30,000 por lote (50 cajas)	\$30,000
Film Termoencogible	8 kg de film	\$15,000 por bobina	\$12,000
Insumos Auxiliares			
Etiquetas Autoadhesivas	1,000 etiquetas	\$10,000 por rollo (1,000 etiq.)	\$10,000
Stretch Film para Paletizado	6 kg (aprox. 200 m)	\$18,000 por bobina	\$18,000
TOTAL ESTIMADO:			\$119,000

Tabla 2.7 - Estructura de costos de insumos de envasado y empaque por lote de 1.000 unidades

Fuente: Elaboración propia

2.1.5 Mercado Distribuidor

Para el estudio de prefactibilidad que estamos llevando a cabo solo vamos a considerar el costo promedio de transporte, ya que es la variable que más influye en la construcción del flujo de caja.

El precio del transporte depende de la carga y la distancia recorrida y también de muchos factores externos a los mercados involucrados en el proyecto; fundamentalmente el precio del combustible, de los peajes, el costo de los neumáticos y otros repuestos, los costos laborales derivados de los convenios colectivos del transporte, etc.

Es por ello que probablemente dicho precio presente una tendencia al alza en los próximos años.

El costo promedio de transporte por kilómetro y por tonelada puede obtenerse consultando organismos como la Confederación Argentina de Transporte Automotor de Cargas (CATAC) o la Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas (FADEEAC)



Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas

COSTOS DEL TRANSPORTE DE LARGA DISTANCIA
MARZO 2024

* NO SE INCLUYEN LOS COSTOS DE LOS PEAJES.
* LOS VALORES CONSIGNADOS REPRESENTAN LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN SIN UTILIDAD.
* LOS PRECIOS DE LOS INSUMOS Y EL COSTO FINAL NO INCLUYEN EL IVA.

RUBRO	\$/KM	%
MANO DE OBRA	\$ 190.70	15.9%
COMBUSTIBLES	\$ 343.20	28.7%
NEUMÁTICOS	\$ 140.50	11.7%
MANTENIMIENTO	\$ 74.10	6.2%
MATERIAL RODANTE	\$ 100.70	8.4%
PATENTES Y REGISTROS	\$ 17.20	1.4%
SEGUROS	\$ 29.90	2.5%
GASTOS GENERALES	\$ 37.20	3.1%
COSTOS FINANCIEROS	\$ 262.90	22.0%
TOTAL	\$ 1,196.40	100.0%

Tabla 2.8 - Estructura de costos del transporte automotor de cargas de larga distancia (Marzo 2024)

Fuente: Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas (CATAC)

Se dispone de datos sobre el costo por km para el año 2024. En dicho año el costo de transporte por tonelada y por km, tomando un estándar de 28 toneladas de carga útil, era de 42,73 ARS/tn-km. El valor presentado, correspondiente a marzo del 2024, puede



Dada la volatilidad macroeconómica y la constante variación de precios relativos en la estructura productiva nacional, proyectar los costos logísticos a largo plazo exige aplicar herramientas de actualización rigurosas. Para corregir este desvío y llevar el costo del flete por kilómetro al año base de evaluación de la prefactibilidad, resulta indispensable aplicar los índices oficiales de ajuste sectorial.

Las siguientes tablas, elaboradas por la Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas (FADEEAC), detallan la evolución mensual y el índice acumulado de aumento para cada rubro del transporte (combustibles, neumáticos, personal, entre otros) durante los periodos 2024 y 2025.



FECHA 31-dic-24

INDICE DE COSTOS DE TRANSPORTE - ICT
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y COSTOS

INSUMOS		EVOLUCION MENSUAL DE AUMENTO RELATIVO PRODUCIDO EN LOS PRECIOS DE INSUMOS											
ITEM	RUBRO	01/24	02/24	03/24	04/24	05/24	06/24	07/24	08/24	09/24	10/24	11/24	12/24
1	COMBUSTIBLE	22,59%	5,52%	7,31%	4,25%	4,03%	3,35%	3,34%	2,86%	2,30%	-1,59%	2,63%	2,35%
2	LUBRICANTES	0,00%	0,00%	3,50%	5,00%	0,00%	-3,50%	4,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3	NEUMATICOS	2,59%	1,65%	-3,21%	0,25%	-3,56%	0,56%	0,47%	1,64%	0,37%	-0,14%	0,00%	0,00%
4	REPARACIONES	28,94%	6,66%	5,96%	5,35%	8,96%	9,67%	3,01%	1,06%	2,87%	3,23%	2,21%	2,11%
5	MATERIAL RODANTE	31,11%	-7,89%	-1,62%	0,85%	8,70%	10,63%	3,82%	-0,84%	-0,26%	-0,02%	0,00%	0,00%
6	PERSONAL	26,83%	16,80%	26,73%	16,00%	0,00%	5,13%	6,67%	4,49%	4,09%	3,85%	2,78%	2,20%
7	SEGUROS	41,09%	25,93%	1,06%	0,45%	0,00%	3,72%	1,34%	0,00%	1,55%	0,00%	2,90%	0,00%
8	PATENTES Y TASAS	237,76%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,00%
9	COSTO FINANCIERO	-6,21%	-6,77%	-18,61%	-6,93%	-9,87%	-2,31%	6,14%	6,30%	5,10%	5,24%	-4,37%	-2,80%
10	GASTOS GENERALES	9,77%	33,56%	18,06%	5,95%	3,38%	9,93%	4,83%	2,61%	3,71%	4,52%	2,07%	2,28%
11	PEAJE	0,00%	0,00%	5,27%	125,76%	21,19%	3,65%	13,08%	19,43%	4,54%	4,38%	4,75%	1,41%
COSTO GENERAL		20,64%	8,05%	6,41%	6,70%	2,45%	4,66%	4,23%	3,28%	2,71%	1,58%	2,00%	1,70%

INSUMOS		INDICE ACUMULADO DE AUMENTO RELATIVO PRODUCIDO EN LOS PRECIOS DE INSUMOS											
ITEM	RUBRO	01/24	02/24	03/24	04/24	05/24	06/24	07/24	08/24	09/24	10/24	11/24	12/24
1	COMBUSTIBLE	122,59	129,36	138,82	144,73	150,56	155,60	160,80	165,41	169,22	166,52	170,90	174,93
2	LUBRICANTES	100,00	100,00	103,50	108,68	108,68	112,48	117,54	117,54	117,54	117,54	117,54	117,54
3	NEUMATICOS	102,59	104,29	100,94	101,20	97,59	98,14	98,60	100,22	100,59	100,45	100,45	100,45
4	REPARACIONES	128,94	137,52	145,72	153,51	167,26	183,43	188,94	190,95	196,44	202,79	207,28	211,69
5	MATERIAL RODANTE	131,11	120,77	118,81	119,82	130,24	144,08	149,58	148,31	147,92	147,90	147,90	147,90
6	PERSONAL	126,83	148,14	187,73	217,77	217,77	228,94	244,21	255,18	265,60	275,82	283,48	289,73
7	SEGUROS	141,09	177,67	179,56	180,37	180,37	187,07	189,58	189,58	192,52	192,52	198,18	198,18
8	PATENTES Y TASAS	337,76	337,76	337,76	337,76	337,76	337,76	337,76	337,76	337,76	337,76	337,76	337,76
9	COSTO FINANCIERO	93,79	87,44	71,16	66,23	59,69	58,32	61,90	65,80	69,16	72,78	69,60	67,60
10	GASTOS GENERALES	109,77	146,61	173,09	183,39	189,59	208,41	218,46	224,15	232,46	242,98	248,02	253,66
11	PEAJE	100,00	100,00	105,27	237,67	288,03	298,53	337,57	403,15	421,47	439,94	460,82	478,93
ACUMULADO GRAL.		120,64	130,36	138,71	148,01	151,64	158,71	165,42	170,84	175,48	178,25	181,82	184,93

Tabla 2.9 - Evolución mensual y acumulada del Índice de Costos de Transporte
Fuente: Departamento de Estudios Económicos y Costos de FADEEAC (2024).

FADEEAC													
Es Transporte de Cargas													
INDICE DE COSTOS DE TRANSPORTE - ICT													
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y COSTOS													
INSUMOS		EVOLUCION MENSUAL DE AUMENTO RELATIVO PRODUCIDO EN LOS PRECIOS DE INSUMOS											
ITEM	RUBRO	01/25	02/25	03/25	04/25	05/25	06/25	07/25	08/25	09/25	10/25	11/25	12/25
1	COMBUSTIBLE	2,63%	2,25%	2,01%	2,02%	-2,07%	3,68%	4,51%	4,31%	3,82%	3,09%	7,34%	4,43%
2	LUBRICANTES	0,00%	0,00%	3,25%	10,25%	0,00%	0,00%	0,00%	7,50%	0,00%	5,50%	0,00%	3,50%
3	NEUMATICOS	0,00%	0,00%	0,00%	1,54%	0,47%	0,00%	0,00%	0,00%	4,66%	3,83%	1,03%	0,00%
4	REPARACIONES	2,49%	1,78%	2,34%	8,79%	1,87%	2,35%	5,54%	1,67%	3,74%	2,77%	1,95%	1,76%
5	MATERIAL RODANTE	0,00%	1,67%	2,56%	3,61%	2,27%	0,00%	6,22%	1,75%	4,21%	2,19%	1,08%	0,35%
6	PERSONAL	3,22%	1,50%	2,55%	2,25%	1,00%	3,12%	4,18%	1,00%	2,32%	2,75%	1,00%	2,47%
7	SEGUROS	0,00%	3,11%	1,41%	2,29%	0,41%	0,00%	0,00%	6,95%	1,13%	5,51%	1,09%	1,04%
8	PATENTES Y TASAS	70,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
9	COSTO FINANCIERO	0,62%	-0,05%	2,00%	17,54%	0,78%	2,53%	8,82%	25,07%	3,17%	10,36%	-7,41%	-3,71%
10	GASTOS GENERALES	3,49%	1,23%	2,68%	4,86%	3,41%	3,83%	2,52%	1,44%	1,32%	1,02%	1,80%	2,13%
11	PEAJE	0,30%	0,53%	0,39%	0,00%	0,55%	0,58%	0,19%	0,19%	0,21%	0,48%	0,22%	0,23%
COSTO GENERAL		2,62%	1,62%	1,92%	3,77%	0,81%	2,56%	4,03%	3,54%	2,92%	3,27%	2,65%	2,27%

INSUMOS		INDICE ACUMULADO DE AUMENTO RELATIVO PRODUCIDO EN LOS PRECIOS DE INSUMOS											
ITEM	RUBRO	01/25	02/25	03/25	04/25	05/25	06/25	07/25	08/25	09/25	10/25	11/25	12/25
1	COMBUSTIBLE	102,63	104,94	107,05	109,21	106,95	110,88	115,88	120,88	125,50	129,37	138,87	145,02
2	LUBRICANTES	100,00	100,00	103,25	113,83	113,83	113,83	113,83	122,37	122,37	129,10	129,10	133,62
3	NEUMATICOS	100,00	100,00	100,00	101,54	102,02	102,02	102,02	102,02	106,77	110,86	112,00	112,00
4	REPARACIONES	102,49	104,32	106,76	116,14	118,32	121,09	127,80	129,94	134,80	138,54	141,24	143,73
5	MATERIAL RODANTE	100,00	101,67	104,27	108,04	110,49	110,49	117,36	119,42	124,44	127,17	128,54	128,99
6	PERSONAL	103,22	104,77	107,44	109,86	110,95	114,42	119,20	120,39	123,18	126,57	127,84	131,00
7	SEGUROS	100,00	103,11	104,56	106,96	107,40	107,40	107,40	114,86	116,16	122,56	123,90	125,18
8	PATENTES Y TASAS	170,50	170,50	170,50	170,50	170,50	170,50	170,50	170,50	170,50	170,50	170,50	170,50
9	COSTO FINANCIERO	100,62	100,57	102,58	120,57	121,51	124,58	135,57	169,56	174,93	193,05	178,74	172,10
10	GASTOS GENERALES	103,49	104,76	107,57	112,80	116,64	121,11	124,16	125,95	127,62	128,92	131,24	134,03
11	PEAJE	100,30	100,83	101,23	101,23	101,78	102,37	102,56	102,76	102,97	103,46	103,69	103,92
ACUMULADO GRAL.		102,62	104,27	106,27	110,28	111,18	114,02	118,62	122,82	126,41	130,54	133,99	137,03

Tabla 2.10 - Evolución mensual y acumulada del Índice de Costos de Transporte (FADEEAC) - Año 2025

Fuente: Departamento de Estudios Económicos y Costos de FADEEAC (2025)

Para cerrar el análisis de actualización de la matriz logística y llevar los valores al momento exacto de la formulación del proyecto, resulta imprescindible evaluar el impacto inflacionario más reciente sobre el sector del autotransporte.

Complementando las series históricas mensuales, el siguiente gráfico ilustra la evolución interanual acumulada de los componentes del Índice de Costos de Transporte (ICT) para el periodo de cierre a julio de 2026.

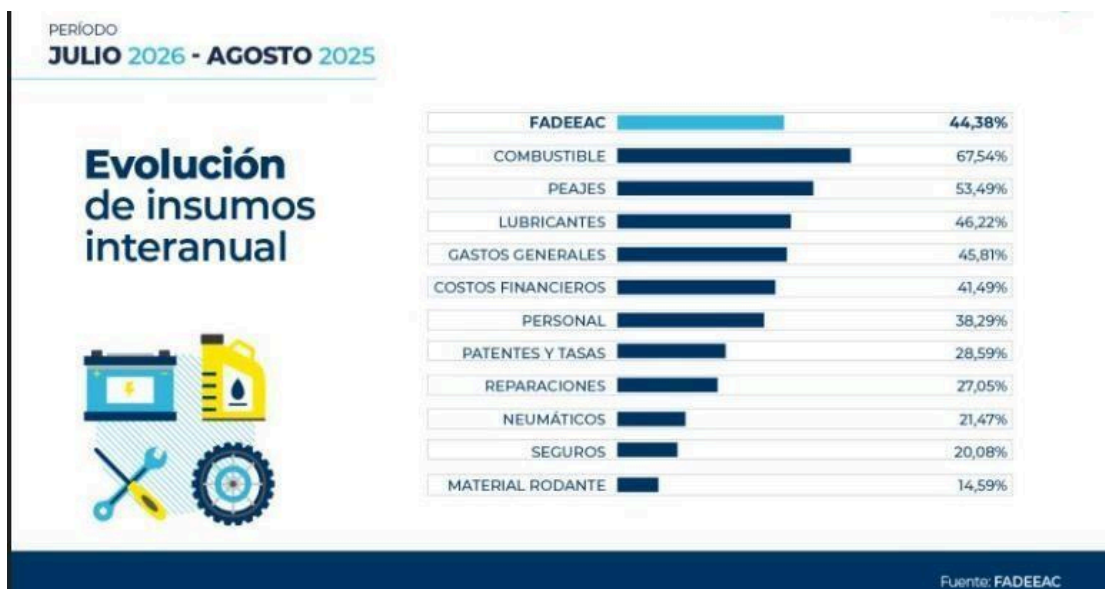


Figura 2.5 - Evolución interanual de los insumos del transporte automotor de cargas (Agosto 2025-julio 2026)

Fuente: FADEEAC

En marzo del 2024 el índice acumulado de precios del transporte fue 138,71, mientras que en diciembre de ese mismo año fue 184,91. Esto quiere decir que a fines del 2024 el costo del transporte era de 56,96 ARS/tn-km.

A comienzos del año 2025 el costo subió un 2,62%, siendo el índice de precios del transporte 102,62 en enero de 2025. Dado que en agosto del 2025 el índice fue de 122,82 el costo de transporte alcanzó los 69,96 ARS/tn-km.

Finalmente, entre agosto del 2025 y julio del 2026 (último dato disponible), el costo de transporte según el índice FADEEAC se incrementó un 44,38%.

A julio del 2026 el costo de transporte por cada km y por cada tonelada asciende a 101,01 ARS/tn-km. Sin embargo, dicha cifra no incluye el costo de los peajes ni considera el



margen de la empresa de transporte. Puede suponerse que el costo real era un 45% más alto, esto es, 146,46 ARS/tn-km. Posteriormente se redondeará el costo a 150 ARS/tn-km

En Argentina, los valores de referencia están pensados para camiones de gran porte con capacidad típica de 25 a 30 toneladas de carga útil (según el tipo de semirremolque y configuración). De hecho, el estándar FADEEAC es un camión de 28 toneladas de carga útil.

2.2. Glicerina USP

2.2.1 Definición del Producto

Como resultado complementario del proceso de hidrólisis de los triglicéridos del sebo destinados a la fabricación de jabones, se genera una corriente de aguas glicerinosas residuales.

El proyecto contempla evaluar la viabilidad de procesar y concentrar dicha corriente para obtener **glicerina de grado USP (United States Pharmacopeia)**, alcanzando una pureza mínima del 99,7%.

A diferencia de la glicerina cruda, cuyo precio en el mercado es extremadamente bajo debido a la sobreoferta histórica impulsada por la industria del biodiésel, lo que comúnmente la reduce a un producto residual utilizado como fuente de calor por combustión, la valorización de este compuesto a través de un proceso de purificación permite acceder a mercados de mayor exigencia.

Estequiométricamente, la disponibilidad de este subproducto está condicionada por el volumen de jabón fabricado. Por lo tanto, el análisis técnico-económico de la planta de concentración abarca los siguientes ejes fundamentales:

- **Disponibilidad de materia prima:** Evaluar si el caudal de glicerina cruda resultante de la producción de jabón alcanza el umbral necesario para garantizar la escala y viabilidad operativa de una unidad de concentración.



- **Estructura de comercialización:** Definir los precios de venta esperados y las modalidades de distribución a granel o bajo condiciones de exportación.
- **Cumplimiento de estándares:** Satisfacer las rigurosas especificaciones técnicas exigidas por las industrias farmacéutica, cosmética, alimentaria y de cuidado personal, permitiendo diversificar los ingresos y maximizar la rentabilidad global del proceso oleoquímico.

Se evaluará principalmente a qué precio se podría vender dicho producto y si la cantidad de glicerina disponible como consecuencia de la producción de jabón alcanza para que la proyección de una planta de concentración sea viable.

2.2.2 Mercado consumidor

El análisis del mercado consumidor de glicerina refinada de grado USP (pureza mínima del 99,7%) se centra en evaluar la demanda de un compuesto ampliamente valorado por sus propiedades humectantes, solventes y edulcorantes, el cual desempeña un rol fundamental en procesos de fabricación de múltiples industrias

El mercado experimenta un fuerte dinamismo impulsado por la creciente conciencia sobre la salud y la higiene, el aumento en la demanda en aplicaciones farmacéuticas, alimentarias, cosméticas e industriales.



Figura 2.6 - Distribución porcentual del mercado consumidor de glicerina por sector industrial

Fuente: Elaboración propia

Consumo mundial según uso final

El volumen de consumo global de glicerina se distribuye de manera sectorial en las siguientes aplicaciones principales:

- **Cosméticos y Cuidado Personal:** Representa el sector de mayor peso con una demanda de 2,62 millones de toneladas (61% del total). Su uso típico comprende concentraciones del 3% al 5% en jabones y del 5% al 8% en humectantes. Mantiene un dominio superior al 33,40% de participación de mercado gracias a sus propiedades hidratantes, emulsionantes y acondicionadoras presentes en cremas, lociones y productos bucales.

Durante 2024 se comercializaron al por menor más de 260 millones de artículos de cuidado personal formulados con glicerina, registrando además el impacto de tendencias de etiqueta limpia con la comercialización de 92 millones de unidades naturales certificadas entre 2022 y 2024.

- **Alimentos y Bebidas:** Este sector consumió 774.000 toneladas (18% del total) en 2024. La glicerina actúa como humectante, edulcorante y agente de relleno,



utilizándose anualmente en 90 millones de unidades de confitería, 52 millones de productos de panadería y 38 millones de litros de bebidas (aportando un valor energético de aproximadamente 27 kcal por cucharadita y un 60% del dulzor en comparación con el azúcar, lo que favorece la vida útil y protege la salud dental).

- **Productos Farmacéuticos:** El consumo experimentó un incremento, pasando de 400.000 a 516.000 toneladas (12% del total) entre 2021 y 2024.

Se emplea en jarabes para la tos, recubrimientos de tabletas, supositorios y formulaciones tópicas cumpliendo funciones de disolvente, conservante y agente hiperosmolar, con un registro de 2,2 millones de unidades vendidas en tabletas de liberación controlada de glicerina-API hasta mediados de 2024.

- **Aplicaciones Industriales:** Concentró 387.000 toneladas (9% del total) en 2024, utilizándose como plastificante, disolvente, anticongelante, precursor de la nitroglicerina, fluidos para metales, adhesivos y resinas alquídicas.

Las normativas europeas orientadas a reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOC) incrementaron su uso en recubrimientos industriales en aproximadamente un 0,6%.

Distribución Geográfica de la Demanda

Entre 2021 y 2024, se invirtieron más de 1.200 millones de dólares a nivel mundial en infraestructura de refinación y producción de glicerina. Durante este período entraron en funcionamiento más de 26 nuevas plantas de procesamiento de glicerina, cada una con una producción promedio de 23.000 toneladas métricas al año, añadiendo más de 598.000 toneladas métricas de nueva capacidad al mercado mundial de la glicerina.

- **Asia-Pacífico:** Lidera el mercado global capturando más del 49% de la cuota (con una proyección de participación del 38,91%), respaldada por el crecimiento poblacional y una sólida demanda en cuidado personal, alimentos y farma.



- **Europa y América del Norte:** Se consolidan conjuntamente con Asia como los principales centros de consumo mundial, concentrando el 82% de la demanda global.
- **América del Norte:** Se proyecta como la región de más rápido crecimiento en el periodo de pronóstico, impulsada por la expansión farmacéutica y alimentaria, la demanda de insumos naturales y marcos regulatorios favorables hacia la química de base biológica.

Están surgiendo nuevas oportunidades de inversión en la valorización de la glicerina cruda. Actualmente, más de 1,45 millones de toneladas métricas de glicerina cruda siguen infrautilizadas o degradadas anualmente.

Proyectos piloto en Estados Unidos, Brasil y Corea del Sur están explorando su conversión en etanol, propilenglicol y bioplásticos, con rendimientos potenciales de 0,85 kg de etanol por kg de glicerina. Si se ampliara, incluso una utilización del 10% de este excedente podría agregar 145.000 toneladas métricas de derivados de alto valor a la cadena de valor mundial de la glicerina.

El mercado está experimentando un fuerte crecimiento debido a la creciente conciencia sobre la salud y la higiene, la creciente demanda de ingredientes de origen vegetal y el aumento del uso en la fabricación de productos químicos de base biológica.

Se espera que el segmento de glicerina refinada domine el mercado, representando más del 62,75% de la participación de mercado, impulsado por su alta pureza y su amplia aplicación en formulaciones farmacéuticas y de cuidado personal.

Se proyecta que la glicerina a base de aceite vegetal lidere el mercado por fuente, debido a la creciente tendencia de ingredientes naturales y sostenibles en los sectores de alimentos, cosméticos y atención médica.

Se prevé que el segmento de aplicaciones de cuidado personal y cosméticos mantenga su dominio con más de 33,40 % de participación de mercado debido a sus propiedades



hidratantes, emulsionantes y acondicionadoras de la piel, ampliamente utilizadas en cremas, lociones y productos para el cuidado bucal.

Se espera que Asia-Pacífico domine el mercado de glicerina con una participación del 38,91%, respaldada por la abundante disponibilidad de materias primas, el crecimiento de la población y la sólida demanda en los sectores de cuidado personal, alimentos y farmacéutico.

Se proyecta que América del Norte será la región de más rápido crecimiento durante el período de pronóstico, impulsada por la creciente demanda de ingredientes naturales, la expansión de la fabricación de productos farmacéuticos y de alimentos y estándares regulatorios favorables que fomentan la adopción de productos químicos de base biológica.

2.2.3. Mercado Competidor

El análisis de la oferta y la competencia en el mercado de la glicerina requiere examinar la estructura productiva, las barreras tecnológicas, las inversiones globales recientes y la dinámica histórica de precios.

La saturación del mercado internacional y el descenso de los precios de venta han planteado un serio problema que en la actualidad llega incluso a considerarse la fase glicerina como un coste para la fábrica debido a la necesidad de gestionarlo como residuo.

La glicerina de Grado USP (la más pura) presenta precios internacionales más elevados por su valor agregado que la glicerina Cruda o Bruta. Sin embargo, la purificación de la glicerina no resulta una solución atractiva para las plantas de biodiesel de Argentina ya que su proceso de purificación resulta demasiado costoso para competir en el mercado saturado a corto plazo.



- **Condicionamiento estequiométrico:** La producción de glicerina cruda se encuentra estrictamente ligada al volumen fabricado de jabón (por la hidrólisis de triglicéridos) y de biodiésel.
- **Sobreoferta de glicerina cruda:** Históricamente, la masiva expansión de la industria del biodiésel generó una sobreoferta global de glicerina cruda, reduciendo su valor económico al punto de ser tratada como un residuo destinado a la combustión como fuente de calor o a la alimentación animal (con precios extremadamente bajos, de entre 4 y 11 centavos de dólar por kg en determinados ciclos).
- **Barrera de entrada y costos de purificación:** Purificar la glicerina cruda hasta alcanzar los estándares de grado USP (pureza mínima del 99,7%) exige tecnología avanzada de destilación al vacío y filtración molecular. Una planta de refinamiento puede demandar una inversión cercana a los 20 millones de dólares.

Esto explica por qué el proceso de purificación no resulta atractivo para los productores estándar de biodiésel, pero representa una ventaja estratégica para el presente proyecto al capturar el alto valor agregado del mercado farmacéutico y cosmético.

El mercado internacional ha experimentado una importante entrada de capital destinada a modernizar la infraestructura de refinación:

- **Inversión global:** Se destinaron más de 1.200 millones de dólares a nivel mundial, permitiendo la puesta en marcha de más de 26 nuevas plantas con un promedio de 23.000 toneladas métricas anuales cada una, sumando más de 598.000 toneladas métricas de nueva capacidad anual.
- **Región Asia-Pacífico:** Concentró la mayor parte de las inversiones (más de 540 millones de dólares). Destacan Malasia e Indonesia con 14 nuevas líneas instaladas (2022-2024) que superan las 290.000 toneladas métricas anuales, aprovechando la

disponibilidad de aceite de palma y coco y la cercanía a grandes importadores como China e India (cuya demanda interna superó las 250.000 toneladas en 2024).

- **América del Norte:** Focalizó sus recursos en tecnología de purificación y glicerina sintética. Las refinerías principales en Estados Unidos ampliaron su capacidad en un 25% (incorporando 125.000 toneladas métricas anuales de glicerina refinada), impulsadas por una demanda interna de calidad farmacéutica que alcanzó las 540.000 toneladas métricas en 2024.
- **Europa:** Orientó 280 millones de dólares hacia la sostenibilidad y la modernización de refinerías para superar el umbral de 99,7% de pureza y reducir entre un 18% y un 25% el consumo energético. Alemania lideró este proceso modernizando sus mayores instalaciones con destilación al vacío y filtración molecular, aportando 90.000 toneladas métricas adicionales.

Evolución Histórica de Precios

- **Tendencia de largo plazo:** El precio de la glicerina refinada sufrió un marcado descenso desde los 4.000 €/tonelada registrados en el año 2000 hasta los 450 €/tonelada en 2010.
- **Punto de inflexión:** A partir del año 2020, el mercado experimentó un cambio de tendencia impulsado por el crecimiento demográfico y el desarrollo de nuevas clases consumidoras en economías emergentes (China, India, Rusia y América Latina) que incrementaron la demanda de productos de higiene, cosmética y cuidado personal.
- **Referencias de mercado:** Como referencia histórica de estabilización, hacia 2014 la glicerina refinada en Estados Unidos se comercializó a USD 900 por tonelada, mientras que la cruda cotizó a USD 240 por tonelada.

La comercialización de la glicerina obtenida del proceso de desdoblamiento o saponificación no solo responde a una demanda interna constante, sino que se enmarca dentro de una tendencia de fuerte expansión internacional.

La siguiente tabla y gráfico exponen la evolución del precio FOB de la Glicerina USP entre los años 2000 y 2025 para las principales plazas globales (EE.UU., Europa, Sudeste Asiático y Brasil).

Adicionalmente, el cuadro sistematiza los factores clave de fluctuación, los promedios históricos por quinquenios y los escenarios de precio (Bajo, Medio y Alto) utilizados para modelar los flujos de caja y realizar un análisis de sensibilidad financiera robusto frente a ciclos de depresión o bonanza de precios.

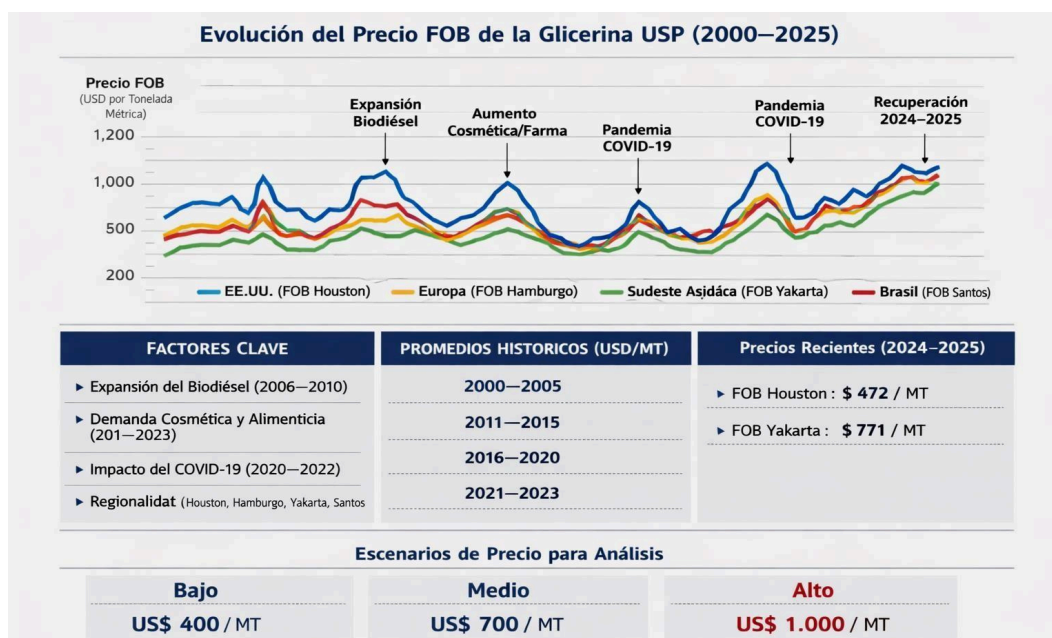


Tabla 2.11 - Evolución histórica, factores clave y escenarios de precios FOB de la Glicerina USP (2000-2025)

Fuente: Elaboración propia

Actualmente se prevé que el crecimiento de la demanda de productos de higiene y cosméticos naturales impulse la demanda de glicerina USP de forma tal que se absorban las inversiones en capacidad instalada para la producción de dicho bien mencionadas en el apartado anterior. Esto generaría una estabilidad en el precio.

Si observamos la tendencia a lo largo de los años podemos ver que el precio de la glicerina USP se puede ver un estancamiento con cierta volatilidad hasta el año 2020, pero a partir de dicho año se observa un crecimiento sostenido.

En el futuro se prevé un aumento en la demanda de glicerina USP de la mano del crecimiento de la industria cosmética y alimentaria en los países en desarrollo. Al aplicar promedios móviles ponderados se puede realizar la siguiente estimación para los años venideros.

La siguiente tabla detalla la proyección del precio FOB de la Glicerina USP para el periodo comprendido entre 2027 y 2036, incorporando la variación porcentual anual esperada y los fundamentos técnicos que sustentan la tendencia (tales como la estabilización post-pandemia, el dinamismo de la demanda cosmética y farmacéutica, y la expansión de la biotecnología).

Año	Precio Estimado (USD/MT)	Variación Anual (%)	Comentario Técnico
2027	720	—	Inicio de estabilización post-pandemia.
2028	755	+4,9%	Demanda cosmética/farma en alza.
2029	790	+4,6%	Expansión del biodiésel.
2030	825	+4,4%	Consolidación de Asia.
2031	860	+4,2%	Ajuste por sobreoferta.
2032	895	+4,1%	Recuperación industrial.
2033	930	+3,9%	Crecimiento estable.
2034	965	+3,8%	Estabilidad de mercados.
2035	1.000	+3,6%	Biotecnología y derivados.
2036	1.050	+5,0%	Nuevo máximo proyectado.
Tendencia Proyectada: Incremento Gradual hacia US\$ 900 – 1.050 / MT Promedio Móvil Ponderado			

Tabla 2.12 - Proyección del precio FOB de la Glicerina USP (2027–2036)

Fuente: Elaboración propia

Escenarios posibles respecto al precio FOB de la Glicerina USP.

El precio FOB de la glicerina grado USP en el mercado internacional está sujeto a una compleja matriz de variables macroeconómicas e industriales. Al tratarse de un subproducto cuya oferta está rígidamente atada a la producción de otros bienes principales (como el biodiésel o el jabón), su cotización presenta fluctuaciones cíclicas.

Para evaluar la resiliencia financiera del proyecto, es importante identificar las variables críticas de mercado y proyectar distintos escenarios comerciales.

La cotización de la glicerina USP está fuertemente influenciada por los siguientes factores a escala global:

1. **Producción mundial de biodiésel:** Constituye la principal fuente de oferta de glicerina cruda. Un aumento en su producción inunda el mercado de materia prima, presionando los precios a la baja.
2. **Capacidad global de refinación a grado USP:** Los cuellos de botella en la infraestructura de destilación y purificación limitan la oferta de glicerina de alta pureza, sosteniendo su prima de precio sobre la variante cruda.
3. **Demanda de las industrias:** El crecimiento sostenido de los sectores farmacéutico, cosmético y de cuidado personal asegura un piso de consumo inelástico para el grado USP.
4. **Precio de los aceites vegetales:** Las cotizaciones de los aceites de soja, palma y colza impactan directamente en la rentabilidad y el volumen operativo de las plantas oleoquímicas y de biodiésel.
5. **Costos logísticos y energéticos:** Las variaciones en las tarifas de flete marítimo internacional y los costos de energía (críticos para los procesos térmicos de destilación al vacío) afectan los márgenes de exportación.

6. **Tipo de cambio y políticas comerciales:** Las barreras arancelarias, retenciones y fluctuaciones cambiarias alteran la competitividad en las distintas plazas de exportación.
7. **Disponibilidad regional:** Las asimetrías de oferta y demanda entre Sudamérica, el Sudeste Asiático, Europa y Estados Unidos generan diferencias transitorias en los precios FOB regionales.

Para estructurar la evaluación de riesgo, se definen **cuatro escenarios prospectivos** basados en diferentes comportamientos de la oferta, la demanda y el contexto geopolítico.

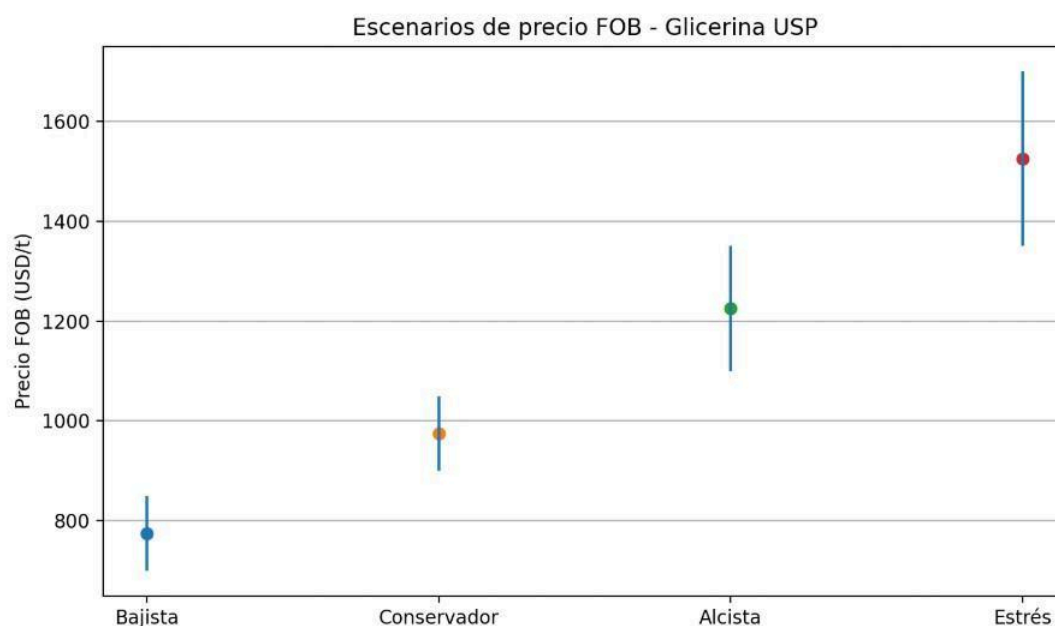


Figura 2.7 - Escenarios posibles precio FOB glicerina

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 1 – Conservador (mercado estable)

Este escenario asume un crecimiento orgánico y predecible de los mercados. Se perfila como el escenario más probable debido a que la demanda de la región Asia-Pacífico ha logrado absorber el aumento en la capacidad instalada global, estableciendo un estado de equilibrio dinámico entre la oferta y el consumo.

- **Supuestos:** Crecimiento moderado del consumo farmacéutico, producción de biodiésel estabilizada, costos logísticos dentro de promedios históricos y ausencia de disrupciones comerciales significativas.

<i>Variable</i>	<i>Valor esperado</i>
<i>Precio FOB</i>	<i>USD 900–1.050/t</i>
<i>Probabilidad</i>	<i>Alta</i>
<i>Tendencia</i>	<i>Estable</i>

Tabla 2.13 - Valores esperados de mercado para el precio FOB, “*Escenario Conservador*”

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 2 – Alcista

Este escenario contempla una tracción vigorosa por parte de las industrias de mayor valor agregado, superando la capacidad de respuesta inmediata de las refinerías mundiales.

- **Supuestos:** Incremento pronunciado en la demanda farmacéutica y cosmética, sumado a una menor disponibilidad de glicerina USP debido a limitaciones o saturación en la capacidad global de refinación.
- **Factores impulsores:** Aumento agresivo de exportaciones hacia mercados maduros (Europa y Norteamérica), mayores restricciones ambientales que encarezcan o

limiten la refinación de baja eficiencia, y un alza generalizada en los costos energéticos.

<i>Variable</i>	<i>Valor esperado</i>
<i>Precio FOB</i>	<i>USD 1.100–1.350/t</i>
<i>Probabilidad</i>	<i>Media</i>
<i>Tendencia</i>	<i>Alcista</i>

Tabla 2.14 - Valores esperados de mercado para el precio FOB, “Escenario Alcista”

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 3 – Bajista

Refleja un mercado presionado por el exceso de disponibilidad, característico de los ciclos de fuerte fomento a los biocombustibles.

- **Supuestos:** Crecimiento explosivo y subsidiado de la producción mundial de biodiésel, generando un exceso masivo de glicerina cruda disponible. Esto, combinado con la entrada en operación de nuevas mega refinerías y un estancamiento en la curva de demanda de productos de higiene, inunda el mercado de glicerina USP.

<i>Variable</i>	<i>Valor esperado</i>
<i>Precio FOB</i>	<i>USD 700–850/t</i>
<i>Probabilidad</i>	<i>Media</i>
<i>Tendencia</i>	<i>Bajista</i>

Tabla 2.15 - Valores esperados de mercado para el precio FOB, “Escenario Bajista”

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 4 – Estrés (alta volatilidad)

Plantea un entorno de crisis internacional que disrumpe las cadenas de suministro normales, elevando artificialmente el valor del producto por escasez logística más que por demanda orgánica.

- **Supuestos:** Conflictos geopolíticos que afecten rutas navieras, aumentos drásticos en las tarifas de fletes, imposición de barreras o restricciones comerciales severas, y escasez temporal crítica de materias primas oleaginosas.

<i>Variable</i>	<i>Valor esperado</i>
<i>Precio FOB</i>	<i>USD 1.350–1.700/t</i>
<i>Probabilidad</i>	<i>Baja</i>
<i>Tendencia</i>	<i>Muy alcista</i>

Tabla 2.16 - Valores esperados de mercado para el precio FOB, “Escenario *Estrés*”

Fuente: Elaboración propia.

A partir de aquí se tomará un precio de venta de 700 USD/tn para hacer un análisis conservador.

El resultado del análisis será la rentabilidad mínima esperada.

Aplicación en la Modelización Financiera y Análisis de Sensibilidad

La tendencia macroeconómica proyectada prevé un incremento gradual que ubicará los precios FOB de la Glicerina USP en una franja de **USD 900 a USD 1.350 por tonelada métrica**. Este marco económico resulta sumamente favorable, asegurando el retorno de la inversión para la unidad de concentración y destilación al vacío propuesta en la ingeniería del proyecto.

No obstante, para garantizar la rigurosidad y robustez de la evaluación económica frente a fluctuaciones adversas, la modelización financiera y el cálculo de indicadores (VAN y TIR) se fundamentan en las siguientes premisas estratégicas:

- **Piso Conservador de Rentabilidad (Caso Base de Estrés):** Se adoptará un precio de venta proyectado de **USD 700 / t**, asumiendo la materialización del "Escenario Bajista" originado por potenciales remanentes de sobreoferta global.

El resultado de este análisis determinará la rentabilidad mínima esperada del proyecto, asegurando que la planta sea viable incluso en el punto más bajo del ciclo económico.

- **Valor Medio de Largo Plazo:** El precio de **USD 900 / t** se utilizará como referencia central para la planificación financiera estándar, basado en promedios móviles ponderados.
- **Escenario Optimista:** Se contempla un techo de **USD 1.350 / t** para medir el impacto de la tracción sostenida de la industria cosmética y las nuevas aplicaciones biotecnológicas en el flujo de caja operativo.

2.2.4. Mercado Proveedor

Dado que se trata de un subproducto, solo se analizarán los insumos diferenciales requeridos para su distribución. Se necesitarán tambores de acero o de HDPE de 200 L de capacidad o tanques ISO de 20.000 a 25.000 L y cilindros de nitrógeno gas comprimido.

Proveedores en Argentina

- **Envase y Bidón**
 - Ofrecen tambores plásticos de HDPE de 200 L y tambores metálicos de chapa.
 - Aptos para uso alimenticio, agroindustrial y químico.

- Venta minorista y mayorista, entrega inmediata.

- **Fabritam**

- Fabricante de tambores metálicos de 200 L con tapa desmontable y cierres de aro a bulón o palanca.
- Usados en exportación de químicos, alimentos y lubricantes.
- Espesor de chapa: 0,70–1,25 mm; altura: 875 mm.

- **Tambores Todaro SRL**

- Empresa con más de 30 años en reciclaje y venta de envases industriales.
- Ofrecen tambores plásticos y metálicos de 200 L reacondicionados, además de IBC de 1.000 L.
- Envíos a CABA y alrededores.

Todos se encuentran emplazados en Buenos Aires y Santa Fe. La elección entre envases metálicos y plásticos incide directamente en los costos operativos variables, la seguridad del manipuleo, la resistencia mecánica frente a los trayectos de larga distancia y las exigencias de almacenamiento prolongado o exportación.

La siguiente tabla presenta un análisis comparativo detallado entre los tambores metálicos y los tambores de polietileno de alta densidad (HDPE) de 200 litros, considerando variables críticas como peso unitario, costos de adquisición y flete, apilamiento y vida útil.

Comparativo Logístico de Tambores de 200 L: Buenos Aires → Mendoza

Aspecto	Tambores Metálicos (200 L)	Tambores Plásticos HDPE (200 L)
Peso Unitario	18–22 kg	8–10 kg
Costo Unitario (2026)	ARS 55.000 – 70.000	ARS 45.000 – 55.000
Resistencia	Alta resistencia mecánica, apto exportación	Buena resistencia química, menor robustez a impactos.
Certificación	Alimenticia/química, apto exportación	Alimenticia/química, apto uso interno.
Transporte (Buenos Aires → Mendoza)	ARS 2.500 – 3.000 por unidad (Lote de 10–20)	ARS 1.800 – 2.200 por unidad (Lote de 10–20)
Apilamiento	Seguro en 3–4 niveles	Recomendado 2–3 niveles
Vida Útil	10–15 años (reutilizable, reacondicionable)	5–7 años (reciclable, menor durabilidad)
Conveniencia	Ideal para exportación y almacenamiento prolongado.	Ideal para distribución nacional y menor costo logístico.

Tabla 2.17 - Comparativo logístico de tambores de 200 litros para transporte y almacenamiento (Buenos Aires – Mendoza)

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al nitrógeno, se pueden conseguir cilindros de distintas capacidades con nitrógeno comprimido a 200 bar. A continuación, se presentan las distintas posibilidades.

La siguiente tabla detalla las dimensiones, volúmenes internos, pesos en vacío y costos de adquisición de los cilindros de nitrógeno en un rango de 1 a 10 metros cúbicos, complementándose con las tarifas de recarga para calidades de pureza estándar (Pureza 4.8) y alta pureza (Alta Pureza 5.0) a una presión de referencia de 200 bar.

CAPACIDADES DE CILINDROS DE NITRÓGENO GASEOSO					TARIFAS DE CARGA DE NITRÓGENO GASEOSO			
Capacidad	Volumen Interno (Litros)	Dimensiones Aproximadas	Peso Vacío	Precio Aprox. (ARS)	Tipo de Cilindro	Capacidad Útil	Carga N ₂ Pureza 4.8	Carga N ₂ Alta Pureza 5.0
1 m ³	6,6 L	Ø 140 mm × 655 mm	13,4 kg	\$239.200	6 m ³	6 m ³	\$10.800 – \$13.200	\$12.600 – \$15.200
2 m ³	13,3 L	Ø 140 mm × 1170 mm	22,4 kg	\$324.800				
4 m ³	20 L	Ø 232 mm × 680 mm	22,4 kg	\$324.800	10 m ³	10 m ³	\$18.600 – \$22.000	\$21.000 – \$26.000
6 m ³	30 L	Ø 232 mm × 920 mm	34 kg	\$524.600				
8 m ³	40 L	Ø 234 mm × 1180 mm	54 kg	\$619.600				
9 m ³	45 L	Ø 235 mm × 1300 mm	48 kg	\$639.600				
9 m ³	50 L	Ø 235 mm × 1300 mm	53 kg	\$650.600				
10 m ³	50 L	Ø 232 mm × 1420 mm	68 kg	\$680.800				

* Precio por carga completa, a 200 bar.
 ** Valores por cilindro; no incluyen flete.

Tabla 2.18 - Capacidades técnicas de cilindros de nitrógeno gaseoso y tarifas de recarga por grado de pureza

Fuente: Elaboración propia

La capacidad es el volumen de nitrógeno equivalente liberado a 0°C y 1 atm, es decir, el volumen normal. Existen muchos proveedores de nitrógeno de alta pureza con certificaciones ISO 9001 e IRAM Q800.

La siguiente tabla detalla los principales proveedores de gases industriales en Argentina, analizando su ubicación principal, su especialización en productos, su cobertura logística y las certificaciones de calidad que avalan sus operaciones.

Proveedor	Ubicación Principal	Especialización	Cobertura Logística	Certificación
Linde Gas Argentina S.A.	San Justo (Buenos Aires)	Gases industriales y medicinales (N ₂ , O ₂ , Ar, CO ₂)	Nacional, Campana, Roscina, Córdoba	ISO 9001, IRAM Q 800
Air Liquide Argentina S.A.	Tortuguitas (Buenos Aires)	Gases de alta pureza y criogenia	Nacional e Internacional	ISO 14001, IRAM Q 900
Gases Campana S.A.	Campana (Buenos Aires)	Cilindros y gases técnicos	Buenos Aires, Cuyo, Litoral	IRAM Q 800, ENARGAS
SOLDANET SRL	CABA	Cilindros y carga de N ₂ y O ₂	Cobertura Nacional	IRAM Q 800, SENASA
Indura Argentina S.A.	Avellaneda (Buenos Aires)	Gases industriales y soldadura	Nacional y Mercosur	ISO 9001, IRAM Q 800
Gases del Litoral SRL	Rosario (Santa Fe)	Gases comprimidos y criogénicos	Centro y Norte del País	IRAM Q 800
Cryogas Argentina S.A.	Córdoba	Gases líquidos y vaporizadores	Centro y Cuyo	ISO 9001, IRAM Q 800

Tabla 2.19 - Principales proveedores, especialización, cobertura logística y certificaciones en el mercado de gases industriales

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. Mercado Distribuidor

La glicerina concentrada grado USP llegaría en camiones a los puertos de Buenos Aires y/o Santa Fe, para luego ser embarcada a los mercados de Asia-Pacífico, principalmente.

Para transportar los tambores hasta los puertos se puede recurrir a empresas de logística como las mencionadas para el caso del jabón de tocador.

2.3. Conclusión

Las materias primas críticas para la producción de jabón y glicerina son el sebo vacuno y la soda cáustica, que cuentan con un respaldo logístico y geográfico favorable en la franja centro- este del país.

- El sebo vacuno, vinculado al dinamismo de la industria frigorífica y los incentivos a la exportación cárnica, presenta una disponibilidad sostenida con precios de referencia estables en el rango de 1,2 a 1,4 USD/kg.
- Por su parte, el abastecimiento de soda cáustica, altamente concentrado en actores primarios como Unipar, se complementa de manera competitiva con opciones de importación directa desde Brasil para mitigar riesgos de desabastecimiento frente a la alta demanda multisectorial.

Mercado de Jabones de Tocador: Presenta una dinámica cercana a la competencia perfecta, caracterizada por una alta atomización de productos poco diferenciados, pero con un nivel de concentración elevado donde tres compañías principales (Unilever, Colgate-Palmolive y Dreamco) controlan aproximadamente el 80% de la cuota.

Esta estructura justifica estratégicamente la adopción de un modelo B2B o de producción de "marcas blancas", evitando la colisión directa en góndola. Asimismo, su demanda es altamente inelástica y fuertemente sincronizada con el crecimiento demográfico (partiendo de una demanda orgánica base superior a las 46.000 toneladas anuales), ofreciendo un volumen de ventas estable apalancado por el efecto sustitución en contextos macroeconómicos desfavorables.

El precio de venta del productor para un pack familiar estándar de tres barras de 300 g de jabones de tocador se posiciona en aproximadamente **\$1.282,05**. Este valor permite descomponer el precio final de **\$2.500** abonado por el consumidor en góndola de la siguiente manera:

- **\$500** correspondientes a la carga tributaria e impositiva.
- **\$461,54** destinados al margen de comercialización de los supermercados y minoristas.
- **\$256,38** absorbidos por la cadena de distribución y logística.



Mercado de Glicerina USP: Tiende hacia un comportamiento de oligopolio, condicionado por las significativas barreras tecnológicas y de capital requeridas para los procesos de purificación y destilación al vacío.

Su demanda se encuentra fuertemente traccionada por la actividad de las industrias farmacéutica, alimenticia, cosmética y química especializada, operando actualmente con un precio FOB de negociación competitivo de 1.000 USD/tn, plenamente alineado con los escenarios de valorización a mediano y largo plazo.

En cuanto a la logística y Cadena de Distribución: La viabilidad operativa depende de una eficiente gestión del transporte de materias primas y productos terminados. Incorporando las actualizaciones sectoriales de los índices de costos (FADEEAC), se determina un costo de transporte promedio de referencia de **150 ARS/tn-km**.

Esto ratifica la necesidad de optimizar las rutas hacia los principales centros de consumo interno (GBA, Región Pampeana, Litoral, Cuyo y NOA) y asegurar los canales de exportación portuaria para los subproductos refinados de alta pureza mediante el uso de sistemas de contención normativizados (como tambores de polietileno de alta densidad y acero).



CAPÍTULO III: TECNOLOGÍA

3.1. Introducción

Los **jabones**, junto a los detergentes, son productos químicos conocidos como tensoactivos o surfactantes. Este tipo de productos presentan una serie de características distintivas, entre las cuales destacan las siguientes:

- Permiten reducir la tensión superficial del agua, por lo cual, pueden remover la suciedad.
- Cuentan con poder humectante y emulsionante.
- Poseen la capacidad de generar espuma en contacto con el agua, lo que facilita la eliminación de residuos.

La **definición** más simple de jabón es la siguiente:

“Los jabones son sales derivadas de la hidrólisis en medio alcalino de ésteres del glicerol con diversos ácidos grasos. Dicha reacción química es conocida como saponificación de cuerpos grasos, animales o vegetales.

Referencias
- R : Cadena carbonada de estructura y longitud variable
- COOH : Grupo funcional llamado grupo carboxilo

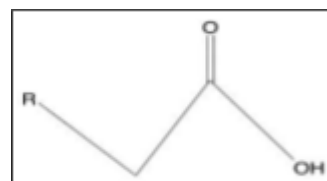


Figura 3.1 - Estructura química general de un ácido graso.

Fuente: Elaboración propia.

Para que un ácido produzca una sal, este debe perder el hidrógeno de los OH^- , el cual será sustituido por un ion con la misma carga eléctrica. Si se utiliza soda cáustica para promover la reacción, el catión Na^+ sustituye al H^+ . Una vez finalizada la sustitución el resultado será una sal con la siguiente estructura:

Características
Sal soluble en agua, parte polar (hidrófila) que es afín al agua y otra parte apolar (hidrófoba) es soluble en aceites o grasas.

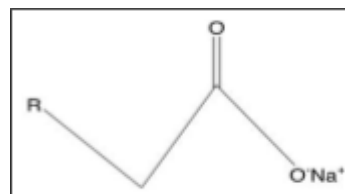


Figura 3.2 - Estructura química de una molécula de jabón (sal sódica de ácido graso).

Fuente: Elaboración propia.

Cuando el jabón entra en contacto con el agua, la molécula se polariza orientando su parte hidrófila hacia el agua, y la hidrófoba hacia la grasa, quedando esta última confinada en el interior de una micela. De esta manera, la grasa queda en el interior de la cápsula y puede ser eliminada por el agua



3.2. Alternativas tecnológicas

La selección de la tecnología de producción constituye una de las etapas más críticas en el diseño de una planta industrial, ya que define no sólo la viabilidad técnica y económica del proyecto, sino también su huella ambiental y sostenibilidad a largo plazo.

A grandes rasgos existen dos procesos para obtener jabón, los cuales se distinguen por la cantidad de etapas en las que se realiza la saponificación y por ende en las proporciones de los reactivos en el sistema reaccionante.

Como ya se mencionó anteriormente, el jabón se produce cuando un álcali fuerte reacciona con materia o ácidos grasos libres.

3.2.1. Saponificación directa

La materia grasa reacciona con hidróxido de sodio en proporciones estequiométricas en una sola etapa, obteniéndose jabón y glicerina.

En un proceso de tales características la hidrólisis de los triglicéridos y la neutralización de los ácidos grasos resultantes ocurre en una sola etapa directa, de tal forma que el jabón y la glicerina terminan mezclados de forma homogénea.

A continuación, se presenta un diagrama de bloques para ilustrar el proceso.

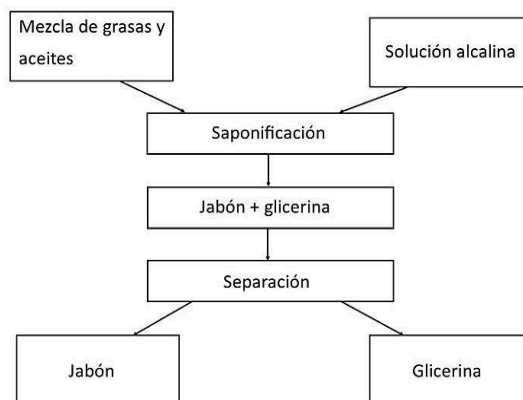


Figura 3.3 - Diagrama de bloques del proceso general de saponificación directa

Fuente: Elaboración propia.

La figura siguiente representa la reacción química de saponificación directa.

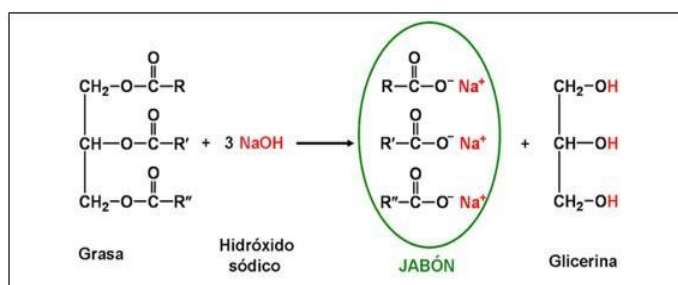


Figura 3.4 - Reacción química de saponificación de grasas con hidróxido sódico para la obtención de jabón y glicerina

Fuente: [El libro del jabón](#) 2022

La solución alcalina rompe los enlaces éster de la estructura grasa, neutralizando los grupos funcionales para transformar los ácidos grasos en sales (jabón) y liberando simultáneamente la glicerina en una única fase conjunta.

Ventajas

- **Simplicidad operativa:** Al llevarse a cabo en una **sola etapa** mediante la reacción estequiométrica de la materia grasa con el hidróxido de sodio, el diseño del proceso y la infraestructura requerida son sumamente directos.
- **Menor inversión inicial:** Demanda una menor complejidad en equipos y menor superficie de planta en comparación con los procesos avanzados de hidrólisis y refinación en múltiples etapas.
- **Retención de componentes:** Permite retener de forma directa los subproductos dentro de la masa, lo que en ciertas formulaciones artesanales o semindustrializadas simplifica el manejo de la fase glicerinoso.

Desventajas

- **Dificultad para la purificación de la glicerina:** Al no contar con una separación previa de aguas glicerinosas por desdoblamiento, la obtención de glicerina de alta pureza (grado USP) a partir de este esquema directo resulta compleja y poco eficiente.
- **Menor flexibilidad y control de calidad:** La estandarización del producto final queda altamente condicionada por la calidad inicial de la materia grasa, siendo más susceptible a la presencia de impurezas.
- **Limitación para la valorización industrial:** No es el método óptimo cuando el objetivo secundario de la planta es la concentración masiva de subproductos de alta especificación para mercados de exportación exigentes.

3.2.2. Hidrólisis y Neutralización de cuerpos grasos

A diferencia de los métodos de saponificación directa, esta configuración permite disociar la reacción de obtención del jabón de la separación de los subproductos.

Este proceso también se lleva a cabo utilizando una solución alcalina (NaOH o KOH) pero la principal diferencia operativa radica en que la síntesis del jabón se desenvuelve en **dos etapas secuenciales**:

1. **Primera etapa (Hidrólisis o desdoblamiento)**: Los triglicéridos presentes en el sebo reaccionan con agua a alta presión y temperatura dando dos corrientes independientes: una fase orgánica (ácidos grasos libres) y una fase acuosa (glicerina cruda).

La reacción química se puede representar de la siguiente manera.



Figura 3.5 - Primera etapa: Reacción química de hidrólisis de triglicéridos

Fuente: Elaboración propia

2. **Segunda etapa (Neutralización)**: Los ácidos grasos liberados en la etapa previa se ponen en contacto con la solución alcalina para completar la reacción de neutralización, dando origen a las sales de ácidos grasos (jabón).

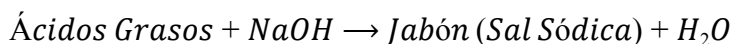


Figura 3.6 Segunda etapa: Reacción química de neutralización de ácidos grasos

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se observa el diagrama de bloques esquematiza la ruta tecnológica de síntesis en dos etapas secuenciales:

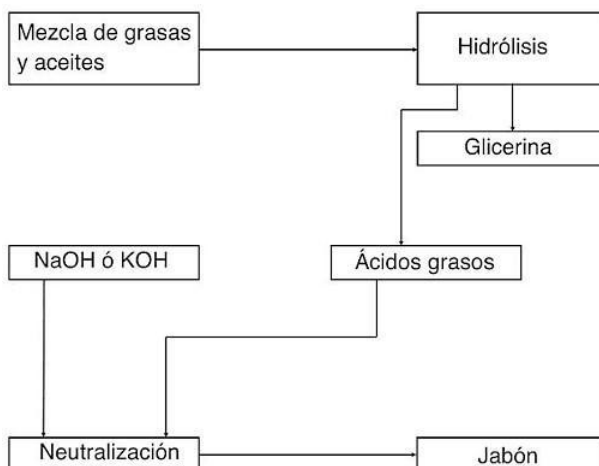


Figura 3.7 - Diagrama de bloques del proceso de hidrólisis y neutralización de cuerpos grasos para la obtención de jabón y glicerina

Fuente: Elaboración propia.

Esta representación gráfica subraya la principal ventaja operativa y estratégica del proyecto: la separación limpia y temprana de la glicerina. Al extraerla antes de la adición del álcali, se evita su mezcla con el jabón, obteniendo una corriente ideal para alimentar el tren de concentración y destilación al vacío necesario para alcanzar el estándar USP (pureza mínima del 99,7%), convirtiéndose en una alternativa técnica sumamente atractiva para maximizar la rentabilidad integral del complejo oleoquímico.

La ruta de hidrólisis seguida de neutralización no suele seleccionarse de manera prioritaria para la fabricación masiva y de bajo costo de jabones de tocador estándar, donde la saponificación directa en masa o en continuo domina el mercado por su simplicidad de una sola etapa. Sin embargo, su principal fortaleza radica en la separación limpia de las corrientes.

Ventajas

- **Separación limpia de corrientes:** Permite aislar los ácidos grasos de la glicerina desde el inicio del proceso gracias a la etapa de desdoblamiento previo.

- **Máxima valorización del subproducto:** Genera una corriente de aguas glicerinosas ideal para alimentar la unidad de concentración y purificación, permitiendo obtener glicerina de grado USP (pureza mínima del 99,7%) y maximizando la rentabilidad integral del complejo oleoquímico.

Desventajas

- **Mayor complejidad e infraestructura:** La incorporación de un desdoblamiento previo añade una etapa suplementaria que demanda mayor infraestructura y un mayor consumo energético en comparación con la saponificación directa.
- **No priorizada para producción masiva estándar:** Debido a su proceso en dos etapas, no suele seleccionarse como la ruta principal para la fabricación masiva y de bajo costo de jabones de tocador estándar, mercado dominado por la simplicidad de una sola etapa.

3.3. Selección y Justificación de la Tecnología

La viabilidad técnica de este proyecto no se sustenta únicamente en la producción masiva de jabón, sino en la revalorización estratégica de su principal subproducto: la obtención de glicerina con grado de pureza USP (>99,7%).

Bajo esta premisa excluyente, **la alternativa seleccionada para el diseño de la planta es la de Hidrólisis y Neutralización de cuerpos grasos (Alternativa 5.2.2).**

La justificación de esta elección radica en la necesidad de independizar la fase glicerinosa en las etapas tempranas del proceso. En la saponificación directa, la glicerina queda íntimamente ligada a la masa de jabón y a las sales formadas tras la adición del álcali, lo que genera una corriente residual (*lejía de jabón*) altamente contaminada. Intentar purificar esta lejía hasta alcanzar los estándares de la Farmacopea de los Estados Unidos (USP) requeriría un tren de separación extremadamente costoso, volviendo el proyecto económicamente inviable.



Por el contrario, el desdoblamiento previo mediante hidrólisis térmica aísla la glicerina cruda (fase acuosa) antes de que el medio se vuelve alcalino. Esto proporciona una corriente limpia y libre de sales sódicas, ideal para alimentar el tren de evaporación, destilación al alto vacío e intercambio iónico, asegurando el cumplimiento de las normativas internacionales de pureza.

3.3.1. Matriz de Selección Tecnológica (Método de Ponderación por Puntos)

Para tomar esta decisión, se aplica una matriz de selección multicriterio. Se definen cuatro factores técnicos y económicos (F1 a F4) asignándoles un peso relativo en función de los objetivos estratégicos de la planta.

Las alternativas se evalúan en una escala del 1 al 5 (siendo 1 el desempeño más deficiente y 5 el óptimo).

Factores de Evaluación:

- **F1 - Viabilidad para purificación USP (Peso 0,40):** Capacidad del proceso para entregar una corriente de glicerina apta para ser refinada a alta pureza sin interferencias salinas. Es el factor crítico del negocio.
- **F2 - Calidad y estandarización del producto principal (Peso 0,25):** Capacidad de controlar las variables fisicoquímicas del jabón resultante, logrando homogeneidad independiente de las fluctuaciones en la materia prima.
- **F3 - Flexibilidad operativa (Peso 0,15):** Adaptabilidad del sistema para procesar sebo vacuno de diferentes calidades (índices de acidez variables) sin afectar el rendimiento global.
- **F4 - Costos de Inversión y Operación (Peso 0,20):** Impacto de la complejidad de los equipos (necesidad de altas presiones y temperaturas) y consumo energético.

<i>Factor</i>	<i>Peso</i>	<i>Alternativa A: Saponificación Directa</i>	<i>Alternativa B: Hidrólisis y Neutralización</i>
F1: Viabilidad para purificación USP	0,40	1 (Deficiente)	5 (Óptima)
F2: Calidad y estandarización	0,25	3 (Regular)	5 (Óptima)
F3: Flexibilidad operativa	0,15	2 (Baja)	4 (Buena)
F4: Impacto (costos y complejidad)	0,20	4 (Menor costo/complejidad)	2 (Alta complejidad térmica)
PUNTAJE TOTAL CONSOLIDADO	1,00	2,25	4,25

Tabla 5.1 Matriz de evaluación ponderada para la selección tecnológica

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión de la Evaluación: Como se observa en la Tabla 5.1, aunque la Saponificación Directa (Alternativa A) presenta ventajas indudables en cuanto a simplicidad operativa y menor requerimiento de inversión (F4 = 4), su incapacidad técnica para facilitar la purificación rentable de la glicerina (F1 = 1) penaliza severamente su viabilidad para este proyecto en particular.

La tecnología de **Hidrólisis y Neutralización (Alternativa B)** obtiene un puntaje global superior (4,25 frente a 2,25). A pesar de demandar una mayor inversión inicial debido a los recipientes a presión y un costo de operación más elevado por la inyección de vapor de alta presión, compensa holgadamente este impacto al garantizar el control total sobre la estandarización del jabón base y habilitar la exportación de Glicerina USP, maximizando los márgenes de utilidad del complejo industrial.



3.4. Descripción Global del Proceso Seleccionado

3.4.1. Proceso de obtención de jabón

El objetivo estratégico del presente proyecto radica en la maximización de la rentabilidad a través de la obtención conjunta de jabón de tocador y glicerina de alta pureza (99,7%) con calidad de exportación.

Desde el punto de vista de la ingeniería de procesos, la ruta tecnológica óptima para alcanzar este estándar es la síntesis en dos etapas: desdoblamiento térmico continuo (hidrólisis) seguido de neutralización.

Esta configuración permite la obtención de solución acuosa de glicerina antes de la adición del álcali, garantizando una separación limpia y eficiente.

El diseño del proceso se estructura en las siguientes áreas operativas:

I. Acondicionamiento y Desdoblamiento Térmico (Torre de Hidrólisis)

El proceso inicia con la fusión y acondicionamiento del sebo bovino en grandes tanques calefaccionados mediante serpentines de vapor. El manejo de esta mezcla orgánica exige un sistema de bombeo diseñado específicamente para fluidos de alta viscosidad, el cual impulsa la carga hacia la sección superior de la torre de hidrólisis.

Simultáneamente, se inyecta agua de proceso por la sección inferior, operando el equipo en un régimen de flujo a contracorriente para maximizar el gradiente de concentración y la eficiencia de la transferencia de masa.

La torre opera en condiciones termodinámicas severas (presiones de 40 a 60 bar y temperaturas de 200 a 250 °C). Este perfil térmico y de presión se mantiene mediante la inyección directa de vapor de agua saturado en la sección media del equipo, el cual aporta el calor latente necesario y participa activamente en la estequiometría de la reacción.



II. Separación de Fases

El desdoblamiento genera dos corrientes de salida. Por el domo de la torre se extrae una fase orgánica rica en ácidos grasos libres. Por el fondo, se retira una emulsión bifásica compuesta mayoritariamente por aguas glicerinosas (con una concentración de glicerol entre el 12% y el 20% en peso) y una fracción residual de ácidos grasos.

Para efectuar la separación física de esta corriente de fondo, se diseña un tren de decantación gravitacional continuo, aprovechando la significativa diferencia de densidades entre la fase acuosa y la orgánica. Dada la elevada entalpía de los corrientes efluentes de la torre de hidrólisis (a 250 °C), el diseño contempla una red de intercambiadores de calor para precalentar las corrientes de alimentación (sebo y agua fresca), logrando una alta recuperación de energía térmica y reduciendo el consumo global de vapor.

III. Sistema de Neutralización (Reactor CSTR)

Los ácidos grasos libres recuperados tanto del domo de la torre como del decantador son canalizados hacia un reactor continuo de tanque agitado (CSTR), operado a presión atmosférica y en un rango de temperatura de 60 a 90 °C.

En esta unidad se dosifica una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50%. La inyección del álcali se regula mediante lazos de control automatizados para asegurar la neutralización estequiométrica exacta, obteniéndose como producto un jabón base.

IV. Acondicionamiento, Secado y Extrusión del Jabón

El jabón crudo ingresa a la línea de acabado, donde se realiza la corrección fina del pH (estabilizándolo en un rango de 8 a 10) y se integran los aditivos, colorantes y aromatizantes.

Posteriormente, el material es sometido a un proceso de secado al vacío o en torre de secado por aspersión para reducir la humedad hasta los parámetros comerciales.



Finalmente, la masa homogeneizada alimenta una extrusora que consolida una barra continua, la cual es troquelada, cortada y envasada de manera automatizada.

3.4.2. Proceso de purificación de Glicerina Grado USP

La fase acuosa aislada en el decantador es bombeada hacia la planta de purificación de glicerina.

I. Concentración por Evaporación:

El proceso inicia en un sistema de evaporación de múltiple efecto con tecnología de película descendente. En esta etapa se remueve la mayor parte del solvente, concentrando la solución hasta alcanzar aproximadamente un 85% en peso, logrando una alta eficiencia energética al optimizar el consumo de vapor vivo.

II. Destilación Fraccionada al Vacío:

La glicerina concentrada ingresa a una columna de destilación operando bajo condiciones de alto vacío. La aplicación de presión negativa es un factor crítico de diseño, ya que permite reducir drásticamente la temperatura de ebullición del sistema, separando el agua residual y los fondos pesados sin provocar la degradación térmica del glicerol.

III. Pulido Fisicoquímico (Adsorción e Intercambio Iónico):

Para garantizar los estrictos estándares de la Farmacopea de los Estados Unidos (USP), el destilado es sometido a un tratamiento final. Al atravesar columnas de lechos fijos con carbón activado y resinas de intercambio iónico, se retienen de forma selectiva las trazas de ácidos grasos, compuestos coloreados, sales minerales y álcalis residuales.

IV. Microfiltración y Acondicionamiento:

Como barrera de seguridad final, la corriente atraviesa un sistema de microfiltración, obteniéndose finalmente una glicerina líquida, incolora, inodora y con una pureza certificada superior al 99,7%. El producto terminado queda listo para su envasado automatizado en tambores metálicos de 200 litros destinados a la exportación.

3.5. Diagramas de Bloques (BFD)

3.5.1. Diagrama de bloque de la Planta de producción de jabón

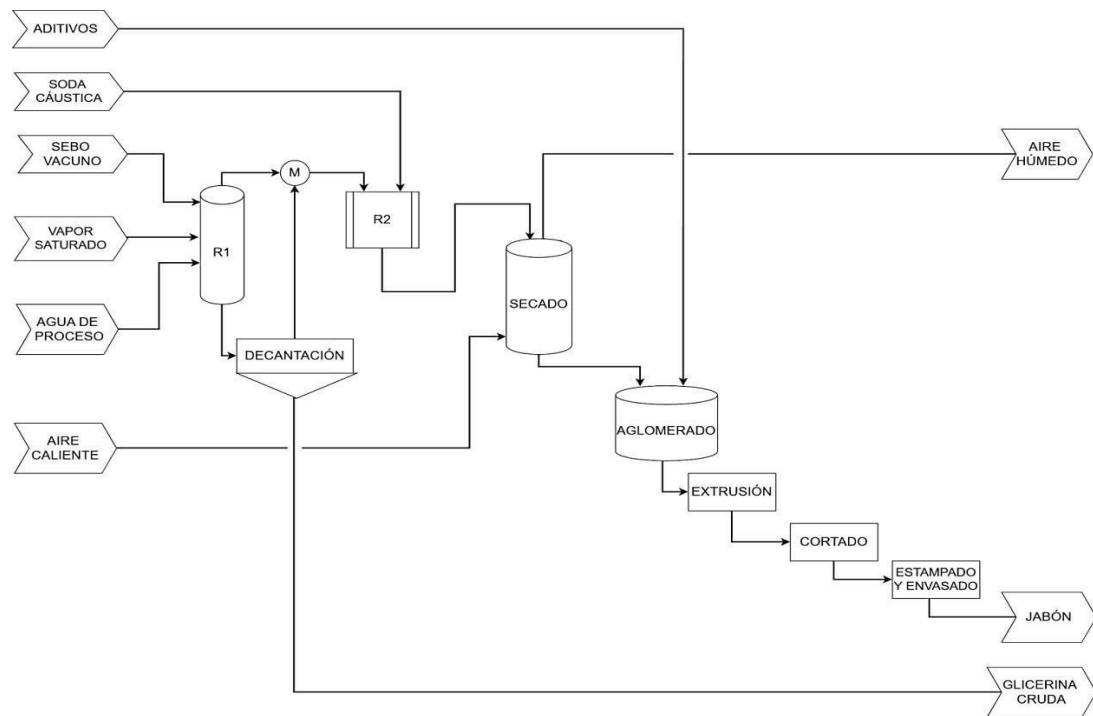


Figura 3.8 - Diagrama de Bloques (BFD) del proceso del jabón

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Planta de concentración de glicerina

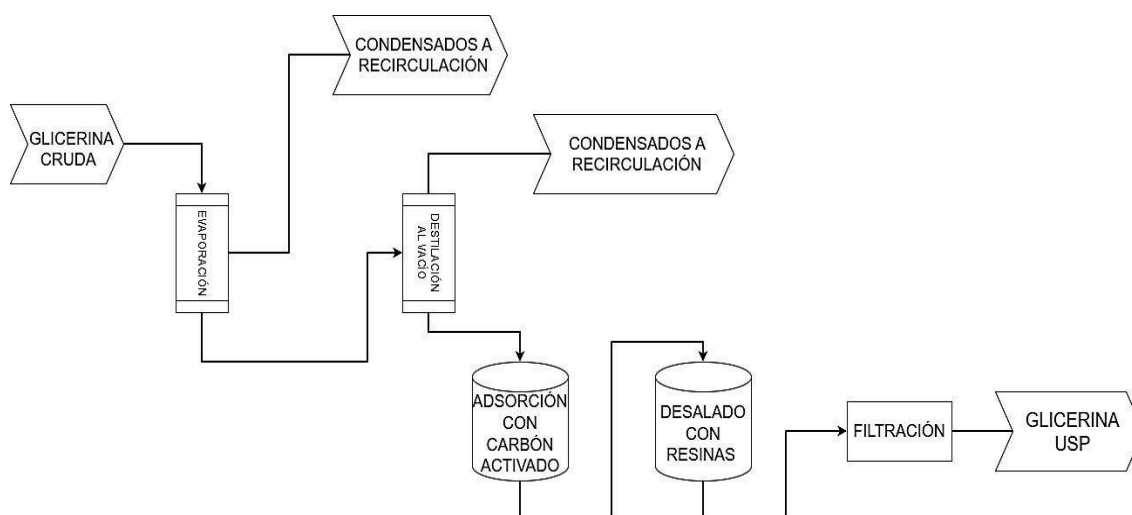


Figura 3.9 - Diagrama de Bloques (BFD) del tren de purificación de Glicerina

Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO IV: TAMAÑO

4.1. Introducción

El tamaño de planta constituye uno de los parámetros fundamentales en el diseño de un proyecto industrial, ya que condiciona la selección de equipos, la inversión requerida, la organización operativa y la viabilidad económica del proceso.

En el presente proyecto, el tamaño de planta para la producción de jabones de tocador y la refinación de Glicerina Grado USP se determina integrando la demanda del mercado argentino, la disponibilidad de sebo bovino y las restricciones operativas de la tecnología de proceso continuo a alta presión y alto vacío.

Dado que el proyecto contempla la revalorización de un subproducto (glicerina), la capacidad del proceso principal (jabón) define estequiométricamente la capacidad de la planta de purificación de glicerina, estableciendo una dependencia directa entre ambas líneas de producción.

4.2. Análisis de factores que afectan el tamaño

4.2.1. Competencia y Estrategia de Inserción

El mercado nacional de jabones de tocador presenta un nivel de concentración alto, dominado por tres actores principales (Unilever, Colgate-Palmolive y Dreamco) que controlan alrededor del 80% de la cuota de mercado.

Instalar una planta de escala masiva para competir directamente en góndola (B2C) representa una barrera de entrada extremadamente riesgosa. Por lo tanto, la escala de la planta se justifica bajo la adopción de un **modelo de negocio B2B**, operando como proveedor a gran escala de "marcas blancas" para cadenas de supermercados, mayoristas y exportación regional. Esta estrategia permite licuar grandes volúmenes de producción sin requerir inversiones masivas en marketing.



4.2.2. Demanda proyectada

El jabón de tocador presenta una demanda inelástica fuertemente vinculada al crecimiento demográfico. Como se evidenció en el Capítulo II, el mercado interno argentino exige un piso de demanda orgánica superior a las 46.000 toneladas anuales, con proyecciones estables. A su vez, la producción histórica nacional (que promedia las 65.300 toneladas) demuestra que existe un excedente destinado a consumos institucionales y exportación. La planta debe tener una escala suficiente para lograr economía de escala en este mercado de márgenes ajustados.

4.2.3. Disponibilidad de materias primas

La materia prima crítica, el sebo vacuno, no es un factor limitante para la escala propuesta. La industria frigorífica y las plantas de *rendering* ubicadas en la región centro-este (Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba) procesan entre 14 y 15 millones de cabezas anuales. Esto asegura un abastecimiento masivo capaz de sostener operaciones continuas de gran tonelaje, condición para alimentar una torre de hidrólisis de escala industrial sin interrupciones por desabastecimiento.

4.2.4. Exigencias de la tecnología (Economía de Escala)

La ruta tecnológica seleccionada (Desdoblamiento en torre de hidrólisis a 50 bar y 250 °C, seguida de destilación de glicerina al vacío) no es económicamente viable para escalas pequeñas.

Los altos costos de los recipientes a presión, las columnas empacadas y el sistema de control, requieren licuarse operando a altos caudales. Esto impone un tamaño de planta mínimo elevado para garantizar el retorno de inversión y absorber los altos consumos térmicos de las torres de destilación.

4.3. Determinación del tamaño

4.3.1. Capacidad de diseño de la Planta de Jabón de Tocador

Considerando el enfoque estratégico B2B y la necesidad de lograr competitividad en costos a través de economías de escala frente a los líderes del mercado, se establece una capacidad de diseño agresiva y de alto rendimiento.

Como se ilustró en el estudio de mercado, las estimaciones de crecimiento demográfico para los próximos diez años (2027-2036), es la siguiente.

<i>Año</i>	<i>Demanda (TM)</i>	<i>Mercado objetivo (TM)</i>
2027	46.540	31.181,80
2028	46.610	31.228,70
2029	46.677	31.273,59
2030	46.744	31.318,49
2031	46.814	31,365.38
2032	46.887	31,414.29
2033	46.962	31,464.54
2034	47.039	31,516.13
2035	47.119	31,569.73
2036	47.198	31,622.66

Tabla 4.1 - Demanda de jabones de tocador y capacidad de diseño

Fuente: Elaboración propia.

La demanda promedio del mercado objetivo es de 31.273,59 toneladas por año, por lo que optamos por una capacidad óptima de diseño en **40.000 toneladas anuales de jabón de tocador (base comercial)**.



Teniendo en cuenta que la capacidad media de uso es de 31.273,59 toneladas al año, el nivel de utilización de las plantas sería cercano al 80% de su capacidad instalada.

Este tamaño, junto con la estrategia B2B de marca blanca y precios accesibles permitiría absorber una cuota significativa del consumo nacional (marcas blancas e institucionales) y eventualmente se podría evaluar la exportación de excedentes a países del MERCOSUR, aunque esto no se realizará en el presente estudio.

A su vez este tamaño, permite adaptarse a la demanda y aumentar la brecha de ingreso a nuevos competidores.

4.3.2. Capacidad de diseño de la Planta de Glicerina USP

A diferencia de la planta principal, el tamaño de la planta de refinación de glicerina queda condicionado estequiométricamente por la producción de jabón. La cantidad de glicerina USP producida será determinada mediante los balances de masa y energía de ambas plantas.

Para una producción **de 40.000 toneladas anuales de jabón**, la corriente de subproducto generará la materia prima suficiente para establecer la capacidad de la planta de concentración y purificación de glicerina USP.

Posteriormente se calculará la cantidad de glicerina producida en base a 40.000 toneladas anuales de jabón como producto principal, pero dada la estequiometría se puede decir que la capacidad esperada es de en torno a las **2.500-3.000 toneladas anuales de glicerina**.

Esta escala es económicamente atractiva para negociar lotes de exportación (tambores de 200 L o tanques ISO) hacia mercados cosméticos y farmacéuticos de Norteamérica y Asia-Pacífico.

4.4. Ritmo de trabajo y Programa de Producción

Debido a que el proceso involucra operaciones unitarias sometidas a condiciones termodinámicas severas (50 bar / 250 °C en hidrólisis, y alto vacío en destilación), es



imperativo adoptar un régimen de operación estrictamente continuo (24 horas al día, 7 días a la semana). 4.4.1 Régimen Operativo

- *Días operativos al año:* Se establecen **252 días efectivos** de producción.
- *Días de mantenimiento:* Los días restantes del año corresponden a feriados, paradas de planta y descanso del personal" (mantenimiento mayor de calderas, limpieza de evaporadores, etc).
- *Horas totales de operación:* 6.048 horas/año.
- *Organización del personal:* 4 cuadrillas rotativas cubriendo 3 turnos de 8 horas diarias.

4.4.2. Caudales de Producción (Base de Diseño)

En función del régimen continuo de 330 días (7.920 horas anuales), la producción se distribuye de manera uniforme y constante, arrojando los caudales nominales con los que se dimensionan los equipos en la Ingeniería Básica:

Línea de Jabón de Tocador:

- Producción anual: 40.000 Tn/año
- Producción diaria: 158,73 Tn/día
- **Caudal horario de producción: 6,56 Tn/h**

Línea de Glicerina Grado USP:

- Producción anual: 2.316,64 Tn/año
- Producción diaria: 9,19 Tn/día
- **Caudal horario de producción: 0,38 Tn/h (383,04 kg/h)**



4.5. Conclusión

La definición de un tamaño de planta de 40.000 Tn/año para jabones de tocador y 2.316,63 Tn/año de Glicerina USP, operando bajo un régimen continuo, garantiza la absorción de los altos costos de capital iniciales asociados a la tecnología de alta presión y vacío.

El tamaño condiciona el tipo de tecnología necesaria y el balance entre costos de inversión y operación. De él deriva el balance de equipos, el balance de obras físicas, los costos de gas natural, electricidad, mano de obra, etc.

Este dimensionamiento, alineado con un modelo de negocios B2B, sienta las bases hidráulicas y térmicas para la formulación de los balances de materia y energía que se desarrollarán en la Ingeniería Básica del proyecto.



CAPÍTULO V: LOCALIZACIÓN

5.1. Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo analizar de manera exhaustiva los principales factores que influyen en la localización de la planta industrial destinada a la producción de jabón de tocador y la refinación de glicerina grado USP.

La correcta selección del sitio de emplazamiento representa un aspecto crítico para la viabilidad técnica y económica del proyecto, ya que impacta directamente en los costos logísticos, la disponibilidad de servicios auxiliares y el acceso a los mercados objetivo.

Con el fin de reducir el número de alternativas posibles y facilitar la toma de decisiones, el análisis se divide en dos niveles:

- **Macro localización**, evalúa el territorio general orientado a seleccionar la región más conveniente a nivel nacional.
- **Micro localización**, evalúa y compara las distintas alternativas específicas (parques industriales) permitiendo identificar la zona más favorable para la ubicación de la planta.

Se realiza el estudio de los factores de **macro localización**, el cual define la región y luego los factores de **microlocalización** para definir el sitio (generalmente un parque industrial) donde se instalaría la planta de producción contemplada en el proyecto evaluado.

5.2. Macro localización

El análisis de macro localización tiene por objetivo determinar la provincia o región geográfica más conveniente para la instalación de la planta, considerando factores técnicos, logísticos, económicos y de abastecimiento de materias primas. En esta etapa se

analizan alternativas a escala regional, sin profundizar aún en la selección del sitio específico.

Dado que el proceso productivo demanda grandes volúmenes de **sebo bovino refinado** y **soda cáustica**, la disponibilidad y logística de estos insumos adquieren un peso determinante.

5.2.1. Análisis de factores de macro localización

Se consideran cuatro factores críticos para la selección de la ubicación de la planta:

F1: Abastecimiento y disponibilidad de materia prima: Evalúa la densidad de proveedores primarios (frigoríficos, plantas de *rendering* y fabricantes de soda cáustica) y el volumen de producción que estos pueden garantizar de forma sostenida.

- Una planta que opera mediante una torre de hidrólisis y un CSTR en régimen continuo no puede permitirse interrupciones en la alimentación. Transportar fluidos orgánicos que requieren mantenimiento de temperatura (para evitar solidificación) a través de distancias continentales encarece costos operativos y eleva el riesgo de desabastecimiento. La planta debe ir hacia la materia prima, no al revés.

F2: Cercanía a los mercados demandantes: la distancia kilométrica y el tiempo de tránsito hacia los grandes nodos demográficos (consumo masivo) y hacia los polos de la industria farmacéutica/cosmética.

- El jabón de tocador es un producto de consumo masivo con márgenes de ganancia unitarios ajustados; la rentabilidad depende del volumen. Si la región elegida está demasiado lejos de los centros de distribución mayorista (B2B), el flete devorará el margen comercial. Por otro lado, la Glicerina Grado USP requiere inserción en laboratorios e industrias de química fina, por lo que estar cerca de estos polos agiliza la logística de alto valor.

F3: Infraestructura industrial y logística: Evalúa la existencia y el estado de la red de autopistas para tránsito pesado, el tendido ferroviario y, de manera crítica, la disponibilidad de terminales portuarias de gran calado.

- El proyecto plantea la revalorización de glicerina a Grado USP (>99.7%) con un fuerte horizonte de exportación. Mover contenedores, tanques ISO o lotes de tambores de 200 L hacia mercados internacionales requiere puertos eficientes. Una región mediterránea sin salida fluvial o marítima fluida impone un costo de peaje y flete terrestre inaceptable para competir globalmente.

F4: Abastecimiento de agua potable e industrial: Analiza la disponibilidad de acuíferos, redes de agua cruda industrial y la viabilidad de perforaciones para captación.

- El proceso de hidrólisis de triglicéridos es un proceso químico que consume agua como reactivo directo. Además, la termodinámica de la destilación al vacío de la glicerina demanda la condensación masiva de vahos, lo que implica un uso intensivo de torres de enfriamiento y calderas (generación de vapor). Sin una cuenca hídrica robusta que soporte estos caudales de *make-up*, la operación térmica de la planta es inviable.

5.2.2. Análisis comparativo de alternativas

Consecuentemente al análisis de los factores mencionados, se ha decidido seleccionar (y posteriormente evaluar) a las siguientes regiones como alternativas para la instalación de la planta de producción: Buenos Aires, Santa Fe, y Mendoza.

- **Buenos Aires (AMBA y Corredor Norte):** Concentra el mayor núcleo demográfico del país (mercado masivo), posee acceso directo a los puertos de exportación (Buenos Aires, Zárate, Campana) y cuenta con una fuerte presencia de plantas de *rendering* y el principal polo petroquímico productor de soda cáustica (Unipar en Bahía Blanca, con distribución ágil hacia el norte). Presenta costos de terreno más elevados, pero este efecto puede ser compensado con infraestructura consolidada y acceso a clientes.

- **Santa Fe (Rosario y Litoral):** Excelente disponibilidad de sebo vacuno por la fuerte presencia frigorífica (ej. Swift, Insuga). Posee salida exportadora vía el complejo portuario de Rosario, pero se encuentra a mayor distancia del mercado de consumo masivo de productos cosméticos terminados respecto a Buenos Aires.
- **Provincia de Mendoza:** Región con desarrollo industrial creciente, presenta costos de terreno y energía competitivos, pero carece de concentración frigorífica de gran escala para asegurar el volumen continuo de sebo. Además, los altos costos de flete terrestre (150 ARS/tn-km) hacia los puertos atlánticos para la exportación de glicerina USP penalizan severamente esta opción.

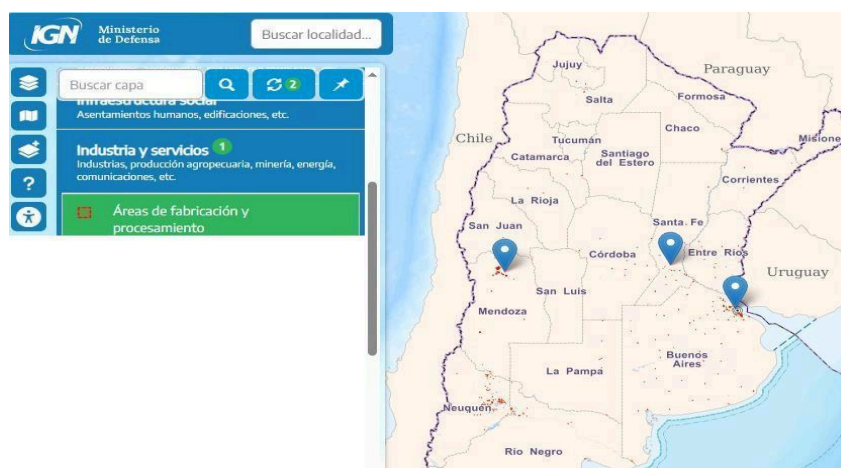


Figura 5.1 - Mapa de las alternativas de macro localización evaluadas para la planta industrial

(Mendoza, Santa Fe y Buenos Aires)

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

5.2.3. Criterios de decisión de macro localización

El problema que se presenta ahora es elegir la técnica que se tendrá en cuenta para la selección de la región donde se localizará la planta. A continuación, se desarrollará las distintas alternativas para obtener la ubicación correcta:

Técnica Cualitativa:

La técnica cualitativa se fundamenta en la **observación y comparación directa** de las condiciones de localización, considerando información sobre empresas que fabrican productos similares. En este caso, se analizan las plantas productoras de **jabón de tocador** ya existentes en el país. El estudio de mercado mostró que la mayoría de estas empresas se encuentran en la **Provincia de Buenos Aires**, lo que indica una **concentración industrial** en esa región.

Técnica Cuantitativa

La técnica cuantitativa permite **objetivar la decisión** mediante métodos de puntuación y ponderación. Se aplican el *método de puntos (cualitativo por factores)*:

- *Se definen los factores críticos:* F1: Abastecimiento de materia prima, F2: Infraestructura industrial, F3: Abastecimiento de agua potable, F4: Cercanía al mercado.
- *Se asignan pesos según importancia relativa:* Materia prima (40 %), Cercanía al mercado (30 %), Infraestructura industrial (20 %), Abastecimiento de agua (10 %)
- *Se califican las alternativas (Buenos Aires, Santa Fe, Mendoza) con valores:* Bueno = 4, Regular = 2, Malo = 0.
- Se obtiene un puntaje ponderado que permite comparar objetivamente las alternativas.

Factor	Peso	Buenos Aires	Santa Fe	Mendoza
F1: Materia prima	0,40	4 (Muy buena)	4 (Muy buena)	2 (Regular)
F2: Infraestructura	0,20	4 (Muy buena)	3 (Buena)	3 (Buena)
F3: Agua potable	0,10	4 (Muy buena)	3 (Buena)	3 (Buena)
F4: Cercanía a los mercados	0,20	4 (Muy buena)	3 (Buena)	2 (Regular)
F5: Cercanía a los puertos	0,1	4 (Muy buena)	4 (Muy buena)	0 (Muy mala)
Puntaje total	1,00	4	3,5	2,5

Tabla 5.1 - Matriz de evaluación ponderada para la selección de la macro localización

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Selección de macro Localización

- **Buenos Aires:** mejor alternativa por su cercanía al mercado cosmético y farmacéutico, disponibilidad de materia prima y servicios industriales consolidados
- **Santa Fe:** opción competitiva por disponibilidad de sebo vacuno y acceso a exportación, aunque menos cercana al mercado principal.
- **Mendoza:** alternativa más económica en terrenos y servicios, con apoyo provincial, pero menos competitiva en logística y cercanía al mercado.

La evaluación ponderada indica que la **macro localización óptima es Buenos Aires**, destacando por sus costos de transporte de materias primas y productos terminados mínimos en comparación con las otras alternativas. También resulta la localización más apropiada, ya que:

- Existe **sinergia industrial** con otras plantas productoras.
- Se facilita el acceso a proveedores especializados y servicios auxiliares.
- Se aprovecha la **infraestructura logística consolidada** (puertos, rutas, ferrocarriles).

5.3. Micro Localización

Luego de haber realizado el análisis de macrolocalización y seleccionada la provincia de Buenos Aires como la región más conveniente, se procede a efectuar un estudio de microlocalización con el objetivo de definir el sitio específico para la instalación de la planta de producción de jabones de tocador y refinación de glicerina USP.

El análisis se centra en la evaluación de factores críticos como la accesibilidad logística para transporte pesado, la disponibilidad de servicios energéticos y de gestión de efluentes, la cercanía al mercado consumidor y la disponibilidad de mano de obra.

5.3.1. Análisis de factores de micro localización

Se consideran cuatro factores críticos para la selección del parque industrial o zona específica de implantación de la planta:

F1: Infraestructura industrial y disponibilidad de servicios energéticos: La producción de jabón de tocador y glicerina USP requiere un suministro continuo y confiable de agua industrial, energía eléctrica en media tensión, gas natural y generación de vapor. La refinación de glicerina USP demanda estabilidad operativa y capacidad térmica elevada.

- Potencia y Estabilidad: Exige redes de media o alta tensión (ej. 33 kV o 13,2 kV) que no sufran caídas de tensión o cortes, ya que apagar un proceso continuo a alta presión y vacío genera enormes pérdidas.

- Matriz Térmica: Disponibilidad de gas natural industrial a alta presión, vital para alimentar la caldera que generará el vapor necesario para la torre de hidrólisis y los evaporadores.

F2: Cercanía a distribuidores y mercado consumido: El jabón de tocador y la glicerina USP se comercializan principalmente en el Área Metropolitana de Buenos Aires, donde se concentra la mayor demanda de productos cosméticos, farmacéuticos y de cuidado personal.

- En productos de bajo margen unitario y alto volumen (como el jabón económico), el costo del flete "se come" la rentabilidad. Minimizar los kilómetros recorridos es vital. También permite una rápida respuesta ante variaciones de la demanda o pedidos de emergencia de grandes clientes corporativos.

F3: Accesibilidad logística y transporte pesado: La planta movilizará grandes volúmenes de materias primas, insumos químicos, envases y productos terminados mediante camiones cisterna y contenedores. La cercanía a rutas nacionales, autopistas y puertos reduce costos logísticos y mejora la competitividad.

- Infraestructura Vial: Requiere accesos directos a rutas nacionales o autopistas preparadas para soportar tránsito pesado constante (camiones cisterna con 30 toneladas de sebo o soda cáustica), evitando el paso por zonas urbanas que restringen horarios o pesos.
- Conectividad de Exportación: Es fundamental contar con vías ágiles hacia terminales portuarias de gran calado, un requisito excluyente para poder colocar subproductos de alto valor agregado (Glicerina USP) en mercados internacionales mediante contenedores o tanques ISO.

F4: Gestión de efluentes y compatibilidad ambiental: El proceso genera efluentes con contenido de grasas, aceites y compuestos alcalinos, que requieren tratamiento especializado y disposición segura. Es fundamental que el parque industrial cuente con plantas de tratamiento de efluentes, infraestructura ambiental.

- **Zonificación (Uso de Suelo):** El terreno debe poseer una categorización industrial estricta (usualmente industrias de Categoría II o III, o "Industrial Pesado") que habilite legalmente el manejo de sustancias alcalinas corrosivas (NaOH), altas temperaturas y presiones.
- **Tratamiento de Aguas:** La producción de jabón genera corrientes residuales con alta Demanda Química de Oxígeno (DQO), grasas y aceites saponificables. Disponer de colectores industriales y una planta de tratamiento de efluentes compartida (o preaprobada) es un alivio inmenso tanto a nivel de diseño de ingeniería como de gestión de permisos ambientales.

5.3.2. Alternativas de micro localización

Consecuentemente al análisis de los factores de micro localización mencionados, se ha decidido seleccionar (y posteriormente evaluar) a las siguientes zonas industriales como alternativas para la instalación de la planta de producción de jabón de tocador y glicerina USP: **Zárate, Campana, Pilar y Escobar.**

En las siguientes líneas se presentará una breve descripción de cada una de las alternativas de micro localización, así como también las razones por las que se consideraron como atractivas dichas localizaciones.

- **Zárate:** Polo industrial y logístico estratégico del corredor norte de la provincia de Buenos Aires, con acceso directo a la Ruta Nacional 9 y cercanía a terminales portuarias.

Presenta infraestructura energética consolidada, disponibilidad de servicios industriales y experiencia en actividades químicas y oleoquímicas. Además, ofrece ventajas logísticas para el abastecimiento de materias primas y la distribución de productos terminados hacia el AMBA y mercados de exportación.



- **Campana:** Zona industrial con fuerte desarrollo petroquímico y químico, caracterizada por su elevada disponibilidad de servicios energéticos, infraestructura para tratamiento de efluentes y acceso a puertos industriales.

Su cercanía al Área Metropolitana de Buenos Aires y su integración al corredor industrial del norte bonaerense la convierten en una alternativa altamente favorable para procesos de refinación de glicerina USP y producción a gran escala.

- **Pilar:** Parque industrial moderno con importante desarrollo manufacturero y logístico, ubicado estratégicamente sobre el Acceso Norte.

Presenta buena disponibilidad de energía, gas natural y servicios industriales, además de cercanía a centros de distribución y al principal mercado consumidor del país. Aunque posee menor especialización química que Zárate y Campana, resulta atractiva por su conectividad y proximidad comercial.

- **Escobar:** Nodo logístico-industrial en crecimiento dentro del corredor norte del Gran Buenos Aires, con acceso directo a autopistas y cercanía al AMBA. Presenta costos industriales relativamente competitivos y buenas condiciones para la distribución de productos cosméticos y farmacéuticos.

Si bien posee menor infraestructura química especializada, representa una alternativa viable por su accesibilidad logística y cercanía a distribuidores y centros de consumo.

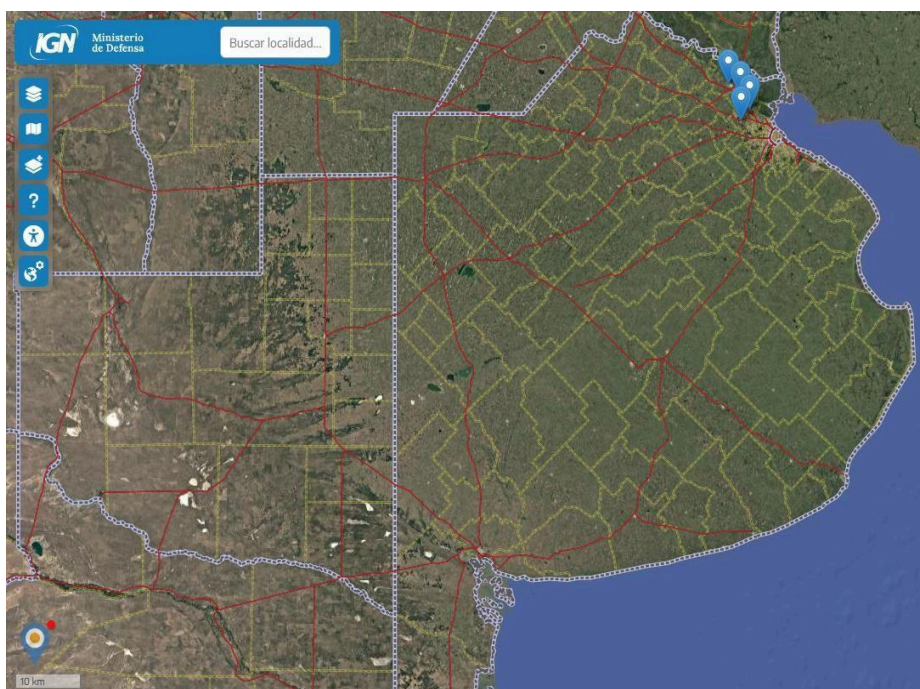


Figura 5.2 - Mapa de las alternativas de microlocalización evaluadas para la planta industrial

(Zárate, Campana, Pilar y Escobar)

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

5.3.3. Criterios de decisión de micro localización

Una vez determinada la región, macro localización, se desarrollará el análisis de micro localización; es decir el sitio donde se localizará la planta de obtención de jabón de tocador y glicerina USP. Para elegir el sitio adecuado se hace una comparación de parques industriales, en los cuales se identifican los factores, y se elige el sitio más favorable.

a) Método de comparación cuantitativa

El método de comparación cuantitativa muestra que los parques industriales de Pilar, Zárate, Campana y Escobar tienen diferencias claras en superficie, infraestructura, servicios, etc.

<i>Característica</i>	<i>Pilar</i>	<i>Zárate</i>	<i>Campana</i>	<i>Escobar</i>
<i>Naturaleza del parque</i>	<i>Privado</i>	<i>Privado</i>	<i>Privado</i>	<i>Privado</i>
<i>Año de creación</i>	<i>1991</i>	<i>2004</i>	<i>1985</i>	<i>2013</i>
<i>Superficie total (ha)</i>	<i>804 – 920 ha</i>	<i>10 – 21,4 ha</i>	<i>130 ha</i>	<i>106 ha</i>
<i>Empresas radicadas</i>	<i>+200 empresas, 22.000 personas /día</i>	<i>Grandes plantas (Bayer, Papelera)</i>	<i>Decenas de empresas industriales</i>	<i>~12 instaladas, capacidad para 60</i>
<i>Ubicación</i>	<i>Acceso Norte, Pilar (Gran Buenos Aires)</i>	<i>Complejo ferroviario, 100 km de CABA</i>	<i>RN 9 km 70, Campana</i>	<i>Panamericana km 57, Escobar</i>
<i>Accesos viales</i>	<i>RN 7, 8, 9 y 6; ferrocarriles Belgrano y San Martín</i>	<i>RN 9, RN 12, RP 6; ferrocarril Mitre</i>	<i>RN 9, RN 12, RP 6</i>	<i>Acceso directo a Panamericana (ramal Escobar)</i>

<i>Acceso a puertos</i>	<i>Cercanía a Puerto de Buenos Aires</i>	<i>Puerto sobre Río Paraná (Zárate)</i>	<i>Dos puertos locales de gran calado</i>	<i>Puerto de Buenos Aires a 60 km</i>
<i>Infraestructura y servicios</i>	<i>Energía eléctrica, gas natural, fibra óptica, cloacas, planta de efluentes, seguridad</i>	<i>Energía eléctrica 33 kV, gas, desagües industriales y pluviales, planta de efluentes, caminos</i>	<i>Energía eléctrica (33/13,2 kV), gas natural, cloacas industriales, planta de efluentes, seguridad 24h</i>	<i>Pavimento de hormigón, energía soterrada, fibra óptica, cloacas, planta de tratamiento de aguas, seguridad</i>
<i>Disponibilidad de terrenos</i>	<i>Sí, lotes de 5.000–60.000 m²</i>	<i>Sí, fracciones de 2.000– 62.000 m²</i>	<i>Sí, lotes de 8.800– 70.000 m²</i>	<i>Sí, lotes de 5.000– 50.000 m²</i>
<i>Precio de terrenos</i>	<i>USD 70–120/m²</i>	<i>USD 70–110/m²</i>	<i>USD 74– 106/m²</i>	<i>USD 130–150/m²</i>

Tabla 5.2 - Comparación técnica, de infraestructura y de costos de las alternativas de microlocalización

Fuente: Elaboración propia.

b) Método de puntos (cualitativo por factores)

Se definen los factores críticos:

- **F1:** Cercanía al mercado consumidor y distribuidores
- **F2:** Accesibilidad logística y transporte pesado

- **F3:** Infraestructura industrial y servicios energéticos
- **F4:** Gestión de efluentes y compatibilidad ambiental

Se asignan pesos según importancia relativa

- Cercanía al mercado consumidor y distribuidores (**40 %**)
- Accesibilidad logística y transporte pesado (**30 %**)
- Infraestructura industrial y servicios energéticos (**20 %**)
- Gestión de efluentes y compatibilidad ambiental (**10%**)

Se califican las alternativas (Zárate, Campana, Pilar, Escobar) con valores: Bueno = 4, Regular = 2, Malo = 0.

Se obtiene un puntaje ponderado que permite comparar objetivamente las alternativas.

<i>Factor</i>	<i>Peso</i>	<i>Zárate</i>	<i>Campana</i>	<i>Pilar</i>	<i>Escobar</i>
<i>F1</i>	<i>0,40</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>4</i>
<i>F2</i>	<i>0,30</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>F3</i>	<i>0,20</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>F4</i>	<i>0,1</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>2</i>
<i>Puntaje total</i>	<i>1,00</i>	<i>3,60</i>	<i>3,60</i>	<i>3,40</i>	<i>3,35</i>

Tabla 5.3 - Matriz de evaluación ponderada para la selección de la microlocalización

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Selección de micro Localización

El **mapa estratégico de localización** muestra gráficamente cómo se posicionan las cuatro alternativas principales (Zárate, Campana, Pilar y Escobar) en función de los dos factores más determinantes: **Accesibilidad logística y cercanía al mercado consumidor**.

Accesibilidad Logística y Cercanía al Mercado Consumidor				
	Pilar	Zárate	Campana	Escobar
Distancia a CABA (mercado principal)	50 km	100 km	80 km	57 km
Distancia a centros de distribución AMBA	Dentro del AMBA, acceso directo a HUBS logísticos	Corredor portuario norte, acceso RN 9	Corredor industrial norte, acceso RN 9	Dentro del AMBA, acceso directo a Panamericana
Distancia a puertos	Puerto de Buenos Aires, 50 km aprox	Puerto de Zárate, 20 km aprox	Puerto de Campana, 15 km aprox	Puerto de Buenos Aires, 60 km aprox
Perfil destacado	Mayor parque industrial del país, manufactura y logística	Polo químico petroquímico, logística MERCOSUR	Perfil petroquímico, beneficios fiscales let N°10.547	Parque moderno competitivo en costos, orientado a PyMES y hubs logísticos

Tabla 5.4 - Accesibilidad logística y cercanía al mercado consumidor para las alternativas de microlocalización

Fuente: Elaboración propia.

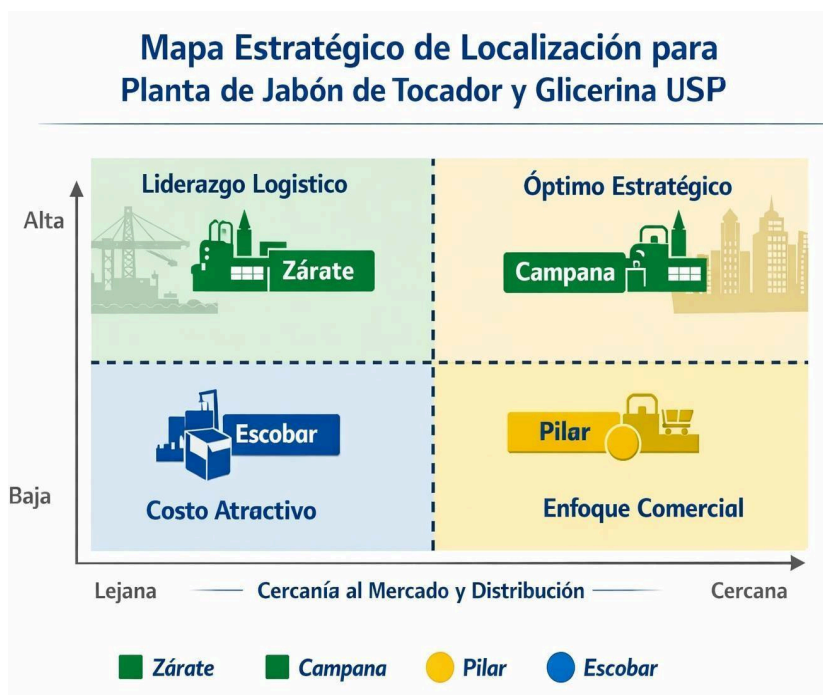


Figura 5.3 - Mapa estratégico de localización para la planta de jabón de tocador y glicerina USP

Fuente: Elaboración propia.

- **Zárate:** se ubica en el cuadrante de *liderazgo logístico*, destacando por su infraestructura portuaria y energética.
- **Campana:** aparece en el cuadrante de *óptimo estratégico*, equilibrando logística y cercanía al mercado.
- **Pilar:** se posiciona en el cuadrante de *enfoque comercial*, con máxima proximidad al AMBA y fuerte orientación al mercado masivo.
- **Escobar:** se sitúa en el cuadrante de *costo atractivo*, competitivo en precios de terrenos y logística regional, aunque con menor especialización química.

Después de las comparaciones realizadas anteriormente de los parques industriales ubicados en la región elegida. Se llega a la conclusión de que el sitio más apropiado para la localización de la planta es: **el parque industrial Campana.**

5.4 Conclusión

Tras la evaluación sistemática y comparativa de las alternativas de macro localización y micro localización, se concluye que el sitio más apropiado para la instalación de la planta de producción de jabón de tocador y glicerina USP es en la *provincia de Buenos Aires, concretamente en el Parque Industrial Campana.*

Esta elección se consolida al representar un óptimo estratégico que equilibra de manera eficiente la logística industrial y la proximidad comercial.

El dimensionamiento de la instalación para una capacidad de producción proyectada de aproximadamente 40.000 t/año exige disponer de superficies superiores a los 25.000 m². Esta extensión de terreno es fundamental para abarcar no solo los equipos de proceso, sino también las áreas de almacenamiento, el sistema de tratamiento de efluentes y el espacio necesario para una futura expansión de la planta.

Desde el punto de vista normativo y de infraestructura, este emplazamiento asegura la viabilidad técnica y operativa del complejo químico gracias a las siguientes características consolidadas del predio:

- Se trata de un Parque Industrial homologado por Decreto.
- Posee zonificación legal apta para la radicación de industrias de categoría I y II.
- Goza de una excelente ubicación estratégica en el corredor Norte de la Provincia de Buenos Aires, situado de manera directa sobre la colectora de la Ruta Nacional N° 9 a la altura del km 70.
- Garantiza el resguardo de las instalaciones al contar con un perímetro cerrado y servicio de seguridad las 24 horas.



- Asegura el abastecimiento de gas industrial, recurso indispensable para el funcionamiento de la matriz térmica y calderas de la planta.
- Permite la captación de agua cruda mediante perforación, cubriendo la demanda hídrica del proceso.
- Dispone de una red establecida de desagües pluviales e industriales.
- Cuenta con sistemas de iluminación general en todo el recinto.
- Se emplaza sobre una superficie total de 130 hectáreas divididas en 61 parcelas vendibles. Actualmente, presenta un 70 % de ocupación con más de 20 empresas operando, lo que consolida un entorno de fuerte sinergia industrial.

VÍAS DE ACCESO

- **Ruta Nacional n° 9:** Pasa por el frente del Parque Industrial, vincula con las ciudades de Buenos Aires, Rosario, Córdoba y el norte argentino pasando a Bolivia, Perú, etc.
- **Ruta Nacional n° 12:** A 10 km, por Ruta Nac. 9. Pasa por el puente Zárate-Brazo Largo, que vincula por carretera y ferrocarril con acceso directo a países del MERCOSUR: Uruguay, Paraguay, Brasil.
- **Ruta Provincial n° 6:** A 2 km, por Ruta Nac. n° 9. Enlaza con las rutas Nacionales n° 5 y n° 7, que conecta con el Centro, el Oeste y el Sur de la Provincia de Bs. As. Por Ruta Nac. n° 7 se llega a Chile.
- **Ferrovía (TBA):** En la ciudad de Campana (3 Km) Enlaza con la Ciudad de Buenos Aires y Provincias vecinas. Tiene entrada a los dos Puertos locales.
- **Red Fluvial:** En la zona. A través del Río Paraná, se vincula con los puertos de Rosario y Buenos Aires. Los puertos locales admiten buques de gran calado.



Figura 5.4 -Vista aérea panorámica del Parque Industrial Campana y su entorno

Fuente: Parque Industrial Campana.

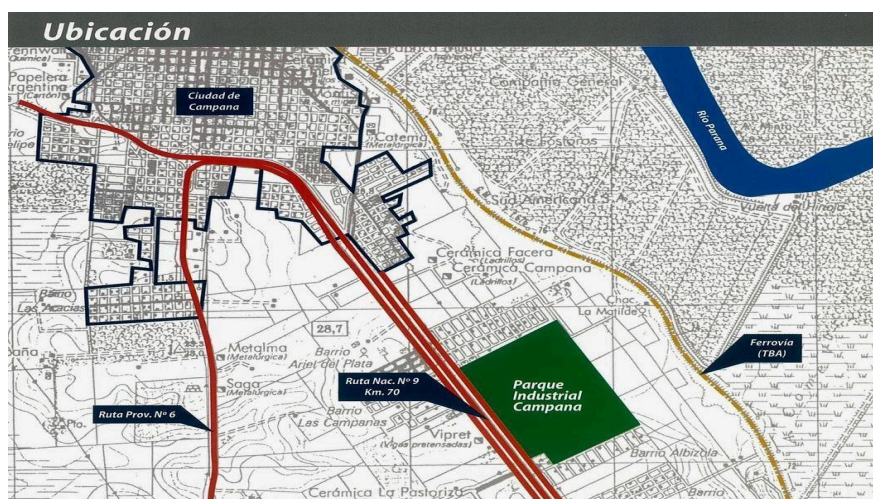


Figura 5.5 - Ubicación estratégica y principales accesos viales al Parque Industrial Campana

Fuente: Parque Industrial Campana.

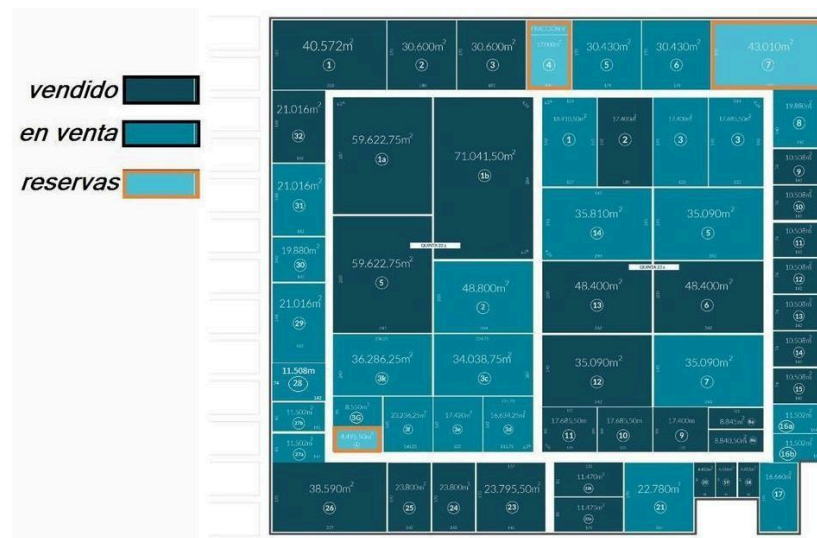


Figura 5.6 - Plano de loteo y disponibilidad de parcelas dentro del Parque Industrial Campana

Fuente: Parque Industrial Campana.



CAPÍTULO VI: INGENIERÍA BÁSICA

6.1. Bases de Diseño del Proceso

El presente apartado establece los parámetros fundamentales, las especificaciones técnicas y las condiciones de contorno que rigen el diseño de la planta de producción de jabón de tocador y refinación de glicerina.

Estas bases constituyen el marco de referencia obligatorio para los posteriores balances de materia y energía, el dimensionamiento de equipos y la selección de materiales.

6.1.1. Capacidad de Planta y Factor de Servicio

El diseño de la instalación se ha concebido para operar en régimen continuo (24 horas al día).

Para absorber las paradas programadas de mantenimiento preventivo, limpieza de equipos y recambios de lechos de adsorción, se adopta un factor de servicio industrial estándar:

- **Días operativos anuales:** 252 días/año.
- **Horas operativas anuales:** 6.048 horas/año.
- **Capacidad nominal de diseño (Jabón de tocador):** 6.562,6 kg/h (equivalente a una producción proyectada de aproximadamente 40.000 toneladas anuales).
- **Capacidad nominal de diseño (Glicerina USP):** 383,04 kg/h (equivalente a aproximadamente 2.316,63 toneladas anuales).



6.1.2. Especificaciones de las Materias Primas

Para asegurar la viabilidad del proceso de hidrólisis y evitar el ensuciamiento prematuro de los equipos térmicos, las corrientes de alimentación al límite de batería deben cumplir con los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- **Sebo Vacuno Refinado (Materia Grasa):**

- Flujo másico nominal: 5.221,25 kg/h.
- Condición de ingreso: Pre-fundido a 65 °C y 1,37 bar para garantizar su adecuado comportamiento reológico.
- Humedad e impurezas (MIU): Máximo 1,0% p/p.
- Índice de acidez (Ácidos Grasos Libres - FFA): Controlado, típicamente < 5% para maximizar el rendimiento en la torre de desdoblamiento.

- **Solución Alcalina (Soda Cáustica):**

- Flujo másico nominal: 1.706,76 kg/h.
- Concentración: Solución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% p/p. ○

Condición de ingreso: 25 °C y 1 bar.

- **Agua de Proceso / Desmineralizada:**

- Flujo másico nominal (reacción): 2.913,46 kg/h.
- Dureza total: < 5 ppm de $CaCO_3$ equivalente, para evitar incrustaciones severas en la torre de hidrólisis a 250 °C y 50 bar. ○ Condición de ingreso inicial: 28 °C y 1 bar.



6.1.3. Especificaciones de los Productos Terminados

El diseño tecnológico y los lazos de control del proceso están dimensionados para garantizar estrictamente las siguientes calidades de salida:

- **Jabón de Tocador (Producto Principal):**
 - Humedad final: 12% - 15% p/p (alcanzada tras el secado flash a 30 mmHg). ◦
Rango de pH: 8,0 - 10,0 (ligeramente alcalino, ajustado en el aglomerador).
 - Condición de extrusión: Barra continua homogénea a 45 °C, libre de grumos y con aditivos (colorantes/fragancias) completamente integrados.
- **Glicerina Grado USP (Subproducto de Alto Valor):**
 - Pureza mínima (Glicerol): 99,7% p/p (según estándares de la Farmacopea de los Estados Unidos - USP).
 - Color y olor: Líquido totalmente límpido, incoloro e inodoro.
 - Límites toxicológicos de diseño: Cenizas sulfatadas < 0,01%; Cloruros < 10 ppm; Metales pesados < 5 ppm.
 - Condición de entrega: 75 °C bajo atmósfera inerte de Nitrógeno para evitar absorción higroscópica.

6.1.4. Condiciones Termodinámicas y Ambientales del Sitio (Campana, Buenos Aires)

El dimensionamiento de los intercambiadores de calor, torres de enfriamiento y sistemas de vacío se realiza asumiendo las siguientes condiciones meteorológicas y de servicios auxiliares del Parque Industrial Campana:

- **Presión atmosférica de diseño:** 1,013 bar (nivel del mar).

- **Temperatura de bulbo seco (Diseño de verano):** 35 °C.
- **Temperatura de bulbo húmedo (Diseño de verano):** 26 °C (Parámetro crítico para dimensionar el suministro de los 168.190,13 kg/h de agua de torre a 30 °C).
- **Condiciones de Vapor Vivo:** Vapor saturado suministrado por la caldera a 50 bar y 264 °C (para inyección directa en la torre de hidrólisis).

6.2. Descripción de los Procesos Productivos

6.2.1. Proceso de producción de jabón de tocador.

El proceso opera a un régimen nominal de producción de **6.562,6 kg/h de jabón terminado**.

La operación se estructura en las siguientes áreas principales:

1. Acondicionamiento y Bombeo de Alimentación

El proceso inicia con el acondicionamiento de las dos corrientes principales de alimentación. Por un lado, el sebo vacuno ingresa al sistema a razón de **5.221,25 kg/h** a 65 °C y 1,37 bar (estado de fusión). Debido a su alta viscosidad y naturaleza orgánica, es impulsado mediante bombas de desplazamiento positivo que elevan su presión hasta **50 bar**. Por otro lado, el agua de proceso (2.913,46 kg/h a 28 °C y 1 bar) es presurizada mediante bombas centrífugas hasta alcanzar igualmente los 50 bar.

Ambas corrientes atraviesan una red de intercambiadores de calor donde recuperan energía térmica de los corrientes efluentes del proceso, siendo posible su precalentamiento hasta alcanzar los **200 °C** antes de ingresar a la torre de reacción.

2. Desdoblamiento Térmico (Torre de Hidrólisis)

La etapa central de reacción se lleva a cabo en una torre de hidrólisis que opera en régimen de flujo a contracorriente bajo condiciones termodinámicas severas de **50 bar** y



250 °C. El sebo precalentado ingresa por la sección superior, mientras que el agua lo hace por la sección inferior.

Para mantener el perfil térmico y aportar el calor necesario para la reacción endotérmica, se inyecta directamente vapor saturado de alta presión (**323,72 kg/h a 50 bar**) en la sección media del equipo. En el interior de la torre, los triglicéridos se desdoblan produciendo ácidos grasos libres y glicerol.

3. Separación de Fases y Gestión Entálpica

De la torre de hidrólisis emergen dos corrientes:

- **Corriente de domo (N_S):** Compuesta por la fase orgánica (ácidos grasos). Emerge a **4.083,3 kg/h** y 250 °C. Esta corriente cede su calor latente en el intercambiador de la línea de sebo, enfriándose hasta los 85 °C antes de continuar hacia el nodo de mezcla (M).
- **Corriente de fondo (N_I):** Constituye la emulsión acuosa o "aguas glicerinosas". Emerge a **5.529,2 kg/h** y 250 °C, cediendo su calor al agua fresca de alimentación y reduciendo su temperatura a 105 °C.

Posteriormente, la corriente acuosa ingresa a un decantador flash que opera a presión atmosférica (1 bar) y 100 °C. En este equipo, la fase orgánica residual ($N_A = 1.824,64$ kg/h) se separa por gravedad y se recircula hacia el nodo de mezcla (M).

La fase acuosa pesada abandona el sistema como **Glicerina Cruda a razón de 3.704,56 kg/h** (a 100 °C), lista para ser derivada a la planta de concentración y refinación USP.

4. Sistema de Neutralización

Los ácidos grasos provenientes del domo de la torre y del decantador se unifican en el mezclador (M) e ingresan al reactor de neutralización. Simultáneamente, se dosifica una



solución de **Soda Cáustica al 50% p/p (1.706,76 kg/h a 25 °C)**. La reacción ácido-base transcurre de forma continua, produciendo un jabón crudo (N_j) que abandona el reactor con un caudal de **7.348,2 kg/h a 90 °C** y presión atmosférica.

5. Secado Flash y Acondicionamiento

El jabón crudo, con exceso de humedad, es alimentado a una cámara de secado que opera bajo vacío moderado (**30 mmHg**). Para optimizar la remoción de agua, se inyecta una corriente transversal de aire seco caliente (**94.925,7 kg/h a 75 °C**). El aire húmedo extraído por la parte superior (95.711,29 kg/h) es venteado o tratado, mientras que la pasta de jabón concentrada desciende hacia la etapa de acabado.

6. Acabado y Extrusión

La pasta de jabón seco ingresa a un equipo aglomerador (mezclador de paletas), donde se incorporan los aditivos (colorantes, fragancias, conservantes). Finalmente, la masa homogeneizada es forzada a través de una máquina extrusora (plodder) para formar una barra continua que luego es cortada y estampada. El producto terminado sale de la línea a razón de

6.562,6 kg/h y 45 °C, listo para su empaque logístico.

6.2.2. Proceso de purificación de Glicerina USP.

El sistema recibe la emulsión acuosa proveniente de la planta de desdoblamiento térmico y la procesa en régimen continuo a través de cuatro áreas operativas principales:

1. Evaporación de Múltiple Efecto (Concentración)

El proceso inicia con el ingreso de la **Glicerina Cruda (3.704,6 kg/h a 100 °C)** hacia un tren de evaporación de doble efecto. El objetivo de esta etapa es remover la mayor parte del agua libre (solvente) de la solución minimizando el consumo energético.

- **Primer Efecto:** La corriente ingresa al primer evaporador, donde se produce una vaporización masiva. Por el domo se extraen **2.963,68 kg/h de vapor de agua**



(m_{v1}) a 100 °C. La solución pre-concentrada (m'_p) abandona el equipo con un caudal de 740,92 kg/h a la misma temperatura.

- **Segundo Efecto:** La corriente m'_p ingresa al segundo evaporador, operando a una presión inferior. Aquí se extraen **277,84 kg/h de vapor (m_{v2})** a 62 °C.
- **Sistema de Vacío y Condensación:** Los vapores generados en ambos efectos son arrastrados hacia un condensador de contacto donde se inyecta **Agua de Torre (168.190,13 kg/h a 30 °C)**. La mezcla total abandona el sistema como condensados a razón de 171.431,65 kg/h a 42 °C.

La glicerina concentrada (Corriente F) abandona la sección de evaporación con un caudal de **463,08 kg/h a 62 °C**, lista para su destilación.

2. Destilación al Vacío y Purga de Fondos

La corriente concentrada ingresa a una columna de destilación empacada operando bajo alto vacío. Las condiciones de presión negativa son imperativas para lograr la separación de la glicerina sin alcanzar temperaturas que provoquen su degradación térmica (carbonización).

- **Cortes Ligeros (Domo):** Las fracciones más volátiles (agua residual e impurezas ligeras) ascienden por la columna. Se extrae una corriente de vapor ($V_1 = 90,07$ kg/h a 30 °C), de la cual se recupera un destilado líquido ($D = 75,17$ kg/h a 30 °C) tras su paso por el condensador de tope.
- **Purga de Pesados (Fondo):** Del rehervidor en la base de la columna se extrae una purga continua de **1,15 kg/h a 120 °C**. Este efluente líquido (conocido como *pitch* de glicerina o "foots") concentra las sales, jabones metálicos y compuestos de alto peso molecular, siendo derivado a la planta de tratamiento.
- **Extracción Principal:** La glicerina destilada se extrae de la columna en fase líquida (Corriente B) con un caudal de **384,19 kg/h a 75 °C**.



3. Sistema de Pulido por Adsorción con carbón activado

A pesar de la destilación, la corriente *B* puede contener trazas microscópicas de compuestos orgánicos coloreados u odoríferos que impiden la certificación farmacopea. Para alcanzar la especificación final, la glicerina destilada es impulsada mediante bombas centrífugas a través de un arreglo de dos columnas de lecho fijo (operables en serie o en paralelo).

Estos lechos, rellenos con carbón activado, adsorben selectivamente las impurezas residuales a nivel de partes por millón (ppm).

4. Regeneración de Lechos (Nitrógeno)

Para restituir la capacidad de adsorción del carbón activado sin comprometer su estructura, el diseño contempla un sistema de desorción. Se ingresa una corriente de Nitrógeno gas (N_2) a razón de 1,76 kg/h a 25 °C, la cual pasa por un compresor y un precalentador eléctrico antes de ingresar en flujo inverso a las columnas de adsorción.

Los gases de barrido calientes extraen las impurezas y son enviados a un intercambiador y un separador flash; los condensados resultantes se derivan al efluente líquido de tratamiento.

5. Desalado por intercambio iónico

Las sales presentes en la corriente de glicerina aguas abajo de los adsorbedores con carbón activado se separan empleando dos equipos con resinas de intercambio iónico en serie.

- El primero contiene resinas catiónicas fuertes capaces de remover Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Fe^{3+} .
- El segundo contiene resinas aniónicas fuertes que permiten la separación de Cl^- , SO_4^{2-} y PO_4^{3-} .



6. Microfiltración

Se trata de una etapa fundamental para el estándar USP, ya que permite la remoción de microorganismos. Para ello la corriente atraviesa un equipo de microfiltración con cartuchos de 0,2 micras de abertura.

Aunque la glicerina pura es un medio muy viscoso y hostil para la proliferación de microorganismos, este filtro físico garantiza la remoción absoluta de patógenos sobrevivientes y partículas finas en suspensión generadas por el desgaste de las resinas.

El producto final abandona el límite de batería como Glicerina USP (383,04 kg/h a 75 °C), manteniendo inalterada su pureza (superior al 99,7%) para su envasado y exportación.

6.3. Diagramas de Flujo de Proceso (PFD)

6.3.1. Diagrama PFD del proceso del jabón

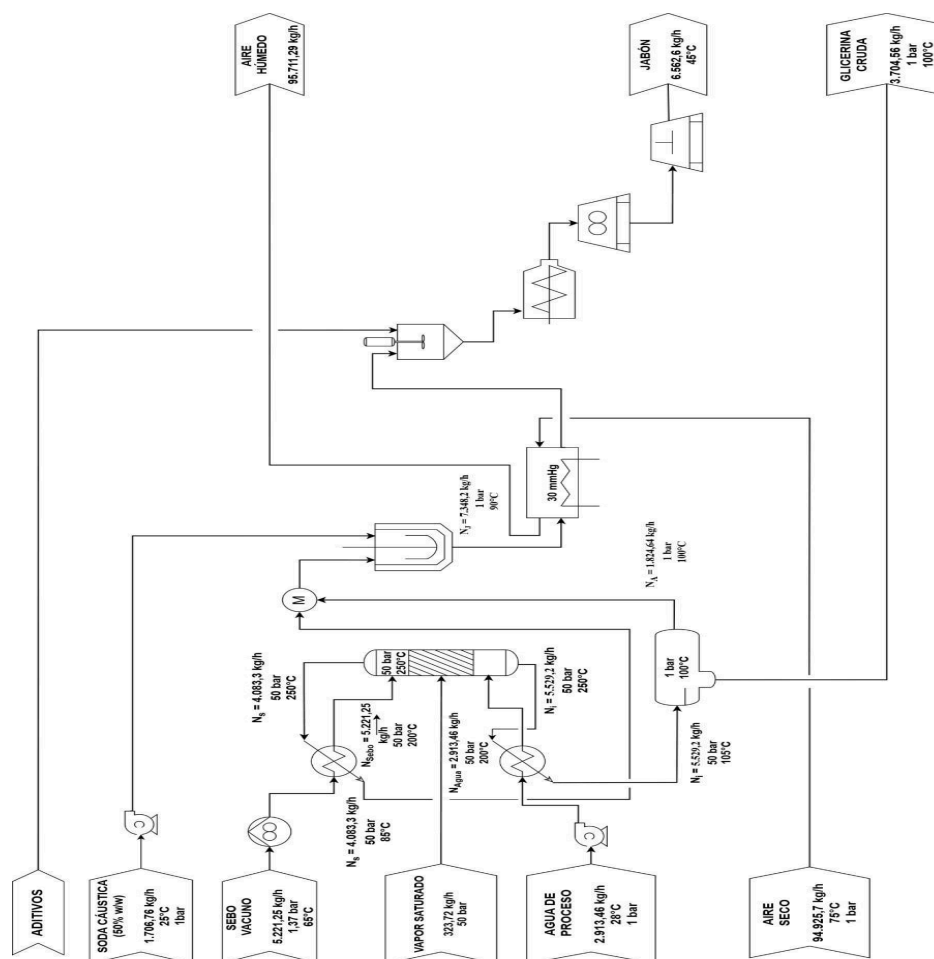


Figura 6.1 - Diagrama de proceso (PFD) del proceso del jabón

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 6.1** detalla las propiedades termodinámicas y másicas de las líneas principales correspondientes a la **Figura 6.1 (PFD de la Línea de Jabón)**. Las presiones indicadas corresponden a presiones absolutas de operación.

<i>ID / Corriente</i>	<i>Descripción de la Línea</i>	<i>Flujo Másico (kg/h)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Presión Operativa</i>
<i>1</i>	<i>Sebo Vacuno (Alimentación cruda)</i>	<i>5.221,25</i>	<i>65</i>	<i>1,37 bar</i>
<i>2</i>	<i>Sebo precalentado a Torre de Hidrólisis</i>	<i>5.221,25</i>	<i>200</i>	<i>50 bar</i>
<i>3</i>	<i>Agua de Proceso (Alimentación fresca)</i>	<i>2.913,46</i>	<i>28</i>	<i>1 bar</i>
<i>4</i>	<i>Agua precalentada a Torre de Hidrólisis</i>	<i>2.913,46</i>	<i>200</i>	<i>50 bar</i>
<i>5</i>	<i>Vapor Saturado (Inyección en Hidrólisis)</i>	<i>323,72</i>	<i>264</i>	<i>50 bar</i>
<i>6 (N₃)</i>	<i>Fase Orgánica (Domo Torre Hidrólisis)</i>	<i>4.083,30</i>	<i>250</i>	<i>50 bar</i>
<i>7 (N₃)</i>	<i>Fase Orgánica enfriada (hacia mezclador)</i>	<i>4.083,30</i>	<i>85</i>	<i>50 bar</i>
<i>8 (N₁)</i>	<i>Fase Acuosa (Fondo Torre Hidrólisis)</i>	<i>5.529,20</i>	<i>250</i>	<i>50 bar</i>
<i>9 (N₁)</i>	<i>Fase Acuosa enfriada (hacia decantador)</i>	<i>5.529,20</i>	<i>105</i>	<i>50 bar</i>
<i>10 (N_A)</i>	<i>Ácidos Grasos Recuperados (Decantador)</i>	<i>1.824,64</i>	<i>100</i>	<i>1 bar</i>

11	<i>Glicerina Cruda (Salida hacia refinación)</i>	<i>3.704,56</i>	<i>100</i>	<i>1 bar</i>
12	<i>Solución Soda Cáustica (50% p/p)</i>	<i>1.706,76</i>	<i>25</i>	<i>1 bar</i>
13 (N_p)	<i>Jabón Crudo (Salida de Neutralizador)</i>	<i>7.348,20</i>	<i>90</i>	<i>1 bar</i>
14	<i>Aire Seco Caliente (Entrada Secadero)</i>	<i>94.925,70</i>	<i>75</i>	<i>1 bar</i>
15	<i>Aire Húmedo (Venteo Secadero)</i>	<i>95.711,29</i>	<i>~ 60</i>	<i>1 bar</i>
16	<i>Jabón de Tocado Terminado (Extrusión)</i>	<i>6.562,60</i>	<i>45</i>	<i>1 bar</i>

Tabla 6.1 - Tabla de Corrientes del Proceso de Producción de Jabón

Fuente: Elaboración propia a partir de balances de materia y energía.

6.3.2. Diagrama PFD del proceso de la Glicerina UPS

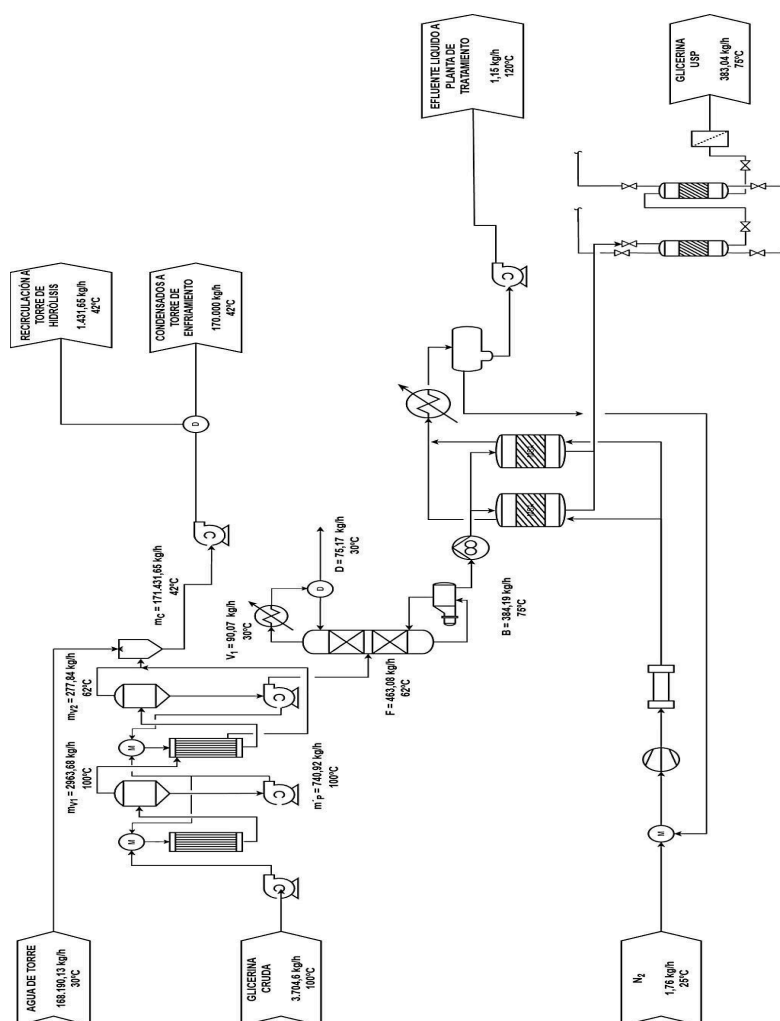


Figura 6.2 - Diagrama de Proceso (PFD) del proceso de la glicerina USP.

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 6.2** resume las condiciones de la **Figura 6.2 (PFD de la Línea de Glicerina USP)**, evidenciando los fuertes gradientes de presión generados por los sistemas de vacío requeridos para evitar la degradación térmica del producto.

<i>ID / Corriente</i>	<i>Descripción de la Línea</i>	<i>Flujo Másico (kg/h)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Presión Operativa</i>
<i>1</i>	<i>Glicerina Cruda (Desde decantador)</i>	<i>3.704,56</i>	<i>100</i>	<i>760 mmHg (1 bar)</i>
<i>2 (m_{v1})</i>	<i>Vahos extraídos del 1er Efecto</i>	<i>2.963,68</i>	<i>100</i>	<i>760 mmHg (1 bar)</i>
<i>3 (m'_p)</i>	<i>Glicerina pre-concentrada (Salida 1er Ef.)</i>	<i>740,92</i>	<i>100</i>	<i>760 mmHg (1 bar)</i>
<i>4 (m_{v2})</i>	<i>Vahos extraídos del 2do Efecto</i>	<i>277,84</i>	<i>62</i>	<i>150 mmHg</i>
<i>5 (F)</i>	<i>Glicerina Concentrada (Alimentación Torre)</i>	<i>463,08</i>	<i>62</i>	<i>150 mmHg</i>
<i>6</i>	<i>Agua de Torre (Hacia Condensador)</i>	<i>68.190,13</i>	<i>30</i>	<i>1 bar</i>
<i>7 (m_d)</i>	<i>Condensados Totales (Efluente Acuoso)</i>	<i>171.431,65</i>	<i>42</i>	<i>1 bar</i>
<i>8 (V_d)</i>	<i>Vapor cabeza de Torre de Destilación</i>	<i>90,07</i>	<i>30</i>	<i>15 mmHg</i>
<i>9 (D)</i>	<i>Destilado Ligero (Agua + Volátiles)</i>	<i>75,17</i>	<i>30</i>	<i>15 mmHg</i>
<i>10</i>	<i>Purga de Pesados (Foods - Salida de fondo)</i>	<i>1,15</i>	<i>120</i>	<i>150 mmHg</i>

<i>11 (B)</i>	<i>Glicerina Destilada (Hacia Adsorbedores)</i>	<i>384,19</i>	<i>75</i>	<i>1 bar (post- bomba)</i>
<i>12 (N₂)</i>	<i>Nitrógeno Gas (Para Inertización)</i>	<i>1,76</i>	<i>25</i>	<i>1 bar</i>
<i>13</i>	<i>Glicerina Grado USP (Terminada)</i>	<i>383,04</i>	<i>75</i>	<i>1 bar</i>

Tabla 6.2 - Tabla de Corrientes del Tren de Purificación de Glicerina USP

Fuente: Elaboración propia a partir de balances de materia y simulación termodinámica en ChemSep.

6.4. Balance Global de Materia y Energía

El balance global de materia de la planta se fundamenta en las leyes de conservación y en la termodinámica de las reacciones de desdoblamiento y neutralización.

La base estequiométrica del proceso establece que, considerando las masas molares promedio de los triglicéridos involucrados, **por cada 868,76 kg de sebo vacuno que reaccionan, se producen teóricamente 890,76 kg de jabón anhidro (en base seca) y aproximadamente 92 kg de glicerina pura.** Sin embargo, para compensar la conversión de equilibrio en el reactor PFR (torre de hidrólisis) y ajustar la humedad final del producto comercial (10 - 15%), los flujos de alimentación operan con un ligero exceso de materia grasa.

A partir del modelado de las corrientes principales y secundarias, se presenta el siguiente cuadro resumen con el balance macroscópico de entradas y salidas de la planta para la operación en régimen nominal:

Clasificación	Corriente / Componente	Flujo Másico (kg/h)	Destino / Origen Principal
ENTRADAS PRINCIPALES	<i>Sebo Vacuno Refinado</i>	5.221,25	<i>Alimentación a Torre de Hidrólisis</i>
	<i>Agua de Proceso (Reacción)</i>	2.913,46	<i>Alimentación a Torre de Hidrólisis</i>
	<i>Soda Cáustica (Solución 50% p/p)</i>	1.706,76	<i>Alimentación a Reactor Neutralizador</i>
	<i>Vapor de Alta Presión (Inyección)</i>	323,72	<i>Alimentación a Torre de Hidrólisis</i>
SALIDAS DE PRODUCTO	<i>Jabón de Tocado Terminado</i>	6.562,60	<i>Producto Principal (Acondicionado)</i>
	<i>Glicerina Grado USP (>99,7%)</i>	383,04	<i>Subproducto de Exportación</i>
EFLUENTES Y EMISIONES	<i>Agua evaporada en Torre de Secado</i>	785,59	<i>Transferida al aire de secado</i>
	<i>Vahos acuosos (Tren de Evaporación)</i>	3.241,52	<i>Evaporada en Calandrias 1 y 2</i>
	<i>Destilado Ligero de Torre de Vacío</i>	75,17	<i>Condensador de tope (Agua/Volátiles)</i>
	<i>Purga de Pesados</i>	1,15	<i>Fondo de la Torre de Destilación</i>

Tabla 6.3 - Cuadro resumen del Balance Global de Materia de la Planta

Fuente: Elaboración propia.

6.5. Requerimientos de Servicios Auxiliares

El funcionamiento continuo de los equipos de proceso térmico, vacío y separación física demanda un suministro constante de servicios auxiliares industriales.

A partir de los balances de energía individuales de cada equipo y de los cálculos de transferencia de calor, se han determinado los consumos nominales que deberán ser suministrados por la sala de calderas, las torres de enfriamiento y la planta de gases de la instalación. Se resumen los requerimientos para el funcionamiento a plena capacidad en la siguiente tabla.

<i>Servicio Auxiliar</i>	<i>Condición de Suministro</i>	<i>Consumo Nominal</i>	<i>Destino / Aplicación en el Proceso</i>
<i>Vapor de Alta Presión</i>	<i>Saturado a 50 bar (264 °C)</i>	<i>323,72 kg/h</i>	<i>Inyección directa en la Torre de Hidrólisis para mantener perfil térmico y estequiometría.</i>
<i>Vapor de Baja Presión</i>	<i>Saturado a 1 - 1,5 bar</i>	<i>6.446,99 kg/h</i>	<i>Calefacción de tanques de sebo, calandrias del tren de evaporación, hervidor de destilación y torre de secado.</i>
<i>Agua de Enfriamiento</i>	<i>Ingreso a 30 °C</i>	<i>168.190,13 kg/h</i>	<i>Alimentación al Condensador de Contacto para abatir los vahos del tren de vacío de la glicerina.</i>
<i>N2 criogénico</i>	<i>Gaseoso a 1 bar y 25 °C</i>	<i>9,09 Nm³/tn (por Tn de glicerina)</i>	<i>Regeneración de lechos de carbón activado e inertización en el envasado de Glicerina USP.</i>

Tabla 6.4 - Resumen de Requerimientos de Servicios Auxiliares de la Planta

Fuente: Elaboración propia en base al diseño de los equipos y balances energéticos.

6.6. Lista de Equipos Principales

A continuación, se presenta el listado de los equipos mayores de la planta, dimensionados para satisfacer las capacidades de producción de jabón de tocador (6.562,6 kg/h) y la refinación de Glicerina Grado USP (383,04 kg/h).

<i>Equipo</i>	<i>Material de Construcción</i>	<i>Condiciones de Operación (P y T)</i>	<i>Capacidad / Dimensiones Principales</i>
Tanques de Almacenamiento de Sebo (x3)	Acero al carbono con Recubrimiento interno epoxi.	P. Operación: 1 bar T. Operación: 65 °C	Volumen Unitario: 63,16 m ³ (D: 4,12 m, H: 4,61 m).
Torre de Hidrólisis	Acero Inoxidable AISI 304.	P. Operación: 50 bar T. Operación: 250 °C	Volumen: 45,48 m ³ Carga: 11,37 m ³ /h.
Intercambiadores de Calor (x5)	Carcasa: Acero al Carbono. Tubos: Inox 304.	P. Operación: 50 bar T. Operación: 65 a 250 °C	Área de Intercambio: 62,08 m ² c/u. Tipo: 1:6 (1 paso carcasa, 6 tubos).
Intercambiadores de Calor (Agua/Fondo) (x2)	Carcasa: Acero al Carbono. Tubos: Inox 304.	P. Operación: 50 bar T. Operación: 28 a 250 °C	Área de Intercambio: 10,03 m ² c/u. Tipo: 1:2 (1 paso carcasa, 2 tubos).
Decantador Gravitacional Continuo	Inox AISI 304.	P. Operación: 1 bar T. Operación: 100 °C	Volumen: 6,46 m ³ (D: 1,18 m, L: 5,9 m).
Reactor CSTR de Neutralización	Acero al carbono c/ revestimiento Inox/Plomo.	P. Operación: 1 bar T. Operación: 60 - 90 °C	Volumen: 2,11 m ³ (558 galones). Agitador tipo ancla (3 HP).
Torre de Secado Flash (Rotatoria)	Acero al Carbono.	P. Operación: 30 mmHg	Volumen/Dimensiones: D: 5,64 m, L: 22,6 m. Área transversal: 25 m ² .

		<i>T. Operación: 75 °C (Aire)</i>	
Evaporador 1er Efecto	<i>Carcasa: Acero al Carbono. Tubos: Acero Inox 304.</i>	<i>P. Operación: 1 bar (760 mmHg) T. Operación: 100 °C</i>	<i>Área de Intercambio: 40,25 m². Separador Ciclónico: 6,71 m³.</i>
Evaporador 2do Efecto	<i>Carcasa: Acero al Carbono. Tubos: Acero Inox 304.</i>	<i>P. Operación: 150 mmHg T. Operación: 62 °C</i>	<i>Área de Intercambio: 12,59 m². Separador Ciclónico: 2,00 m³.</i>
Condensador	<i>Acero Inoxidable AISI 304.</i>	<i>P. Operación: 150 mmHg T. Operación: 30 a 42 °C</i>	<i>Diámetro: 2,11 m. Área de sección: 3,5 m².</i>
Torre de Fraccionamiento al Vacío	<i>Acero Inoxidable AISI 304. Empaque Estructurado.</i>	<i>P. Op: 15 mmHg a 150 mmHg T. Op: 161 °C a 215 °C</i>	<i>Diámetro: 0,41 m. Altura Total: 18,7 m.</i>
Adsorbedores de Carbón Activado	<i>Acero Inoxidable AISI 304.</i>	<i>P. Diseño: 4 bar T. Operación: 75 °C</i>	<i>Lecho Fijo. Dimensiones: D: 0,2 m, H: 2,0 m.</i>
Caldera Acuotubular	<i>Acero al Carbono.</i>	<i>P. Operación: 50 bar T. Operación: 264 °C</i>	<i>Capacidad: 7.447,78 kg/h (14.895 lb/h) de vapor saturado.</i>
Máquina Extrusora	<i>Inox 316L (en contacto con producto).</i>	<i>P. Op: Vacío interno (sin aire) T. Operación: 45 °C</i>	<i>Capacidad: 6.500 kg/h.</i>

Tabla 6.5 - Especificaciones preliminares de los equipos principales de proceso

Fuente: Elaboración propia en base al dimensionamiento de Ingeniería de Detalle.

CAPÍTULO VII: INGENIERÍA DE DETALLE

7.1. Fundamentos Estequiométricos

7.1.1. Estequiometría del Proceso

El núcleo químico de la planta consiste en dos etapas secuenciales: el desdoblamiento térmico de triglicéridos y la posterior neutralización de los ácidos grasos resultantes.

Para definir los pesos moleculares del sistema, la materia grasa (sebo vacuno) fue modelada como una mezcla equimolar de trioleína, tripalmitina, triestearina y trilinoleína. En consecuencia, los ácidos grasos libres formados se aproximan como una mezcla en partes iguales de ácido oleico, ácido palmítico, ácido esteárico y ácido linoleico.

Las propiedades moleculares resultantes se resumen en la siguiente tabla:

<i>Componente</i>	<i>Peso molecular (kg/kmol)</i>
<i>Triglicéridos (sebo)</i>	868,76
<i>Ácidos Grasos</i>	276,92
<i>Agua</i>	18
<i>Jabón</i>	296,92
<i>Glicerina</i>	92
<i>Hidróxido de Sodio (soda)</i>	40

Tabla 7.1 - Pesos moleculares de las especies químicas del proceso.

Fuente: Elaboración propia a partir del modelado de mezclas lipídicas.

7.1.2. Ecuaciones Globales y Relación Base

Durante la reacción de hidrólisis en la torre, 1 mol de triglicéridos reacciona estequiométricamente con 3 moles de agua para producir 3 moles de ácidos grasos y 1 mol de glicerina.



Figura 7.1 - Primera etapa: Reacción química de hidrólisis de triglicéridos

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en el reactor CSTR, cada mol de ácido graso reacciona con un mol de hidróxido de sodio para producir un mol de jabón seco (sin contar el agua libre).

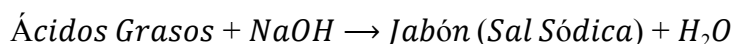


Figura 7.2 - Segunda etapa: Reacción química de neutralización de ácidos grasos

Fuente: Elaboración propia

Asumiendo un escenario de conversión teórica del 100%, la relación másica fundamental del proyecto establece que **por cada 868,76 kg de sebo que reaccionan se producen exactamente 890,76 kg de jabón anhidro.**

Extrapolando esta relación a la capacidad de diseño requerida para producir 40.000 toneladas anuales de jabón (equivalentes a 36.000 toneladas/año en base seca), se determina un consumo estequiométrico mínimo de 35.100 toneladas anuales de sebo (5,8 tn/h).

Sin embargo, el diseño final del reactor contempla un ligero exceso de reactivo para compensar las limitaciones cinéticas y termodinámicas de la conversión en el equilibrio.



7.1.3. Termodinámica de la Hidrólisis

Para justificar las severas condiciones operativas de la torre de hidrólisis (50 bar y 250 °C), resulta indispensable analizar el calor de reacción (ΔH) y la espontaneidad del proceso mediante la energía libre de Gibbs (ΔG).

La hidrólisis implica la ruptura de 3 enlaces O-C (triglicérido) y 3 enlaces H-O (agua), con la consecuente formación de 3 enlaces O-H (en la glicerina) y enlaces C-O (en los ácidos grasos).

Una primera aproximación teórica a 25 °C, basada estrictamente en entalpías de enlace estándar, sugiere un calor de reacción casi nulo:

$$Qr_0 = 3(360) + 3(272) - 3(272) - 3(360) = 0 \text{ kJ/mol}$$

Sin embargo, los datos empíricos y el efecto de las fuerzas intermoleculares en el sistema líquido demuestran que a temperatura ambiente la reacción es endotérmica en el orden de los 10 a 20 kJ/mol.

1. Corrección a Condiciones de Operación (250 °C)

Aplicando la Ley de Kirchhoff para corregir la entalpía hasta la temperatura de reacción (250 °C) utilizando las capacidades caloríficas (C_p) obtenidas de las simulaciones en DWSIM, el calor de reacción se incrementa a:

$$\Delta H_{250^\circ\text{C}, 40 \text{ bar}} = 38,7 \text{ kJ/mol}$$

La variación de entropía para la reacción de desdoblamiento es ligeramente positiva debido al aumento en los grados de libertad de los productos, estimándose en el orden de $\Delta S \approx 0,1 \text{ kJ}/(\text{mol} \cdot \text{K})$.

2. Energía Libre de Gibbs y Espontaneidad



Evaluando el sistema mediante la ecuación de Gibbs a la temperatura de operación (523 K):

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G_{250^{\circ}\text{C}} = 38,7 \text{ kJ/mol} - (523 \text{ K} \cdot 0,1 \text{ kJ}/(\text{mol} \cdot \text{K})) = -13,6 \text{ kJ/mol}$$

Conclusión Termodinámica El análisis demuestra que la reacción es manifiestamente endotérmica ($\Delta H > 0$) en todo el rango térmico estudiado. En consecuencia, según el Principio de Le Chatelier, la conversión de equilibrio se maximiza al operar el reactor a la temperatura más elevada posible.

Operar a 250 °C resulta en un valor de ΔG netamente negativo ($-13,6 \text{ kJ/mol}$), lo que desplaza el equilibrio favorablemente hacia la formación de productos y hace que la constante de equilibrio (K_{eq}) sea significativamente mayor a la unidad.

Esta temperatura representa el límite termodinámico óptimo, ya que valores superiores provocan la degradación térmica de los compuestos orgánicos y los límites de resistencia mecánica de los materiales del reactor serían excedidos

7.2. Tanques de Almacenamiento Calefaccionados Por Vapor

Este apartado detalla el dimensionamiento volumétrico, el cálculo mecánico de espesores y el diseño térmico del sistema de almacenamiento primario de la planta. El objetivo de estos equipos es recibir la materia grasa, almacenarla de forma segura y transferir el calor necesario para lograr su fusión completa, garantizando un flujo continuo hacia la torre de hidrólisis.

7.2.1. Dimensionamiento Volumétrico y Geometría

El proceso demanda un caudal continuo de 5.933,63 kg/h de sebo refinado, lo cual equivale a un consumo diario de 142,41 toneladas operando en un esquema de tres turnos de 8 horas.

Los tanques deben estar preparados para recibir tal cantidad de sebo y deben contar con un sistema de calefacción para llevarlo a una temperatura de 65°C, con el fin de que el mismo se encuentre totalmente fundido para ser bombeado.

→
N sebo (3)

PROPERTIES TABLE			
N sebo (3)	Density (Mixture)	909,619	kg/m ³
N sebo (3)	Thermal Conductivity (Mixture)	0,138652	W/(m.K)
N sebo (3)	Density (Overall Liquid)	909,619	kg/m ³
N sebo (3)	Thermal Conductivity (Overall Liquid)	0,138652	W/(m.K)
N sebo (3)	Dynamic Viscosity (Overall Liquid)	0,0532619	Pa.s
N sebo (3)	Heat Capacity (Overall Liquid)	1,62064	kJ/(kg.K)
N sebo (3)	Density (Solid)	0	kg/m ³
N sebo (3)	Thermal Conductivity (Solid)	0	W/(m.K)
N sebo (3)	Solid Heat Capacity (Cp)	0	kJ/(kg.K)
N sebo (3)	Temperature	25	C
N sebo (3)	Pressure	1	bar

Figura 7.3 - Propiedades termofísicas del sebo bovino refinado a 25 °C y 1 bar.

Fuente: Datos del simulador DWSIM



PROPERTIES TABLE			
N sebo (3)	Density (Mixture)	884,077	kg/m ³
N sebo (3)	Thermal Conductivity (Mixture)	0,132419	W/(m.K)
N sebo (3)	Density (Overall Liquid)	884,077	kg/m ³
N sebo (3)	Thermal Conductivity (Overall Liquid)	0,132419	W/(m.K)
N sebo (3)	Dynamic Viscosity (Overall Liquid)	0,0147433	Pa.s
N sebo (3)	Heat Capacity (Overall Liquid)	1,77599	kJ/(kg.K)
N sebo (3)	Density (Solid)	0	kg/m ³
N sebo (3)	Thermal Conductivity (Solid)	0	W/(m.K)
N sebo (3)	Solid Heat Capacity (Cp)	0	kJ/(kg.K)
N sebo (3)	Temperature	65	°C
N sebo (3)	Pressure	1	bar

Figura 7.4 - Propiedades termofísicas del sebo bovino refinado a 65 °C y 1 bar.

Fuente: Datos del simulador DWSIM

Para que el fluido adquiriera la viscosidad cinemática adecuada para su bombeo, debe ser precalentado a una temperatura de 65°C. A esta temperatura de diseño, la densidad del sebo fundido es de $\rho = 884,08 \text{ kg/m}^3$. El volumen total diario requerido de materia prima se calcula mediante la relación másica:

$$V = \frac{142.410 \text{ kg}}{884,08 \text{ kg/m}^3} = 161,08 \text{ m}^3$$

Para garantizar la flexibilidad operativa, se adopta una configuración en paralelo consistente en **3 (tres) tanques cilíndricos verticales** construidos en acero al carbono con recubrimiento interno epoxídico. El volumen útil de operación para cada unidad será de 53,69 m³.

Por estrictas razones de seguridad y para evitar proyecciones por rebose, se aplica la norma API 650, estableciendo un factor de llenado máximo admisible del 85%. En consecuencia, el volumen total de diseño (V_T) de cada recipiente resulta:

$$V_T = \frac{53,69 \text{ m}^3}{0,85} = 63,16 \text{ m}^3$$

Adoptando un criterio de diseño estándar para recipientes cilíndricos con una relación de aspecto Altura/Diámetro (H/D) de 1,15: 1, se definen las dimensiones geométricas principales:

$$V_T = \pi * \frac{D^2}{4} * H$$

Despejando el diámetro (D) y la altura total (H):

- **Diámetro del tanque (D):** 4,12 m.
- **Altura de la envolvente (H):** 4,61 m.
- **Nivel máximo de líquido aforado (L):** 4,03 m (dejando una cámara de aire atmosférico o espacio de cabeza de 58 cm).

7.2.2. Diseño Mecánico y Cálculo de Espesores (Norma ASME)

Para estimar el peso del recipiente (y posteriormente su costo de adquisición), es imperativo calcular el espesor de la envolvente metálica, el cual debe soportar la presión hidrostática generada por la columna de fluido.

La presión hidrostática máxima en el fondo del tanque se determina utilizando la densidad de la mezcla a temperatura ambiente (909,62 kg/m³ a 25°C) para simular el escenario más desfavorable (condición de paro o arranque en frío):

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot L$$



$$\Delta P = 909,62 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 4,03 \text{ m} = 35.924,53 \text{ Pa}$$

El espesor mínimo de pared por presión interna se calcula aplicando la formulación del **Código ASME, Sección VIII**:

$$t_{\text{mínimo}} = \frac{P \cdot R}{\sigma_t \cdot E - 0,6 \cdot P} = \frac{137.249,53 \text{ Pa} \cdot 2,06 \text{ m}}{135.000.000 \text{ Pa} - 0,6 \cdot 137.249,53 \text{ Pa}} = 0,0021 \text{ m}$$

Sustituyendo la presión de diseño (137.249,53 Pa), el radio interior (2,06 m) y la tensión admisible del acero al carbono ($\sigma_t = 135 \text{ MPa}$):

$$t_{\text{mínimo}} = 0,0021 \text{ m} \cdot 1000 \text{ mm/1 m} = 2,1 \text{ mm}$$

A este valor estructural base se le adiciona un sobre espesor por tolerancia a la corrosión de 3 mm, arrojando un **espesor de chapa comercial final de 5,1 mm**.

$$t = 2,1 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 5,1 \text{ mm}$$

Utilizando una densidad estándar para el acero al carbono de 7.850 kg/m^3 , el peso en vacío de cada recipiente asciende a 2.533,2 kg (5.573,03 lb).

De esta forma, el peso del recipiente se calcula de la siguiente manera:

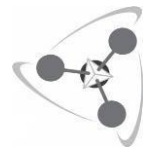
$$Weight = (\pi \cdot (D + 2 \cdot t) / 4^2 - \pi \cdot D^2 / 4) \cdot H \cdot \rho (\text{acero}) = 2.533,2 \text{ kg}$$

$$Weight = 2.533,2 \text{ kg} \cdot 2,2 \text{ lb/kg} = 5.573,03 \text{ lb}$$

Un recipiente de tal peso costaba en el año 2014, según Matches' Equipment Cost, USD 43.800, aunque también debe estimarse el costo adicional del sistema de calefacción.

7.2.3. Diseño Térmico y Consumo de Vapor

El sistema de calefacción consiste en un serpentín metálico interno alimentado con vapor saturado a 100°C . El calor requerido (Q) para elevar la temperatura de la masa de sebo en



el tanque (47.470 kg) desde 25°C hasta su punto óptimo de bombeo (65°C) se evalúa a partir de la variación de entalpía específica ($\Delta h = 62,49 \text{ kJ/kg}$):

Dado que el proceso tendría lugar a presión constante, el calor es igual a la variación de entalpía del sebo.

$$Q_e = (-66,27 \text{ kJ/kg}) - (-128,76 \text{ kJ/kg}) = 62,49 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 62,49 \text{ kJ/kg} \cdot 47.470 \text{ kg} = 2.966.400,3 \text{ kJ}$$

Dado que los tanques operan sin agitación mecánica, el mecanismo que gobierna la transferencia de energía del lado del producto es la convección natural. La resistencia convectiva del sebo domina globalmente el intercambio térmico.

El coeficiente pelicular convectivo (h) para el sebo puede obtenerse correlacionando los números adimensionales de Rayleigh y Nusselt (**correlaciones de Churchill-Chu**):

$$Ra = \frac{g \beta \Delta T^* L^3}{\nu \alpha}$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho^* c}$$

$$Nu = \frac{h^* l}{k} = c * Ra^n$$

A continuación, se muestran las propiedades del sebo sólido a 25°C y del sebo fundido a 65°C.

<i>Propiedad/Temperatura</i>	<i>25°C</i>	<i>65°C</i>
<i>C (kJ/kg*K)</i>	<i>1,9</i>	<i>2,2</i>
<i>ρ (kg/m³)</i>	<i>911,85</i>	<i>887,19</i>
<i>μ (Pa*s)</i>	<i>0,049</i>	<i>0,014</i>
<i>k (W/m*K)</i>	<i>0,2</i>	<i>0,15</i>
<i>β x 10E+6 (m/K)</i>	<i>600</i>	<i>900</i>

Tabla 7.2 – Resumen de propiedades termofísicas del sebo bovino del sebo bovino refinado a condiciones estándar (25 °C y 1 bar)

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, se obtienen los siguientes resultados:

$$Ra = 8,4 \times 10^{12}$$

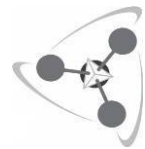
Al situarse el número de Rayleigh (Ra) en el rango de 10^9 a 10^{13} , el número de Nusselt (Nu) se aproxima mediante:

$$Nu = 0,10 \cdot Ra^{0,33} = 2.032,79$$

Lo que arroja un coeficiente convectivo de **$h = 77,17 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$** .

Para satisfacer esta transferencia térmica, el diseño proyecta un serpentín que cubre el 35% del área interna mojada del tanque (envolvente inferior y fondo), logrando un área útil de intercambio (A) de $25,6 \text{ m}^2$.

$$A = 0,35 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} + \pi \cdot D \cdot H = 25,6 \text{ m}^2$$



La potencia térmica del sistema (*Potencia*) resulta:

$$Potencia = h \cdot A \cdot \Delta T = 77,17 \cdot 25,6 \cdot (100^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = 148.166,4 \text{ W}$$

Bajo estas condiciones de diseño térmico, a partir de la potencia térmica es posible calcular el consumo horario de vapor y el tiempo de calentamiento.

$$t(h) = (Q/Pot) : 3600 = 5,6 \text{ h}$$

Cabe destacar que se trata del tiempo para calentar toda la masa de 47.470 kg. Por otro lado, la producción horaria de sebo fundido se puede calcular mediante el cociente entre la potencia térmica y la variación de entalpía específica (por cada kg de sebo)

$$N \text{ sebo fundido}(kg/h) = (Pot/\Delta h) * 3600 = 8.537,12 \text{ kg/h}$$

Se trata de un 43% más con respecto a la cantidad de sebo requerida por hora, lo cual da cierta versatilidad (reserva para bombear).

A partir de tablas termodinámicas se sabe que la entalpía de vaporización del agua a 100°C (λ) es de 2.675,53 kJ/kg.

$$N \text{ vapor}(kg/h) = (Pot/\lambda) * 3600 = 199,36 \text{ kg/h}$$

Cabe destacar que el consumo corresponde a cada tanque.

7.2.4. Costos

Cada uno de los tres tanques tiene un costo intrínseco debido a su construcción y un costo adicional debido al sistema de transferencia de calor.

Como ya se mencionó anteriormente, un tanque con el peso correspondiente costaba USD 43.800 en el año 2014. Además, un sistema de serpentín interno de 25,6 m² de acero AISI 304 costaba USD 11.400. Por lo tanto:



$$\text{Costo} = 3 * \text{USD } 55.200 * (718/624,3) = \text{USD } 190.454,59$$

7.3. Torre de Hidrólisis

Este apartado desarrolla el modelado matemático, cinético y volumétrico de la torre de hidrólisis, el equipo central de la instalación donde se produce el desdoblamiento continuo de los triglicéridos en ácidos grasos libres y glicerol.

7.3.1. Fundamentos Cinéticos y Operativos

El recipiente se diseña como una torre cilíndrica construida en acero inoxidable AISI 304, material seleccionado para resistir la corrosión de los ácidos grasos libres a altas temperaturas. El sistema opera bajo condiciones termodinámicas severas de 50 bar y 250 °C.

El flujo interno se establece en régimen a contracorriente: La fase orgánica (sebo fundido) ingresa por la sección superior, mientras que la fase acuosa ingresa por la parte inferior.

El perfil térmico y la agitación necesaria se mantienen mediante la inyección directa de vapor de agua saturado a 50 bar en la sección media del equipo.

La mezcla de agua y sebo es heterogénea pero dado que el vapor a alta presión y temperatura aporta gran agitación y fluidez al sistema se supondrá que la reacción es homogénea y **el reactor será modelado como flujo pistón o PFR, por sus siglas en inglés**. Además, dado que la reacción a la temperatura de trabajo es ligeramente endotérmica como se demostrará en el siguiente apartado, también **se supondrá que el reactor es isotérmico**.



7.3.2. Modelo Cinético

Para obtener altas conversiones en el reactor de hidrólisis se recomienda utilizar un exceso estequiométrico de agua, ya que esto genera un desplazamiento del equilibrio hacia la formación de ácidos libres y glicerina, según la ley de acción química de masas.

De esta manera, estequiométricamente se necesitan 0,062 kg, pero es recomendable trabajar con una cantidad de 10 a 20 veces más alta. Para no obtener una solución de glicerina tan diluida, lo cual incrementaría el consumo de vapor en los efectos de evaporación y en la torre de destilación, ***es deseable trabajar con una relación de 0,65 kg de agua por cada kg de sebo.***

Para que el volumen del reactor no sea excesivo se opta por cubrir la cantidad estequiométrica de agua con vapor ($0,062 \text{ kg agua/kg sebo} * 5221,25 \text{ kg sebo/h} = 323,72 \text{ kg vapor/h}$), mientras que el exceso se inyecta al reactor como agua en estado líquido a 50 bar ($0,558 \text{ kg agua/kg sebo} * 5221,25 \text{ kg sebo/h} = 2913,46 \text{ kg/h}$).

La hidrólisis de triglicéridos es una reacción elemental reversible (es la reacción inversa de la esterificación del glicerol). A continuación, se obtendrá la ecuación cinética para la velocidad de desaparición del sebo considerando una reacción reversible elemental.

$$r_s = -k_s * C_s * C_w^3 \text{ (velocidad de la reacción directa)}$$

$$r_s = k_{-s} * C_A^3 * C_G \text{ (velocidad de la reacción inversa)}$$

La velocidad de reacción neta del sebo se obtiene sumando ambas ecuaciones.

$$r_{s \text{ neta}} = -k_s * C_s * C_{3W} + k_{-s} * C_{3A} * C_G$$

La velocidad de desaparición neta del sebo se obtiene al multiplicar por -1 a ambos miembros.

$$-r_{s \text{ neta}} = k_s * C_s * C_{3W} - k_{-s} * C_{3A} * C_G$$



Es importante considerar que ambas constantes cinéticas específicas se encuentran relacionadas por la constante de equilibrio:

$K = k_s/k_{-s}$; esta relación se puede introducir en la ecuación anterior.

$$-r_{S \text{ neta}} = k_s * C_S * C_{3W} - k_{-s}/K * C_{3A} * C_G$$

$$-r_{S \text{ neta}} = k_s * (C_S * C_{3W} - (C_{3A} * C_G/K))$$

Sin embargo, al trabajar a altas temperaturas la constante de equilibrio tiende a aumentar haciendo termodinámicamente favorable a la reacción de hidrólisis, por lo que puede hacerse la siguiente simplificación:

$$-r_{S \text{ neta}} = k_s * (C_S * C_{3W} - (C_{3A} * C_G/K))$$

$$-r_{S \text{ neta}} = k_s * C_S * C_{3W}$$

Dado que se plantea emplear un gran exceso estequiométrico de agua, puede asumirse que la concentración de dicho reactivo no sufre cambios apreciables y se puede expresar la ecuación cinética de orden global unitario.

$$k_{\text{exceso}} = k_s * C_{3W}$$

$$-r_{S \text{ neta}} = k_{\text{exceso}} * C_S$$

Al operar con este exceso masivo, la concentración de agua (C_W) permanece prácticamente constante a lo largo del reactor, permitiendo simplificar la ecuación de velocidad a una cinética empírica de pseudo-primer orden:

$$-r_S = 1,8462 \text{ h}^{-1} \cdot C_S$$

Donde $-r_S$ representa la velocidad neta de desaparición del sebo y C_S la concentración de triglicéridos en el sistema.

El calor de reacción puede estimarse a partir de datos de entalpía de enlace estándar y luego puede corregirse para la temperatura de reacción de 250°C.

En el transcurso de la reacción se rompen 3 enlaces O-C por cada mol de triglicéridos y 3 enlaces H-O por cada molécula de agua. Además, se forman 3 enlaces O-H por cada mol de glicerina y 1 enlace C-O por cada mol de ácidos grasos. De esta manera:

$$Q_r^0 = 3 \cdot 360 \text{ kJ/mol} + 3 \cdot 272 \text{ kJ/mol} - 3 \cdot 272 \text{ kJ/mol} - 3 \cdot 360 \text{ kJ/mol} = 0 \text{ kJ/mol}$$

A 25°C el calor de reacción es cero, pero esto es solo una estimación teórica, dado que no fueron tomados en cuenta los efectos de solvatación del glicerol ni la energía de las fuerzas intermoleculares debidas a los puentes de hidrógeno. Los valores empíricos sugieren que la reacción es ligeramente endotérmica (entre 10 y 20 kJ/mol)

Por otro lado, la variación de entropía es ligeramente positiva, ya que a pesar de que no hay un cambio en el número de moles totales durante la reacción los productos tienen mayores grados de libertad (cada mol de triglicérido se escinde en moléculas más pequeñas).

Entalpía de enlace promedio (E)			
Enlace	Energía (kJ/mol)	Enlace	Energía (kJ/mol)
H-H	436	C-F	460
H-C	413	C-Cl	335
H-N	391	C-Br	289
H-O	272	C-I	230
H-F	568	C-N	356
H-Cl	432	C=N	744,9
H-Br	366	C-S	272
C-O	360	C=C	610
C=O	745	C≡C	835
C-C	346		

Figura 7.5 – Entalpías de enlace promedio (E) para distintos enlaces covalentes.

Fuente: Química Orgánica, John McMurry, 9na edición

Para corregir el calor de reacción es necesario conocer las capacidades térmicas específicas a presión constante de todas las sustancias reaccionantes, las cuales pueden

obtenerse fácilmente a partir del simulador DWSIM, el cual utiliza modelos termodinámicos avanzados.

→
Agua

PROPERTIES TABLE			
Agua	Temperatura	100	C
Agua	Presión	565,466	psig
Agua	Density (Mixture)	883,133	kg/m3
Agua	Viscosidad dinámica (líquido en general)	0,00415931	Pa.s
Agua	Capacidad calorífica (líquido total)	1,92894	kJ/[kg.K]

Figura 7.6 – Propiedades termofísicas del agua líquida a 100 °C y 565 psig

Fuente: Datos del simulador DWSIM

→
Ácidos grasos

PROPERTIES TABLE			
Ácidos grasos	Temperatura	250	C
Ácidos grasos	Presión	50,0005	psig
Ácidos grasos	Density (Mixture)	727,628	kg/m3
Ácidos grasos	Capacidad calorífica (líquido total)	2,57421	kJ/[kg.K]
Ácidos grasos	Conductividad térmica (mezcla)	0,110333	W/[m.K]
Ácidos grasos	Viscosidad dinámica (líquido en general)	0,000571954	Pa.s

Figura 7.7 – Propiedades físicas de ácidos grasos a 250 °C y 50.000 psig

Fuente: Datos del simulador DWSIM

→
Sebo

PROPERTIES TABLE			
Sebo	Temperatura	250	C
Sebo	Presión	565,466	psig
Sebo	Density (Mixture)	764,475	kg/m3
Sebo	Conductividad térmica (mezcla)	0,10611	W/[m.K]
Sebo	Capacidad calorífica (líquido total)	2,37755	kJ/[kg.K]
Sebo	Viscosidad dinámica (líquido en general)	0,000595594	Pa.s

Figura 7.8 – Propiedades termofísicas del sebo bovino refinado (RBD) a 250 °C y 565 psig

Fuente: Datos del simulador DWSIM


 Vapor

PROPERTIES TABLE			
Vapor	Temperatura	250,441	C
Vapor	Presión	565,466	psig
Vapor	Conductividad térmica (mezcla)	0,0386819	W/[m.K]
Vapor	Viscosidad dinámica (vapor)	1,92238E-05	Pa.s
Vapor	Capacidad calorífica (vapor)	2,38171	kJ/[kg.K]
Vapor	Densidad (vapor)	19,444	kg/m3

Figura 7.9 – Propiedades físicas del vapor a 250,4 °C y 565 psig

Fuente: Datos del simulador DWSIM


 Glicerol

PROPERTIES TABLE			
Glicerol	Temperatura	250	C
Glicerol	Presión	50,0005	psig
Glicerol	Density (Mixture)	769,887	kg/m3
Glicerol	Viscosidad dinámica (líquido en general)	0,000587733	Pa.s
Glicerol	Capacidad calorífica (líquido total)	2,43405	kJ/[kg.K]

Figura 7.10 – Propiedades termodinámicas del glicerol a 250 °C y 50.000 psig

Fuente: Datos del simulador DWSIM

$$Q_r (250^{\circ}\text{C}, 40 \text{ bar}) = 0 + (0,22 \text{ kJ/mol}^{\circ}\text{C} \cdot 225^{\circ}\text{C} + 3 \cdot 0,71 \text{ kJ/mol}^{\circ}\text{C} \cdot 225^{\circ}\text{C} - 2,07 \text{ kJ/mol} \cdot 225^{\circ}\text{C} - 3 \cdot 0,036 \text{ kJ/mol}^{\circ}\text{C} \cdot 225^{\circ}\text{C}) = 38,7 \text{ kJ/mol}$$

La variación de entropía para este tipo de reacción se halla en el orden de los 0,1 kJ/mol K y su variación con respecto a la temperatura se puede despreciar.

$$\Delta G (25^{\circ}\text{C}) = 15 \text{ kJ/mol} - 298 \text{ K} \cdot 0,1 \text{ kJ/mol K} = -14,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G (250^{\circ}\text{C}) = 38,7 \text{ kJ/mol} - 523 \text{ K} \cdot 0,1 \text{ kJ/mol K} = -13,6 \text{ kJ/mol}$$

En el equilibrio:

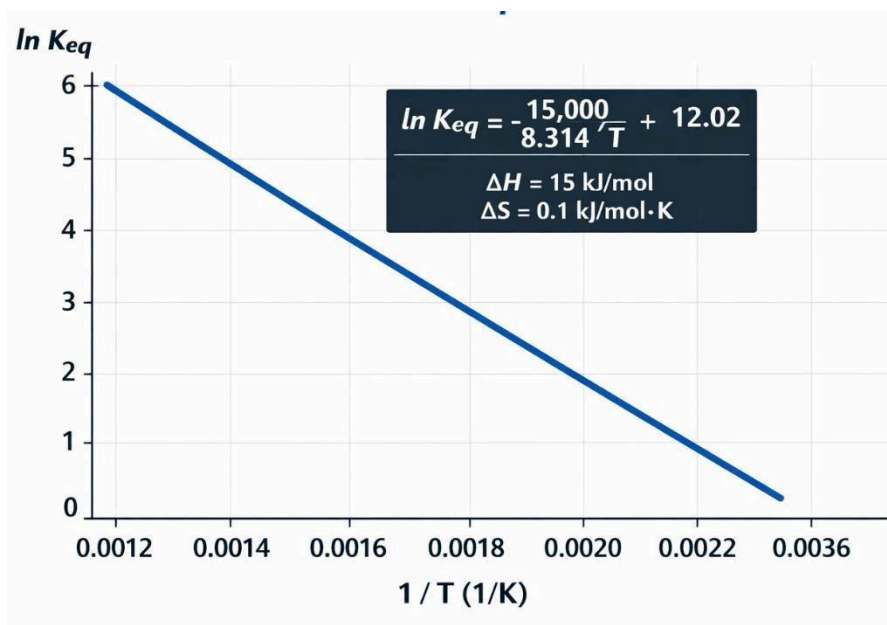


Figura 7.11 – Relación de van't Hoff entre $\ln K_{eq}$ y $1/T$, mostrando la dependencia del equilibrio químico con la temperatura y permitiendo la determinación de ΔH y ΔS del sistema

Fuente: Elaboración propia

La reacción es endotérmica en todo el rango de temperaturas estudiado, por lo que la conversión de equilibrio puede maximizarse operando el reactor a la temperatura más alta posible, pero sin llegar al umbral de degradación térmica de los compuestos orgánicos del sistema reaccionante y de los materiales constructivos del reactor.

A una temperatura de 523 K la constante de equilibrio es mucho mayor a la unidad, por lo que está justificado expresar la velocidad de reacción despreciando las concentraciones de los reactivos. Además, el calor de reacción es muy pequeño, por lo que el sistema se puede modelar como isotérmico.

7.3.3. Tiempo de Residencia y Conversión

Para un reactor PFR operando bajo cinética de primer orden con densidad constante, la relación analítica entre el tiempo de residencia (t_r) y la conversión fraccional (X_A) se define mediante el balance de masa diferencial integrado:

$$tr = \frac{XA}{1,8462*(1-XA)}$$

El criterio de diseño industrial establece un tiempo de residencia operativo límite de 4 horas.

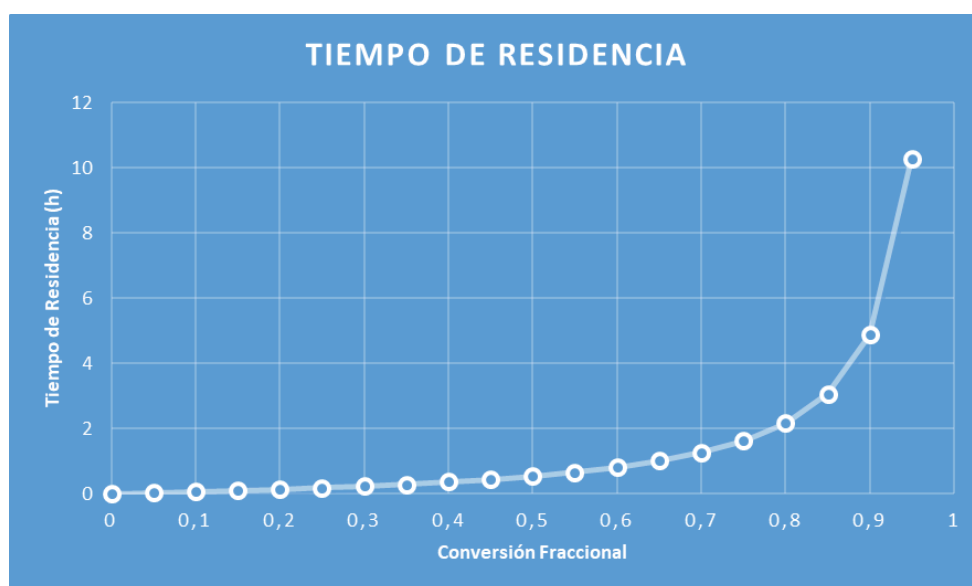


Figura 7.12 – Variación del tiempo de residencia en función de la conversión fraccional.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico, para un tiempo de residencia de 4 (cuatro) horas se convierten 88 moles de sebo por cada 100 moles alimentados de dicho reactivo.

Sustituyendo este valor en el modelo cinético, se determina que la conversión máxima alcanzable en la torre es del 88% ($X_A = 0,88$).

7.3.4. Balance Volumétrico y Dimensionamiento Final

Debido a que la conversión no es del 100%, el flujo molar de alimentación de materia grasa se debe sobredimensionar para garantizar la cuota de producción de jabón aguas abajo.

Es por ello que hay que introducir un pequeño exceso de sebo al mismo para compensar el efecto de la conversión. Para ello se calcula la nueva cantidad de sebo necesaria a partir de un balance estequiométrico.

TABLA 3-4 TABLA ESTEQUIOMÉTRICA PARA UN SISTEMA DE FLUJO			
Especie	Velocidad de alimentación al reactor (mol/tiempo)	Cambio dentro del reactor (mol/tiempo)	Velocidad del efluente del reactor (mol/tiempo)
A	F_{A0}	$-F_{A0}X$	$F_A = F_{A0}(1 - X)$
B	$F_{B0} = \Theta_B F_{A0}$	$-\frac{b}{a} F_{A0}X$	$F_B = F_{A0} \left(\Theta_B - \frac{b}{a} X \right)$
C	$F_{C0} = \Theta_C F_{A0}$	$\frac{c}{a} F_{A0}X$	$F_C = F_{A0} \left(\Theta_C + \frac{c}{a} X \right)$
D	$F_{D0} = \Theta_D F_{A0}$	$\frac{d}{a} F_{A0}X$	$F_{D_1} = F_{A0} \left(\Theta_D + \frac{d}{a} X \right)$

Tabla 7.3 – Relación estequiométrica de especies A, B, C y D en un reactor de flujo

Fuente: Elementos de Ingeniería de las Reacciones, Scott Fogler

Para alcanzar el flujo deseado de productos, el flujo molar inicial de sebo (F_{s0}) se ajusta a 6,83 kmol/h. Simultáneamente, el suministro total de agua (combinando inyección líquida y vapor) se fija en 204,38 kmol/h.

Evaluando las propiedades de la mezcla a las condiciones operativas (250 °C y 50 bar), la densidad de la fase acuosa es de 800 kg/m³ y la de la fase orgánica (sebo) de 796,68 kg/m³. Con estos parámetros, se calcula el flujo volumétrico total de entrada (F_{v0}):

$$F_{v0} = \frac{(6,01 \text{ kmol/h} \cdot 868,76 \text{ kg/kmol})}{(796,68 \text{ kg/m}^3)} + \frac{(179,84 \text{ kmol/h} \cdot 18 \text{ kg/kmol})}{(800 \text{ kg/m}^3)} = 10,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Finalmente, conociendo el flujo volumétrico y el tiempo de residencia estipulado, se define el volumen útil requerido para el reactor PFR:

$$V = t_r \cdot F_{v0}$$

$$V = 4 \text{ h} \cdot 11,37 \text{ m}^3/\text{h} = 45,48 \text{ m}^3$$

<i>Especie</i>	<i>Velocidad de alimentación al reactor (kmol/h)</i>	<i>Cambio dentro del reactor (kmol/h)</i>	<i>Velocidad del efluente del reactor (kmol/h)</i>
<i>S (Sebo)</i>	6,83	-6,01	0,82
<i>W (Agua)</i>	204,38	-18,03	186,35
<i>A (Ácidos)</i>	0	+18,03	18,03
<i>G (Glicerina)</i>	0	+6,01	6,01

Tabla 7.4 – Balance de materia en el reactor para las especies S, W, A y G.

Fuente: Elaboración propia

Una vez conocidos los flujos molares, es importante conocer los flujos superior e inferior y sus composiciones. Supondremos que la corriente inferior es una mezcla bifásica cuya fase acuosa contiene un 15% en peso de glicerina y que la glicerina sólo sale de la torre por la corriente inferior.



Sean N_s y N_i el flujo másico superior y el flujo másico inferior, respectivamente, se aplica el siguiente balance de masa:

$$9612,47 \text{ kg/h} = N_s + N_i$$

$$0,82 \text{ kmol/h} * 868,75 \text{ kg/kmol} = g_s^s * N_s + g_s^i * N_i$$

$$6,01 \text{ kmol/h} * 92 \text{ kg/kmol} = 0,15 * \text{Acuosa}$$

$$\text{Acuosa} = 3.686,13 \text{ kg/h}$$

$$(g_G * N_i) : N_{\text{Acuosa}} = 0,15$$

$$N_{\text{Acuosa}} = (1 - g_A^i) * N_i$$

$$(g_G * N_i) : (1 - G_A^i) * N_i = 0,15 \quad g_G : (1 - A) = 0,15 \quad g_G = 0,15 - 0,15 G_A^i$$

$$186,35 \text{ kmol/h} * 18 \text{ kg/kmol} = g_{H_2O}^i * N_i + g_{H_2O}^s * N_s$$

$$6,01 \text{ kmol/h} * 92 \text{ kg/kmol} = g_G * N_i$$

$$18,03 \text{ kmol/h} * 296,92 \text{ kg/kmol} = g_A^i * N_i + g_A^s * N_s$$

$$0,83 \text{ kmol/h} * 868,76 \text{ kg/kmol} = g_s^i * N_i + g_s^s * N_s$$

- Podríamos suponer que la fracción másica de glicerina calculada sobre el total en la corriente inferior es del 10%

$$g_G = 0,1$$

$$g_A^i = (0,1 - 0,15) : (-0,15) = 0,33$$

$$N_i = 552,92 \text{ kg/h} : 0,1 = 5529,2 \text{ kg/h} \quad N_s = 9612,47 \text{ kg/h} - 5529,2 \text{ kg/h} = 4083,27 \text{ kg/h}$$

$$g_A^s = (5353,47 \text{ kg/h} - 0,33 * 5529,2 \text{ kg/h}) : 4083,27 \text{ kg/h} = 0,86$$

- Si suponemos que el agua en la corriente inferior se encuentra totalmente en la fase acuosa entonces:

$$g_{H_2O}^i = (0,85 * 3686,13 \text{ kg/h}) : 5529,2 \text{ kg/h} = 0,57$$

$$g_s^i = 1 - 0,1 - 0,33 - 0,57 = 0$$

$$g_{H_2O}^s = (3354,3 \text{ kg/h} - 0,57 * 5529,2 \text{ kg/h}) : 4083,27 \text{ kg/h} = 0,05$$

$$g_s^s = 1 - 0,86 - 0,05 = 0,09$$

A continuación, se resumen los resultados en una tabla.

<i>Composición\Flujo</i>	<i>Ni (5.529,2 kg/h)</i>	<i>Ns (4.083,3 kg/h)</i>
<i>Sebo</i>	<i>0</i>	<i>0,09</i>
<i>Ácidos grasos</i>	<i>0,33</i>	<i>0,86</i>
<i>Agua</i>	<i>0,57</i>	<i>0,05</i>
<i>Glicerina</i>	<i>0,1</i>	<i>0</i>

Tabla 7.5 – Relaciones estequiométricas de especies A, B, C y D

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la corriente superior, no es necesario que su pureza sea elevada, ya que la mayor impureza es el sebo, el cual puede saponificarse directamente en el reactor de neutralización (reacciona con el hidróxido de sodio junto con los ácidos grasos)

Por otro lado, es deseable separar los ácidos grasos de la corriente inferior para luego enviarlos junto con la corriente superior de la torre al reactor de neutralización.



7.4. Intercambiadores de Casco y Tubos

7.4.1. Fundamentos

La torre de hidrólisis opera a una temperatura de 250°C, sin embargo, la temperatura de la corriente de sebo vacuno es de 65°C y la de la corriente de agua de reacción corresponde a la temperatura ambiente (25°C).

Como ya se mencionó anteriormente, utilizar solamente agua en forma de vapor en dicho reactor conlleva dos grandes problemas:

- Generaría un consumo desmedido de vapor vivo, estimado en 3.678,84 kg/h.
- El elevado volumen específico del vapor incrementaría drásticamente el flujo volumétrico del sistema reaccionante, exigiendo un volumen de reactor antieconómico, cercano a los 800 m³.

Por consiguiente, resulta imperativo inyectar agua en estado líquido. Para mitigar el impacto de su baja temperatura de ingreso, se propone la instalación de una red de intercambiadores de calor de casco y tubos que recupere la energía sensible de los dos corrientes efluentes del reactor, las cuales abandonan el equipo a 250 °C.

La estrategia de intercambio cruzado se define de la siguiente manera:

- **Precalentamiento de la materia grasa:** El sebo vacuno será precalentado utilizando la corriente de ácidos grasos libres que egresa por el domo superior de la torre.
- **Precalentamiento del agua de reacción:** El agua fresca será precalentada utilizando la corriente de la fase acuosa (aguas glicerinosas) que egresa por el fondo de la torre.

La determinación de las temperaturas de salida de los fluidos en los intercambiadores se rige por balances energéticos y por las restricciones termodinámicas de los equipos

situados aguas abajo en el diagrama de flujo de proceso (PFD). Se han establecido los siguientes criterios de diseño:

- **Evitar el cambio de fase en el precalentamiento:** Las corrientes de alimentación (sebo y agua) deben absorber calor sensible manteniendo un margen de seguridad por debajo de sus respectivas temperaturas de burbuja para evitar la vaporización en el interior de los tubos o la carcasa. A la presión de operación de 50 bar, la temperatura de saturación del agua es de 250 °C, mientras que el sebo presenta cambio de fase a los 265 °C. Bajo este esquema, se fija una temperatura de salida objetivo de 200 °C para ambas corrientes de alimentación.
- **Enfriamiento de la corriente superior (Ácidos Grasos):** Esta corriente debe ser derivada hacia el reactor CSTR de neutralización, cuyo rango térmico de operación óptimo se sitúa entre 60 °C y 90 °C.
- **Enfriamiento de la corriente inferior (Aguas Glicerinosas):** Este efluente alimenta el decantador gravitacional continuo. Para garantizar una separación eficiente de fases entre la solución acuosa y la fracción de ácidos libres, la temperatura de ingreso al decantador no debe superar los 120 °C.

7.4.2 Propiedades de las corrientes

Para proceder con el diseño térmico y el cálculo del área de intercambio (métodos de Kern y

Bell-Delaware), es necesario determinar las propiedades de transporte de los fluidos: densidad

(ρ), viscosidad dinámica (μ), conductividad térmica (k) y capacidad calorífica específica (C_p).

Para calcular la temperatura de salida del sebo y del agua de reacción se considera la capacidad térmica específica de ambas corrientes a una temperatura promedio entre su temperatura de ingreso y un margen de seguridad por debajo de la temperatura de burbuja de cada corriente, con el objetivo de que no sea posible un cambio de fase dentro del intercambiador.



- **Corriente de sebo:** el cambio de fase se observa a los 265°C, sin embargo sería deseable una temperatura de salida de 200°C (criterio de diseño).
- **Corriente de agua:** a una presión de 50 bar la temperatura de saturación es de 250°C. sin embargo, se limita su temperatura de salida a no más de 200°C.
- **Corriente superior de torre:** sería recomendable una temperatura en el rango de 60 a 90°C.
- **Corriente inferior de torre:** la temperatura no debe ser superior a los 120°C.

Dichas propiedades fueron evaluadas utilizando el simulador de procesos DWSIM a una temperatura media o promedio entre las condiciones de entrada (T_1 , t_1) y las condiciones de salida proyectadas (T_2 , t_2). Las temperaturas medias de evaluación fueron 132,5 °C para el sebo, 114 °C para el agua, 167,5 °C para el flujo de domo y 170 °C para el flujo de fondo.

Los parámetros consolidados para el diseño se resumen en la siguiente tabla:

<i>Corrientes / Propiedades</i>	<i>T1,t1 °C</i>	<i>T2,t2 °C</i>	<i>ρ (kg/m³)</i>	<i>μ (Pa*s)</i>	<i>k W/m*K</i>	<i>Cp kJ/kg K</i>	<i>Rf m²*K/W</i>
<i>N_{sebo} (5933,56 kg/h)</i>	65	200	840,15	0,0022	0,12	2,02	9E-4
<i>N_{agua} (3678,84 kg/h)</i>	28	200	8,89	0,0002 5	0,69	4,02	3E-4
<i>N_s (4.083,3 kg/h)</i>	250	85	835,62	0,0008	0,13	2,39	4E-4
<i>N_i (5.529,2 kg/h)</i>	250	105	870,28	5,2E-4	0,15	2,57	4E-4

Tabla 7.6 - Propiedades termodinámicas promedio para el diseño de intercambiadores.

Fuente: Elaboración propia a partir de simulación en DWSIM.

7.4.3 Dimensionamiento Intercambiador Sebo vs Flujo Superior de torre

El objetivo de este equipo es precalentar la alimentación de sebo vacuno (5.933,56 kg/h) aprovechando la energía sensible de la corriente orgánica (ácidos grasos) que egresa por el domo de la torre de hidrólisis (4.083,3 kg/h)

1. Balance de Energía y Potencia Térmica Requerida

En primer lugar, se evalúa si los caudales disponibles permiten alcanzar las temperaturas objetivo asumiendo un volumen de control adiabático ($Q_{\text{perdido}} \approx 0$). Se fija la temperatura de salida del sebo en 200°C y se calcula la temperatura de salida del fluido caliente ($T_{s,\text{salida}}$):

$$N_{\text{sebo}} * C_{p\text{sebo}} * (T_{\text{sebosalida}} - T_{\text{seboentrada}}) = N_s * C_{ps} * (T_{\text{sentrada}} - T_{ssalida})$$

Despejando y sustituyendo los valores de las propiedades medias (Tabla 7.5):

$$Ts \text{ salida} = 250^{\circ}\text{C} - \frac{5933,56 \text{ kg/h} * 2,02 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K} * (200^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C})}{4083,3 \text{ kg/h} * 2,39 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}} = 84,2^{\circ}\text{C}$$



Esta temperatura se ajusta perfectamente al rango deseable ($60 - 90^{\circ}\text{C}$) requerido para la alimentación del reactor de neutralización situado aguas abajo.

La potencia térmica (Q) demandada por el equipo resulta:

$$Q = 5933,56 \text{ kg/h} * 2,02 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} * (200^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}) = 1.618.081,81 \text{ kJ/h}$$

$$Q = 449,47 \text{ kW} = 449.470 \text{ W}$$

La fuerza impulsora del equipo, evaluada mediante la Diferencia de Temperatura Media Logarítmica (DMLT) para flujo a contracorriente puro, es:

$$DMLT = \frac{(250^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}) - (84,2^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C})}{\ln(50/19,2)} = 32,08^{\circ}\text{C}$$

2. Área de Intercambio y Selección Preliminar

Se seleccionan tubos estándar BWG 16 de 3/4" y 10 m de longitud, los cuales tienen las siguientes dimensiones:

$$D_i = 0,0157 \text{ m}$$

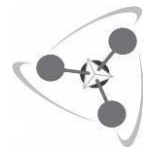
$$D_o = 0,0190 \text{ m}$$

Además, para estimar el área en primera instancia se elige un coeficiente global de transferencia de calor para intercambiadores de simple fase de tabla del libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos para fluidos similares.

De esta manera, dada la alta viscosidad de las corrientes orgánicas, se asume un coeficiente global de transferencia de calor preliminar (U) de $50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

El área (A) y el número de tubos (N) requeridos son:

$$Q = A * U * DMLT$$



$$A = \frac{Q}{U \cdot DMLT} = \frac{449.470W}{50 W/m^2 \cdot K \cdot 32,8K} = 274,07 m^2$$

$$A = N \cdot \pi \cdot D0 \cdot L$$

$$N = \frac{274,07 m^2}{\pi \cdot 0,0190m \cdot 10m} = 459 \text{ tubos}$$

Es posible obtener el diámetro de carcasa mediante las dimensiones de los tubos y eligiendo un arreglo específico para los mismos.

Buscando facilidad de limpieza (arreglo cuadrado). A partir de la tabla del apéndice 8 del libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos se obtiene la siguiente especificación preliminar:

11 Ds = 27” , tubos BWG 16 ¾” x 10m x 495 tubos, 1” pitch cuadrado 1 paso en tubos · Verificación

3. Verificación Hidráulica e Iteración de Pasos

Para que la transferencia de calor convectiva sea eficiente en fluidos altamente viscosos, la velocidad media de circulación por tubos (v) debe situarse entre 0,5 y 1,0 m/s. Mientras más alta sea la velocidad mayor será el coeficiente global de transferencia de calor.

La velocidad crítica de transición a flujo turbulento puede calcularse a partir del número de Reynolds.

$$Re = \frac{V \cdot Di \cdot \rho}{\mu}$$

$$V = \frac{10000 \cdot 0,0022 Pa \cdot s}{0,0157 m \cdot 840,15 kg/m^3} = 1,67 m/s$$



Sin embargo, para un fluido tan viscoso es muy difícil lograr alcanzar semejante velocidad, por lo que se requiere un sobredimensionamiento en el área de intercambio o el uso de tubos estriados para reforzar la turbulencia.

Sea W el caudal volumétrico:

$$W_{sebo} = V * A_{flujo} = V * N * \pi * D_i^2 / 4$$

Entonces para el intercambiador propuesto, la velocidad de la corriente de sebo para el arreglo 1:1 (un solo paso por tubos):

$$V = \frac{4 * (5933,56 \text{ kg/h} : 840,15 \text{ kg/m}^3)}{495 * \pi * (0,0157 \text{ m})^2} = 73,7 \text{ m/h} = 0,02 \text{ m/s}$$

Esta velocidad laminar extrema penalizaría inaceptablemente el coeficiente U . Para forzar la turbulencia y aumentar la velocidad, se requiere incrementar el número de pasos por tubos (n) insertando placas de partición en los cabezales.

Según las gráficas del factor F_t en función de R y S en el libro Transferencia de Calor en Ingeniería de procesos la configuración más eficiente es de 5 (cinco) pasos en coraza y 10 (diez) o un múltiplo de 10 pasos en tubos, con un F_t mayor a 0,85.

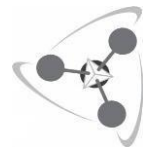
$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} = 1,22$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)} = 0,73$$

Evaluando los factores de corrección de temperatura ($R = 1,22$ y $S = 0,73$), las gráficas de diseño indican que la configuración termodinámica más eficiente (factor $F_t \geq 0,85$) exige múltiples carcasas en serie.

- Un intercambiador 5:10 es equivalente a 5 intercambiadores 1:2, los cuales son más económicos, dada su facilidad de construcción.

De esta manera, podrían utilizarse 5 intercambiadores de tales características, con 99 tubos cada uno. Según la tabla consultada:



5I Ds = 13^{1/4}”, tubos BWG 16 3/4” x 10m x 110 tubos, 1” pitch triangular

$$W_{sebo} = V * A_{flujo} = V * n * \pi * D_i^2 / 4$$

$$n = 110 / 2 = 55 \text{ tubos por paso}$$

$$V = \frac{4 * (1,65 \text{ kg/s} : 840,15 \text{ kg/m}^3)}{55 * \pi * (0,0157 \text{ m})^2} = 0,18 \text{ m/s}$$

La velocidad es muy baja, por lo cual se consideran más pasos en tubos.

- De esta manera, podría utilizarse un intercambiador 5:20, esto es, 5 intercambiadores 1:4, cada uno con 99 tubos.

5I Ds = 13^{1/4}”, tubos BWG 16 3/4” x 10m x 108 tubos, 15/16” pitch triangular

$$n = 108 / 4 = 27 \text{ tubos por paso}$$

$$V = \frac{4 * (1,65 \text{ kg/s} : 840,15 \text{ kg/m}^3)}{27 * \pi * (0,0157 \text{ m})^2} = 0,38 \text{ m/s}$$

La velocidad sigue sin satisfacer el parámetro de diseño.

- Por lo cual se opta por un intercambiador 5:30, esto es, cinco intercambiadores 1:6, cada uno con 99 tubos

5I Ds = 15^{1/4}”, tubos BWG 16 3/4” x 10m x 104 tubos, 1” pitch triangular

$$n = 104 / 6 = 17 \text{ tubos por paso}$$

$$V = \frac{4 * (1,65 \text{ kg/s} : 840,15 \text{ kg/m}^3)}{27 * \pi * (0,0157 \text{ m})^2} = 0,6 \text{ m/s}$$

Resumen: Se procedió con una iteración metodológica para alcanzar la velocidad óptima:

- **Intento 1 (Configuración 5:10):** Equivalente a 5 intercambiadores 1:2 en serie (110 tubos c/u). Velocidad resultante: 0,18 m/s (Insuficiente).



- **Intento 2 (Configuración 5:20):** Equivalente a 5 intercambiadores 1:4 en serie (108 tubos c/u). Velocidad resultante: 0,38 m/s (Insuficiente).
- **Diseño Final (Configuración 5:30):** Equivalente a **5 intercambiadores 1:6 en serie**, cada uno con 104 tubos BWG 16 en arreglo triangular de 1", dentro de una carcasa de $15 \frac{1}{4}$ ". La velocidad de circulación asciende a: 0,6 m/s

4. Coeficientes de Transferencia de Calor

Coeficiente pelicular de transferencia de calor del fluido de tubos

$$Re = \frac{V \cdot D_i \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,6 \text{ m/s} \cdot 0,0157 \text{ m} \cdot 840,15 \text{ kg/m}^3}{0,0022 \text{ Pa}\cdot\text{s}} = 3.597,37$$

$$Pr = \frac{\mu}{k/C_p} = \frac{\mu \cdot C_p}{k}$$

$$Pr = \frac{0,0022 \text{ Pa}\cdot\text{s} \cdot 2.020 \text{ J/kg}\cdot\text{K}}{0,12 \text{ W/m}\cdot\text{K}} = 37$$

El número de Nusselt se calcula con la correlación empírica correspondiente al flujo laminar:

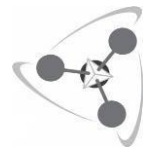
$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 1,86 \left(Re \cdot Pr \cdot \frac{D_i}{L} \right)^{0,33} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

El factor de viscosidad se considera la unidad.

$$Nu = 1,86 \cdot (5.995,62 \cdot 37 \cdot 0,0157/10)^{0,33} = 10,84$$

$$h_i = \frac{12,83 \cdot 0,12 \text{ W/m}\cdot\text{K}}{0,0157 \text{ m}} = 82,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_{i0} = 82,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,0157 \text{ m} / 0,019 \text{ m} = 68,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$



Cálculos para el fluido de carcasa (método de Bell)

51 Ds = 15^{1/4}” , tubos BWG 16 3/4” x 10m x 104 tubos, 1” pitch triangular

Con respecto al espaciado entre los deflectores (Lb), las normas TEMA exigen que dicha distancia sea al menos una quinta parte del diámetro de la carcasa y nunca menor a 2”. Por otro lado, el límite superior del espaciamiento es una distancia equivalente al diámetro de la carcasa.

En este caso la quinta parte del diámetro de carcasa es 15^{1/4}” / 5 = 3,05”

Se opta por un espaciamiento de 4,72”

$$As = \frac{Ds \cdot Lb \cdot (Pt - do)}{Pt}$$

$$As = 0.387 \cdot 0.12 \cdot (0.0254 - 0.019) 0.0254 \approx 0.010 \text{ m}^2$$

$$As = \frac{0.387 \cdot 0.12 \cdot (0.0254 - 0.019)}{0.0254} \approx 0.010 \text{ m}^2$$

$$Gs = \frac{Ns}{As} = \frac{4.083,3 \text{ kg/h}}{0,01 \text{ m}^2} = 408.330 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2$$

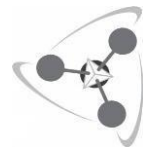
$$Vs = Ns / \rho \cdot As = 1.134 \text{ kg/seg} / 835,62 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,01 \text{ m}^2 = 0.136 \text{ m/s}$$

$$De = \frac{1.27 \cdot (Pt^2 - 0.785 \cdot do^2)}{do}$$

$$De = \frac{1.27 \cdot (0.0254^2 - 0.785 \cdot 0.019^2)}{0,019} \approx 0.021 \text{ m}$$

$$Re_s = \frac{De \cdot Vs \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,021 \text{ m} \cdot 0,136 \text{ m/s} \cdot 835,62 \text{ kg/m}^3}{0,0008 \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 2.983,16$$

$$Pr = \frac{\mu}{k/Cp} = \frac{\mu \cdot Cp}{k}$$



$$Pr = \frac{0,0008 \text{ Pa}\cdot\text{s} \cdot 2390 \text{ J/kg}\cdot\text{K}}{0,13 \text{ W/m}\cdot\text{K}} = 14,71$$

$$h_0 = j_H \cdot k/De \cdot Re^m \cdot Pr^n$$

$$h_0 = j_H \cdot k/De \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,33}$$

$$j_H \approx 0,35$$

$$k_{De} = 0,130.021 \approx 6,19$$

$$Re^{0,6} \approx 30000^{0,6} \approx 155$$

$$Pr^{0,33} \approx 14,70^{0,33} \approx 2,45$$

$$h_0 = 820 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

$$h_s = h_0 \cdot J_c \cdot J_l \cdot J_b \cdot J_r \cdot J_s$$

$$J_c = 0,9, J_l = 0,85, J_b = 0,95, J_r = 0,98, J_s = 1,0$$

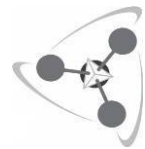
$$h_s \approx 820 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \approx 580 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

5. Coeficiente Global y Área Final

Sumando las resistencias convectivas y los factores de ensuciamiento (R_f) de la Tabla 7.5:

$$1/U = 0,0009 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} + 0,0004 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} + \frac{1}{580 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}} + \frac{1}{68,46 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}}$$

$$1/U = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$



$$1/U_c = 0,016 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U = 56,72 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_c = 61,23 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

$$A_{\text{calculada}} = \frac{Q}{F_t \cdot U \cdot D_{MLT}} = \frac{449.470 \text{ W}}{0,85 \cdot 56,72 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot 32,8 \text{ K}} = 284,23 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{disponible}} = N \cdot \pi \cdot D_0 \cdot L = 104 \cdot 5 \cdot \pi \cdot 0,019 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 310,38 \text{ m}^2$$

$$\% \text{Exceso de área} = \left(\frac{A_{\text{disponible}}}{A_{\text{calculada}}} - 1 \right) \cdot 100 = 9,2\%$$

El diseño térmico presenta un sobredimensionamiento térmico del 9,2%, garantizando la operatividad del sistema frente a fluctuaciones transitorias o ensuciamiento acumulativo.

6. Verificación de Pérdidas de Carga

Para garantizar el cumplimiento de los estándares de la norma API 660, se evaluaron las caídas de presión del sistema:

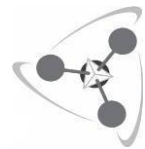
- **Pérdida de carga en Tubos (Sebo):** Integrando la fricción lineal (factor de Darcy $f = 0,0105$) y las pérdidas locales en los cabezales, se obtiene $\Delta P_{\text{total}} = 8.296,94 \text{ Pa}$ (0,083 bar).
- **Pérdida de carga en Carcasa (Método de Bell):** Calculando la caída de presión transversal pura sobre el banco de tubos, resulta en $\Delta P = 11.775,7 \text{ Pa}$ (0,12 bar).

Pérdida de carga en el lado de tubos:

$$f = 0,0014 + 0,125 \cdot Re^{-0,32} = 0,0105$$

$$Gt = \frac{N_{\text{sebo}}}{Af} = \frac{1,65 \text{ kg/s}}{104/6 \cdot \pi \cdot 0,0157 \text{ m}^2} = 122,93 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$$

$$\Delta P(\text{tubos}) = \frac{4 \cdot f \cdot n \cdot L \cdot Gt^2}{2 \cdot Di \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 0,0105 \cdot 30 \cdot 10 \text{ m} \cdot (122,93 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2)^2}{2 \cdot 0,0157 \text{ m} \cdot 840,15 \text{ kg/m}^3} = 7.217,72 \text{ Pa}$$



$$\Delta P(\text{cabezales}) = \frac{4 \cdot n \cdot G t^2}{2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 30 \cdot (122,93 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2)^2}{2 \cdot 840,15 \text{ kg/m}^3} = 1.079,22 \text{ Pa}$$

$$\Delta P(\text{total}) = \Delta P(\text{cabezales}) + \Delta P(\text{tubos}) = 8.296,94 \text{ Pa}$$

$$\Delta P(\text{total}) = 8.296,94 \text{ Pa} \cdot 1,013 \text{ bar}/101.325 \text{ Pa} = 0,083 \text{ bar}$$

Pérdida de carga en el lado de carcasa por el método de Bell:

$$f = 1,728 \cdot Re^{-0,188} = 0,384$$

$$Nb = L/B - 1 = 10 \text{ m}/0,1199 \text{ m} - 1 = 82$$

$$\Delta P = f \cdot \frac{Gs^2 \cdot Ds \cdot (Nb+1)}{2 \cdot De \cdot \rho} = 0,384 \cdot \frac{(113,43 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2)^2 \cdot 0,387 \text{ m} \cdot 83}{2 \cdot 0,021 \text{ m} \cdot 835,62 \text{ kg/m}^3} = 11.775,7 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 11.775,7 \text{ Pa} \cdot 1,013 \text{ bar}/101.325 \text{ Pa} = 0,12 \text{ bar}$$

Cabe destacar que el método de Kern tiende a sobreestimar las pérdidas de carga en carcasa, por lo que en realidad estas serían incluso menores.

Ambos fluidos cumplen con los parámetros deseables.

Cabe destacar que el método de Kern tiende a sobreestimar las pérdidas de carga en carcasa, por lo que en realidad estas serían incluso menores.

Ambos valores cumplen estrictamente con las recomendaciones de diseño industrial para minimizar el costo de bombeo, que exigen límites de 0,3 – 0,7 bar en tubos y 0,1 – 0,5 bar en carcasa.

Costos

Dado que se trata de 5 (cinco) intercambiadores iguales, se determina el costo de uno solo y se multiplica por el número correspondiente

En la página Matche's Equipment Cost se puede consultar el valor de distintos equipos de intercambio de calor en el año 2014. Dichos valores pueden ser actualizados utilizando índices de ingeniería como los índices CEPCI de las revistas ChE.

CEPCI (mayo del 2014) = 633,9

CEPCI (mayo del 2014) = 718

Un intercambiador de casco y tubos con tubos de acero inoxidable 304 y carcasa de acero al carbono, con un área de intercambio de 62,08 m² costaba USD 98.600,

Sin embargo, tal valor corresponde a una presión de operación de 600 PSI y los intercambiadores estudiados operan a 735 PSI. A continuación, se corrige el costo a valor actual y a la presión correcta.

$$\text{Costo} = 5 * \text{USD } 98.600 * (735/600)^{0,7} * (718/633,9) = \text{USD } 643.644,22$$

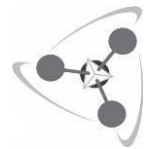
7.4.4. Dimensionamiento Intercambiador Agua vs Flujo inferior de torre

El objetivo de este tren de intercambio es precalentar el agua fresca de proceso (3.678,84 kg/h desde 28°C a 200°C) recuperando la entalpía del flujo inferior de la torre de hidrólisis (aguas glicerinosas), el cual ingresa a 250°C

<i>Corrientes / Propiedades</i>	<i>T1,t1 (°C)</i>	<i>T2,t2 (°C)</i>	<i>ρ (kg/m³)</i>	<i>μ (Pa*s)</i>	<i>k (W/m*K)</i>	<i>C_p (kJ/kg K)</i>	<i>Rf (m²*K/W)</i>
<i>N_{agua} (3678,84 kg/h)</i>	28	200	948,89	0,00025	0,69	4,02	0,0003
<i>N_i (5.529,2 kg/h)</i>	250	100	870,28	0,00052	0,15	2,57	0,0004

Tabla 7.7 - Propiedades termodinámicas - intercambiador recuperador inferior

Fuente: Elaboración propia



1. Balance de Energía y Potencia Térmica Requerida

Asumiendo un sistema adiabático con el entorno, se evalúa la temperatura de salida del fluido caliente ($T_{i,salida}$) para asegurar que cumpla con los requerimientos operativos del decantador situado aguas abajo:

$$N_{\text{Agua}} * C_{p_{\text{Agua}}} * (T_{\text{Agua}}^{\text{salida}} - T_{\text{Agua}}^{\text{entrada}}) = N_i * C_{p_i} * (T_i^{\text{entrada}} - T_i^{\text{salida}})$$

$$T_{i \text{ salida}} = 250^{\circ}\text{C} - \frac{3.678,84 \text{ kg/h} * 4,02 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K} * (200^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C})}{5.529,2 \text{ kg/h} * 2,57 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}} = 71^{\circ}\text{C}$$

Se trata de una temperatura muy baja, lo cual generará un mayor consumo de vapor en el evaporador que se encuentra aguas abajo y una separación poco eficiente en el decantador.

$$T_{i \text{ salida}} = 250^{\circ}\text{C} - \frac{3.678,84 \text{ kg/h} * 4,02 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K} * (172^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C})}{5.529,2 \text{ kg/h} * 2,57 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}} = 100,13^{\circ}\text{C}$$

Este valor se considera óptimo para la operación continua del decantador. En consecuencia, la potencia térmica demandada (Q) es:

$$Q = 3.678,84 \text{ kg/h} \cdot 4,02 \text{ kJ/(kg} \cdot ^{\circ}\text{C)} \cdot (172^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C})$$

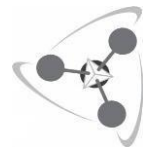
$$Q = 2.129.606,9 \text{ kJ/h} = 591,56 \text{ kW} = 591.560 \text{ W}$$

La fuerza impulsora (DMLT) resulta:

$$DMLT = \frac{(250^{\circ}\text{C} - 172^{\circ}\text{C}) - (100,13^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C})}{\ln(78/72,13)} = 75,03^{\circ}\text{C}$$

2. Área de Intercambio y Selección Preliminar

Dado que la corriente de aguas glicerinosas presenta un mayor factor de ensuciamiento (R_f), se direcciona por el lado de los tubos para facilitar las tareas de limpieza mecánica. Se seleccionan tubos BWG 16 de 3/4" y 6 m de longitud, los cuales tienen las siguientes dimensiones:



$$D_i = 0,0157 \text{ m}$$

$$D_o = 0,0190 \text{ m}$$

Además, para estimar el área en primera instancia se elige un coeficiente global de transferencia de calor para intercambiadores de simple fase de tabla del libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos para fluidos similares. De esta manera, se opta por un coeficiente promedio en el rango de 250 a 750 W/m²*K.

$$Q = A * U * DMLT$$

$$A = \frac{Q}{U * DMLT} = \frac{591.560 \text{ W}}{500 \text{ W/m}^2 * \text{K} * 75,03 \text{ K}} = 15,77 \text{ m}^2$$

$$A = N * \pi * D_o * L$$

$$N = \frac{15,77 \text{ m}^2}{\pi * 0,0190 \text{ m} * 6 \text{ m}} = 44 \text{ tubos}$$

A partir de la tabla del apéndice 8 del libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos se obtiene la siguiente especificación preliminar:

11 Ds = 10", tubos BWG 16 ¾" x 6m x 53 tubos, 1" pitch cuadrado 1 paso

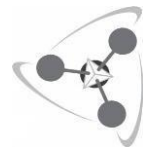
3. Verificación Hidráulica e Iteración de Pasos

Para fluidos viscosos como la corriente de glicerina es recomendable una velocidad media de circulación en torno a los 0,5 m/s a 1 m/s. Mientras más alta sea la velocidad mayor será el coeficiente global de transferencia de calor.

Por otro lado, para el agua es recomendable una velocidad mayor a 1 m/s.

La velocidad crítica de transición a flujo turbulento puede calcularse a partir del número de Reynolds.

$$Re = \frac{V * D_i * \rho}{\mu}$$



$$V = \frac{10000 * 0,00052 \text{ Pa} \cdot \text{s}}{0,0157 \text{ m} * 870,28 \text{ kg/m}^3} = 0,38 \text{ m/s}$$

Sea W el caudal volumétrico:

$$W_{sebo} = V * A_{flujo} = V * N * \pi * D_i^2 / 4$$

Entonces para el intercambiador propuesto:

$$V = \frac{4 * (5529,2 \text{ kg/h} : 870,28 \text{ kg/m}^3)}{53 * \pi * (0,0157 \text{ m})^2} = 619,21 \text{ m/h} = 0,17 \text{ m/s}$$

La velocidad media de circulación está muy lejos del rango óptimo, por lo que es necesario cambiar las especificaciones del intercambiador.

La velocidad puede aumentarse dimensionando un intercambiador con cabezales con placas de partición de pasos. La configuración más óptima se elige en base al factor Ft, el cual depende de los siguientes parámetros.

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} = 1,04$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)} = 0,65$$

La configuración más eficiente sería un intercambiador de dos pasos en carcasa y 4 pasos en tubos, representado un factor Ft de 0,83.

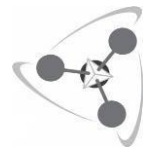
Dicha configuración es equivalente a dos intercambiadores 1:2 con 27 tubos cada uno. De tabla:

2I Ds = 8" , tubos BWG 16 3/4" x 6m x 28 tubos, 1" pitch triangular 2 pasos en tubos

$$n = 28 / 2 = 14 \text{ tubos por paso}$$

$$V = \frac{4 * (1,54 \text{ kg/s} : 870,28 \text{ kg/m}^3)}{14 * \pi * (0,0157 \text{ m})^2} = 0,65 \text{ m/s}$$

Circulando a tal velocidad el fluido se encuentra en régimen turbulento, lo cual garantiza un buen coeficiente pelicular de transferencia de calor.



4. Coeficientes de Transferencia de Calor

Coeficiente pelicular de transferencia de calor del fluido de tubos

Evaluando los números adimensionales a la nueva velocidad:

$$Re = \frac{V \cdot Di \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,65 \text{ m/s} \cdot 0,0157 \text{ m} \cdot 870,28 \text{ kg/m}^3}{0,00052 \text{ Pa}\cdot\text{s}} = 17.079,25$$

$$Pr = \frac{\mu}{k/C_p} = \frac{\mu \cdot C_p}{k}$$

$$Pr = \frac{0,00052 \text{ Pa}\cdot\text{s} \cdot 2.570 \text{ J/kg}\cdot\text{K}}{0,15 \text{ W/m}\cdot\text{K}} = 8,91$$

El número de Nusselt se calcula con la correlación empírica correspondiente al flujo laminar:

$$\frac{h_0 \cdot Di}{k} = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,33} = 115,12$$

El factor de viscosidad se considera la unidad.

$$Nu = 115,12$$

$$h_i = \frac{115,12 \cdot 0,15 \text{ W/m}\cdot\text{K}}{0,0157 \text{ m}} = 1099,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_{i0} = 1099,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,0157 \text{ m} / 0,019 \text{ m} = 908,87 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Coeficiente pelicular de transferencia de calor del fluido de carcasa (método de Kern)

Asumiendo una separación entre deflectores (L_b) del 25% del diámetro de carcasa (0,0508 m):



2I Ds = 8” , tubos BWG 16 3/4” x 6m x 28 tubos, 1” pitch triangular 2 pasos

Se supone una separación entre deflectores equivalente al 25% del diámetro de la carcasa y una segmentación de los mismos del mismo orden.

$$A_s = \frac{D_s \cdot L_b \cdot (P_t - d_o)}{P_t} = \frac{0.2032 \text{ m} \cdot 0.0508 \text{ m} \cdot (0.0254 \text{ m} - 0.019 \text{ m})}{0.0254 \text{ m}} = 0,0026 \text{ m}^2$$

$$G_s = \frac{N_{agua}}{A_s} = \frac{1,022 \text{ kg/s}}{0,0026 \text{ m}^2} = 393,04 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$$

$$De = \frac{1.27 \cdot (P_t^2 - 0.785 \cdot d_o^2)}{d_o} = \frac{1.27 \cdot (0.0254^2 - 0.785 \cdot 0.019^2)}{0,019} = 0,018 \text{ m}$$

$$Re_s = \frac{De \cdot V_s \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,018 \text{ m} \cdot 393,04 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2}{0,00025 \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 28.298,88$$

$$Pr = \frac{\mu}{k \cdot Cp} = \frac{\mu \cdot Cp}{k} = \frac{0,00025 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot 4020 \text{ J/kg} \cdot \text{K}}{0,69 \text{ W/m} \cdot \text{K}} = 1,46$$

$$\frac{h_0 \cdot De}{k} = 0,36 \cdot Re^{0,55} \cdot Pr^{0,33} = 114,55$$

$$h_0 = 114,55 \cdot k / De = 114,55 \cdot \frac{0,68 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{0,018 \text{ m}} = 4.327,44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

5. Coeficiente Global y Área Final

Incorporando las resistencias al ensuciamiento (R_f) (Tabla 7.6):

$$1/U = 0,0003 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} + 0,0004 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} + \frac{1}{4.327,44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}} + \frac{1}{908,87 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

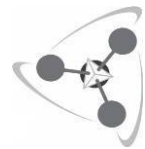
$$1/U = 0,002031 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$1/U_c = 0,001331 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U = 492,37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_c = 751,31 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$A_{calculada} = \frac{Q}{F_t \cdot U \cdot D_{MLT}} = \frac{591.560 \text{ W}}{0,83 \cdot 492,37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 75,03 \text{ K}} = 19,29 \text{ m}^2$$



$$A_{disponible} = N * \pi * D_0 * L = 28 * 2 * \pi * 0,019 \text{ m} * 6 \text{ m} = 20,06 \text{ m}^2$$

$$\%Exceso \text{ de } \acute{a}rea = \left(\frac{A_{disponible}}{A_{calculada}} - 1 \right) * 100 = 3,99\%$$

El diseño presenta un sobredimensionamiento térmico del 3,99%.

6. Verificación de Pérdidas de Carga

- **Perda de carga en Tubos (Aguas Glicerinosas):** Aplicando el factor de Darcy y sumando las caídas por fricción y cabezales para 4 pasos, se obtiene $\Delta P_{total} = 671,01 \text{ Pa}$ (0,0062 bar).
- **Perda de carga en Carcasa (Agua):** Evaluando mediante el método de Kern, la perda resulta en $\Delta P = 29.421,72 \text{ Pa}$ (0,29 bar).

Ambos parámetros cumplen holgadamente los límites recomendados por la norma API 660.

Se procede a verificar las pérdidas de carga.

- **Pérdidas de carga en el lado de tubos:**

$$f = 0,0014 + 0,125 * Re^{(-0,32)} = 0,0069$$

$$Gt = \frac{N_{sebo}}{A_f} = \frac{1,54 \text{ kg/s}}{56/4 * \pi * 0,0157 \text{ m}^2} = 141,67 \text{ kg/s} * \text{m}^2$$

$$\Delta P(tubos) = \frac{4 * f * n * L * Gt^2}{2 * Di * \rho} = \frac{4 * 0,0069 * 4 * 6 * (141,67 \text{ kg/s} * \text{m}^2)^2}{2 * 0,0157 \text{ m} * 870,28 \text{ kg/m}^3} = 486,51 \text{ Pa}$$

$$\Delta P(cabezales) = \frac{4 * n * Gt^2}{2 * \rho} = \frac{4 * 4 * (141,67 \text{ kg/s} * \text{m}^2)^2}{2 * 870,28 \text{ kg/m}^3} = 184,5 \text{ Pa}$$

$$\Delta P(total) = \Delta P(cabezales) + \Delta P(tubos) = 671,01 \text{ Pa}$$

$$\Delta P(total) = 671,01 \text{ Pa} * 1,013 \text{ bar}/101.325 \text{ Pa} = 0,0062 \text{ bar}$$

- Perda de carga en el lado de carcasa por el método de Kern::



$$f = 1,728 * Re s^{(-0,188)} = 0,25$$

$$Nb = L/B - 1 = 6\text{ m}/0,051\text{ m} - 1 = 117$$

$$\Delta P = f * \frac{Gs^2 * Ds * (Nb+1)}{2 * De * \rho} = 0,25 * \frac{(393,04\text{ kg/s}^2\text{m}^2)^2 * 0,051\text{ m} * 117}{2 * 0,018\text{ m} * 870,28\text{ kg/m}^3} = 29.421,72\text{ Pa}$$

$$\Delta P = 29.421,72\text{ Pa} * 1,013\text{ bar}/101.325\text{ Pa} = 0,29\text{ bar}$$

Cabe destacar que el método de Kern tiende a sobreestimar las pérdidas de carga en carcasa, por lo que en realidad estas serían incluso menores. Ambos fluidos cumplen con las recomendaciones de la norma tomada como referencia.

7.4.4. Costos

Intercambiadores 1:6 Sebo vs Corriente Superior de Ácidos Grasos

Dado que se trata de 5 (cinco) intercambiadores iguales, se determina el costo de uno solo y se multiplica por el número correspondiente

En la página Matche's Equipment Cost se puede consultar el valor de distintos equipos de intercambio de calor en el año 2014. Dichos valores pueden ser actualizados utilizando índices de ingeniería como los índices CEPCI de las revistas ChE.

CEPCI (mayo del 2014) = 633,9

CEPCI (mayo del 2014) = 718

Un intercambiador de casco y tubos con tubos de acero inoxidable 304 y carcasa de acero al carbono, con un área de intercambio de 62,08 m² costaba USD 98.600,

Sin embargo, tal valor corresponde a una presión de operación de 600 PSI y los intercambiadores estudiados operan a 735 PSI. A continuación se corrige el costo a valor actual y a la presión correcta.

$$\text{Costo} = 5 * \text{USD } 98.600 * (735/600)^{0,7} * (718/633,9) = \text{USD } 643.644,22$$



Intercambiadores 1:2 Agua vs Corriente Inferior de Glicerina Cruda

En este caso se opta por estimar el costo de un intercambiador 1:2 con carcasa de acero al carbono y tubos de acero AISI 304.

Un intercambiador de tales características con un área de 20,05 m² costaba USD 27.500 en el año 2014.

Sin embargo, tal valor corresponde a una presión de operación de 600 PSI y los intercambiadores estudiados operan a 735 PSI. A continuación se corrige el costo a valor actual y a la presión correcta.

$$\text{Costo} = 2 * \text{USD } 27.500 * (735/600)^{0,7} * (718/633,9) = \text{USD } 71.806,15$$

7.5 Decantador Gravitacional Continuo

7.5.1 Fundamentos y propiedades de las corrientes

Por la parte inferior de la torre de hidrólisis egresa una corriente que consiste en una mezcla bifásica en forma de emulsión de una solución acuosa de glicerina al 15% en peso y cierta cantidad de ácidos grasos libres.

La solución acuosa es más densa y menos viscosa que los ácidos grasos, lo cual permite que el agua actúe como fase continua, mientras que los ácidos grasos se hallan en forma de gotas dispersas. Además, la polaridad de las moléculas de agua también favorece su coalescencia.

Para separar esta emulsión existen dos grandes alternativas técnicas diferentes, las cuales se comparan a continuación.

	<i>Decantación Gravitacional</i>	<i>Centrifugación</i>
<i>Eficacia (tiempo de separación)</i>	<i>Baja (fuerza g)</i>	<i>Alta (múltiplos de la fuerza g)</i>
<i>Facilidad Operativa</i>	<i>Considerable</i>	<i>Más compleja</i>
<i>Costo de Inversión</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>
<i>Costos de Operación</i>	<i>Bajos</i>	<i>Altos</i>

Tabla 7.8 - Comparación de tecnologías de decantación

Fuente: Elaboración propia

Dados sus menores costos de inversión y operación, proponemos el dimensionamiento de un decantador gravitacional para la separación de la emulsión ácidos grasos - glicerina. En un principio se considerará que el decantador carece de deflectores internos para poder dimensionar el equipo y estimar el tiempo máximo de separación, pero cabe destacar que el tiempo de separación se puede disminuir a la mitad empleando deflectores internos cerca de la entrada de la emulsión al equipo.

El decantador será dimensionado a una presión de operación equivalente a la presión atmosférica, ya que en esas condiciones se obtiene la mayor diferencia de densidad (fuerza impulsora de la separación)

A continuación, se detallan los flujos másicos y las propiedades más importantes de cada fase.

<i>Composición\Flujo</i>	<i>Ni (5.529,2 kg/h)</i>
<i>Sebo</i>	<i>0</i>
<i>Ácidos grasos</i>	<i>0,33</i>
<i>Agua</i>	<i>0,57</i>
<i>Glicerina</i>	<i>0,1</i>

Tabla 7.9 - Composición del flujo inferior de torre

Fuente: Elaboración propia

<i>Fase</i>	<i>Flujo másico kg/h</i>	<i>T (°C)</i>	<i>P (bar)</i>	<i>ρ kg/m³</i>	<i>μ Pa*s</i>
<i>Ácidos Grasos</i>	<i>1.824,64</i>	<i>100,13</i>	<i>1</i>	<i>840,58</i>	<i>0,0034</i>
<i>Solución Acuosa de Glicerina</i>	<i>3.704,56</i>	<i>100,13</i>	<i>1</i>	<i>976,56</i>	<i>0,0014</i>

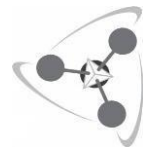
Tabla 7.10 - Propiedades termodinámicas del flujo inferior de torre

Fuente: Elaboración propia

7.5.2. Tiempo de Separación y Volumen del Recipiente

Con respecto al tiempo necesario para separar ambas fases, este puede obtenerse a partir de una ecuación empírica considerando la viscosidad de la fase continua y la densidad de ambas fases.

$$t(h) = \frac{100 * \mu (cp)}{\rho_A - \rho_B} = \frac{100 * 1,4}{976,56 - 840,58} = 1,03 h$$



Por otro lado, el volumen del decantador puede obtenerse mediante el producto entre el flujo volumétrico total y el tiempo de separación.

$$W = \frac{NA}{\rho A} + \frac{NB}{\rho B} = 5,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = W * t = 5,96 \text{ m}^3/\text{h} * 1,03 \text{ h} = 6,14 \text{ m}^3$$

Dado que el volumen de líquido total representa un 95% del recipiente horizontal, se opta por un recipiente cilíndrico horizontal de 6,46 m³ construido en acero inoxidable AISI 304.

7.5.3. Nivel Total, Interfase y Desbordes.

Con respecto al nivel de líquido total dentro del decantador, el volumen de líquido del 95% del tanque representa un nivel de líquido total del 90% del diámetro del tanque. Por otro lado, un criterio de diseño recomendado es que la relación L/D sea de 5:1.

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * L = \frac{\pi * D^2}{4} * 5 * D = 6,46 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{5 * \pi}} = 1,18 \text{ m}$$

$$ZT = 0,9 * D = 1,06 \text{ m}$$

Al contar con el nivel total es posible calcular el nivel de la interfase mediante el teorema fundamental de la hidrostática.

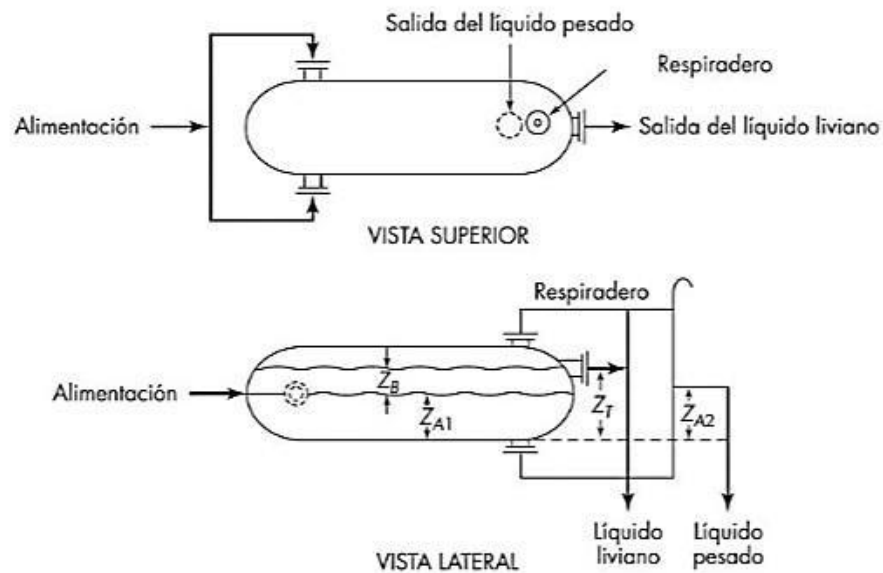


Figura 7.13 - Esquema del decantador gravitacional

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

$$\rho_B \cdot Z_B + \rho_A \cdot Z_{A1} = \rho_A \cdot Z_{A2}$$

$$Z_B = Z_T - Z_{A1}$$

$$Z_{A2} = \frac{\rho_B \cdot (Z_T - Z_{A1}) + \rho_A \cdot Z_{A1}}{\rho_A}$$

Un buen criterio de diseño es considerar que la altura de interfase se halla a la mitad del diámetro del tanque, con lo cual:

$$Z_{A1} = 0,5 \cdot D = 1,18 \text{ m} = 0,59 \text{ m}$$

$$Z_{A2} = 0,99 \text{ m}$$

7.5.4. Peso y Costo

Para poder estimar el costo del equipo de decantación gravitacional es necesario conocer su peso, para lo cual a su vez se necesita conocer el espesor de pared del recipiente. Dicho espesor se puede obtener considerando la fórmula de cálculo recomendada por el código ASME, considerando que la tensión admisible del acero AISI 304 a una temperatura de 100°C es de 138 MPa.

$$t_{\text{mínimo}} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot \sigma_t \cdot E - 0,2 \cdot P} = \frac{0,1013 \text{ MPa} \cdot 590 \text{ mm}}{2 \cdot 138 \text{ MPa} - 0,2 \cdot 0,1013 \text{ MPa}} = 0,22 \text{ mm}$$

Sin embargo, es necesario un sobreespesor para compensar la corrosión.

$$t = 0,22 \text{ mm} + 2,5 \text{ mm} = 2,72 \text{ mm}$$

$$\text{Weight} = \left(\pi \cdot \frac{(D+2 \cdot t)^2}{4} - \pi \cdot \frac{D^2}{4} \right) \cdot L \cdot \rho (\text{acero}) = 233,05 \text{ kg}$$

Un recipiente de 363,64 kg costaba USD 20.200 en el año 2014. Este costo se puede corregir con un factor de escala para el peso requerido y se puede actualizar con índices de ingeniería.

$$\text{Costo} = \text{USD } 20.200 \cdot (718/624,3) \cdot (233,05/363,64)^{0,7} = \text{USD } 17.014,79$$

7.6 Reactor CSTR de Neutralización

7.6.1. Fundamentos

Los ácidos grasos libres formados en el proceso unitario de hidrólisis de triglicéridos deben ser convertidos a la forma de jabón crudo, esto es, las formas correspondientes a las sales sódicas. Para tal fin se puede llevar a cabo la reacción dentro de un reactor tanque agitado continuo (CSTR), el cual permite homogeneizar la temperatura del sistema de forma eficiente y favorece la dispersión de la fase orgánica de ácidos grasos dentro de la fase acuosa constituida por hidróxido de sodio al 50%.



Las reacciones de neutralización son bien conocidas en Química debido a su elevada exotermicidad y a sus elevadas constantes específicas de velocidad de reacción, lo cual permite obtener elevadas conversiones con reactores de volumen moderado y pequeños tiempos de residencia. Dado que la velocidad de reacción química no es una resistencia controlante y se necesita lograr un buen mezclado para mezclar adecuadamente los reactivos y evitar puntos calientes, la mejor opción es el reactor CSTR.

Si el diseño se basa solo en la velocidad de reacción el volumen teórico del reactor resulta demasiado pequeño, por lo que el diseño para este tipo de sistema reaccionante debe responder a la necesidad de un tiempo de mezcla adecuado, normalmente no más de 15 minutos.

Con respecto a la performance térmica del reactor, resulta viable la obtención de vapor a baja presión mediante un sistema de intercambio de camisa exterior. El agua de enfriamiento circularía por la camisa y abandonaría el interior de la misma como vapor saturado a 1 atm.

El calor de reacción puede estimarse a partir de mediciones calorimétricas y para este propósito existen muchas fuentes fiables que serán citadas a continuación:

NIST Chemistry WebBook

Contiene datos de entalpía de formación, combustión y reacción para más de 8000 reacciones, incluyendo neutralizaciones de ácidos orgánicos .

NDRL/NIST Solution Kinetics Database

Compilación de cinéticas y termodinámica en fase líquida, útil para reacciones de neutralización en solución .

Perry's Chemical Engineers' Handbook

Referencia estándar en ingeniería química, con valores típicos de calor de neutralización y rangos para ácidos grasos.

CRC Handbook of Chemistry and Physics

Tablas de entalpías estándar de neutralización de ácidos comunes, usadas como base para extrapolación a ácidos grasos.

Sistema	ΔH° (kJ/mol)	Fuente
Ácido fuerte + NaOH	-57	CRC Handbook, NIST Chemistry WebBook
Ácido acético + NaOH	-55 a -56	NIST Chemistry WebBook
Ácido palmítico + NaOH	-50 a -55	Perry's Chemical Engineers' Handbook
Ácido oleico + NaOH	-50 a -54	Estudios calorimétricos, Extrapolación

Tabla 7.11 - Entalpía de neutralización de ácidos grasos

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla, el calor de reacción para la neutralización de ácidos grasos suele estar en el orden de los 50 a 55 kJ/mol. Se adoptará un valor de 50 kJ/mol para realizar los cálculos correspondientes.

7.6.2. Balance de masa y volumen

La alimentación al reactor está constituida de la siguiente manera:

$$N_{\text{ácidos}} = 1.824,64 + 4083,3 = 5907,94 \text{ kg/h}$$

$$F_{\text{ácidos}} = \frac{5907,94 \text{ kg/h}}{276,92 \text{ kg/kmol}} = 21,33 \text{ kmol/h}$$



Dado que por cada mol de ácidos se consume un mol de hidróxido de sodio y teniendo en cuenta que la concentración de la sonda utilizada es de un 50% en peso:

$$F_{NaOH} = 21,33 \text{ kmol/h}$$

$$N_{solución} = \frac{21,33 \text{ kmol/h} \cdot 40 \text{ kg/kmol}}{0,5} = 1706,76 \text{ kg/h}$$

El flujo volumétrico se calcula sumando los dos flujos másicos divididos por la densidad de cada uno:

$$Fvo = \frac{5907,94 \text{ kg/h}}{840,58 \text{ kg/m}^3} + \frac{1706,76 \text{ kg/h}}{1200 \text{ kg/m}^3} = 8,45 \text{ m}^3/\text{h}$$

El volumen del reactor para el tipo de reacción química considerada se calcula en base a un tiempo de mezcla, ya que es una reacción extremadamente rápida. Además, la conversión es prácticamente completa si el agitador se encuentra correctamente diseñado. Tomaremos un tiempo de mezcla de 15 minutos.

$$V = 8,45 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 15 \text{ min} \cdot 1 \text{ h}/60 \text{ min} = 2,11 \text{ m}^3 = 558 \text{ galones}$$

Llegado este punto es importante estimar la humedad del jabón crudo, ya que posteriormente se necesita secarlo hasta una humedad del 10% como mínimo.

Para ello, primero se calcula la cantidad de agua total presente en la corriente de salida del neutralizador. De esta manera, el agua total es el agua de formación (originada por la propia reacción de neutralización) más el agua proveniente de la corriente de alimentación con la corriente de ácidos y con la corriente de hidróxido de sodio.

$$N_j = 276,92 \text{ kg/kmol} \cdot 21,33 \text{ kmol/h} = 5.906,7 \text{ kg/h}$$

$$N_H = 21,33 \text{ kmol/h} \cdot 18 \text{ kg/kmol} + 853,38 \text{ kg/h} + 0,05 \cdot 4.083,3 \text{ kg/h} = 1441,5 \text{ kg/h}$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{1441,5 \text{ kg/h}}{1441,5 \text{ kg/h} + 276,92 \text{ kg/kmol} \cdot 21,33 \text{ kmol/h}} \cdot 100 = 19,6$$

7.6.3. Sistema de Agitación

Para lograr un grado de mezcla eficiente es importante elegir el tipo de agitador y las relaciones dimensionales de forma correcta, de tal forma que se logre vencer la viscosidad del sistema reaccionante y no se generen vórtices ni puntos calientes.

A continuación, se presenta un esquema a modo ilustrativo con las dimensiones más relevantes:

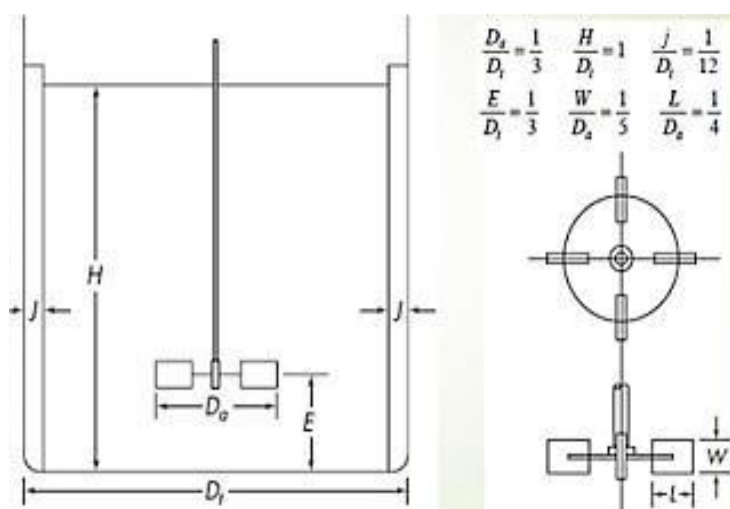


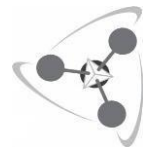
Figura 7.14 - Esquema del decantador gravitacional

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

Cabe destacar que considerando la elevada viscosidad de los ácidos grasos la mejor opción es utilizar un agitador tipo ancla. Este tipo de agitador opera a bajas RPM.

7.6.4. Cálculos Térmicos

Dado que se trata de una reacción bastante exotérmica, es de vital importancia controlar la temperatura del reactor, lo cual puede lograrse empleando agua de enfriamiento de la



torre. El agua de enfriamiento ingresaría al encamisado del reactor y se calentaría hasta transformarse en vapor saturado a 1 atm.

A continuación, se calcula la generación horaria de vapor teniendo en cuenta el calor de reacción, los moles totales de ácidos grasos convertidos y el calor latente de vaporización del agua a la presión mencionada.

$$Q = 50000 \text{ kJ/kmol} * 21,33 \text{ kmol/h} = 1.066.500 \text{ kJ/h}$$

$$Nv = \frac{1.066.500 \text{ kJ/h}}{2256.5 \text{ kJ/kg}} = 472,63 \text{ kg/h}$$

A continuación, se calculará el diámetro del reactor y el área de transferencia de calor sin considerar coeficientes de intercambio.

$$H \text{ (altura)} = D \text{ (diámetro interno)}$$

$$V = \pi * \frac{D^2}{4} * H$$

$$D = 1,39 \text{ m}$$

El diámetro del agitador sería la tercera parte, esto es, 0,7 m.

Para que la transferencia de calor sea eficiente con un sistema de chaqueta este debe abarcar toda la superficie lateral del reactor.

$$A = \pi * D * H = 6,07 \text{ m}^2$$

En este caso la transferencia de calor no resulta un punto crítico del proceso, por lo cual nos limitamos a cotizar el reactor a partir de su volumen y el área de transferencia de calor, sin ahondar en detalles con respecto a los coeficientes de transferencia de calor.



7.6.5. Potencia de agitación

Como ya se mencionó en el apartado anterior, es preferible la utilización de un agitador tipo ancla debido a la elevada viscosidad del jabón.

Este tipo de equipo se caracteriza por girar a bajas revoluciones por minuto, siendo eficiente para lograr un buen nivel de mezcla cerca del fondo del tanque donde se instala.

Para cada tipo de agitador la relación entre el caudal, la velocidad de giro y el diámetro es una constante, ya que depende del patrón de flujo y de las características geométricas del equipo y se denomina número de flujo.

La potencia de agitación se puede estimar como el producto entre el caudal movilizado a través del impulsor y la energía cinética del fluido por unidad de volumen.

$$q = n * Da * Nq$$

q - caudal

Da - diámetro del agitador Nq - número de flujo n - RPM del agitador

$$Ek = \rho * \frac{Va^2}{2}$$

Va - velocidad total del fluido que abandona los extremos del agitador

Ek - energía cinética volumétrica

ρ - densidad del fluido

Debido al deslizamiento y a las pérdidas de energía por fricción, la velocidad del fluido Va es una fracción de la velocidad tangencial en los extremos del agitador

$$Va = \alpha * \pi * n * Da$$

$$P = n * Da^3 * Nq * \frac{\rho}{2} (\alpha * \pi * n * Da)^2$$

Es posible encontrar en bibliografía correlaciones de $P/(n^3 * Da^5 * \rho)$, conocido como número de potencia en función de factores de forma r , la aceleración de la gravedad y propiedades del fluido tales como su densidad y su viscosidad.

Los factores de forma son las medidas más importantes del tanque y del agitador relacionadas a los diámetros de los mismos.

$$\frac{P}{n^3 D_a^5 \rho} = \psi \left(\frac{n D_a^2 \rho}{\mu}, \frac{n^2 D_a}{g}, S_1, S_2, \dots, S_n \right)$$

$$N_p = \psi(Re, Fr, S_1, S_2, \dots, S_n)$$

Número de Reynolds:

Para fluidos viscosos como el jabón es recomendable una velocidad de giro del agitador en el rango de 200 a 300 rpm. Se considera una velocidad de 280 rpm, lo cual equivale a 29,3 radianes por segundo y 4,67 revoluciones por segundo.

$$Re = \frac{4,67 \text{ rev/s} * (0,7 \text{ m})^2 * 950 \text{ kg/m}^3}{0,8 \text{ Pa*s}} = 2.717,36$$

Las propiedades del fluido fueron obtenidas considerando la temperatura de operación del reactor, la cual es de 100°C.

Dado que el número de Reynolds es menor a 10.000 el régimen es laminar y la viscosidad es la resistencia controlante. En estos casos:

$$Np = Kl/Re = 300/2.717,36 = 0,11$$

$$P = n^3 * Da^5 * \rho = 1.788,78 \text{ W} = 1,79 \text{ kW} = 2,4 \text{ HP}$$



Se toma la potencia nominal de motores comerciales más cercana, esto es, 3 HP,

TABLA 9.2

Valores de las constantes K_L y K_T en las ecuaciones (9.19) y (9.21) para tanques que tienen cuatro deflectores en la pared del tanque, cuya anchura es igual a 10% del diámetro del tanque

Tipo de impulsor	K_L	K_T
Impulsor hélice, tres palas		
Paso 1.0 ⁴³	41	0.32
Paso 1.5 ³⁷	48	0.87
Turbina		
Disco de seis palas ³⁷ ($S_3 = 0.25$, $S_4 = 0.2$)	65	5.75
Seis palas inclinadas ⁴² (45° , $S_4 = 0.2$)	—	1.63
Cuatro palas inclinadas ³⁷ (45° , $S_4 = 0.2$)	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas ⁴³ ($S_4 = 0.2$)	36.5	1.70
Impulsor HE-3	43	0.28
Cinta helicoidal	52	—
Ancla ³⁷	300	0.35

Tabla 7.12 - Constantes para determinar la potencia de agitadores

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

7.6.6. Costos

Según los datos disponibles en la página Matches' Equipment Cost un reactor CSTR de 558 galones de acero al carbono con revestimiento interno de plomo y camisa de intercambio térmico costaba alrededor de USD 37.200 en el año 2014. A continuación se realiza la actualización correspondiente con el índice CEPCI de ingeniería.

$$\text{Costo} = \text{USD } 37.200 * (718/685,4) = \text{USD } 38.969,36$$



7.7. Torre de Secado

7.7.1. Fundamentos

La composición final de los jabones de tocador debe ser ajustada concienzudamente, dado que influye directamente en la calidad, en la estabilidad del producto frente a las condiciones ambientales a la hora de transportarlo y utilizarlo y a la experiencia del usuario final.

La humedad es precisamente el principal parámetro que regula la consistencia y la estabilidad del jabón, siendo necesario que esta no exceda una concentración del 10% en peso.

Considerando que el jabón crudo que sale del reactor de neutralización posee una humedad del 19,6%, resulta necesario reducir la humedad al menos en un 9,6%.

En términos másicos, esto implica una reducción de humedad de 567,04 kg/h

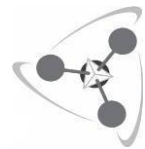
$$N_j = 276,92 \text{ kg/kmol} * 21,33 \text{ kmol/h} = 5.906,7 \text{ kg/h}$$

$$NH = 21,33 \text{ kmol/h} * 18 \text{ kg/kmol} + 853,38 \text{ kg/h} + 0,05 * 4.083,3 \text{ kg/h}) = 1441,5 \text{ kg/h}$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{1441,5 \text{ kg/h}}{1441,5 \text{ kg/h} + 276,92 \text{ kg/kmol} * 21,33 \text{ kmol/h}} * 100 = 19,6$$

La selección de un secador adecuado depende del contenido de humedad, de la facilidad con la que el agua se difunde hacia la fase gaseosa y de las características del sólido a secar.

Para sólidos pastosos como el jabón lo más recomendable es utilizar una torre de secado, ya que se aprovecha la fuerza de gravedad para mejorar las características de flujo a través de la torre. Además, este tipo de secador cuenta con ventiladores que producen la circulación forzada del aire y combina varios patrones de circulación de gas caliente con respecto al sólido (secado transversal, de lluvia de partículas y platos perforados. Esto permite que la transferencia de calor y la velocidad de evaporación sean muy eficientes.



7.7.2. Dimensionamiento

1. Generalidades

Los secadores rotatorios se diseñan en base a la transferencia de calor mediante ecuaciones empíricas dimensionales, ya que al exponer al sólido húmedo a una temperatura por encima de la de vaporización de la humedad la difusión deja de ser una resistencia controlante. La ecuación propuesta por los autores McCabe, Smith y Harriot es la siguiente:

$$qT(Btu/h) = \frac{0,5 \cdot G^{0,67}}{D} \cdot V \cdot \Delta T = 0,125 \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot G^{0,67} \cdot \Delta T$$

- V = volumen del secador en pies cúbicos
- L = longitud del secador
- ΔT = diferencia media de temperatura (media logarítmica de las depresiones del bulbo húmedo a la entrada y a la salida del secador.
- G = velocidad másica en Lb/ft²*h
- D = diámetro del secador en ft

$$Ua = \frac{0,5 \cdot G^{0,67}}{D} (Btu/ft^3 \cdot h)$$

Se supondrá que la temperatura de entrada del jabón al secador es de 85°C y que la capacidad térmica específica de los mismos a presión constante es de 0,72 btu/lb°F

2. Presión de Operación

Dado que el jabón se encuentra a presión atmosférica y a una temperatura próxima a los 85°C, si se produce una violenta depresión entonces se puede lograr la disminución de humedad requerida. El vapor de agua se barre con aire, ya que el secador es de circulación forzada con ventiladores.



Para calcular la presión óptima de operación del secador se debe tener en cuenta que el porcentaje evaporado debe representar el 9,6 % de la humedad del jabón.

Este porcentaje a su vez puede calcularse mediante la relación entre la variación de entalpía inducida en el líquido y el calor latente de vaporización, ya que el vapor flash se genera a expensas de un enfriamiento del líquido.

Se obtiene la entalpía del líquido enfriado y a partir de ella su temperatura, para finalmente obtener la presión de saturación correspondiente.

$h_l (1 \text{ atm}, 85^\circ\text{C}) = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * 85^\circ\text{C} = 85 \text{ kcal/kg}$ $\lambda_v = 573 \text{ kcal/kg}$ (promedio entre $0,01^\circ\text{C}$ y 85°C)

$h_l (1 \text{ atm}, 85^\circ\text{C}) = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * 85^\circ\text{C} = 85 \text{ kcal/kg}$

$\lambda_v = 573 \text{ kcal/kg}$ (promedio entre $0,01^\circ\text{C}$ y 85°C)

$$\% \text{Vaporizado} = \frac{85 - h_{le}}{573} * 100 = 9,6$$

Según las tablas de vapor el valor de entalpía calculado corresponde a una temperatura de saturación de 30°C , la cual a su vez corresponde a una presión de 31,86 mmHg

3. Perfil Térmico

De acuerdo con la imagen mostrada a la izquierda, la temperatura de entrada del jabón se denominará T_{sa} , correspondiente a 30°C y la temperatura de salida T_{sb} .

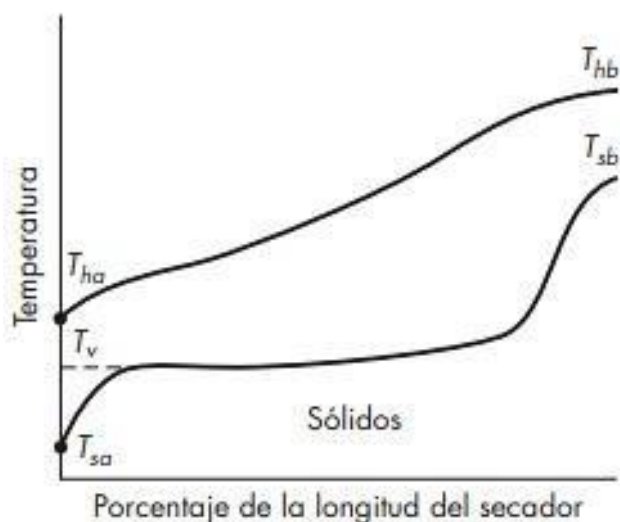


Figura 7.15 – Perfil térmico de secaderos mixtos rotativo

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

La temperatura de salida de los sólidos no debe exceder los 65°C, de forma tal que su viscosidad se vea lo suficientemente reducida para mejorar la fluidez, pero manteniendo un consumo de vapor del secador adecuadamente bajo.

Cabe destacar que gracias a la vaporización flash se logra que la temperatura de entrada del jabón a la torre sea igual a la temperatura de vaporización. Esto a su vez permite que la carga térmica del secadero, es decir, el calor aportado por el aire caliente, se utilice casi exclusivamente para calentar el vapor y el jabón hasta la temperatura final, pero no para vaporizar la humedad.

Considerando que el secador utiliza aire caliente, la temperatura de vaporización puede tomarse como la temperatura de bulbo húmedo del aire en las condiciones de entrada y considerando que la temperatura de salida de sólidos deseada es de 65°C entonces el aire debe ingresar a una temperatura de al menos 70 a 75°C.



4. Humedad en Base a Flujo de Sólidos Secos

Hasta este punto la humedad del jabón sólo se ha expresado en base al total del flujo másico pero a la hora de realizar los cálculos resulta más conveniente expresar dicho parámetro en base a los sólidos secos.

$$N_j = 276,92 \text{ kg/kmol} * 21,33 \text{ kmol/h} = 5.906,7 \text{ kg/h}$$

$$N_H = 21,33 \text{ kmol/h} * 18 \text{ kg/kmol} + 853,38 \text{ kg/h} + 0,05 * 4.083,3 \text{ kg/h} = 1441,5 \text{ kg/h}$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{1441,5 \text{ kg/h}}{1441,5 \text{ kg/h} + 276,92 \text{ kg/kmol} * 21,33 \text{ kmol/h}} * 100 = 19,6$$

$$X_a = \frac{1441,5 \text{ kg/h}}{5906,7 \text{ kg/h}} = 0,244 \text{ kg de agua/kg de jabón seco}$$

$$N_j = 276,92 \text{ kg/kmol} * 21,33 \text{ kmol/h} = 5.906,7 \text{ kg/h}$$

Se desea un contenido final de humedad del 10% en base total, esto es, un flujo másico total de 6.563 kg/h.

$$X_a = \frac{6563 \text{ kg/h} - 5906,7 \text{ kg/h}}{5906,7 \text{ kg/h}} = 0,111 \text{ kg de agua/kg de jabón seco}$$

5. Humedad de Equilibrio y Diagrama Psicrométrico

Para lograr la disminución de humedad requerida es fundamental que el aire puesto en contacto con los sólidos tenga una humedad menor a la correspondiente al equilibrio (saturación adiabática) a la temperatura de operación.

A continuación, se determina cual es la humedad máxima aceptable para el aire mediante la curva de equilibrio correspondiente. Cabe destacar que las curvas se hallan elaboradas para una temperatura de trabajo de 25°C, pero al ser muy cercana a la temperatura de trabajo se puede tomar como referencia.

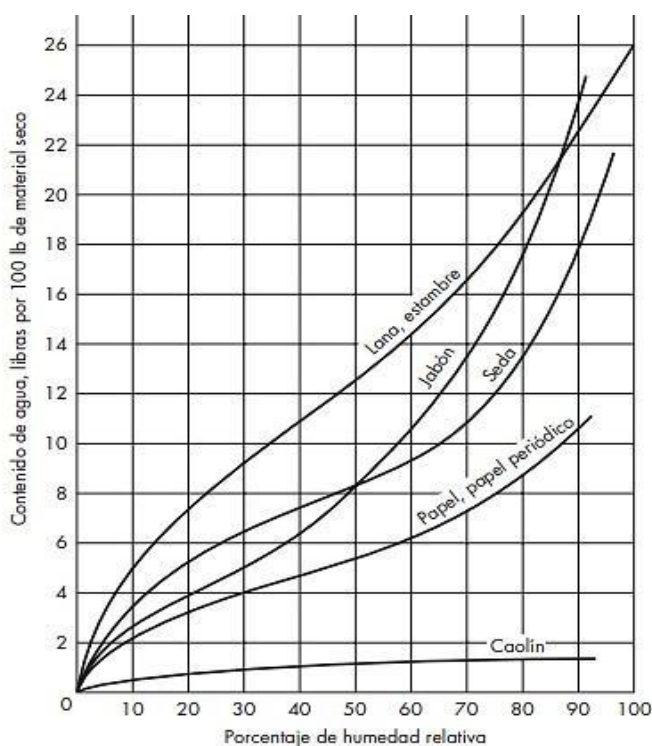


Figura 7.16 – Humedad de equilibrio del jabón y otros sólidos a 25 °C

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

Se concluye que para lograr una humedad de equilibrio del jabón del 11% se necesita aire con una humedad menor al 60%.

A partir de un diagrama psicrométrico de tipo Grosvenor fácilmente se puede especificar el estado requerido del aire húmedo.

El aire cuenta con una temperatura de entrada al secadero de 167 °F (75°C), una humedad relativa del 30% y una humedad absoluta de 0,109 lb de vapor por lb de aire seco, con una temperatura de saturación adiabática de 132 °F y un calor húmedo de 0,25 BTU/lb °F.

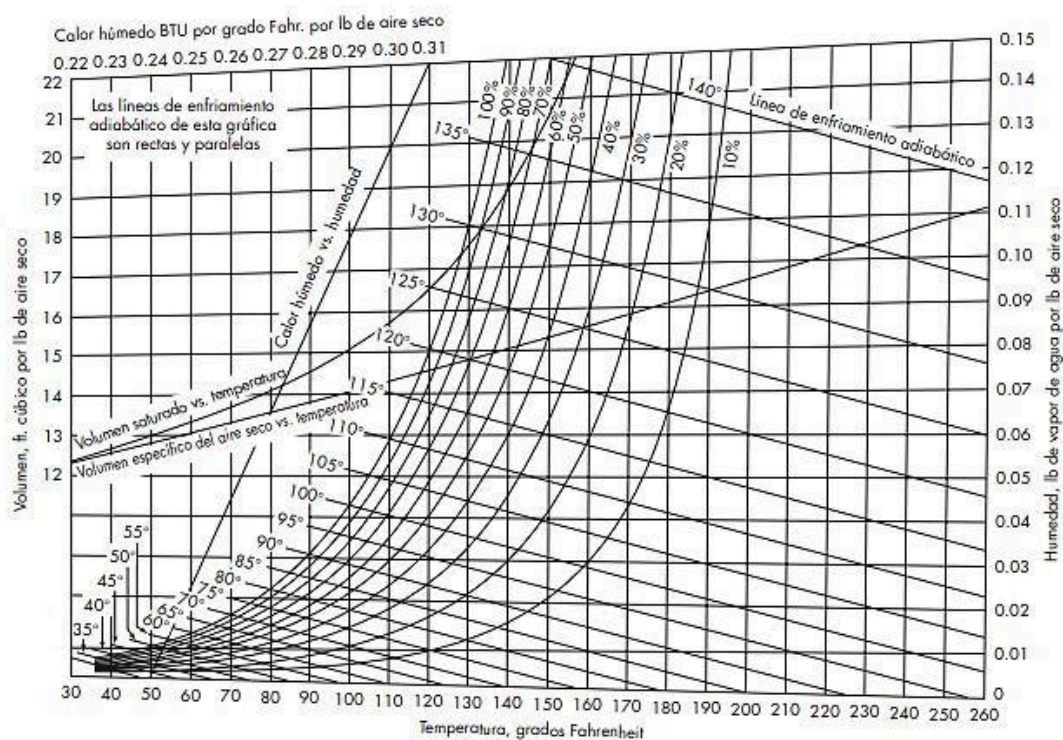


Figura 7.17 - Diagrama psicrométrico del aire húmedo a 1 atm

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

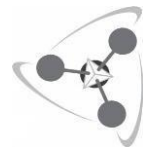
6. Carga Térmica y Dimensiones del Secadero

El aire sólo debe suministrar el calor necesario para calentar el vapor y los sólidos hasta la temperatura de salida:

$$QT/ms = (X_a - X_b) * C_{pv} * (T_{sb} - T_v) + C_{pj} * (T_{sb} - T_v)$$

$$QT/ms = (0,244 - 0,111) * 0,45 * (149 - 86) + 0,72 * (149 - 86) + 1 * (149 - 86) = 109,3 \text{ BTU/lb}$$

$$QT = 109,3 \text{ BTU/lb} * 5906,7 \text{ kg/h} * 2,2 \text{ lb/kg} = 1.420.325,08 \text{ BTU/h}$$



El flujo másico de aire requerido se calcula teniendo en cuenta el balance térmico correspondiente:

$$QT = mh * (1 + Hb) * Cs * (Thb - Tha)$$

La temperatura de salida del aire puede conocerse mediante la ecuación del número de unidades de transferencia, ya que para secadores rotatorios se fija este requerimiento en 1,5:

$$NTU = Ln \frac{(Thb - Twb)}{(Tha - twb)}$$

$$Tha = 139,82^{\circ}F (60^{\circ}C)$$

$$mh = 188.480,6 \text{ lb/h}$$

$$Ha = 0,109 + \frac{(0,244 - 0,111) * 5906,7 * 2,2}{188.480,6} = 0,118 \text{ lb vapor/lb de aire seco}$$

Para calcular el diámetro de la torre de secado se calcula el área de la sección transversal de la misma utilizando una velocidad másica de 700 lb/h*ft²; con el objetivo de moderar el arrastre de sólidos por parte del aire.

$$A = mh/G = \frac{188.480,6 * (1 + 0,118)}{700} = 269,26 \text{ ft}^2$$

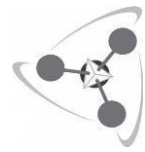
$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = 18,52 \text{ ft} = 5,64 \text{ m}$$

$$qT(Btu/h) = \frac{0,5 * G^{0,67}}{D} * V * \Delta T = 0,125 * \pi * D * L * G^{0,67} * \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{(Tha - Tsa) - (Thb - Tsb)}{Ln (Tha - Tsa / Thb - Tsb)} = 32,71^{\circ}F$$

$$L = 74,1 \text{ ft} = 22,6 \text{ m}$$



Dado que los fluidos considerados no son corrosivos y las temperaturas de diseño son moderadas se opta por una torre de secado de acero al carbono de las dimensiones requeridas.

7.7.3. Potencia de los ventiladores

La potencia se calcula en base al caudal de aire a movilizar y a la diferencia de presión que debe vencer el fluido en la torre.

Densidad del aire:

Se considera una temperatura promedio de 67,5°C y una presión promedio de 395,93 mmHg.

$$P * V = N * R * T$$

$$\rho = \frac{P * M}{R * T} = \frac{52.786,32 \text{ Pa} * 0,029 \text{ kg/mol}}{8,314 \text{ J/mol} * K * 340,5 \text{ K}} = 0,54 \text{ kg/m}^3$$

Caudal (m³/s):

$$Q = \frac{mh}{\rho} = \frac{94.240,3 \text{ kg/h}}{0,54 \text{ kg/m}^3 * 3600} = 48,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

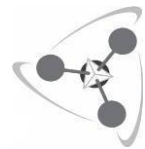
Caída de presión en la torre:

Se estima mediante la ecuación de Darcy-Weisbach con un factor de fricción de 0,018 considerando una velocidad de 3 m/s.

$$\Delta P_f = f * \frac{L}{D} * \frac{\rho * v^2}{2} = 0,16 \text{ Pa}$$

Sin embargo, deben considerarse las pérdidas a través de los ventiladores, las bandejas y las rejillas, las cuales en total representan en torno a 3000 Pa.

Potencia de los ventiladores:



Se considera un rendimiento mecánico del 80%

$$P = \frac{Q^* \Delta P}{\eta} = 181.800 \text{ W} = 181,8 \text{ kW} = 243,8 \text{ HP}$$

Se redondea a 250 HP.

7.7.4. Consumo horario de vapor

Al tratarse de un secadero mixto, esto es, con intercambio de calor, es necesario precalentar el aire aspirado del ambiente a una temperatura de entre 25 y 40°C, dependiendo de la época del año.

El precalentamiento se lleva a cabo con vapor saturado a 1 kg/cm² y el aire debe calentarse desde los 25 hasta los 75°C.

$$C_p \text{ aire} = 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$C_p \text{ aire} = 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$\lambda_s = 545 \text{ kcal/kg} = 2.280,28 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 94.240,3 \text{ kg/h} \cdot (348 \text{ K} - 298 \text{ K}) = 4.712.015 \text{ kJ/h}$$

$$m_s = \frac{4.712.015 \text{ kJ/h}}{2.280,28 \text{ kJ/kg}} = 2.066.41 \text{ kg/h}$$

Suponiendo un rendimiento del 75% para considerar posibles pérdidas de calor hacia el exterior se necesitarán 2,755.22 kg/h.

7.7.5. Costos

Los equipos de secado se cotizan de acuerdo a sus materiales constructivos, su superficie de transferencia de calor y su presión de operación.



Según la base de datos de la página Matches' Equipment Cost un equipo de las características mencionadas costaba USD 237.700 (FOB) en el año 2014.

A continuación, se actualiza dicho valor con los índices de ingeniería CEPCI correspondientes

$$\text{Costo} = \text{USD } 237.700 * (718/624,3) = \text{USD } 273.375,94$$

7.8. Evaporador de doble efecto

7.8.1. Fundamentos

El primer paso para purificar la glicerina cruda es su concentración hasta al menos un 80% en peso. Esto se puede lograr fácilmente a escala industrial con calandrias de evaporación.

El agua es mucho más volátil que la glicerina y el vapor formado a partir de una mezcla de dichos componentes es, en esencia, agua pura.

Siempre resulta recomendable realizar la concentración por evaporación en dos o más pasos (efectos), ya que de esta forma se aprovecha el vapor generado en el primer efecto para la calefacción del segundo efecto, reduciendo el consumo de vapor vivo.

Se propone un evaporador de doble efecto de circulación forzada con film descendente, ya que son los equipos con mejores coeficientes de transferencia de calor y los menores tiempos de residencia del licor, lo cual es fundamental para evitar la degradación térmica de una sustancia orgánica como la glicerina.

7.8.2 Dimensionamiento de calandrias y separadores

El flujo de glicerina cruda a concentrar es de 3.704,6 kg/h. El primer efecto será calculado considerando que produce una evaporación de tal magnitud que la concentración de glicerina en la corriente de salida del mismo sea del 50%.

Por otro lado, el segundo evaporador será calculado para concentrar hasta un 80% de glicerina.

- Balance de masa global (1er y 2do efecto):

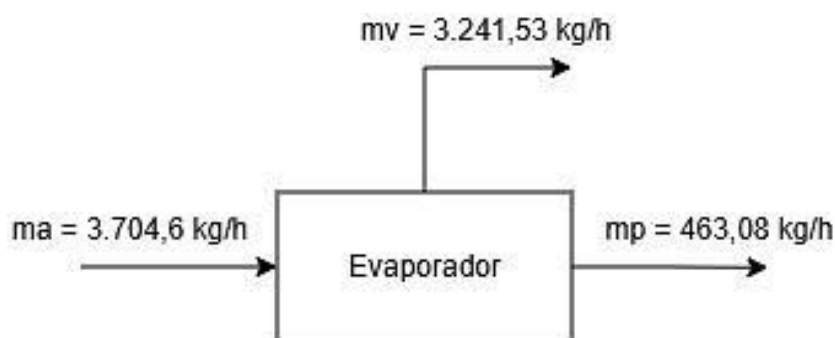


Figura 7.18 - Balance de masa global - Evaporadores

Fuente: Elaboración propia

$$ma = mv + mp = 3.704,6 \text{ kg/h}$$

- Balance de masa global (glicerina):

$$ma * ga = gp * mp = 370,46 \text{ kg/h}$$

$$mp = \frac{370,46 \text{ kg/h}}{0,8} = 463,08 \text{ kg/h}$$

Entonces:

$$mv = ma - mp = 3241,53 \text{ kg/h}$$

El flujo de vapor de calefacción en la calandria se calcula mediante un balance de energía entre la primera calandria y el primer separador de VAHOS, suponiendo que el mismo es vapor saturado a 125°C.



El primer efecto se dimensiona para operar a una presión absoluta de 1 atm, siendo la temperatura de burbuja del líquido de 100,6°C. Estrictamente se trata de una mezcla de líquidos volátiles, pero dado que el agua es mucho más volátil la concentración objetivo se obtiene en las proximidades del punto de burbuja.

Dicha temperatura se toma como referencia para el balance de energía:

$$H_a * m_a + H_s * m_s = H_c * m_s + H'p * m'p + H_{v1} * m_{v1}$$

Considerando la temperatura de referencia, la definición del calor latente de vaporización y teniendo en cuenta que la temperatura de la corriente de alimentación al primer efecto se encuentra a 100°C:

$$m_s * (0,45 \text{ kcal/kg} * (125^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}) + 540 \text{ kcal/kg}) = m_{v1} * 540 \text{ kcal/kg}$$

El flujo de vapor saliente del primer efecto se puede calcular mediante un balance de masa para el primer efecto:

$$m_a = m_{v1} + m'p = 3.704,6 \text{ kg/h}$$

$$g_a * m_a = g_{p'} * m'p = 370,46 \text{ kg/h}$$

$$m'p = \frac{370,46 \text{ kg/h}}{0,5} = 740,92 \text{ kg/h}$$

$$m_{v1} = m_a - m'p = 2.963,68 \text{ kg/h}$$

Retomando el balance de energía:

$$m_s = \frac{2.963,68 * 540 \text{ kcal/kg}}{(0,45 \text{ kcal/kg} * (125^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}) + 540 \text{ kcal/kg})}$$

$$m_s = 2.903,2 \text{ kg/h}$$

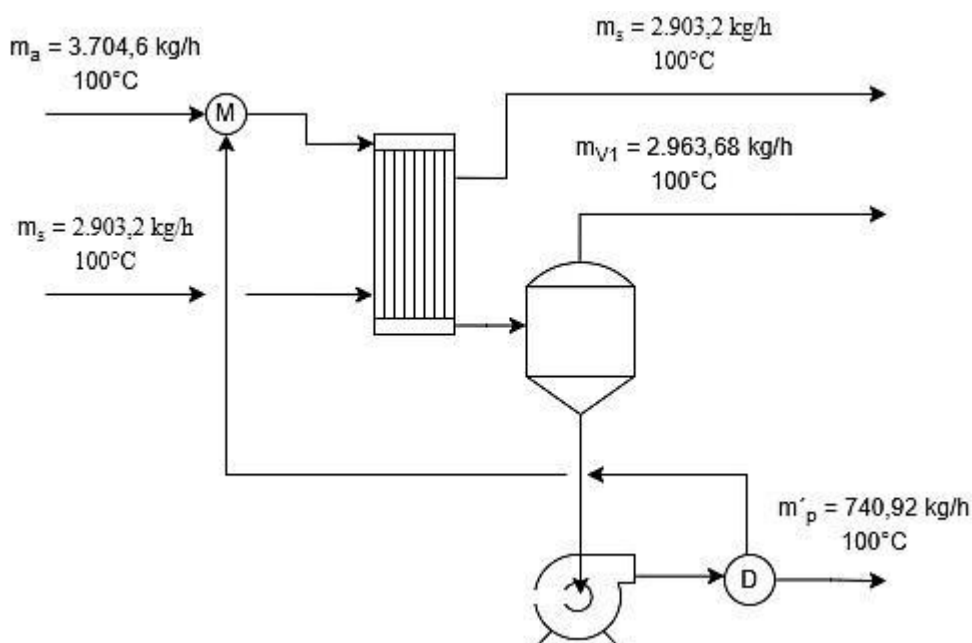


Figura 7.19 - Balance de masa - 1er efecto de evaporación

Fuente: Elaboración propia

El segundo efecto se dimensiona para una presión de operación absoluta de 150 mmHg, para que la evaporación hasta obtener concentraciones altas de glicerina suceda a temperaturas moderadas.

Para tales condiciones de operación la temperatura de burbuja es de 55°C, aunque se considera una temperatura de 62°C para tener en cuenta el efecto del ascenso ebulloscópico.

El flujo de vapor saliente del segundo efecto puede calcularse mediante el siguiente balance de masa:

$$m'_p = mv_2 + mp = 740,92 \text{ kg/h}$$

$$mv2 = 740,92 - 463,08 = 277,84 \text{ kg/h}$$

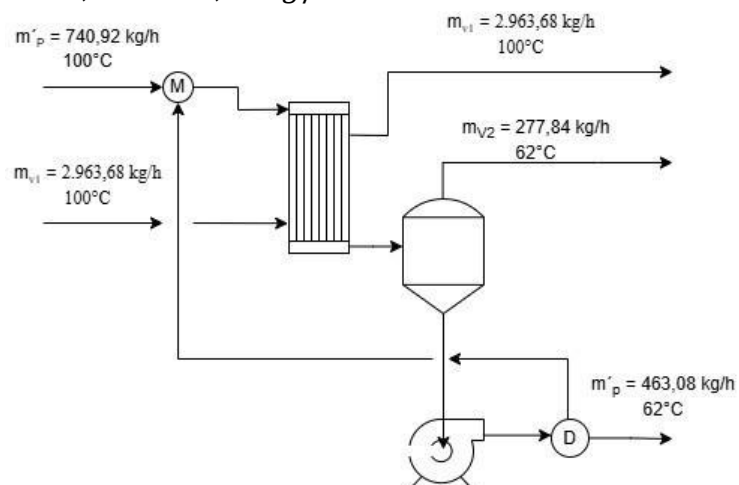


Figura 7.20 - Balance de masa - 2do efecto de evaporación

Fuente: Elaboración propia

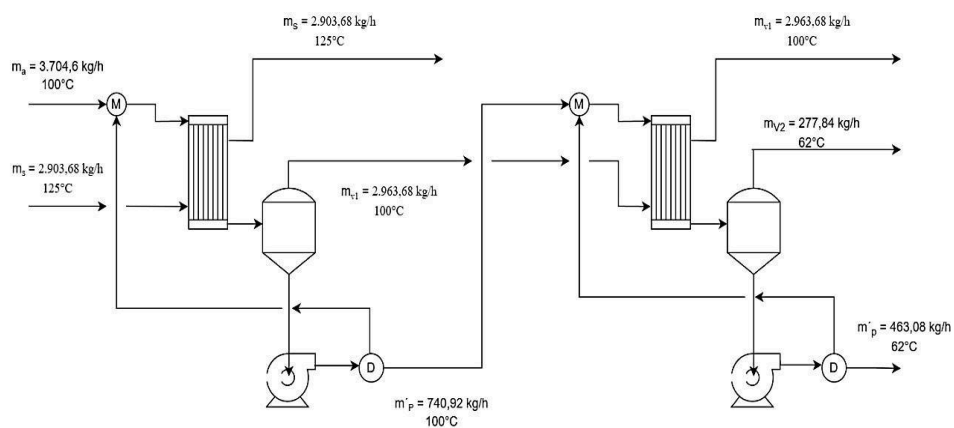
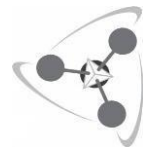


Figura 7.21 - Balance de masa y PFD - evaporadores

Fuente: Elaboración propia



Una vez conocidos los flujos el calor intercambiado en cada calandria se puede obtener fácilmente mediante balances de energía, para posteriormente estimar el área de intercambio requerida.

Para el primer efecto se considera un coeficiente global de transferencia empírico de $1.850 \text{ W/m}^2\text{K}$ y para el segundo efecto se considera un coeficiente de $380 \text{ W/m}^2\text{K}$, debido a la elevada viscosidad de la solución concentrada.

$$Q_1 = mv_1 * \lambda_1 = 2963,68 \text{ kg/h} * 540 \text{ kcal/kg} = 1.600.387,2 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta T_1 = 125^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = U_1 * A_1 * \Delta T_1$$

$$A_1 = \frac{Q_1}{U_1 * \Delta T_1} = \frac{1.861.339,22 \text{ W}}{1850 \text{ W/m}^2\text{K} * 25\text{K}} = 40,25 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = mv_2 * \lambda_2 = 277,64 \text{ kg/h} * 563,2 \text{ kcal/kg} = 156.366,85 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta T_2 = 100^\circ\text{C} - 62^\circ\text{C} = 38^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = U_2 * A_2 * \Delta T_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{U_2 * \Delta T_2} = \frac{181.733,03 \text{ W}}{380 \text{ W/m}^2\text{K} * 38\text{K}} = 12,59 \text{ m}^2$$

Cabe destacar que el vapor de calefacción del segundo efecto tiene el potencial de transferir mucho más valor; concretamente $2963,68 \text{ kg/h} * 540 \text{ kcal/h} = 1.600.387,2 \text{ kcal/h}$

Esto quiere decir que solo condensa un 10% de dicho vapor, por lo que será necesario conducir la corriente de salida de la carcasa de la calandria del segundo efecto y el vapor del segundo separador al condensador contactor.

Si las calandrias utilizan tubos BWG 16 de 3/4" de 6 m de largo con un diámetro exterior de 19 mm se requerirían 113 y 36 tubos, respectivamente, lo cual corresponde a carcasas de 32 y 20 cm, respectivamente.

Cálculo de los separadores

Se trata de separadores gravitacionales, los cuales se basan en la diferencia entre la densidad del líquido y la densidad del vapor. El cálculo de estos equipos, como ya se vio en la sección 5.6, se lleva a cabo mediante una ecuación empírica que contempla la viscosidad de la fase continua, en este caso el vapor y las densidades de los fluidos a separar.

A continuación, se tabulan los datos termodinámicos relevantes para el procedimiento de cálculo.

<i>Propiedad / Equipo</i>	<i>Primer Separador</i>		<i>Segundo Separador</i>	
	<i>Líquido</i>	<i>Vapor</i>	<i>Líquido</i>	<i>Vapor</i>
<i>Temperatura (°C)</i>	100	100	62	62
<i>Presión (mmHg)</i>	760	760	150	150
<i>Densidad (kg/m³)</i>	1.030	0,6	1.173	0,13
<i>Viscosidad (cP)</i>	2 cP	0,014	20	0,011

Tabla 7.13 - Propiedades de licores y VAHOS - evaporadores

Fuente: Elaboración propia

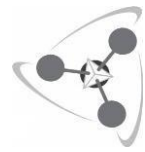
$$t1 (seg) = \frac{100 * \mu}{\rho_A - \rho_B} * 3600 = 4,9$$

$$W1 (m3/seg) = \left(\frac{740,92 \text{ kg/h}}{1.030 \text{ kg/m}^3} + \frac{2.963,68 \text{ kg/h}}{0,6 \text{ kg/m}^3} \right) : 3600 = 1,37 \text{ m3/seg}$$

$$V1 (m3) = 1,37 \text{ m3/seg} * 4,9 \text{ seg} = 6,71 \text{ m3}$$

Si la altura es igual al diámetro:

$$V1 = \frac{\pi * D^2}{4} * H = \frac{\pi * D^3}{4}$$



$$D = H = 2,04 \text{ m}$$

$$t1 (\text{seg}) = \frac{100 \cdot \mu}{\rho_A - \rho_B} * 3600 = 3,38$$

$$W2 (\text{m}^3/\text{seg}) = \left(\frac{463,08 \text{ kg/h}}{1.173 \text{ kg/m}^3} + \frac{277,84 \text{ kg/h}}{0,13 \text{ kg/m}^3} \right) : 3600 = 0,59 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V2 (\text{m}^3) = 0,59 \text{ m}^3/\text{seg} * 3,38 \text{ seg} = 2 \text{ m}^3$$

Si la altura es igual al diámetro:

$$V2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} * H = \frac{\pi \cdot D^3}{4}$$

$$D = H = 1,37 \text{ m}$$

7.8.3. Dimensionamiento del condensador de contacto

De la carcasa de la calandria del segundo efecto salen 2963,68 kg/h, de los cuales el 90% es vapor (2.667,31 kg/h)

Dicha cantidad de vapor debe ser condensada junto con los 277,84 kg/h de vapor que salen del segundo separador, con el fin de gestionar la elevada entalpía de dicha corrientes y reducir su volumen.

La condensación de este tipo de corrientes suele llevarse a cabo con agua de torre, la cual se halla disponible a 30°C. La cantidad de agua necesaria puede determinarse mediante un simple balance de energía, suponiendo que el agua no puede salir a más de 42°C (debido al intervalo típico de las torres de enfriamiento)

$$Hv2 * m v2 + Hv1 * mv1 + Hc * mc = Hf * mf$$

Se toma como temperatura de referencia a la temperatura del condensado total final (m_F) de 42°C:

$$277,84 * (0,45 * (62 - 42) + 598)) + 2.963,68 * (0,45 * (100 - 42) + 598) + mc * 1 * (30 - 42) = 0$$

$$m_c = 168.190,13 \text{ kg/h}$$

$$W_c = \frac{168.190,13 \text{ kg/h}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 168,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_f (\text{m}^3/\text{s}) = \left(\frac{277,84 + 2963,68}{0,13} + 168,19 \right) : 3600 = 6,97 \text{ m}^3/\text{s}$$

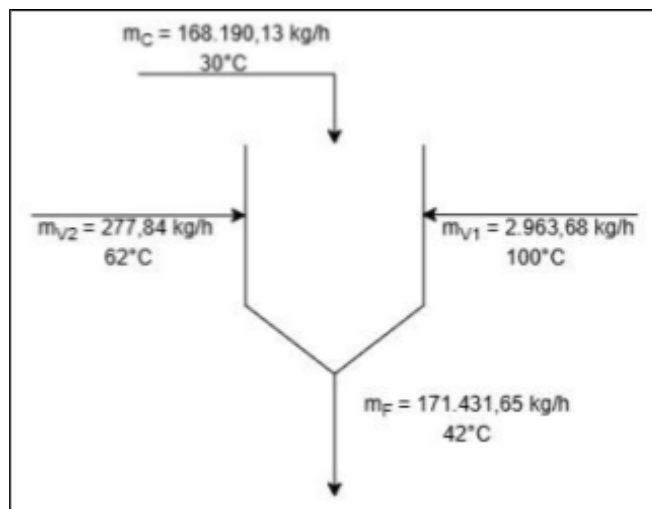


Figura 7.22 - Balance de masa - condensador de contacto

Fuente: Elaboración propia

Para un condensador contactor es deseable una velocidad de la fase vapor en el orden de 1 a 3 m/s, por lo que se escoge una velocidad de diseño de 2 m/s y se calcula el área de sección transversal.

$$S = W_f/u = 3,5 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 2,11 \text{ m}$$



7.8.4. Costos

Los concentradores por evaporación se cotizan en base a su superficie de intercambio de calor y su presión de trabajo. Es posible obtener una buena estimación de su costo FOB a partir de la base de datos de Matches' Equipment Cost, la cual incluye separadores, bombas y el condensador.

Se cotiza cada efecto y luego se suman los valores. El costo del primer efecto debe ser corregido por un factor de escala, ya que en la base de datos se obtiene el costo de un evaporador que opera a 150 PSI, pero el efecto considerado opera a 14,7 PSI

$$\text{Costo (1er efecto)} = \text{USD } 600.000 * (718/624,3) * (14,7/150)^{0,7} = \text{USD } 135.750,24$$

$$\text{Costo (2do efecto)} = \text{USD } 370.300 * (718/624,3) = \text{USD } 425.877,62$$

Se consideran calandrias con carcasa de acero al carbono y tubos de acero inoxidable AISI 304 para mayor durabilidad del equipo.



7.9. Torre de Destilación de Solución Glicerina- Agua Bajo Vacío

7.9.1. Fundamentos

El proceso de hidrólisis continua del sebo vacuno genera dos corrientes principales: **ácidos grasos libres**, que posteriormente se neutralizan para formar jabón, y una **solución acuosa de glicerina** con una concentración aproximada del 14 %.

Para obtener glicerina grado cosmético es necesario separar el agua y las impurezas presentes, lo que se logra mediante operaciones de concentración y purificación.

Técnicas convencionales para purificar la glicerina

La destilación es el método más comúnmente utilizado para purificar la glicerina. Esta es una tecnología que produce glicerina de alta pureza a altos rendimientos; sin embargo, la destilación de la glicerina es un proceso de alto consumo energético, debido a su alta capacidad calorífica, lo que demanda un alto suministro de energía para su vaporización.

La **torre de fraccionamiento bajo vacío** constituye la tecnología más adecuada para esta etapa, por las siguientes razones:

1. **Reducción de la temperatura de ebullición:** La glicerina presenta un punto de ebullición elevado ($\approx 290\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero a temperaturas superiores a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ comienza a descomponerse formando compuestos indeseables. Al operar bajo vacío, la presión se reduce y, en consecuencia, también lo hace la temperatura de ebullición, permitiendo separar el agua sin degradar la glicerina.
2. **Preservación de la calidad del producto:** El fraccionamiento bajo vacío evita la descomposición térmica y la oxidación de la glicerina, garantizando un producto con baja coloración, olor neutro y alta pureza, características esenciales para aplicaciones cosméticas y farmacéuticas.

3. **Eficiencia energética:** La operación bajo vacío requiere menor aporte energético que una destilación atmosférica, ya que la separación se produce a temperaturas más bajas. Esto reduce el consumo de vapor y mejora la eficiencia global del proceso.
4. **Control de impurezas:** La torre permite separar no solo el agua, sino también trazas de sales, ácidos grasos y compuestos orgánicos residuales. El diseño de platos o rellenos facilita la eliminación de contaminantes y mejora la calidad de la glicerina refinada.
5. **Integración con el proceso continuo:** El fraccionamiento bajo vacío se integra de manera natural con la operación continua de hidrólisis y neutralización, permitiendo un flujo constante de glicerina cruda hacia la torre y obteniendo un producto refinado sin interrupciones, lo que aumenta la productividad y la estabilidad operativa.

7.9.2. Condiciones de operación

Como ya se mencionó, la operación en condiciones de vacío tiene como ventaja la separación de la mezcla binaria de forma eficiente a temperaturas moderadas-bajas, lo cual permite operar a menores temperaturas y evitar la degradación de la glicerina.

A continuación, se presentan diagramas de equilibrio líquido vapor para distintas presiones de trabajo para la mezcla de 86% en peso de glicerina y se discute cuál es la presión óptima. Es importante hallar la presión óptima ya que mientras más baja es la presión de operación más elevado es el espesor que debe tener la torre de separación y más grande es el diámetro de la misma, dado que aumenta el volumen específico del vapor.

Equilibrio LV a 150 mmHg

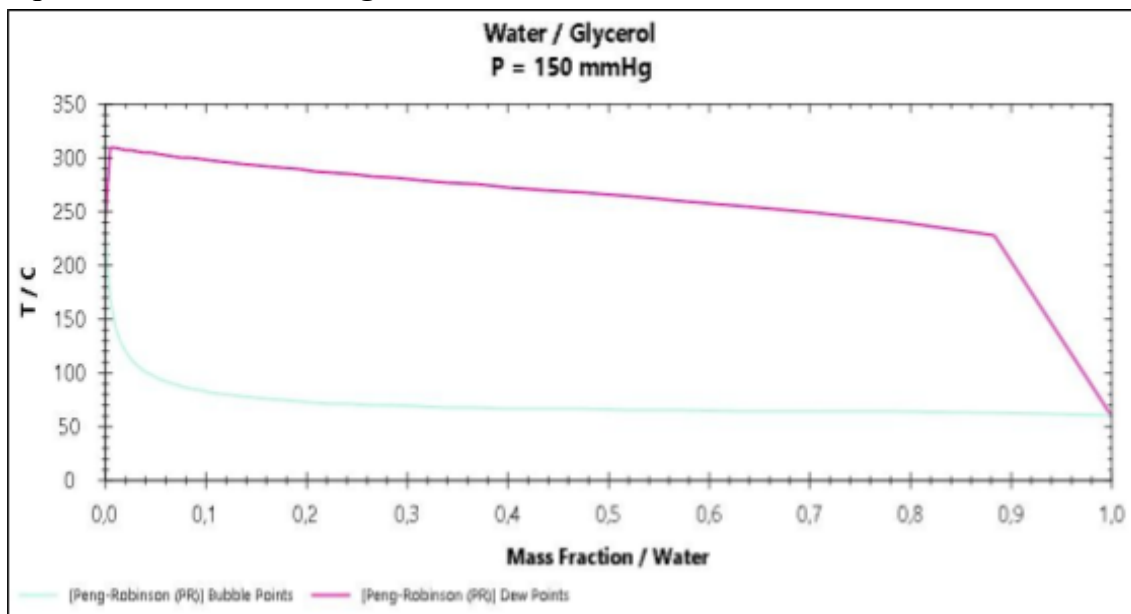


Figura 7.23 - Equilibrio líquido - vapor, mezcla glicerina - agua a 150 mmHg

Fuente: Simulador DWSIM

Como se puede observar en el gráfico, la mezcla comienza a hervir a una temperatura de aproximadamente 80°C y para obtener un líquido con una pureza de al menos 98% de glicerina se necesita alcanzar una temperatura en torno a los 120°C.

Equilibrio LV a 80 mmHg

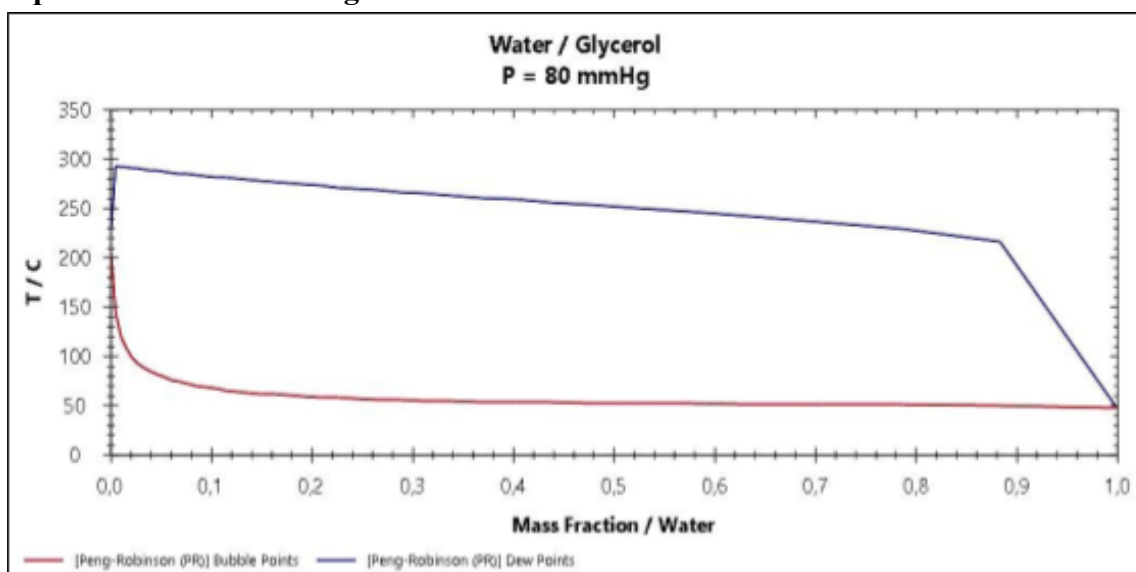


Figura 7.24 - Equilibrio líquido - vapor, mezcla glicerina - agua a 80 mmHg

Fuente: Simulador DWSIM

Para una presión de trabajo de tal valor la mezcla comienza a hervir a unos 60°C y para que la separación sea óptima se debe alcanzar una temperatura cercana a los 95°C.

Equilibrio LV a 65 mmHg

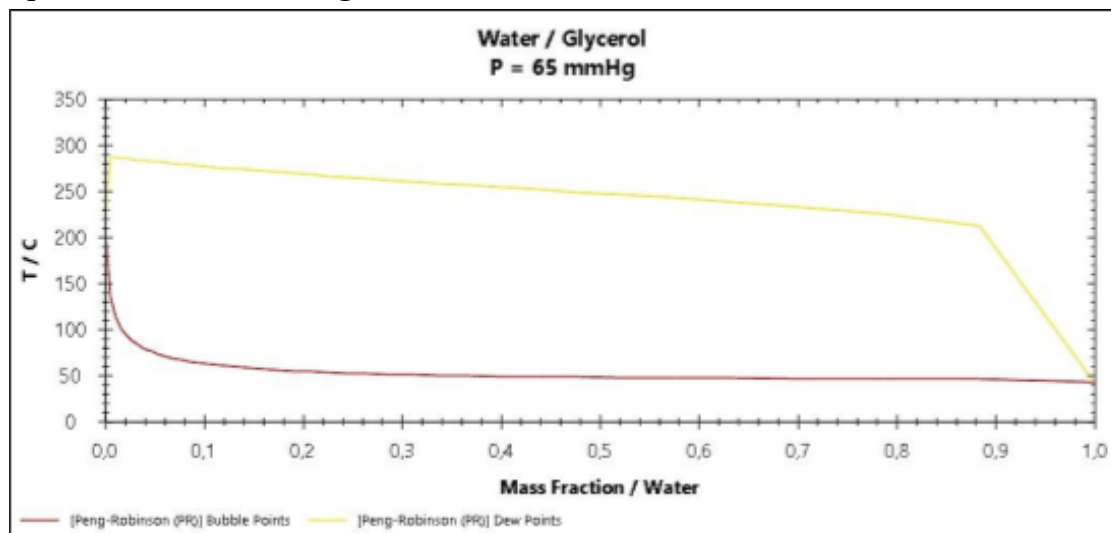


Figura 7.25 - Equilibrio líquido - vapor, mezcla glicerina - agua a 65 mmHg

Fuente: Simulador DWSIM

La temperatura de burbuja no ha cambiado significativamente y la separación óptima podría lograrse a 90°C.

Equilibrio LV a 50 mmHg

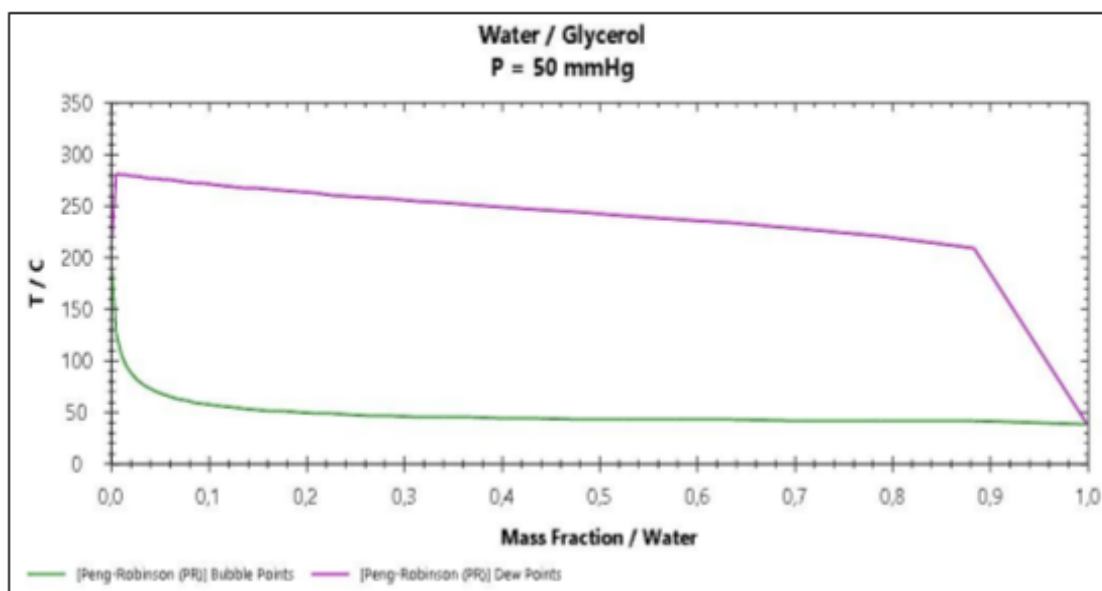


Figura 7.26 - Equilibrio líquido - vapor, mezcla glicerina - agua a 50 mmHg

Fuente: Simulador DWSIM

La mezcla hierve a partir de los 50 °C y se puede lograr la separación requerida a 90°C

7.9.3. Separación Flash

Considerando que la diferencia de volatilidad entre ambos componentes es muy elevada se puede dimensionar en primera instancia una operación de separación flash, de tal forma que se produzca una gran caída de presión a la mezcla líquida en una válvula de expansión, para que se forme una mezcla de líquido y vapor, la cual puede ser separada en un tanque flash.

- Se proponen las siguientes condiciones operativas:

<i>Flujo</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Presión</i>
<i>1 (0,53kg/s)</i>	<i>75°C</i>	<i>150 mmHg</i>
<i>F</i>	<i>70°C</i>	<i>100 mmHg</i>

Tabla 7.14 - Condiciones operativas, destilación flash

Fuente: Elaboración propia

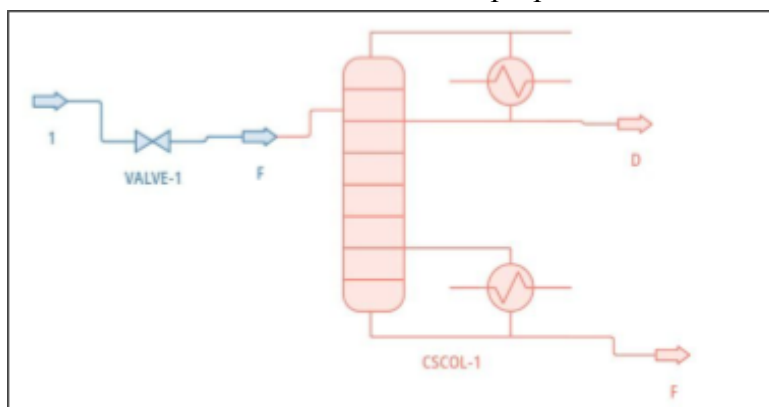


Figura 7.27 - Esquema de destilación flash, mezcla glicerina - agua a 100 mmHg

Fuente: simulador DWSIM

Bajo estas condiciones de trabajo se obtienen los siguientes resultados:

ChemSep (TM) v8.42

File Edit Solve Analysis Databanks Tools Help

☒ Title
☒ Components
☒ Operation
☒ Properties
☒ Feeds
☒ Specifications
☒ Results
 Units
 Solve options
 Paths

☒ Feeds
 Feed Stream(s) Specifications

Molar flows ▾

Feed:	1
Name	Feed1
Stage	1
Two-phase feed	
State	T & p
Pressure (N/m ²)	13332.0
Vapour fraction (-)	
Temperature (K)	348.000
Flowrates (kmol/s):	
Water	0.00480000
Glycerol	0.00480000
Total flowrate	0.00960000

Figura 7.28 – Resultados, destilación flash

Fuente: Simulador ChemSep

Stream	Feed1	V.Feed1	L.Feed1	Top	Bottom
Pressure (N/m ²)	13000.0	13000.0	13000.0	13332.0	13332.0
Vapour fraction (-)	0.250927	1.00000	0.000000	1.00000	0.000000
Temperature (K)	348.000	348.000	348.000	348.000	348.000
Enthalpy (J/kmol)	-4.935E+07			1.6835E+06	-6.612E+07
Entropy (J/kmol/K)	-60222.1			22081.5	-87763.9
Total molar flow (kmol/s)	0.00960000	0.00240890	0.00719110	0.00231614	0.00728386
Total mass flow (kg/s)	0.528524	0.0434269	0.485097	0.0417537	0.486770
Vapour std.vol.flow (m ³ /s)	0.174279	0.0570680		0.0548705	
Liquid std.vol.flow (m ³ /s)	3.2152E-04		3.9396E-04		3.9564E-04
Mole flows (kmol/s)					
Water	0.00480000	0.00240849	0.00239151	0.00231577	0.00248423
Glycerol	0.00480000	4.0417E-07	0.00479960	3.7411E-07	0.00479963
Mole fractions (-)					
Water	0.500000	0.999832	0.332565	0.999838	0.341060
Glycerol	0.500000	1.6778E-04	0.667435	1.6152E-04	0.658940
Mass flows (kg/s)					
Water	0.0864733	0.0433897	0.0430836	0.0417192	0.0447541
Glycerol	0.442050	3.7222E-05	0.442013	3.4453E-05	0.442016
Mass fractions (-)					
Water	0.163613	0.999143	0.0888145	0.999175	0.0919410
Glycerol	0.836387	8.5712E-04	0.911186	8.2516E-04	0.908059
Combined stream fractions (-)					
Total molar	1.00000	1.00000	1.00000	0.241265	0.758735
Total mass	1.00000	0.327452	1.22529	0.0790005	0.920999
Component molar					
Water	1.00000	0.501770	0.498230	0.482452	0.517548
Glycerol	1.00000	8.4203E-05	0.999916	7.7940E-05	0.999922
Vapour:					
Mole weight (kg/kmol)	18.0277	18.0277		18.0272	
Density (kg/m ³)	0.0809989	0.0809989		0.0830653	
Std.density (kg/m ³)	0.760968	0.760968		0.760949	
Viscosity (N/m ² .s)	1.1424E-05	1.1424E-05		1.1424E-05	
Heat capacity (J/kmol/K)	33919.1	33919.1		33918.5	
Thermal cond. (J/s/m/K)	0.0221743	0.0221743		0.0221744	
Liquid:					
Mole weight (kg/kmol)	67.4579		67.4579		66.8286
Density (kg/m ³)	1319.76		1319.76		1314.44
Std.density (kg/m ³)	1231.31		1231.31		1230.33
Viscosity (N/m ² .s)	0.0300610		0.0300610		0.0296115
Heat capacity (J/kmol/K)	189125		189125		187681
Thermal cond. (J/s/m/K)	0.411688		0.411688		0.414756
Surface tension (N/m)	0.0608190		0.0608190		0.0608560

Figura 7.29 – Resultados, destilación flash complemento

Fuente: Simulador ChemSep

Se obtiene un líquido de fondo con un 90,8% en peso de glicerina, por lo que la separación no es adecuada.



La caída de presión a través de la válvula produce un descenso de la temperatura de la mezcla, por lo que sin importar que tan baja sea la presión de trabajo, nunca se alcanza la temperatura requerida mostrada en los diagramas de equilibrio de fases. Es por ello que se debe recurrir a una destilación fraccionada.

7.9.4. Destilación Fraccionada

Establecemos las presiones y temperaturas de trabajo para evitar la descomposición de la glicerina.

- Operar bajo **vacío (150 mmHg en fondo y 15 mmHg en cabeza)** para reducir el punto de ebullición y evitar la degradación de la glicerina (presión promedio de 82,5 mmHg)
- Mantener la temperatura de fondo **< 200 °C** para evitar formación de acroleína

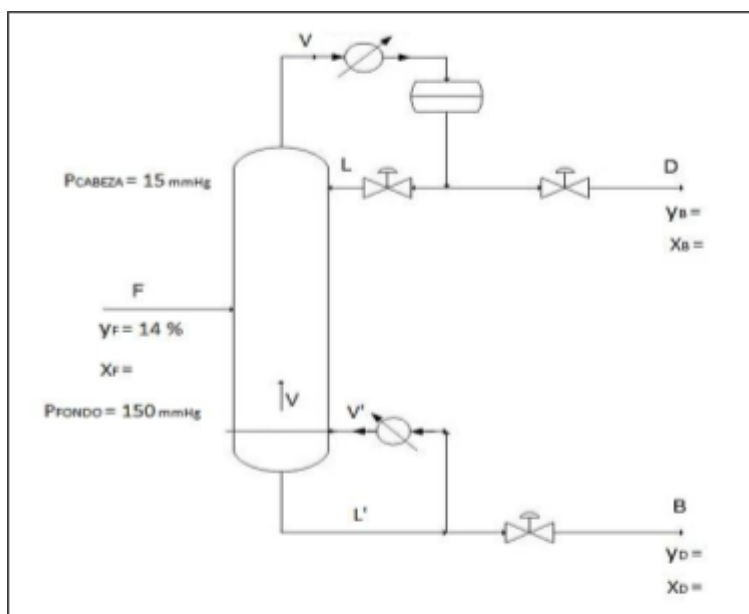


Figura 7.30 – Esquema, destilación fraccionada

Fuente: Elaboración propia

Presión	Temperatura de Burbuja	Temperatura de Rocío
15 mmHg	30 °C	161 °C
150 mmHg	78 °C	215 °C
82,5 mmHg (promedio)	54 °C	188 °C

Tabla 7.15 - Condiciones operativas, destilación fraccionada

Fuente: Elaboración propia



Concentración de la alimentación (X_f) consideramos una base de cálculo de 100 Kg por hora. **Alimentación:** 100 kg de F por hora (27,78 g/s)

- 80 kg de glicerina * $\frac{1 \text{ kmol}}{92 \text{ kg}} = 0,87 \text{ kmol de glicerina}$
- 20 kg de agua * $\frac{1 \text{ kmol}}{18 \text{ kg}} = 1,11 \text{ kmol de agua}$

$$X_F = \frac{1,11}{0,87+1,11} = 0,56 \text{ (fracción molar del agua en la alimentación)}$$

El peso molecular medio de la alimentación se puede calcular de la siguiente manera:

$$PM = 0,56 * 18 + 0,44 * 92 = 50,56 \text{ g/mol} = 50,56 \text{ kg/kmol}$$

$$F = \frac{27,78 \text{ g/s}}{50,56 \text{ g/mol}} = 0,55 \text{ mol/s}$$

- 0,5 kg de glicerina * $\frac{1 \text{ kmol}}{92 \text{ kg}} = 0,0054 \text{ kmol de glicerina}$
- 99,5 kg de agua * $\frac{1 \text{ kmol}}{18 \text{ kg}} = 5,53 \text{ kmol de agua}$

$$X_D = \frac{5,53}{5,53+0,0054} = 0,999$$

El producto de cabeza tiene un peso molecular de 18 g/mol, dado que se trata de agua pura.

Producto destilado: 20 kg/h de agua pura (5,56 g/s)

$$D = \frac{5,56 \text{ g/s}}{18 \text{ g/mol}} = 0,31 \text{ mol/s}$$

Producto de cola (X_B)

B = 99 kg de glicerina + 1 kg de agua

- 99 kg de glicerina * $\frac{1 \text{ kmol}}{92 \text{ kg}} = 1,08 \text{ kmol de glicerina}$
- 1 kg de agua * $\frac{1 \text{ kmol}}{18 \text{ kg}} = 0,056 \text{ kmol de agua}$



$$X_B = \frac{0,056 \text{ kmol}}{1,08 \text{ kmol} + 0,056 \text{ kmol}} = 0,049$$

El producto de cola es glicerina esencialmente pura, con trazas de agua, ácidos grasos y otros compuestos orgánicos

Definimos la Alimentación (f)

La alimentación proviene de los evaporadores situados aguas arriba y la misma se encuentra a 150 mmHg y aproximadamente a 62°C. En tales condiciones la mezcla es un líquido saturado (la fracción vaporizada es cero)

Cabe destacar que la presión promedio existente dentro de la torre es inferior, alcanzando un mínimo de 15 mmHg en la parte superior de la misma. Esto quiere decir que cuando la alimentación se expanda dentro de la torre en el plato de alimentación se producirá cierta cantidad de vapor flash. La fracción de vapor sobre la mezcla total se puede estimar con un balance de entalpía, eligiendo como temperatura de referencia la de saturación de la mezcla a 15 mmHg (30°C)

$$Hf = f * Hy + (1 - f) * Hx$$

$$3,59 \text{ kJ/kg} * K * (62^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = f * 2459,48$$

$$f = 0,047$$

En tales condiciones el flujo de líquido de alimentación se suma al líquido de reflujo de la zona de rectificación y el vapor se suma a la corriente de vapor ascendente que proviene de la zona de agotamiento.

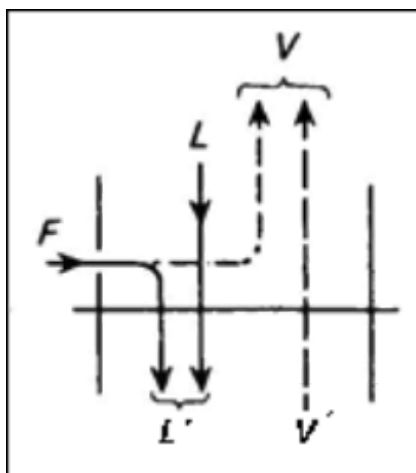


Figura 7.31 - Esquema, balance de masa en el plato de alimentación

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

Del balance global de masa determinamos las corriente de Destilado (D) y de Residuo (B)

$$(1) \quad F = B + D$$

$$(2) \quad F * X_f = B * X_B + D * X_D$$

Reemplazando 1 en 2

$$F * X_f = B * X_B + (F - B) * X_D$$

$$F * X_f = B * X_B + F * X_D - B * X_D$$

$$B = \frac{F * (X_f - X_D)}{(X_B - X_D)}$$



$$B = \frac{0,55 \text{ mol/s} * (0,56 - 0,999)}{(0,049 - 0,999)}$$

$$B = 0,25 \text{ mol/s}$$

Reemplazando en 1 y despejando

$$F = B + D$$

$$D = F - B$$

$$D = 0,55 \text{ mol/s} - 0,25 \text{ mol/s}$$

$$D = 0,3 \text{ mol/s}$$

Relación de reflujo mínima: representa el límite inferior de operación, cuando los platos tienden a infinito. Por debajo de este valor la separación ya no es posible.

Para obtener el reflujo mínimo primero debemos graficar la línea de alimentación a partir de su pendiente y su ordenada al origen.

Cabe destacar que al contar con una fracción vaporizada tan pequeña la línea de alimentación será prácticamente vertical

La relación de reflujo mínimo se obtiene a partir de la intersección de la línea de alimentación con la línea de equilibrio.

$$\frac{RD}{RD+1} = \frac{XD-Y}{XD-X} = 0$$

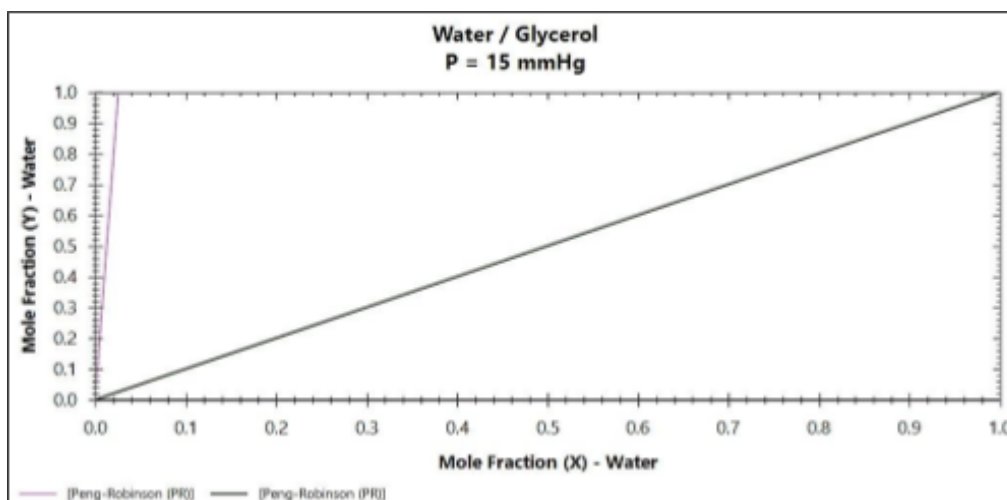


Figura 7.32 - Curva de equilibrio, agua - glicerina a 15 mmHg

Fuente: Simulador DWSIM

La curva de equilibrio es muy favorable, por lo que prácticamente puede elegirse cualquier relación de reflujo.

Del balance del condensador con el plato superior determinamos L y V

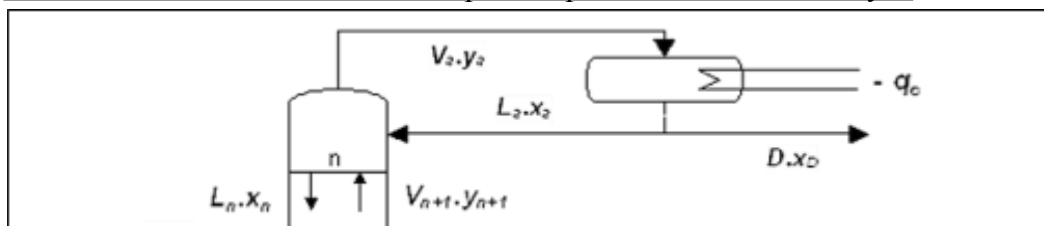


Figura 7.33 - Esquema, cabeza de torre

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

Definimos una relación de reflujo, $R_D = 0,65$

Por lo tanto: $L = 0,65 * D$

$$L = 0,65 * 0,3 \text{ mol/s}$$

$$L = 0,195 \text{ mol/s}$$

Por otro lado: $V = L + D$

$$V = 0,495 \text{ mol/s}$$

Del balance del hervidor con el plato superior determinamos L' y V'

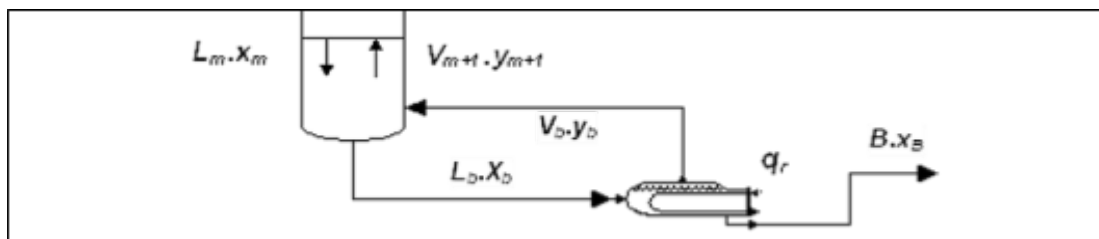


Figura 7.33 - Esquema, fondo de torre

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

Por otro lado: $V = V' + F * f$

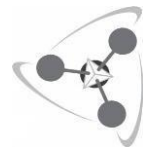
$$V' = 0,495 \text{ mol/s} - 0,55 \text{ mol/s} * 0,047$$

$$V' = 0,47 \text{ mol/s}$$

Por otro lado: $L' = L + F * (1 - f)$

$$L' = 0,195 \text{ mol/s} + 0,55 \text{ mol/s} * (1 - 0,047)$$

$$L' = 0,72 \text{ mol/s}$$



Línea de Operación para la zona de rectificación

$$(1) V_{n+1} = L_n + D$$

$$(2) V_{n+1} * Y_{n+1} = L_n * X_n + X_D * D$$

Reemplazando 1 en 2

$$(L_n + D) * Y_{n+1} = L_n * X_n + X_D * D$$

$$Y_{n+1} = \frac{L_n}{L_n + D} * X_n + \frac{D}{L_n + D} * X_D$$

$$Y_{n+1} = 0,4 * X_n + 0,605$$

Línea de Operación para la zona de Agotamiento

$$(1) L_m = B + V_{m+1}$$

$$(2) V_{m+1} * Y_{m+1} = L_m * X_m - X_B * B$$

Reemplazando 1 en 2

$$(L_m + B) * Y_{m+1} = L_m * X_m - X_B * B$$

$$Y_{m+1} = \frac{L_m}{L_m - B} * X_m - \frac{B}{L_m - B} * X_B$$

$$Y_{m+1} = 1,53 * X_m - 0,027$$

$$Y_{m+1} = 1,53 * X_m - 0,027$$

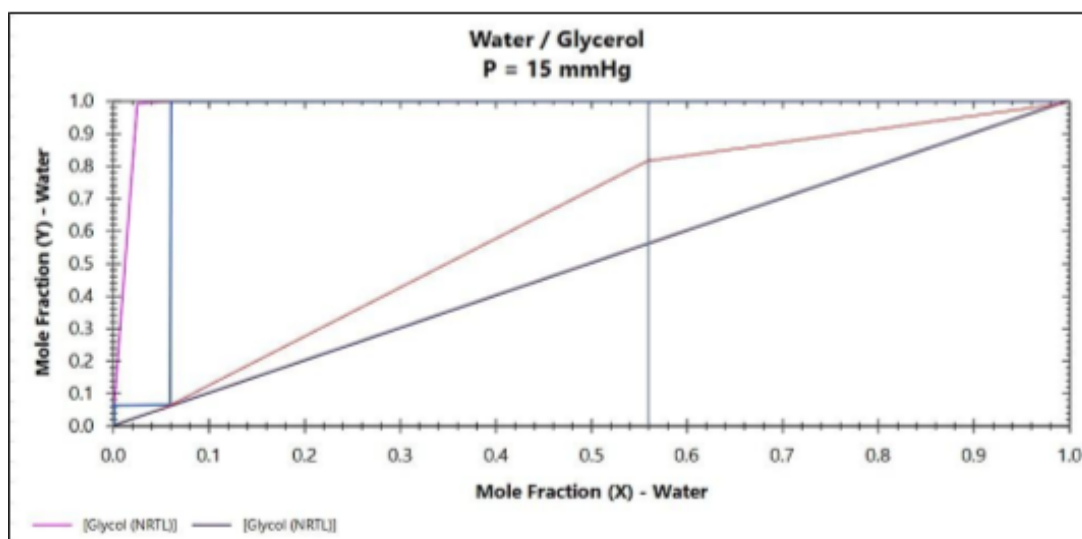


Figura 7.34 - Diagrama, método McCabe - Thiele

Fuente: Elaboración propia

Se determinó el número de etapas teóricas mediante el método de McCabe -Thiele, siendo necesarias para lograr la separación requerida 2 etapas teóricas (un plato mas el reboiler)

Cabe destacar que al utilizar el método de McCabe-Thiele se supone flujo molar constante y eficiencia global del 100%, por lo que dicho valor debe corregirse.

Para obtener las propiedades termodinámicas necesarias para el posterior diseño de la torre y estimar una eficiencia global se recurre al simulador ChemSep

Como se puede ver a continuación, el diseño verifica.

<i>Stream</i>	<i>F</i>	<i>D</i>	<i>B</i>
Stage	2	1	3
Pressure (N/m²)	19998.3	1999.84	19998.3
Vapour fraction (-)	0.000000	0.000000	0.000000
Temperature (K)	335.000	289.519	416.269
Enthapy (J/kmol)	-5.918E+07	-4.461E+07	-6.357E+07
Entropy (J/kmol/K)	-107297	-125501	-79664.4
Total molar flow (kmol/s)	0.550000	0.295274	0.254726
Total mass flow (kg/s)	27.8354	5.32008	
Vapour std.vol.flow (m³/s)	-----	-----	-----
Liquid std.vol.flow (m³/s)	0.0232491	0.00533345	0.0179156
	Mole flows (kmol/s)		
Glycerol	0.242000	9.8360E-06	0.241990
Water	0.308000	0.295264	0.0127363
	Mole fractions (-)		
Glycerol	0.440000	3.3311E-05	0.950000
Water	0.560000	0.999967	0.0500000
	Mass fractions (-)		

Glycerol	0.800663	1.7026E-04	0.989809
Water	0.1993 37	0.999830	0.0101906
Combined stream fractions			
Total molar	1.00000	0.536861	0.463139
Total mass	1.00000	0.191127	0.808873
Component molar	1.00000	-----	-----
Glycerol	1.00000	4.0644E-05	0.999959
Water	1.00000	0.958648	0.0413517
Liquid			
Mole weight (kg/kmol)	50.6098	18.0177	88.3899
Density (kg/m³)	1270.55	1013.72	1543.50
Std.density (kg/m³)	1197.27	997.492	1256.74
Viscosity (N/m².s)	1.9144E-12	0.00110285	1.7489E-13
Heat capacity (J/kmol/K)	147680	75544.9	268478
Surface tension (N/m)	0.0635693	0.0734286	0.0522536

Tabla 7.14 - Tabla resumen, Simulación de destilación fraccionada

Fuente: Simulador ChemSep

El diámetro estimado de la torre es de 11 cm, pero corresponde a la base de cálculo elegida de 0,55 kg/s de alimentación, por lo que posteriormente será corregido

A su vez, la eficiencia global es del 11%, aunque si se utiliza la correlación clásica de Locket teniendo en cuenta una viscosidad del líquido es de 1,1 cP y la volatilidad relativa es de 100.000 el valor predicho es del 3%, principalmente debido a la elevada viscosidad

de la glicerina. Esto quiere decir que en realidad se requieren $2/0,07 = 29$ platos reales. Si la torre tiene una separación entre platos de 18" entonces la altura de la torre sería de 13,25 m

A continuación, se calculan los requerimientos de vapor saturado en el reboiler y agua de enfriamiento en el condensador.

Section	1
Start stage	2
End stage	2
Internal type	Valve 1.5ft
System factor	1
Flood fraction	0.75
Method slope equilibrium li	McCabe-Thie
Efficiency estimated	0.11
HETS estimated (m)	4.091
FPL/Maldistribution	1
Area fraction	1
Flow parameter	0.037
Capacity factor (m/s)	0.075
Diameter section (m)	0.11
Design stage	2
Height section (m)	4.05
Empty (m3)	0
Diameter (m)	0.11
Height (m)	4.64
Max.loaded stage:	2
Vapor flow (kg/s)	0.00877827
Liquid flow (kg/s)	0.0316958
Vapor density (kg/m3)	0.126737
Liquid density (kg/m3)	1206.37
Surface tension (N/m)	0.0631293
Vapor viscosity (N/m2.s)	1.1192E-05
Liquid viscosity (N/m2.s)	1.3562E-11
Min.loaded stage:	2
Vapor flow (kg/s)	0.00877827
Liquid flow (kg/s)	0.0316958
Vapor density (kg/m3)	0.126737
Liquid density (kg/m3)	1206.37
Surface tension (N/m)	0.0631293
Vapor viscosity (N/m2.s)	1.1192E-05
Liquid viscosity (N/m2.s)	1.3562E-11
Reck: Stages	

Tabla 7.15 - Eficiencia global de columna y diámetro
Fuente: Simulador ChemSep

Stage	T (K)	Hv (J/kmol)	Hl (J/kmol)	Sv (J/kmol/K)	Sl (J/kmol/K)	Q (J/s)	Sirr (J/s/K)
1	289.520	-4.461E+07	-4.461E+07	-125501	-125501	-22457.0	7.61368
2	341.950	1.4743E+06	-5.428E+07	18079.5	-103969		3.20618
3	416.270	4.1855E+06	-6.357E+07	25953.8	-79664.4	25638.0	6.82027

Tabla 7.16 - Tabla resumen, Balance de energía de la columna

Fuente: Simular ChemSep

Caudal másico de vapor en el hervidor

$$Qr = m_v * \lambda_v = V' * \lambda_v$$

$$25.638 \text{ J/s}$$

$$m_v = \frac{25.638 \text{ J/s}}{40.668,48 \text{ kJ/kmol}}$$

$$m_v = 0,63 \text{ mol/s}$$

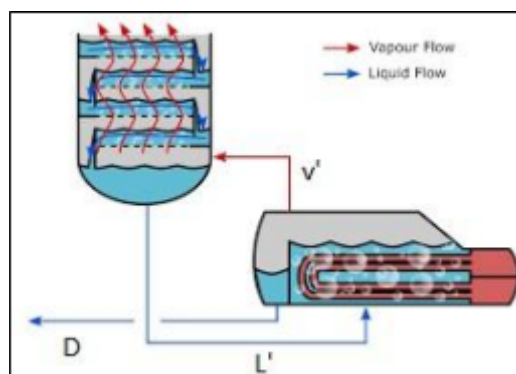


Figura 7.35 - Esquema de rehervidor termita

Fuente: Elaboración propia

$$Q_c = m_v \cdot v = m_a \cdot C_{pa} \cdot (T_s - T_v)$$

$$m_s = \frac{22.457 \text{ J/s} \cdot 75.35 \text{ Kj/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (40^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})}{C_l}$$

$$29,80 \text{ mol/s}$$

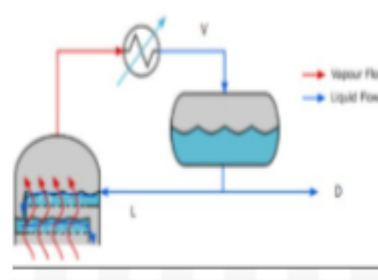


Figura 7.36 - Esquema de columna de destilación con reflujo

Fuente: Elaboración propia

Flujos corregidos

Anteriormente, se planteó una base de cálculo, en la corriente de alimentación (100 kg/h en base másica y 0,55 mol/s), con el fin de definir las demás composiciones y corrientes de la torre.

A continuación se escalan los resultados calculados con la base $F=0,55 \text{ mol/s}$ a la **alimentación real**

1) Paso 1 — Flujo molar real

$F = 463,08 \text{ kg/h} / 50,56 \text{ kg/kmol} = 9,16 \text{ kmol/h} = 2,54 \text{ mol/s}$ composición 80 % glicerina / 20 % agua en masa

2) Paso 2 — Factor de escala SF

Los cálculos previos se hicieron con $F \text{ base} = 0,55 \text{ mol/s}$, el **factor de escala** es:



$SF = F_{\text{real}} / F_{\text{base}} = 2,54 \text{ mol/s} / 0,55 \text{ mol/s} = 4,62$ 3) Paso 3 — escalar corrientes
calculadas con F base

Si con $F_{\text{base}} = 100 \text{ kmol/h}$ obtuviste:

- $B = 0,25 \text{ mol/s}$
- $L' = 0,72 \text{ mol/s}$
- $D = 0,3 \text{ mol/s}$
- $V' = 0,47 \text{ mol/s}$
- $L = 0,195 \text{ mol/s}$
- $m_v = 0,63 \text{ mol/s}$
- $V = 0,495 \text{ mol/s}$
- $m_s = 29,8 \text{ mol/s}$

Las corrientes reales son:

$$B_{\text{real}} = SF * B_{\text{base}} = 4,62 * 0,25 \text{ mol/s} \approx 1,16 \text{ mol/s}$$

$$D_{\text{real}} = SF * D_{\text{base}} = 4,62 * 0,3 \text{ mol/s} \approx 1,39 \text{ mol/s}$$

$$L_{\text{real}} = SF * L_{\text{base}} = 4,62 * 0,195 \text{ mol/s} \approx 0,9 \text{ mol/s}$$

$$V_{\text{real}} = SF * V_{\text{base}} = 4,62 * 0,495 \text{ mol/s} \approx 2,29 \text{ mol/s}$$

$$L'_{\text{real}} = SF * L'_{\text{base}} = 4,62 * 0,72 \text{ mol/s} \approx 3,47 \text{ mol/s}$$

$$V'_{\text{real}} = SF * V'_{\text{base}} = 4,62 * 0,47 \text{ mol/s} \approx 2,17 \text{ mol/s}$$

$$m_v_{\text{real}} = SF * m_v_{\text{base}} = 4,62 * 0,63 \text{ mol/s} \approx 2,91 \text{ mol/s}$$

$$m_s_{\text{real}} = SF * m_s_{\text{base}} = 4,62 * 29,8 \text{ mol/s} \approx 137,68 \text{ mol/s}$$

<i>Tabla resumen de corrientes</i>			
D	$1,39 \text{ mol/s}$	X_D	$0,999$
B	$1,16 \text{ mol/s}$	X_B	$0,049$
F	$2,54 \text{ mol/s}$	X_F	$0,56$
L	$0,9 \text{ mol/s}$		
V	$2,29 \text{ mol/s}$		
L'	$3,47 \text{ mol/s}$		
V'	$2,17 \text{ mol/s}$		

Tabla 7.17 - Tabla resumen de corrientes corregidas por factor de escala

Fuente: Elaboración propia

X_f, X_D, X_B representan la **fracción molar de agua (componente más volátil)**

Tabla resumen de condiciones operativas de la torre			
$T^\circ \text{ media}$	165°C	$P \text{ cabeza}$	15 mmHg
f	0	$P \text{ fondo}$	150 mmHg
$N_{\min}$	1	$P^\circ \text{ media}$	$82,5 \text{ mmHg}$
$R_{\min}$	0	mv	$8,1041 \text{ kmol/h}$
R_d	$0,65$	ms	$450,943 \text{ kmol/h}$

Tabla 7.18 - Tabla resumen de corrientes corregidas por factor de escala Fuente:

Elaboración propia

7.9.5. Dimensionamiento de la torre de Fraccionamiento

El **dimensionamiento de una torre de fraccionamiento bajo vacío** consiste en determinar las dimensiones (principalmente diámetro y altura) que permitan realizar la



separación deseada operando a bajas presiones, minimizando la caída de presión y evitando problemas hidráulicos.

I Determinación del diámetro

El diámetro se calcula para manejar los caudales de vapor y líquido sin provocar inundación (flooding), arrastre excesivo de líquido o caídas de presión elevadas.

Se calcula tanto en la cabeza como en el fondo y se selecciona el mayor de los dos diámetros para garantizar que ninguna de las dos secciones entre en flooding (riesgo de inundación) ni weeping (riego de goteo).

Se parte del caudal volumétrico del vapor:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{V}{G}$$

$$G = C \sqrt{p_v (p_L - p_v)}$$

Donde:

- A = Área de la sección transversal de la columna de destilación (m^2).
- G = flujo másico superficial de vapor .
- V = Caudal másico del vapor • ρ_v = densidad del vapor.
- ρ_L = densidad del liquido.
- C = factor de capacidad

Además, se define para la torre fraccionadora:

- Distancia entre platos: 0,45 m

- Tensión superficial en el punto de ebullición: 20 dinas/cp

Donde C (m/h) es el factor de capacidad que depende del tipo de bandeja, tensión superficial y condiciones; ρ_L, ρ_V densidades líquido y vapor. Se define a partir de la siguiente gráfico:

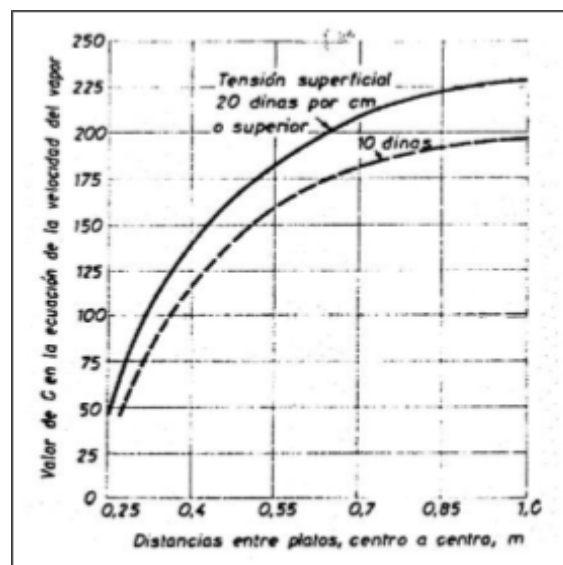


Figura 7.37 - Factor de capacidad

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

Para una **solución glicerina-agua en ebullición** a temperaturas elevadas, **es más razonable usar 20 dyn/cm** (20 mN/m) como valor representativo de tensión superficial que 10 dyn/cm.

- **10 dyn/cm** es muy bajo para una mezcla agua-glicerina en ebullición y llevaría a sobreestimar la capacidad hidráulica (subestimar el diámetro).



- **20 dyn/cm** es conservador y coherente con la caída de tensión superficial con la temperatura en mezclas con glicerina.

Bajo vacío, la densidad del vapor es muy baja, por lo que el volumen ocupado es muy grande; esto suele requerir diámetros mayores que en columnas atmosféricas.

Para calcular la p_v , que es desconocida se recurre a la siguiente ecuación:

$$p_v = \frac{M_i}{V_{\text{molar } i} \cdot (T_{\text{cabeza}} / 273 \text{ K})}$$

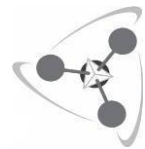
Determinación del diámetro en cabeza de la torre

Datos de cabeza de torre	
B	6,398 kmol/h
L	0,9 mol/s
V	2,29 mol/s = 0,041 kg/s
P	15 mmHg
T	161 °C
ρ_L	1100 kg·m ⁻³
ρ_v	0,505 kg·m ⁻³
C	175 m/h

Tabla 7.18 - Corrientes y propiedades, cabeza de torre

Fuente: Elaboración propia

Estimación práctica: la densidad del líquido (glicerina pura) a 161°C y presión de 15 mmHg puede tomarse preliminarmente como 1,10 g·cm⁻³ (≈1100 kg·m⁻³) con una incertidumbre conservadora de ±50 kg·m⁻³.



Densidad del vapor en cabeza:

$$p_v = \frac{M_i}{V_{molar\ i} * (T_{cabeza} / 273^{\circ}C)}$$

$$p_v = \frac{18\text{ kg/kmol}}{22,4\text{ m}^3/\text{kmol} * (434\text{ K} / 273\text{ K})}$$

$$p_v = 0,505\text{ kg} / \text{m}^3$$

Flujo másico superficial de vapor

$$G = C \sqrt{p_v (p_L - p_v)}$$

$$G = 175\text{ m/h} \sqrt{0,505\text{ kg} / \text{m}^3 (1100\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} - 0,505\text{ kg} / \text{m}^3)}$$

$$G = 4123,364\text{ kg} / \text{m}^2\text{ h} = 1,15\text{ kg} / \text{m}^2$$

Diámetro de cabeza

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{V}{G}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * G}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,041\text{ kg/s}}{\pi * 1,5\text{ kg} / \text{m}^2\text{ s}}}$$

$$D = 0,19\text{ m}$$

Determinación del diámetro en fondo de la torre

<i>Datos de fondo de torre</i>	
<i>D</i>	4,752 kmol/h
<i>L'</i>	3,47 mol/s
<i>V'</i>	2,17 mol/s = 0,2 kg/s
<i>P</i>	150 mmHg
<i>T</i>	215 °C
<i>pL</i>	1030 kg·m ⁻³
<i>p_v</i>	2,2976 kg / m ³
<i>C</i>	175 m/h

Tabla 7.19 - Corrientes y propiedades, fondo de torre

Fuente: Elaboración propia

Estimación práctica: la densidad del líquido (glicerina pura) a 215 °C y 150 mmHg de aproximadamente 1,03 g·cm⁻³ ($\approx 1030 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), con una incertidumbre conservadora $\pm 50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Flujo de vapor en el fondo (*V'*)

- $n_{\text{H}_2\text{O.v}} = 0,05 * 5,23 \approx 0,2615 \text{ kmol/h}$
- $n_{\text{gly.v}} = 5,23 - 0,5935 \text{ kmol/h} \approx 4,9685 \text{ kmol/h}$

Densidad del vapor en el fondo:



$$p_v = \frac{M i}{V_{molar\ i} * (T_{cabeza} / 273^{\circ}C)}$$

$$p_v = \frac{92\text{ kg/kmol}}{22,4\text{ m}^3/\text{kmol} * (488\text{ K} / 273\text{ K})}$$

$$p_v = 2,2976\text{ kg} / \text{m}^3$$

Flujo másico superficial de vapor

$$G = C \sqrt{p_v (p_L - p_v)}$$

$$G = 175\text{ m/h} \sqrt{2,2976\text{ kg} / \text{m}^3 (1030\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} - 2,2976\text{ kg} / \text{m}^3)}$$

$$G = 8503,8\text{ kg} / \text{m}^2\text{ h} = 2,36\text{ kg/m}^2\cdot\text{s}$$

Diámetro de fondo

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{V}{G}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * G}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,2\text{ kg/s}}{\pi * 2,36\text{ kg} / \text{m}^2\text{ s}}}$$

$$D = 0,33\text{ m}$$

Selección final de diámetro:



Se selecciona el diámetro de 0,33 m, siendo el mayor, al cual se le aplicará un factor operativo de seguridad del 25 % para evitar la inundación, por lo tanto el diámetro final requerido será: $D = 0,33 \text{ m} * 1,25$

$$D = 0,41 \text{ m}$$

Redondeando a **0,33–0,35 m** comercial.

Coincide con el diámetro obtenido a partir del simulador ChemSep, aplicando el factor de escala de 4,62 ($D=0,11*4,62=0,5 \text{ m}$)

II Determinación de la altura

La **altura total** de la columna depende de **cuántas etapas teóricas** son necesarias y de **cómo** se implementan (bandejas o packing).

Al tratarse de una columna de vacío se decidió optar por implementar **packing estructurado**, debido a que la eficiencia suele aumentar, ya que proporcionan alta transferencia de masa con mínima caída de presión.

La **altura total** con packing se calcula como:

- **Empaques estructurados** porque generan menor caída de presión.
- **HETP:** 0,6 m; es común para glicerina/agua.
- **Alturas auxiliares:** $H_{top} \approx 0.70 \text{ m}$; $H_{bottom} \approx 1 \text{ m}$.

Justificación para glicerina–agua:

- La **alta viscosidad** y posible ensuciamiento aumentan HETP respecto a agua pura; por eso usar **0,4–0,6 m** como punto de partida.



- **H_{Top} (0,6–0,9 m):** espacio para demister, separación vapor-líquido, tubuladuras y acceso de inspección; en vacío se necesita más espacio para evitar arrastre y permitir instalación de demister eficiente.
- **H_{Bottom} (0,8–1,5 m):** espacio para distribuidor de líquido, soporte de packing, entrada al reboiler y trampas; glicerina requiere acceso para limpieza y mantenimiento.

Motivo: en vacío se requiere espacio adicional para demister y para evitar arrastre; glicerina exige accesos para limpieza.

Altura de empaque

La altura de empaque se calcula mediante:

$$H \text{ empaque} = N * HETP$$

$$H \text{ empaque} = 29 \text{ platos} * 0,6 \text{ m}$$

$$H \text{ empaque} = 17 \text{ m}$$

Altura de total

La **altura total** con packing se calcula como:

$$H \text{ total} = N \text{ teóricas} * HETP + H \text{ top} + H \text{ bottom}$$

$$H \text{ total} = 17 \text{ m} + 0,70 \text{ m} + 1 \text{ m}$$

$$Altura = 18,7 \text{ m}$$

III Eficiencia de la torre de fraccionamiento

La **eficiencia de una columna de destilación al vacío** es una medida de qué tan cerca se encuentra el comportamiento real de la columna respecto al comportamiento ideal.



Indica qué tan efectivamente se produce la transferencia de masa entre las fases vapor y líquido para lograr la separación deseada.

En columnas con bandejas se expresa mediante eficiencias globales o de Murphree, mientras que en columnas empacadas se evalúa mediante parámetros como la **HETP**.

Eficiencia del empaque

Para columnas empacadas se evalúa la eficiencia mediante HETP o eficiencia global equivalente.

La glicerina presenta una viscosidad relativamente elevada, incluso a 165 °C, por lo que la eficiencia real depende mucho de la calidad de distribución del líquido.

Al adoptar:

$$\text{HETP} = 0,60 \text{ m}$$

se está considerando un empaque estructurado comercial trabajando con una eficiencia global aproximada de:

$$E \approx 85\%$$

valor ampliamente utilizado para sistemas agua-glicerina bajo vacío.

Conclusión:

Debido a la operación bajo vacío media de (82,5 mmHg abs) y a la necesidad de minimizar la caída de presión para evitar incrementos en la temperatura de ebullición de la glicerina, se seleccionó una ***columna empacada con empaque estructurado metálico***.

Para el sistema agua-glicerina se adoptó un HETP de 0,60 m y una eficiencia global estimada del 85 %. Considerando tres etapas teóricas requeridas para la separación, la altura de empaque resulta de 1,80 m.



Sumando las alturas auxiliares superior e inferior (0,70 m y 1,00 m, respectivamente), se obtiene una altura total de columna de aproximadamente 3,5 m.

Operadores de planta: Constituyen el personal directamente vinculado al proceso

Los empaques estructurados tipo Mellapak 250Y, MellapakPlus 252Y o Flexipac 2Y son adecuados para esta aplicación debido a su alta eficiencia de transferencia de masa y baja caída de presión en servicio al vacío.

La selección de material debe priorizar **acero inoxidable (p. ej. 316L)** para resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza, y el diseño debe incluir **distribuidor superior e inferior** y un **demister** dimensionado para minimizar arrastre.

IV Peso de la torre:

Para estimar el costo de adquisición de la torre se debe calcular su peso considerando el espesor de pared necesario para soportar la presión diferencial entre el interior y el exterior de la misma, ya que la torre trabaja bajo vacío.

Se considera una torre de acero inoxidable AISI 304 de 18,7 m de alto y 41 cm de diámetro.

Para calcular el espesor de pared se utilizará la ecuación aceptada por el código ASME en su octava sección.

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$

$$\Delta P = (760 \text{ mmHg} - 15 \text{ mmHg}) * 101.325 \text{ Pa}/760 \text{ mmHg} = 99.325,16 \text{ Pa}$$

La presión de diseño debe ser al menos un 10% superior, por lo que se opta por una presión de diseño de 120.000 Pa

$$t = \frac{0,12 \text{ MPa} * (0,041 \text{ m}/2)}{138 \text{ MPa} * 0,8 - 0,6 * 0,12} = 2,23E - 5 \text{ m} = 0,022 \text{ mm}$$



Es importante considerar un sobreespesor por corrosión y teniendo en cuenta las características de los fluidos que circulan por el interior de la torre, el material de la misma y la temperatura moderada de operación; un sobreespesor de 2 mm es un valor aceptable.

$$V = \left(\frac{\pi * Dex^2}{4} - \frac{\pi * Din^2}{4} \right) * H = 0,049 \text{ m}^3$$

$$w = \rho * V = 7.850 \text{ kg/m}^3 * 0,049 \text{ m}^3 = 384,65 \text{ kg} = 192,33 \text{ lb}$$

7.9.6. Costos

Las columnas de fraccionamiento al vacío se cotizan principalmente en función de sus dimensiones (diámetro y altura), los materiales de construcción, el tipo de internos utilizados (bandejas o empaques), las condiciones de operación y el nivel de vacío requerido.

En aplicaciones de destilación de glicerina, es habitual emplear empaques estructurados metálicos debido a su elevada eficiencia de transferencia de masa y su baja caída de presión.

Según la base de datos de costos de equipos industriales de Matches' Equipment Cost, una columna de fraccionamiento al vacío con características similares presentaba un costo de referencia de USD ---7.900----- (FOB) para el año 2014.

A continuación, se actualiza dicho valor con los índices de ingeniería CEPCI correspondientes

$$\text{Costo} = \text{USD} - -7.900 - - - - * (718/624,3) = \text{USD} - -9.085,7 - - - -$$

Sin embargo, debe considerarse el costo de los empaques, de las estructuras de soporte y distribución de flujo internas y de la instrumentación. Normalmente la torre en sí misma representa el 60% del costo total, por lo que podemos estimar el mismo en USD 15.142,83.



7.11. Adsorbedores

7.11.1. Fundamentos

Dado que la mezcla de agua y glicerina no forma azeótropos, las corrientes de salida de la torre de fraccionamiento son en esencia los componentes prácticamente puros.

Concretamente, la corriente de fondo de la torre contiene un porcentaje en moles en torno al 99% de glicerina. Sin embargo, dicha corriente todavía conserva trazas de agua, triglicéridos, jabón, sales y ácidos grasos, por lo que es importante remover estas impurezas. En caso contrario, la glicerina obtenida no cumpliría el estándar USP (no sería inodora e incolora)

Los procesos de separación en lechos fijos cada vez toman una mayor importancia en los procesos industriales, debido principalmente a su eficiencia en la eliminación de impurezas de corrientes gaseosas y líquidas.

Se trata de procesos simples y fáciles de controlar cuyos costos son competitivos frente a los procesos de separación clásicos de dos fases a contracorriente.

En este caso se plantea la utilización de carbón activado para purificar la corriente de glicerina que sale de la torre de fraccionamiento. Este material tiene características hidrofóbicas, lo cual le permite retener compuestos hidrocarbonados (mayor impureza presente)

7.11.2. Parámetros de diseño y generalidades

Para dimensionar un separador adecuado en concordancia con el caudal a tratar, la concentración de impurezas y la presión y la temperatura de dicha corriente se debe tener en cuenta la capacidad del sólido y la termodinámica de equilibrio, la cual se halla reflejada en las isothermas de adsorción.

Curvas de concentración y curvas de ruptura

A medida que la corriente de líquido fluye a través del lecho no saturado los adsorbatos, en este caso los compuestos que dan color y olor a la glicerina (triglicéridos, ácidos grasos, jabón y sales) son transferidos desde la fase líquida a la fase sólida dado que la concentración de equilibrio de adsorbatos en la fase líquida en contacto con el adsorbente a la temperatura de operación es menor que la presente en la corriente de alimentación. Al principio la zona de transferencia de masa se halla cerca de la entrada del lecho, pero a medida que el sólido se va saturando la zona de transferencia de masa se desplaza hacia la salida, como puede apreciarse en la siguiente imagen.

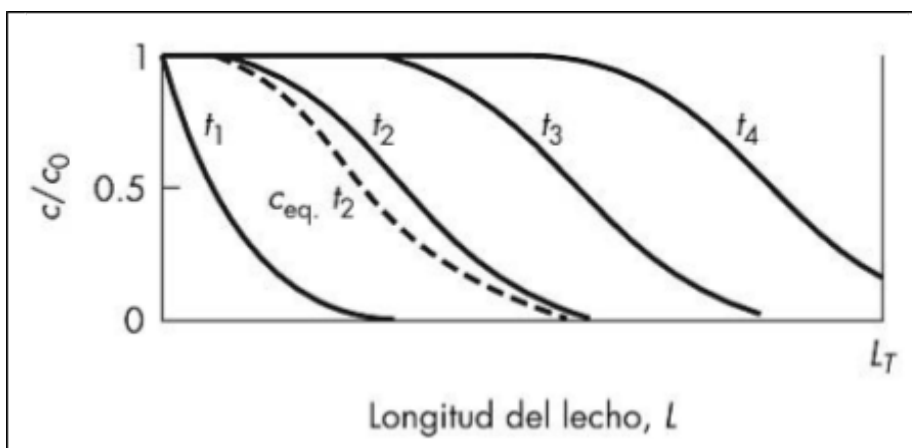


Figura 7.38 – Perfiles de concentración en adsorción

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

Por otro lado, si se mide la concentración relativa en la corriente de salida del lecho en función del tiempo se observa que en los últimos instantes del ciclo de adsorción la zona de transferencia de masa se ha desplazado hacia el final del lecho y en un momento

determinado la concentración relativa se dispara hasta un 50% de la concentración en la alimentación, para posteriormente aumentar lentamente hasta la unidad

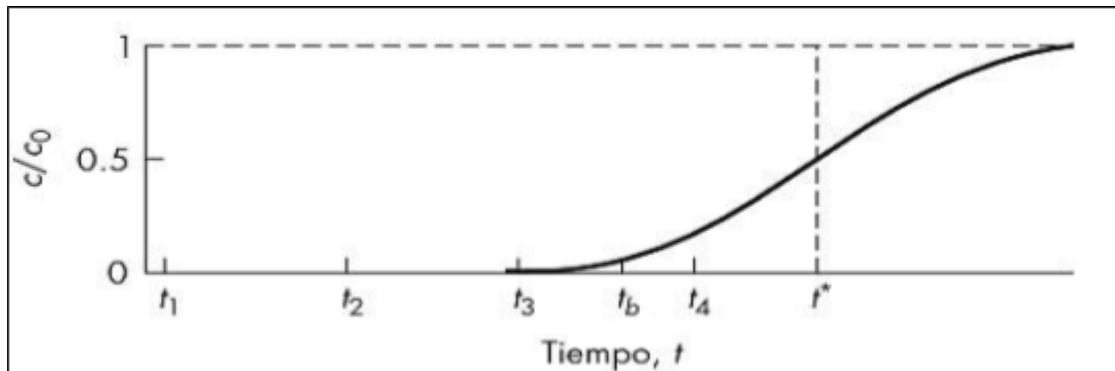


Figura 7.39 - Curvas de tiempo de ruptura

Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, McCabe - Smith - Harriot

El tiempo de ruptura es aquel en el que la concentración relativa alcanza el límite operativo preestablecido, normalmente entre un 5 y un 10% y es importante conocerlo porque en ese momento debe interrumpirse el flujo de alimentación o desviarse a otro lecho regenerado.

Con respecto al perfil de concentración en el lecho, siempre es deseable una curva estrecha, ya que esto indica que prácticamente todo el sólido se ha utilizado (adsorción eficiente)

La cantidad de sólido adsorbido es proporcional al área rectangular a la izquierda de la línea de trazos (tiempo en el que la concentración relativa es del 50%)

El tiempo de ruptura se puede calcular mediante un balance de masa simple, considerando que todo el soluto alimentado hasta el momento t^* está completamente absorbido.

$$F_A = C_{A0} * u_0 \text{ (flujo de adsorbato por unidad de área)}$$



$$C_{A0} * u_0 * t^* = L * \rho * (W_{sat} - W_0)$$

$$t^* = \frac{L * \rho * (W_{sat} - W_0)}{C_{A0} * u_0}$$

L (longitud del lecho)

ρ (densidad del lecho)

W_{sat} (moles o gramos de adsorbato por unidad de masa o moles de adsorbente saturado)

W_0 (moles o gramos de adsorbato por unidad de masa o moles de adsorbente regenerado)

Regenerar completamente el adsorbente es muy caro, por lo cual W_0 suele ser mayor a cero.

Para conocer el tiempo de ruptura es necesario conocer la fracción del lecho realmente utilizada, la cual suele calcularse a partir de experimentos a escala piloto utilizando la misma velocidad superficial de la fase fluida y el mismo tamaño de partículas sólidas.

A mayor longitud de lecho adsorbente mayor capacidad total y mayor fracción de lecho utilizada (regeneración menos frecuente y menos costosa) pero las pérdidas de carga suben. Sin embargo, la longitud de lecho no utilizada no varía con el tamaño del lecho, dado que las curvas de ruptura tienen siempre la misma anchura y la misma forma si las variables mencionadas son constantes entre experimentos. Esto permite utilizar la longitud de lecho equivalente no utilizada (LUB) como factor de escala de la siguiente manera:

$$f_{utilizada} = W_b / W_{sat}$$

Tanto W_b como W_{sat} se calculan por integración de curvas de concentración relativa vs tiempo a partir de experimentos a escala piloto. Para obtener la longitud equivalente no utilizada se multiplica

$$t_b = t * x (1 - LUB/L)$$



$$L_{utilizada} = L - L_{UB}$$

Al no disponer de curvas de ruptura experimentales es necesario recurrir a cálculos de transferencia de materia. En los procesos de adsorción existen dos resistencias; la de la película fluida y la de los poros de las partículas sólidas. Los coeficientes de transferencia de materia aumentan cuando se utilizan partículas pequeñas debido al aumento de la superficie específica y a la disminución de la superficie externa.

En el caso de la purificación de líquidos con carbón activado el carbón activado comercial más utilizado es el granulado (GAC) con diámetros de partícula de 0,2 a 5 mm (mallas 8x30) y lechos con una porosidad del 35 al 45%

Se aconseja el uso de velocidades superficiales de 0,3 cm/s para adsorción con fase fluida líquida, ya que los coeficientes de transferencia de masa son menores que en el caso de gases.

7.11.3. Dimensionamiento

I Longitud de lecho y tiempo de residencia

Se desea purificar una corriente de 4,18 kmol/h (384,19 kg/h), la cual tiene una densidad de 1.230 kg/m³ y una viscosidad dinámica de 30 cP. Se dimensionará el lecho considerando una concentración de impurezas del 1% en peso:

$$C_0 = \frac{0,01 \cdot 384,19 \text{ kg/h}}{384,19 \text{ kg/m}^3 : 1230 \text{ kg/m}^3} = 12,3 \text{ kg/m}^3 = 0,0123 \text{ g/cm}^3$$

$$Q = \frac{384,19 \text{ kg/h}}{1230 \text{ kg/m}^3} = 0,31 \text{ m}^3/\text{h} = 8,68E-5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando una velocidad superficial de 0,3 cm/s (10,8 m/h):

$$S = Q/v = \frac{(8,68E-5 \text{ m}^3/\text{s})}{0,003 \text{ m/s}} = 0,029 \text{ m}^2$$



$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 0,2 \text{ m}$$

Con respecto la altura del lecho, el rango recomendado es de 1 a 3m; si el lecho es muy corto las caídas de presión son pequeñas pero la fracción de lecho utilizado es menor y se necesitan regeneraciones más frecuentes y si la cinética de adsorción es lenta (coeficientes difusivos desfavorables), no se logra una separación.

Por otro lado, si el lecho es muy largo las caídas de presión son considerables pero la regeneración es menos frecuente y el tiempo de residencia es mayor.

Se selecciona una altura de lecho de 2 m, cuyo tiempo de residencia se puede calcular de la siguiente manera:

$$t = \frac{2 \text{ m}}{10,8 \text{ m/h}} = 0,185 \text{ h} = 11 \text{ minutos}$$

Para calcular las pérdidas de carga se puede utilizar la ecuación de Ergun, la cual considera las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas.

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 * \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} * \frac{\mu^* v_s}{dp^2} + 1.75 * \frac{(1-\epsilon)}{\epsilon^3} * \frac{\rho^* v_s^2}{dp}$$

Porosidad del lecho (ϵ)

Diámetro de partícula (d_p)

Viscosidad dinámica (μ)

Densidad (ρ)

Velocidad superficial (v_s)

Se considera un diámetro medio de partícula de 2 mm y una porosidad del 40%



$$\frac{\Delta P}{L} = 150 * \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} * \frac{\mu^* v s}{dp^2} + 1.75 * \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3} * \frac{\rho^* v s^2}{dp} = 18.960 + 0,09 = 19.000 \text{ Pa/m}$$

Dado que la velocidad es baja predomina el flujo laminar de la glicerina, la cual es muy viscosa.

II Tiempo de ruptura y longitud equivalente no utilizada

Como ya se mencionó anteriormente, al no contar con datos experimentales sobre la capacidad de adsorción del carbón activado para compuestos hidrocarbonados en fase líquida es necesario estimar el tiempo de ruptura mediante ecuaciones de difusión considerando que la isoterma de adsorción es favorable.

Definimos el tiempo de ruptura como aquel en el que la concentración de soluto en la corriente de salida es el 5% de la concentración en la alimentación.

$$tb = \frac{N0 * L}{C0 * v} - \frac{1}{k * C0} * \ln\left(\frac{C0}{Cb} - 1\right)$$

tb: tiempo de ruptura (s)

N0: capacidad de adsorción por volumen de lecho (mg/cm³)

L: altura del lecho (cm)

C0: concentración de entrada (mg/L) Cb: concentración de ruptura (mg/L) v: velocidad intersticial (cm/s)

k: constante cinética (L/(mg·s))

tb

$$LUB = L * (1 - \frac{tb}{ts})$$

LUB: longitud no utilizada equivalente (m) L: altura del lecho (m) tb: tiempo de ruptura

(h) ts: tiempo de saturación (h); típicamente 8 horas para purificación de glicerina

A continuación, se estima el tiempo de ruptura para diversas combinaciones de capacidad y cinética.

Tabla Comparativa BDST – Columna de 2 m (Glicerina a 65°C, C ₀ = 12,200 mg/L, C _s = 610 mg/L)			
Capacidad de adsorción N ₀ (kg/m ³)	Constante cinética k (L/mg·s)	Tiempo de ruptura t ₆ (estimado)	Longitud no utilizada equivalente (LUB, m)
50	1 × 10 ⁻⁵	Ruptura inmediata (< 1 min)	≈ 2,0
50	1 × 10 ⁻⁵	10–15 min	≈ 1,9
50	1 × 10 ⁻⁷	1–2 h	≈ 1,5
100	1 × 10 ⁻⁵	Ruptura inmediata (< 1 min)	≈ 2,0
100	1 × 10 ⁻⁶	30–40 min	≈ 1,7
100	1 × 10 ⁻⁷	2–3 h	≈ 1,2
150	1 × 10 ⁻⁵	Ruptura inmediata (< 1 min)	≈ 2,0
150	1 × 10 ⁻⁶	≈ 1 h	≈ 1,5
150	1 × 10 ⁻⁷	2–3 h	≈ 1,2
150	1 × 10 ⁻⁵	Ruptura inmediata (< 1 min)	≈ 2,0
150	1 × 10 ⁻⁶	≈ 1 h	≈ 1,5
150	1 × 10 ⁻⁷	3–4 h	≈ 1,0

Tabla 7.20 - Capacidad, tiempo de ruptura y longitud de lecho no utilizada

Fuente: Elaboración propia

Considerando la viscosidad de la glicerina, es probable que la cinética este en el orden de 1E-6 L/mg*s, lo cual supone un tiempo de ruptura de alrededor de los 40 minutos, con



una longitud no utilizada equivalente de 1,7 m, lo cual indica una zona de transferencia de masa ancha.

Se opta por 2 (dos) adsorbedores gemelos.

III Regeneración

Para evitar el daño estructural del lecho se puede utilizar un flujo inverso de nitrógeno para desorber las impurezas al cabo del tiempo de ruptura (inverso con respecto al sentido de flujo durante el ciclo de adsorción)

El consumo de este gas suele variar de 1 a 3 Nm³/min*m² y se utiliza una presión de 3 kg/cm² y una temperatura de 120°C o más.

Se considera que dicho gas se comporta como un gas ideal y que el compresor lo aspira a 25°C y 1 atm.

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} \text{ (densidad)}$$

$$\rho = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 0,028 \text{ kg/mol}}{8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \cdot 298 \text{ K}} = 1,15 \text{ kg/m}^3$$

$$Q (1 \text{ kg/cm}^2, 0^\circ \text{C}) = 2 \text{ Nm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min} \cdot 0,029 \text{ m}^2 = 0,058 \text{ Nm}^3/\text{min} \text{ (caudal)}$$

El consumo por tonelada de glicerina USP es:

$$\text{Consumo} = \frac{0,058 \text{ Nm}^3/\text{min} \cdot 60}{0,38304 \text{ tn/h}} = 9,09 \text{ Nm}^3/\text{tn}$$

El consumo de nitrógeno semanal sería de 584 Nm³, lo cual representa una considerable cantidad de cilindros.

$$N (\text{cilindros de } 10 \text{ m}^3) = 59 \text{ cilindros /semana}$$

$$N (\text{cilindros de } 6 \text{ m}^3) = 98 \text{ cilindros/semana}$$

Para bajar los costos unitarios de nitrógeno podría optarse por contratos de suministro criogénico con empresas como Linde o Air Liquide.

COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE SUMINISTRO DE NITRÓGENO						
Consumo requerido: 584 Nm ³ /semana						
SISTEMA DE SUMINISTRO	VOLUMEN INTERNO	CAPACIDAD EFECTIVA (DE N ₂)	RECARGAS REQUERIDAS (584 Nm ³ /SEMANA)	COSTO PROMEDIO POR RECARGA (ARS)	COSTO POR Nm ³ (ARS/Nm ³)	COSTO SEMANAL (ARS)
CILINDRO DE 6 m ³ 	30 L	6 Nm ³	98 recargas (= 14 recargas/día)	\$ 52.000	\$ 8.670	\$ 5.096.000
CILINDRO DE 10 m ³ 	50 L	10 Nm ³	59 recargas (= 8 recargas/día)	\$ 75.000	\$ 7.500	\$ 4.425.000
SUMINISTRO CRIOGÉNICO (TANQUE 3.000 L) 	3.000 L LN ₂	2.080 Nm ³ (gaseosos)	0,28 cargas/semana (1 carga cada = 3,6 semanas)	\$ 2.500.000 por carga	\$ 1.200	\$ 700.800

COMPARACIÓN ECONÓMICA		
SISTEMA	COSTO SEMANAL (ARS)	COSTO RELATIVO
Cilindros de 6 m ³	\$ 5.096.000	100 %
Cilindros de 10 m ³	\$ 4.425.000	87 %
Suministro criogénico (tanque 3.000 L)	\$ 700.800	14 %

NOTAS Y SUPUESTOS	
- Presión de carga de cilindros: 200 bar. - Capacidades efectivas expresadas en Nm³ de nitrógeno gaseoso (0 °C y 1 atm). - En el caso del tanque criogénico, 1 m³ de N₂ líquido = 694 Nm³ gaseosos. - Costos promedio de mercado en Argentina (mayo 2025). - Valores orientativos, pueden variar según proveedor, ubicación y condiciones de contrato.	

Nota: Los valores presentados son estimativos y deben validarse con proveedores específicos para cotizaciones reales.

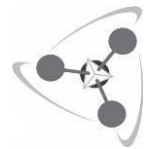
Tabla 7.21 - Capacidad, costo de adquisición y costo de recarga de nitrógeno

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{P1 \cdot Q1}{T1} = \frac{P2 \cdot Q2}{T2}$$

$$Q2 (3 \text{ kg/cm}^2, 120^\circ\text{C}) = 0,025 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$m = 0,025 \text{ m}^3/\text{min} * 1,15 \text{ kg/m}^3 = 0,029 \text{ kg/min} = 4,89 \text{ E} - 4 \text{ kg/s}$$



La potencia de compresión necesaria puede calcularse a partir del trabajo isoentrópico de la forma siguiente:

$$w = \frac{k}{k-1} * R * T * \ln (P2/P1) = 339.172,37 \text{ J/kg}$$

$$P = w * m : 735 = 0,23 \text{ HP}$$

Para compensar las irreversibilidades del ciclo termodinámico y las pérdidas por fricción puede optarse por una potencia nominal de 1,5 HP.

k: coeficiente politrópico del gas

IV Peso de los recipientes vacíos

Se trata de recipientes sometidos a presión, concretamente a una presión de operación máxima de 3 kg/cm². Según el código ASME la presión de diseño debe ser al menos un 10% superior a la máxima presión de operación. Se elige una presión de diseño de 4 kg/cm².

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$

$$t = \frac{0,4053 \text{ MPa} * (0,24 \text{ m}/2)}{138 \text{ MPa} * 0,8 - 0,6 * 0,4053} = 4,42 \text{ E} - 4 \text{ m} = 0,44 \text{ mm}$$

Es importante considerar un sobreepesor por corrosión y teniendo en cuenta las características de los fluidos que circulan por el interior de la torre, el material de la misma y la temperatura moderada de operación; un sobreepesor de 2 mm es un valor aceptable.

$$V = \left(\frac{\pi * D_{ex}^2}{4} - \frac{\pi * D_{in}^2}{4} \right) * H * 1,12 = 4,17 \text{ E} - 3 \text{ m}^3$$

$$w = \rho * V = 7.850 \text{ kg/m}^3 * 0,00417 \text{ m}^3 = 32,72 \text{ kg} = 72 \text{ lb}$$



7.11.4. Precalentador de Nitrógeno

Se dimensiona un precalentador eléctrico para el nitrógeno en base a la potencia necesaria, considerando que debe precalentarse 0,00183 kg/s de nitrógeno desde 25°C hasta 120 °C.

$$Q = m * Cp * (tf - ti) = 38 \text{ W} = 0,051 \text{ HP}$$

7.11.5. Costos

Los costos de adquisición de los equipos de adsorción pueden estimarse en base al peso de los recipientes y considerando un costo adicional por el material adsorbente. Normalmente el recipiente en sí representa un 60% del costo total y el material adsorbente un 20%, siendo el 20% restante instrumentación válvulas.

Según la base de datos de costos de equipos industriales de Matches' Equipment Cost, un recipiente de características similares presentaba un costo de referencia de USD ---6.300----- (FOB) para el año 2014.

Si tal valor es el 60% del costo total entonces el costo total es de USD 10.500.

A continuación, se actualiza dicho valor con los índices de ingeniería CEPCI correspondientes

$$\text{Costo} = 2 * \text{USD} - -10.500 - - * (718/624,3) = \text{USD} - -24.151,85 - -$$

Además, se sabe que un compresor centrífugo de 125 PSI y 125 HP presentaba un costo de referencia de USD 77.300. Este valor debe ajustarse con factores de escala, ya que el compresor requerido es de 44 PSI y 1,5 HP.

$$\text{Costo} = \text{USD } 77.300 * 2 * (44/125)^{0,7} * (718/624,3) = \text{USD } 85.609,2 -$$

7.12. Caldera

7.12.1. Fundamentos

En todo proceso químico industrial se requieren cantidades considerables de vapor de agua y el proyecto evaluado no es la excepción. En este caso, se requiere vapor de agua saturado a alta presión como corriente de proceso y también vapor a baja presión como corriente de servicio.

7.12.2. Consumos

A continuación, se realiza una lista de todos los equipos que requieren vapor, ya sea como corriente de proceso o servicio y se detalla la cantidad y la presión. De esta forma, el dimensionamiento de la caldera resulta más sistemático.

Equipo	Consumo (kg/h)	Presión (kg/cm ²)	Balance
Tanques de sebo	600	1	Energía
Torre de hidrólisis	323,72	50	Masa
Torre de fraccionamiento (hervidor)	188,57	1	Energía
Evaporadores	2.903,2	1,5	Energía
Torre de secado	2,755.22	1	Energía
TOTAL	6.770,71	-----	-----

Tabla 7.21 - Dimensionamiento de caldera

Fuente: Elaboración propia

Se requiere una caldera que pueda producir al menos 6,77 toneladas de vapor por hora a una presión 50 kg/cm². Se suele recurrir a un sobredimensionamiento de un 10% con



respecto a la capacidad de la caldera, para dejar un margen de compensación de pérdidas y cambios en el nivel de producción. De esta forma, la capacidad de la caldera sería de 7.447,78 kg/h (14.895,52 lb/h)

Se opta por una **caldera acuotubular**, ya que la construcción de calderas humotubulares de gran capacidad y presiones mayores a 30 bar es muy costosa y normalmente solo se consiguen en el exterior a pedido.

7.12.3. Costo

Según la base de datos de costos de equipos industriales de Matches' Equipment Cost, una caldera con una presión operativa de 600 PSI capaz de producir 14.895,52 lb/h de vapor saturado presentaba un costo de referencia de USD ---802.300----- (FOB) para el año 2014.

Sin embargo, la caldera dimensionada opera a 711,17 PSI, no a 600.

A continuación, se actualiza dicho valor con los índices de ingeniería CEPCI y el factor de escala correspondiente

$$\text{Costo} = \text{USD } 802.300 * (718/624,3) * \left(\frac{711,17}{600}\right)^{0,7} = \text{USD } 1.039.305,98$$

7.13. Línea de Acondicionamiento y Terminado de Jabón

7.13.1. Fundamentos

Una vez que el jabón crudo ha sido secado se necesita regular su PH y añadirle colorantes y aromatizantes. Además, la pasta debe extruirse para formar una barra de sección transversal constante y longitud indefinida, la cual es cortada en intervalos regulares para dar barras de 100 g cada una. Por último, las barras son empaquetadas en paquetes de tres unidades cada una y son paletizadas para su comercialización.

Todas las máquinas responsables de llevar a cabo dichas tareas constituyen la línea de acondicionamiento de jabón.



Existen compañías tales como Mazzoni LB, Binacchi & Co, SAS Soap Machines e IMJ Soap Machinery, las cuales ofrecen líneas completas de acondicionamiento y terminado.

En los apartados siguientes se mencionan las características más importantes de cada equipo.

7.13.2. Extrusora

Posiblemente se trata de uno de los equipos más eficientes y versátiles que hay en la industria cuando se trata de darle una forma específica a un producto determinado.

En este caso se requiere un equipo capaz de procesar más de 5 tn/h de jabón, lo cual constituye una capacidad elevada. Para operaciones de semejante escala normalmente se utilizan extrusoras duplex o triples, las cuales son 2 y 3 extrusoras simples en paralelo, respectivamente.

Los extrusores simplex solo permiten alcanzar una capacidad de 2.000 kg/h, mientras que las dúplex llegan a una capacidad de 2.000 a 6.000 kg/h y las triplex hasta más de 7.000.

El tamaño de los tornillos depende de la presión de extrusión y del caudal extruido, pero normalmente en este tipo de proceso es de 40 cm de diámetro externo

Se opta por una extrusora triplex con capacidad de 6500 kg/h, ya que si se eligiera una extrusora duplex con una capacidad de 600 kg/h la máquina estaría trabajando muy cerca del límite en operación normal, desarrollando temperaturas excesivas y desgaste prematuro.

Este tipo de equipo cuenta con una cámara conectada a una bomba de vacío, lo cual es fundamental, ya que el producto no debe tener burbujas de aire.

Parámetro	Valor Típico	Costo Aproximado (USD)
Capacidad	6.500 kg/h	110.000 – 130.000
Tipo	Triplex al vacío	105.000 – 125.000
Tornillo	380 – 420 mm	Incluido en precio
Potencia Motor Principal	250 – 300 kW	25.000 – 35.000
Potencia Auxiliares	40 – 50 kW	7.000 – 10.000
Sistema de Vacío	Bomba 25 – 40 kW	5.000 – 8.000
Consumo Eléctrico Específico	40 – 45 kWh/t	0,045 – 0,055 USD/kg
Costo Total Instalado	270 – 350 kW	120.000 – 140.000

Tabla 7.23 – Dimensionamiento de extrusora

Fuente: Elaboración propia

7.13.3. Tanque Mezclador

El objetivo de este equipo es lograr una mezcla íntima entre la pasta de jabón, el regulador de PH, los colorantes y los aromatizantes antes de la etapa de extrusión.

El dimensionamiento se realiza en base al tiempo de mezcla y al caudal a mezclar y considerando que el caudal a manejar y el tiempo de mezclado necesario son similares al reactor CSTR, se puede utilizar el volumen de este equipo como referencia. La diferencia es que se suele utilizar un agitador de hélice de doble eje con giro opuesto, la cual demanda mayor potencia.

Parámetro	Valor Típico
Capacidad Útil	2 m ³ (≈ 2.100 L)
Caudal Nominal	6.000 – 6.500 kg/h
Tiempo de Residencia	15 – 20 min
Tipo de Agitación	Doble eje contrarrotante con paletas helicoidales
Material de Construcción	Acero Inoxidable AISI 304 / 316
Sistema de Calefacción	Camisa con vapor saturado (40 – 60 °C)
Velocidad de Rotación	20 – 40 rpm
Potencia Instalada	20 – 30 kW
Control	PLC con Variador de Frecuencia
Costo Estimado	USD 30.000 – 40.000

Tabla 7.24 - Dimensionamiento de aglomerador

Fuente: Elaboración propia

7.13.4. Cortadora-Estampadora

Para procesar más de 6000 kg/h se utilizan máquinas que integran la unidad de corte y la unidad de estampado en una sola línea, ya que se necesita un grado elevado de automatización con respecto a la sincronización con la extrusora.

Tabla Técnica: Cortadora Rotativa Automática 6.500 kg/h	
Parámetro	Valor Típico
Tipo	Rotativa automática sincronizada con extrusora
Capacidad Nominal	6.500 kg/h
Velocidad de Corte	250 – 350 cortes/min
Longitud de Barra	70 – 100 mm ajustable
Precisión de Corte	± 1 mm
Sistema de Accionamiento	Servo Motor con Encoder Sincronizado
Material de Construcción	Acero Inoxidable AISI 304
Potencia Instalada	15 – 25 KW
Control	PLC con Pantalla Táctil
Costo Estimado	USD 35.000 – 45.000

Tabla 7.25 - Dimensionamiento de máquina cortadora-estampadora

Fuente: Elaboración propia

7.13.5. Costos

Teniendo en cuenta que los costos mencionados son FOB, el costo de adquisición de la línea completa de acondicionamiento y terminado es de USD 205.000.

7.14. Resinas de intercambio iónico y filtro de membrana

7.14.1. Introducción

Durante el proceso de evaporación se efectúa la eliminación del exceso de agua de la glicerina cruda, junto con la mayor parte de las impurezas orgánicas volátiles. Posteriormente se efectúa una mayor separación de agua bajo vacío en el proceso de destilación al vacío, para no degradar el producto principal.

A su vez, las impurezas orgánicas pesadas como los ésteres de los ácidos grasos y los ácidos grasos libres son retenidas en los adsorbedores de carbón activado, los cuales



también retienen metales pesados. Las únicas impurezas restantes luego de todos los procesos mencionados son las sales inorgánicas, cuyos iones son Cl^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Fe^{3+} y SO_4^{2-} , sólidos suspendidos y microorganismos, aunque cabe destacar que se trata de trazas.

Para eliminar tales impurezas se puede recurrir a un tándem de resinas de intercambio iónico en serie y un microfiltro de membrana. Es importante destacar también que la mayoría de los microorganismos no son capaces de sobrevivir a los cambios de presión y temperatura propios del proceso diseñado ni son capaces de proliferar debido a la viscosidad de la glicerina pura.

Los microorganismos más allá del umbral aceptable pueden ser retenidos mediante un filtro de membrana de 0,2 m como etapa final del proceso, habiendo retirado los nutrientes de los microorganismos en las etapas anteriores.

7.14.2 Dimensionamiento de resinas de intercambio

Dado que no es posible saber exactamente qué cantidad de sales ha de removerse se elegirá una velocidad espacial de diseño considerando la elevada viscosidad de la glicerina. Se opta por una velocidad espacial de 1,5 BV/h (1,5 volúmenes de lecho por hora)

$$Q = m/\rho = \frac{383,04 \text{ kg/h}}{1.260 \text{ kg/m}^3} = 0,304 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Vr = \frac{Q}{\tau} = \frac{0,304 \text{ m}^3/\text{h}}{1,5/\text{h}} = 0,203 \text{ m}^3$$

Se elige una relación altura-diámetro de 1,25 y teniendo en cuenta que el volumen ocupado por las resinas representa un 70% del total:

$$V = \frac{Vr}{0,7} = \frac{0,304 \text{ m}^3/\text{h}}{1,5/\text{h}} = 0,29 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt[3]{4 * \frac{V}{\pi * 1,25}} = 0,29 \text{ m}$$



$$D = \sqrt[3]{4 * \frac{V}{\pi * 1,25}} = 0,3 \text{ m}$$

Se opta por dos intercambiadores de resinas de acero inoxidable 304 de 30 cm de diámetro y 37,5 cm de alto; uno con 203 L de resinas catiónicas fuertes y otro de iguales dimensiones con resinas aniónicas fuertes. Dado que ambos operan a presiones moderadas se puede estimar el peso de los recipientes en 9 kg (3 mm de espesor de pared)

7.14.3. Dimensionamiento de filtros de membrana

Se estima de forma somera la cantidad de cartuchos de filtros de membrana de 0,2 micras de abertura de poros necesarios para tratar el caudal de glicerina especificado.

Para evitar la colmatación prematura se utilizan muchos cartuchos en paralelo dentro de un mismo recipiente. En el interior del mismo el caudal es dividido y la velocidad superficial en cada rama disminuye.

El dimensionamiento se realiza en base a un flujo superficial típico, el cual se encuentra en torno a los 50 L/m²-h en el caso de líquidos viscosos como la glicerina.

Para un caudal de 304 L/h:

$$S = Q/J = \frac{304 \text{ L/h}}{50 \text{ L/m}^2\text{-h}} = 6,08 \text{ m}^2$$

S - superficie total de filtración

Q - caudal de glicerina

J - flujo superficial

Utilizando cartuchos de 10" de longitud con una superficie filtrante de 0,5 m² cada uno se requerirían 12 cartuchos.



Para este tipo de equipos los fabricantes suelen especificar una pérdida de carga de 0,1 a 0,3 bar para 100 L/h agua como fluido de referencia y teniendo en cuenta la viscosidad de la glicerina y el mayor caudal tratado las pérdidas de carga podrían ser de 0,6 bar con el filtro limpio llegando en torno a los 2 bar antes del recambio de filtros.

7.14.4. Costos de adquisición

Teniendo en cuenta el peso de los intercambiadores de resinas, el recipiente vacío de acero AISI 304 costaba USD 4.700 a un nivel de precios del año 2014.

Además, ha de considerarse el costo de la carga inicial de resinas, del sistema de regeneración y de la instrumentación requerida.

A continuación, se actualiza dicho valor con los índices de ingeniería CEPCI y se escala la cifra considerando el porcentaje que representa cada recipiente vacío sobre el costo total.

$$\text{Costo} = 2 * \frac{\text{USD } 4.700 * (718/624,3)}{0,60} = \text{USD } 18.018,05$$

El factor de 0,60 considera que el recipiente vacío es solo el 60% del costo de adquisición del intercambiador.

Por otro lado, el costo del equipo de filtración se estima teniendo en cuenta la superficie de filtración necesaria.

Un equipo de 6,08 metros cuadrados (65,44 pies cuadrados) con housing de acero AISI 304 costaba USD 18.500 en el año 2014.

A continuación, se actualiza dicho valor con los índices de ingeniería CEPCI.

$$\text{Costo} = \text{USD } 18.500 * (718/624,3) = \text{USD } 21.276,63$$



7.15. Línea de llenado de glicerina USP

7.15.1. Dimensionamiento

Como último paso previo a la comercialización de glicerina grado USP deben llenarse tambores de 200 L cada uno con el producto terminado.

La cantidad de glicerina que debe manipularse por hora es de 383,04 kg/h; el producto debe dosificarse de forma precisa y el estándar USP requiere que las boquillas de llenado sean sanitarias.

$$Q \text{ (L/h)} = m/\rho = \frac{383,04 \text{ kg/h}}{1260 \text{ kg/m}^3} * 1000 = 304 \text{ L/h}$$

Teniendo en cuenta que cada tambor tiene una capacidad de 200L:

$$N = \frac{304 \text{ L/h}}{200 \text{ L/tambor}} = 1,52 \text{ tambores/hora}$$

Para tal capacidad es recomendable un sistema de una boquilla sanitaria y control de peso por balanza electrónica.

Parámetro	Valor Típico / Descripción
Tipo de Sistema	Semiautomático con Boquilla Sanitaria y Control por Peso
Capacidad Nominal	1 – 2 tambores/h
Precisión de Llenado	$\pm 0,1 \%$ ($\approx 0,25$ kg)
Material de Construcción	Acero Inoxidable AISI 316 en contacto con Producto
Sistema de Seguridad	Puesta a Tierra, Inertización con Nitrógeno, Válvula de Sobrepresión
Control	Balanza Electrónica + PLC Básico
Costo Estimado	USD 9.000 – 12.000 FOB

Tabla 7.26 - Dimensionamiento de máquina dosificadora de glicerina USP

Fuente: Elaboración propia

7.15.2. Costos

Un equipo de las características requeridas puede adquirirse por un costo FOB en el rango de USD 9.000 a 12.000.

7.16. Diagramas P&ID

7.16.1. Diagrama P&ID - planta de jabones de tocador

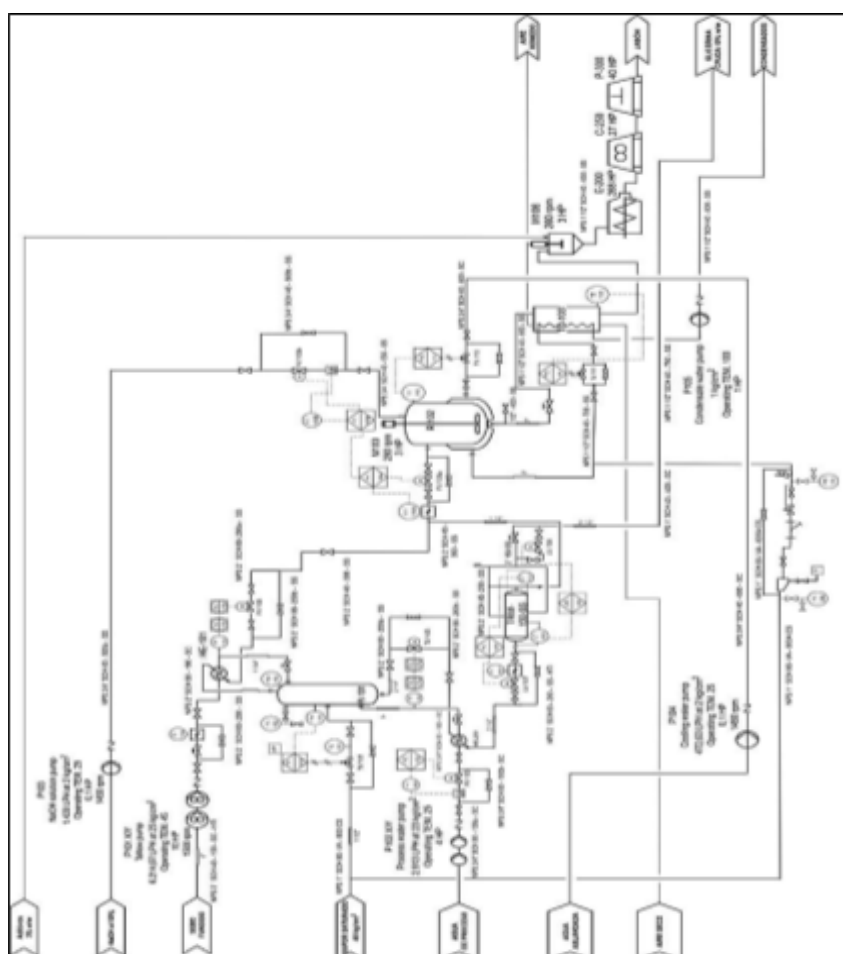


Figura 7.40: Diagrama P&ID planta de jabón

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO VIII: DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS

8.1 Introducción

La estimación de la inversión inicial requerida para ambas plantas (producción de jabón y concentración de glicerina) debe realizarse teniendo en cuenta los costos de adquisición de los equipos, la instrumentación necesaria para los mismos, los costos de adquisición e instalación de las tuberías, el costo de construcción de los edificios y demás obras físicas.

Sin embargo, otro costo muy importante a tener en cuenta antes de todos los mencionados es el costo de adquisición de un terreno a la altura de los requerimientos (con las dimensiones necesarias y con todos los servicios básicos)

Para determinar el costo del terreno primero se debe estimar la superficie cubierta por ambas plantas. Para ello se utilizan las dimensiones especificadas para los equipos en el capítulo anterior y se estima un espacio para servicios y para la parte administrativa del proyecto, entre otras consideraciones.

Concretamente se consideran espacios para:

- Equipos de batería principal de ambas plantas
- Espacios de circulación
- Equipos secundarios tales como intercambiadores de calor de la torre de fraccionamiento de glicerina y el condensador de los adsorbedores.
- Almacenamiento de insumos y productos terminados
- Personal de administración



- Personal de mantenimiento
- Planta de tratamiento de agua de pozo
- Tanque de almacenamiento de agua tratada
- Almacenamiento de cilindros de nitrógeno y equipos de compresión
- Planta de tratamiento de efluentes

8.2. Layout de Planta

8.2.1. Listado de Equipos Layout de Planta y Balance de Obras Físicas

A continuación, se detallan las dimensiones de los equipos de batería principal de las plantas de producción consideradas y se calcula la superficie cubierta en cada caso. Una vez que se conoce la superficie total cubierta por los equipos se puede realizar el balance de obras físicas para determinar la superficie necesaria para construir ambas plantas.

Posteriormente se consideran los edificios y los servicios auxiliares, entre otras cosas. La importancia de determinar la extensión superficial de los edificios subyace fundamentalmente en su necesidad para el cálculo de depreciaciones, ya que el método factorial de Lang ya contempla la inversión en capital fijo.

<i>Equipos</i>	<i>Dimensiones Unitarias (m)</i>	<i>Superficie Unitaria (m²)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Superficie Total (m²)</i>
<i>Planta de Jabón</i>				
<i>Tanque de sebo</i>	<i>4,12</i>	<i>13,33</i>	<i>3</i>	<i>40</i>
<i>Reactor de Hidrólisis</i>	<i>2,21</i>	<i>3,84</i>	<i>1</i>	<i>3,84</i>
<i>Reactor CSTR</i>	<i>1,39</i>	<i>1,52</i>	<i>1</i>	<i>1,52</i>
<i>Decantador gravitacional</i>	<i>6,46 x 1,18</i>	<i>7,62</i>	<i>1</i>	<i>7,62</i>
<i>Intercambiadores de sebo</i>	<i>0,39 x 10</i>	<i>3,9</i>	<i>5</i>	<i>19,5</i>
<i>Intercambiadores de fondo</i>	<i>0,2 x 6</i>	<i>1,2</i>	<i>2</i>	<i>2,4</i>
<i>Torre de Secado</i>	<i>6</i>	<i>28,27</i>	<i>1</i>	<i>28,27</i>
<i>Línea de acondicionamiento de jabón</i>	<i>16 x 10</i>	<i>160</i>	<i>1</i>	<i>160</i>
<i>TOTAL</i>				<i>263,15</i>

Tabla 8.1 - Equipos y superficie cubierta de planta de jabón

Fuente: Elaboración propia

<i>Equipos</i>	<i>Dimensiones Unitarias (m)</i>	<i>Superficie Unitaria (m²)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Superficie Total (m²)</i>
<i>Planta de Glicerina</i>				
<i>Calandria de evaporación atmosférica</i>	0,4	0,13	1	0,13
<i>Calandria de evaporación de alto vacío</i>	0,54	0,23	1	0,23
<i>1°Separador</i>	2	3,14	1	3,14
<i>2°Separador</i>	1,4	1,54	1	1,54
<i>Condensador de contacto</i>	0,24	0,045	1	0,045
<i>Torre de Fraccionamiento</i>	6 x 6	36	1	36
<i>Adsorbedores</i>	2x2	4	Unidad completa	4
<i>Línea de llenado de tambores de glicerina</i>	16 x 10	160	1	160
<i>TOTAL</i>				<i>205,09</i>

Tabla 8.2 - Equipos y superficie cubierta de plata de glicerina

Fuente: Elaboración propia



En la tabla superior se pueden observar los equipos principales del proyecto y la superficie que ocupan. Cabe destacar que por razones de su considerable altura la disposición física de los tanques de sebo, la torre de secado y la torre de enfriamiento se considera al aire libre.

Con respecto a la caldera, los cilindros de nitrógeno y el compresor centrífugo, se destinan edificios exclusivos para los mismos por razones operativas, normativas y de seguridad.

Para el cálculo de la superficie total de las plantas solo se consideran aquellos equipos que serían instalados bajo techo y se considera que los equipos principales solo representan el 20% de la superficie total, ya que es necesario considerar un espacio adicional para bombas, espacios de circulación, tuberías, baños, oficinas, etc.

Almacenamiento de insumos y productos terminados: 40 x 32 m

Planta de tratamiento de agua de pozo: 20 x 10

Departamento de mantenimiento: 10 x 8

Edificio administrativo: 20 x 16

Sala de caldera: 10 x 10

Acondicionamiento de nitrógeno: 10 x 6

Balance de Obras Físicas			
Edificio	Superficie (m²)	Costo Unitario (USD/m²)	Costo Total (USD)
<i>Planta de producción de jabón</i>	15,75	1500	1.973.625
<i>Planta de producción de glicerina</i>	1025,45	1500	1.538.175
<i>Almacenamiento de insumos y productos terminados</i>	1.280	1500	1.920.000
<i>Mantenimiento</i>	80	1500	120.000
<i>Administración</i>	320	1500	480.000
<i>Planta de tratamiento de agua de pozo</i>	200	1500	300.000
<i>Acondicionamiento de nitrógeno</i>	60	1000	60.000
<i>Cierre Perimetral</i>	572	150 USD/m	85.800
TOTAL			6,477,600

Tabla 8.3 - Balance de obras físicas

Fuente: Elaboración propia

8.2.2. Terreno, Medidas y Superficie Total

El diagrama Layout es una herramienta muy útil para estimar la superficie cubierta por ambas plantas, ya que muestra de forma esquemática todos los equipos principales y todos los edificios.

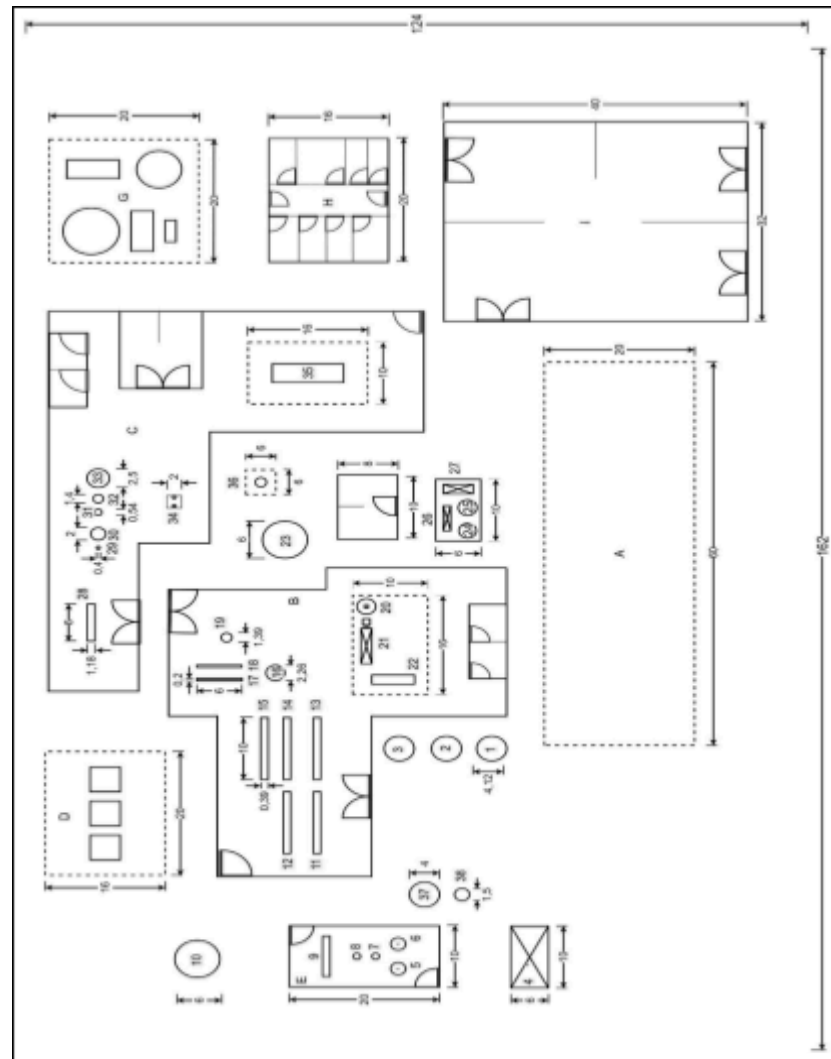
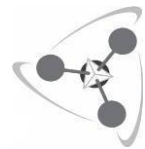


Figura 8.1: Diagrama Layout de planta

Fuente: Elaboración propia



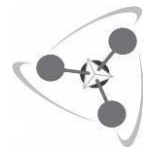
A: Zona de descarga de materia prima e insumos y despacho de productos terminados.

B: Planta de producción de jabones de tocador

- 11,12,13,14 y 15 - Intercambiadores de calor sebo - corriente superior de torre de hidrólisis
- 16 - torre de hidrólisis
- 17 y 18 - Intercambiadores de calor agua-corriente inferior de torre de hidrólisis
- 19 - Reactor CSTR de neutralización
- 20 - tanque de dosificación y mezcla de aditivos
- 21 - extrusora
- 22 - línea de corte, estampado y envasado

C: Planta de concentración de glicerina

- 28 - decantador gravitacional
- 29 - calandria 1er efecto de evaporación
- 30 - separador 1er efecto de evaporación
- 31 - calandria 2do efecto de evaporación
- 32- separador 2do efecto de evaporación
- 33 - condensador de contacto por lluvia
- 34 - adsorbedores y equipos asociados
- 35 - línea de llenado de tambores de glicerina USP e instrumentos asociados



Como se puede apreciar en el diagrama, sería necesario un terreno de 162 x 124 m, lo cual equivale a una superficie cubierta de 20.088 m²

D: Torres de enfriamiento

E: Planta de tratamiento de agua de pozo

- 5 y 6 - filtros de arena
- 7 y 8 - intercambiadores de resinas
- 9 - equipo de ósmosis inversa

G: Planta de tratamiento de efluentes

H: Edificio de administración

H: almacenamiento de insumos y productos terminados

J: Mantenimiento

K: Almacenamiento y acondicionamiento de gas nitrógeno

- 24 y 25 - cilindros de nitrógeno gaseoso
- 26 - compresor centrífugo
- 27 - calentador eléctrico

Equipos instalados a la intemperie

- 1,2 y 3 - tanques de almacenamiento de sebo
- 4 - caldera acuotubular



- 10 - tanque de agua de pozo tratada
- 23 - torre de secado de jabón crudo
- 36 - torre de fraccionamiento de glicerina y equipos asociados
- 37 - tanque de soda cáustica al 50%
- 38 - tanque de nitrógeno criogénico

Como se puede apreciar en el diagrama, sería necesario un terreno de 162x124 m, lo cual equivale a una superficie cubierta de 20.088 m²



CAPÍTULO IX: ESTUDIO ORGANIZACIONAL

9.1 Introducción

El estudio organizacional constituye un componente fundamental dentro de la viabilidad y el diseño integral de un proyecto industrial. No basta únicamente con asegurar la factibilidad técnica del proceso; resulta imperativo establecer una estructura que canalice los esfuerzos y administre los recursos de la manera más adecuada para alcanzar los objetivos propuestos.

Las variables organizacionales tienen un efecto directo sobre la cuantía de las inversiones iniciales (espacios físicos, equipamiento) y determinan, en gran medida, los futuros costos de operación mediante las remuneraciones y los procedimientos administrativos.

Requerimientos de la Operación Continua En una industria química de proceso continuo — como la proyectada para la producción **jabón de tocador y de glicerina grado USP**—, las características operativas imponen exigencias técnicas rigurosas.

En este contexto, la gestión adquiere una relevancia crítica debido a la necesidad de garantizar:

- **Operación ininterrumpida** durante las 24 horas del día, lo que exige una programación y coordinación permanente entre las áreas de producción, mantenimiento y logística.
- **Control estricto de las variables operativas** (presión, temperatura, flujo) e interrelación de sistemas, priorizando la seguridad de los procesos y la prevención de pérdidas ante el manejo de sustancias químicas peligrosas.

- **Control estricto de calidad de glicerina USP** (pureza, humedad, glicoles, gravedad específica, cloruros, sulfatos, metales pesados, ácidos grasos y ésteres, jabones, color, COV's, etc)
- **Toma de decisiones rápida y efectiva** ante desviaciones o contingencias, apoyada en sistemas de control, alarmas e interbloqueos que eviten situaciones de riesgo.

Estructura y Especialización del Personal Por estos motivos, resulta imprescindible definir una estructura organizativa clara, sustentada en principios técnicos de división del trabajo, departamentalización y esferas de control bien delimitadas.

Al definir la naturaleza y el contenido exacto de cada puesto dentro de la organización, se establecen líneas de autoridad, responsabilidades formales y la especialización requerida para el personal.

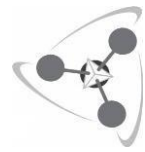
Alcance del Capítulo En el presente capítulo se desarrollan los aspectos vinculados a la organización de la empresa que operará la planta. Se aborda la estructura organizacional, los principios de administración adoptados, la definición de cargos y funciones junto con el perfilamiento de sus remuneraciones, la cuantificación de los recursos humanos requeridos.

9.2. Estructura organizativa

La **estructura organizacional** constituye el marco mediante el cual se distribuyen, agrupan y coordinan las actividades necesarias para el funcionamiento de una empresa.

Su finalidad es establecer una adecuada división del trabajo, definir los niveles de autoridad y responsabilidad, determinar la cadena de mando y facilitar la comunicación entre las distintas áreas.

Considerando las características del proyecto, correspondiente a una planta industrial destinada a la producción de **40.000 tn/año de jabón de tocador** y **2.316,62 tn/año de glicerina grado USP** mediante un proceso continuo de hidrólisis y neutralización de



cuerpos grasos, se propone una **estructura organizacional funcional**, representada mediante un **organigrama vertical con estructura jerárquica lineo-funcional**.

Esta configuración organiza la empresa en gerencias especializadas, cada una responsable de un conjunto de funciones específicas, permitiendo una clara delimitación de responsabilidades y una adecuada coordinación entre las áreas operativas y de apoyo.

La autoridad se ejerce de forma jerárquica desde la Gerencia General hacia las distintas gerencias funcionales, manteniendo una cadena de mando claramente definida y favoreciendo una comunicación ordenada dentro de la organización.

Propuesta de organigrama

- **Directorio / Accionistas**
- **Gerencia General (CEO):**
- **Gerencia de Producción**
- **Gerencia de Calidad**
- **Gerencia de Compras y Abastecimiento**
- **Gerencia de Logística y Transporte**
- **Gerencia Comercial y Marketing**
- **Gerencia de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente**
- **Gerencia de Recursos Humanos**
- **Gerencia de Administración y Finanzas**

Cada una posee responsabilidades específicas y autoridad sobre su área de especialización.

9.3. Organigrama

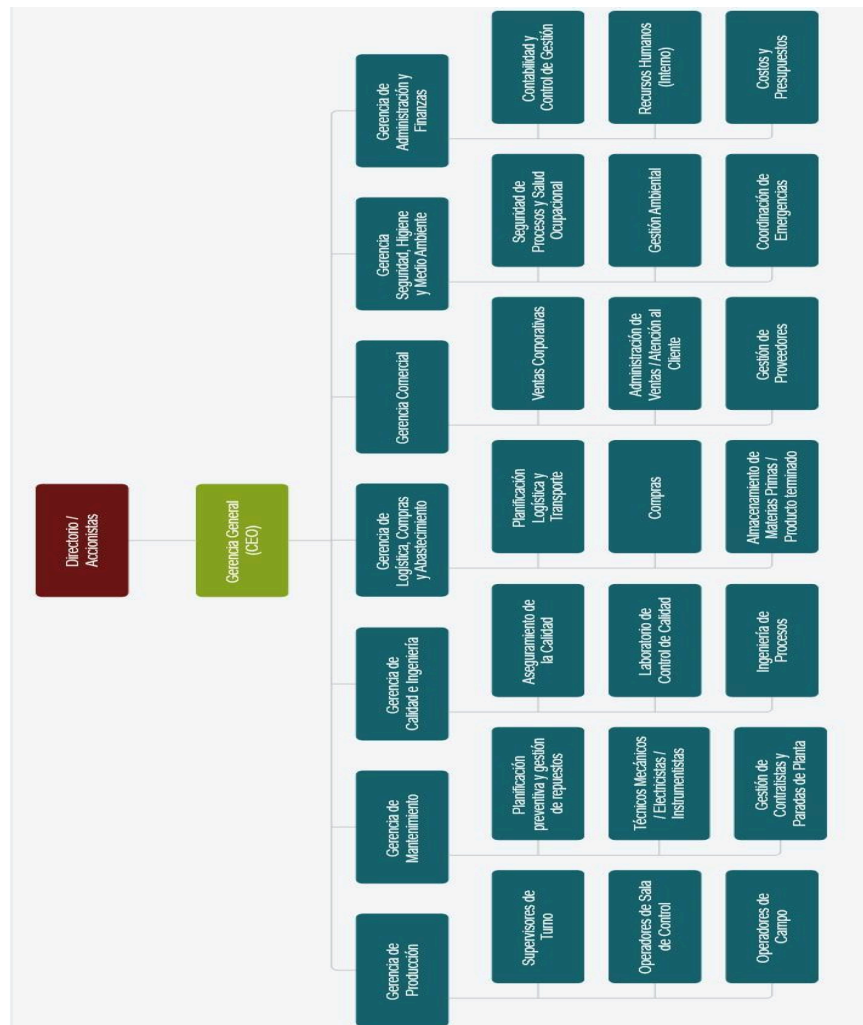


Figura 9.1 - Organigrama

Fuente: Elaboración propia



La empresa adoptaría una **estructura organizacional funcional**, donde la autoridad se concentra en la **Gerencia General**, de la cual dependen las distintas gerencias especializadas responsables de las actividades operativas y de apoyo de la organización.

La separación de funciones permite una asignación clara de responsabilidades, mejora el control de los procesos, facilita la toma de decisiones y contribuye al cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad y eficiencia requeridos para una planta con las capacidades de diseño propuestas.

Directorio / Accionistas: Es el máximo órgano de gobierno de la empresa. Define las políticas estratégicas, aprueba las inversiones y supervisa la gestión de la Gerencia General. Asimismo, decide sobre la expansión de la empresa, nuevas líneas de negocio y la asignación de recursos financieros.

Gerencia General (CEO): Es la máxima autoridad ejecutiva de la organización y tiene la responsabilidad de dirigir y coordinar el funcionamiento integral de la empresa, asegurando el cumplimiento de los objetivos de producción, calidad, seguridad, rentabilidad y sostenibilidad.

Gerencia de Producción: Planifica, organiza y controla las operaciones de fabricación de jabón de tocador y glicerina grado USP, garantizando la continuidad del proceso y el cumplimiento de las metas de producción, estándares de calidad y eficiencia operativa.

- Supervisores de Turno: Coordinar la operación en cada turno, asegurar la ejecución de procedimientos, supervisar al personal operativo y tomar decisiones inmediatas ante desviaciones.
- Operador de Sala de Control (DCS): Operar y vigilar el sistema de control distribuido (DCS), gestionar set-points, alarmas y ajustes finos del proceso desde sala de control.



- Operador de Campo: Ejecutar operaciones manuales y de campo: arranques/paradas locales, maniobras de bombas y válvulas, inspecciones visuales y reportes de anomalías.
- Ingeniería de Procesos (dentro de Producción): Analizar, modelar y optimizar procesos; ejecutar mejoras técnicas; participar en puesta en marcha y escalado; soporte en resolución de desviaciones complejas.
- Planificación y Control de Producción: Programar la producción según demanda, capacidad y disponibilidad de insumos; coordinar secuencias de fabricación; controlar cumplimiento de cronogramas y gestionar prioridades.

Gerencia de Mantenimiento: Asegura la disponibilidad y confiabilidad de equipos e instalaciones mediante la planificación y ejecución de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo. Administra recursos técnicos, repuestos y contratistas, y desarrolla estrategias para maximizar la vida útil de activos y minimizar paradas no programadas.

- Ingeniería de Confiabilidad y Planificación: Diseña e implementa programas de mantenimiento predictivo y análisis de fallas, prioriza intervenciones y elabora planes de mantenimiento a mediano y largo plazo. Optimiza inventarios de repuestos y define estrategias de reemplazo y renovación de activos.
- Técnicos Mecánicos: Ejecutan tareas de mantenimiento mecánico: desmontaje, reparación y montaje de bombas, válvulas, agitadores, reductores y estructuras. Realizan inspecciones, ajustes y pruebas funcionales siguiendo procedimientos de seguridad y calidad.
- Técnicos Electricistas / Instrumentistas: Mantienen y reparan sistemas eléctricos, tableros, motores, variadores y sistemas de instrumentación y control. Aseguran la calibración de instrumentos, la integridad de sistemas de control y la continuidad eléctrica crítica para la operación.



- Gestión de Paradas de Planta y Contratistas: Un rol o área (puede estar fusionado con Confiabilidad) dedicado 100% a programar las intervenciones mayores, limpieza de evaporadores y tareas pesadas ejecutadas por empresas tercerizadas.

Tercerización de Mantenimiento Mayor: *"El dimensionamiento del personal propio de mantenimiento está diseñado exclusivamente para intervenciones de primera respuesta, rutinas preventivas y mantenimiento predictivo (rutas de lubricación, termografía, análisis de vibraciones). Para garantizar la integridad de los equipos críticos operando a alta presión y el manejo de fluidos de alta viscosidad, se ha contemplado en el modelo de OPEX la contratación de empresas tercerizadas para:*

- *Paradas de planta anuales.*
- *Mantenimiento mayor de equipos estáticos*
- *Calibración especializada de instrumentos y soporte de software del DCS.*

Gerencia de Calidad e Ingeniería: Garantiza que los productos cumplan especificaciones técnicas y normativas mediante sistemas de aseguramiento de la calidad y control analítico. Integra funciones de ingeniería para soporte técnico, mejora de procesos y validación de cambios.

- Aseguramiento de la Calidad: Define políticas, procedimientos y sistemas de gestión de calidad (incluyendo trazabilidad y control documental). Supervisa auditorías internas y externas, gestiona no conformidades y coordina acciones correctivas y preventivas.
- Laboratorio de Control de Calidad: Realiza análisis fisicoquímicos y microbiológicos de materias primas, procesos y producto terminado para verificar cumplimiento de especificaciones (incluida la norma USP para glicerina). Emite certificados de análisis y apoya la liberación de lotes.

Esto es de vital importancia, ya que el grado USP requiere certificación.



Este apartado es crítico, dado que para adquirir la certificación USP hay que cumplir parámetros fisicoquímicos y microbiológicos muy estrictos.

- Ingeniería de Procesos (en Calidad e Ingeniería): Colabora en el diseño y mejora de procesos desde la perspectiva de calidad y eficiencia; participa en pruebas de escala, validaciones y optimización del proceso.

Gerencia de Logística, Compras y Abastecimiento: Asegura el suministro oportuno de materias primas y la distribución eficiente de productos terminados. Coordina planificación logística, gestión de inventarios, compras estratégicas y relaciones con proveedores para optimizar costos y niveles de servicio.

- Planificación Logística y Transporte: Diseña rutas, calendarios de despacho y capacidades de transporte; coordina recepción y despacho de camiones cisterna y unidades de carga, y gestiona la flota y contratos de transporte.
- Compras: Ejecuta procesos de adquisición de insumos, equipos y servicios mediante licitaciones y negociaciones, asegurando condiciones comerciales, calidad y cumplimiento de plazos. Mantiene registros de proveedores y contratos.
- Almacenamiento de Materias Primas / Producto Terminado: Administra la recepción, almacenamiento y conservación de materias primas y productos terminados, garantizando condiciones de seguridad, segregación y trazabilidad. Define políticas de rotación y niveles de stock (días de inventario).
- Gestión de Proveedores: Evalúa y califica proveedores, gestiona contratos y desarrolla planes de mejora de desempeño y aseguramiento de la cadena de suministro. Implementa auditorías y programas de desarrollo de proveedores críticos.

Gerencia Comercial: es responsable de maximizar la demanda, asegurar la colocación de producto en los mercados objetivo y proteger la rentabilidad mediante estrategias de ventas, marketing y atención al cliente. Su función es traducir la capacidad productiva y la calidad del producto en ingresos sostenibles, gestionar la relación con clientes y



canales, y aportar información de mercado para la toma de decisiones estratégicas y operativas.

- Ventas Corporativas: ejecuta la estrategia comercial en el mercado: negocia contratos, gestiona la cartera de clientes, cierra operaciones y asegura el cumplimiento de objetivos de volumen y facturación.
- Servicio al Cliente: gestiona consultas, reclamos, devoluciones y soporte técnico postventa; actúa como enlace entre clientes y áreas técnicas para resolver incidencias y preservar la satisfacción y fidelidad.
- Administración de Ventas Procesa pedidos, gestiona la facturación y cobranza, coordina despachos y atiende consultas y reclamos postventa. Mantiene la trazabilidad de lotes y la comunicación operativa con clientes.
- Gestión de Proveedores: Selecciona, contrata y gestiona proveedores de insumos, embalajes y servicios logísticos; negocia condiciones comerciales y asegura continuidad de suministro.

Gerencia de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (SHyMA): Protege la integridad de las personas, instalaciones y el entorno mediante la gestión de riesgos industriales, cumplimiento normativo y programas de prevención. Supervisa sistemas de seguridad de procesos, salud ocupacional y control ambiental.

- Seguridad de Procesos y Salud Ocupacional: Implementa análisis de riesgos, programas de prevención de incidentes, formación en seguridad y controles para minimizar exposiciones laborales. Gestiona permisos de trabajo y protocolos de trabajo seguro.
- Gestión Ambiental: Administra el cumplimiento ambiental: emisiones, efluentes, gestión de residuos y planes de mitigación. Coordina estudios de impacto ambiental y relaciones con autoridades regulatorias.



- Coordinación de Emergencias: Diseña y mantiene planes de respuesta a emergencias industriales, organiza simulacros, coordina brigadas internas y la interacción con servicios de emergencia externos.

Gerencia de Administración y Finanzas: Administra los recursos financieros y administrativos de la empresa, asegura el control contable, la planificación presupuestaria y el cumplimiento tributario. Provee información financiera para la toma de decisiones y controla el flujo de caja.

- Contabilidad y Control de Gestión: Registra operaciones contables, elabora estados financieros y reportes de gestión; analiza desviaciones presupuestarias y prepara información para auditorías internas y externas.
 - Recursos Humanos (interno): Gestiona reclutamiento, capacitación, relaciones laborales, compensaciones y políticas de personal; administra nómina y desarrolla planes de desarrollo y sucesión.
 - Costos y Presupuestos: Calcula costos de producción por línea y producto, elabora presupuestos operativos y de capital, y realiza análisis de rentabilidad y puntos de equilibrio para apoyar decisiones estratégicas.

Personal administrativo y de apoyo: Conjunto de funciones transversales que brindan soporte operativo, comercial y administrativo: analistas de calidad, inspectores, compradores, responsables de almacén, choferes, ejecutivos comerciales, analistas de RR. HH., contadores y personal de oficina. Aseguran la operatividad diaria y la ejecución de procesos de soporte.

9.4. Dotación de personal

La planta está concebida para operar en **régimen continuo**, las 24 horas del día. Para garantizar la continuidad operativa se adopta un **sistema de cuatro cuadrillas rotativas**: tres cubren los **turnos de 8 horas** y una permanece en **descanso**, garantizando



continuidad operativa y cumplimiento de los tiempos de recuperación establecidos por la legislación laboral.

La **dotación total** se definió considerando:

- La **capacidad de producción** proyectada.
- El **nivel de automatización** del proceso de hidrólisis y neutralización.
- Las **necesidades de mantenimiento preventivo y correctivo**.
- Los **requisitos de control de calidad** para la glicerina grado USP.
- Las **funciones administrativas y de apoyo** necesarias para una operación eficiente.

La **dotación estimada corresponde al total del personal requerido para el funcionamiento de la planta**, incluyendo tanto el personal operativo distribuido en las cuatro cuadrillas de trabajo como el personal administrativo, técnico y de apoyo que desarrolla sus actividades principalmente en horario diurno.

9.4.1. Distribución del personal por gerencias

La dotación de personal se distribuye entre las diferentes áreas de acuerdo con las funciones y responsabilidades asignadas a cada una de ellas dentro de la estructura organizacional propuesta.

<i>Área</i>	<i>Cantidad de personal</i>
<i>Dirección (Directorio y Gerencia General)</i>	2
<i>Producción</i>	37
<i>Mantenimiento</i>	17
<i>Departamento de Calidad e Ingeniería</i>	11
<i>Logística, Compras y Abastecimiento</i>	5
<i>Ventas</i>	4
<i>Seguridad, Higiene y Medio Ambiente</i>	5
<i>Administración y Finanzas</i>	10
<i>Total estimado</i>	90

Tabla 9.1 - Dotación y distribución del personal

Fuente: Elaboración propia

Considerando posibles reemplazos, cobertura de vacaciones y personal eventual, se estima una **dotación total cercana a 90 - 100 empleados**, valor que resulta consistente con plantas químicas de operación continua y capacidades de producción similares.

Justificación de estimación de personal

- **Dirección (2):** 1 Gerente General + 1 Representante del Directorio/Accionistas.
- **Producción (37):** 1 Gerente de Producción + 4 Supervisores de Turno + 8 Operadores de Sala de Control (DCS) + 24 Operadores de Campo.
- **Mantenimiento (17):** 1 Gerente de Mantenimiento + 16 Técnicos de Mantenimiento (8 mecánicos y 8 instrumentistas/eléctricos).
- **Calidad e Ingeniería (11):** 1 Gerente de Calidad + 2 Ingenieros de Procesos + 8 Analistas de Laboratorio.

- **Logística, Compras y Abastecimiento (5):** 1 Gerente de suministros + 4 Administrativos (Compradores técnicos y responsables de almacén).
- **Comercial B2B (4):** 1 Gerente Comercial + 3 Ejecutivos de Cuentas Clave para trato con laboratorios y mayoristas.
- **HSE (5):** 1 Gerente de HSE + 4 Técnicos en Seguridad e Higiene (1 por cada cuadrilla rotativa).
- **Administración y Finanzas (8):** 1 Gerente de Finanzas + 7 Analistas (Contadores, Tesorería y Recursos Humanos).

9.4.2. Dotación por cuadrillas y personal administrativo

El personal se organiza en dos grupos principales:

Personal de operación continua (Turnos Rotativos): Integrado por las cuatro cuadrillas encargadas de la operación permanente. Cada cuadrilla está conformada por 16 trabajadores, para operar y asegurar la instalación durante un turno.

<i>Cargo</i>	<i>Cantidad por cuadrilla</i>
<i>Supervisor de Turno</i>	<i>1</i>
<i>Tecnico en Seguridad e Higiene</i>	<i>1</i>
<i>Operadores de Sala de Control (DCS)</i>	<i>2</i>
<i>Operadores de Campo</i>	<i>6</i>
<i>Analistas de Laboratorio</i>	<i>2</i>
<i>Técnicos Mecánicos</i>	<i>2</i>
<i>Técnicos Electricistas/Instrumentistas</i>	<i>2</i>
<i>Total por cuadrilla</i>	<i>16</i>

Tabla 9.2 - Distribución por cuadrillas

Fuente: Elaboración propia

Las cuatro cuadrillas representan **64 trabajadores rotativos**, responsables de mantener la operación continua.

Personal administrativo, técnico y de apoyo (Horario Diurno): Conformado por aproximadamente **26 personas**. Este grupo incluye a la Gerencia General, ingenieros de procesos, confiabilidad, aseguramiento de la calidad (QA), ejecutivos de ventas B2B, planificación logística, compras y administración central. El bajo volumen de este grupo se justifica por el enfoque B2B del negocio y la tercerización de servicios auxiliares y logísticos.

9.4.3. Cuadro resumen de la dotación total

<i>Grupo de personal</i>	<i>Cantidad aproximada</i>
<i>Personal de operación continua (4 cuadrillas)</i>	64
<i>Personal técnico, administrativo y de apoyo</i>	26
<i>Dotación total estimada</i>	90

Tabla 9.3 -Tabla resumen de dotación

Fuente: Elaboración propia

La distribución propuesta permite cubrir adecuadamente las necesidades operativas de una planta de proceso continuo, asegurando la disponibilidad permanente del personal esencial para la operación y el mantenimiento de las instalaciones, al tiempo que proporciona el soporte técnico y administrativo requerido para el cumplimiento de los objetivos de producción, calidad, seguridad y protección ambiental.



9.5. Régimen laboral y gremial.

El **régimen laboral y gremial de la empresa** se establece considerando las características operativas de la planta, la necesidad de garantizar la continuidad del proceso productivo y el cumplimiento de la legislación laboral vigente.

La aplicación de un marco laboral adecuado permite establecer criterios uniformes de remuneración, categorías, responsabilidades y condiciones de trabajo, contribuyendo a una gestión ordenada del recurso humano.

9.5.1. Modalidad de contratación del personal

La contratación del personal se realizará bajo el marco establecido por la **Ley de Contrato de Trabajo N.º 20.744 de la República Argentina**, considerando principalmente la modalidad de contratación por **tiempo indeterminado** para la mayor parte de la dotación.

Esta modalidad resulta adecuada para una planta industrial de operación continua, debido a que permite conformar equipos de trabajo estables, con personal especializado y garantizar la disponibilidad de operadores con experiencia en procesos productivos.

Para mantener una estructura de costos fijos (*OPEX*) competitiva, se adopta un **esquema de tercerización estratégica** para servicios auxiliares. Se establecerán contratos de locación de servicios con empresas especializadas para:

- Mantenimiento mayor y paradas de planta programadas.
- Logística y transporte de materias primas y producto terminado.
- Seguridad patrimonial y control de accesos.
- Servicio de comedor y limpieza industrial.



La planta contará con diferentes niveles de contratación según las responsabilidades asignadas:

- **Personal jerárquico:** integrado por Gerencia General, gerentes de área, jefaturas y responsables de sectores. Este personal generalmente se encuentra fuera de convenio colectivo y su relación laboral se establece mediante contratos individuales.
- **Personal profesional y técnico:** incluye ingenieros, especialistas, supervisores, analistas y técnicos responsables de actividades de producción, calidad, mantenimiento e ingeniería.
- **Personal operativo:** comprende operadores de planta, operadores de sala de control, técnicos de mantenimiento y personal de laboratorio, encargados de asegurar el funcionamiento continuo de la instalación.
- **Personal administrativo y de apoyo:** incluye trabajadores de las áreas de compras, logística, administración, recursos humanos y servicios generales.

9.5.2. Convenio colectivo de trabajo aplicable

Debido a la actividad principal de la empresa, correspondiente a la producción industrial de productos químicos derivados de cuerpos grasos, el personal operativo y técnico podrá encontrarse alcanzado por el **Convenio Colectivo de Trabajo correspondiente a la Industria Química y Petroquímica**, según la clasificación definitiva de la actividad y la representación sindical aplicable.

Este convenio establece aspectos relacionados con:

- Escalas salariales;
- Categorías laborales
- Jornadas de trabajo;



- Adicionales por turnos rotativos;
- Condiciones de seguridad e higiene;
- Licencias y beneficios laborales;

Dentro de la estructura organizacional propuesta, el personal que normalmente *quedaría incluido dentro del convenio* comprende:

- Operadores de planta;
- Operadores de sala de control;
- Técnicos mecánicos y eléctricos
- Analistas de laboratorio;
- Operarios de almacén y logística.
- Personal de mantenimiento;

Por otra parte, el personal jerárquico y profesional con responsabilidades de conducción, planificación y toma de decisiones estratégicas, como gerentes, jefes de departamento e ingenieros responsables de áreas, generalmente *queda fuera del alcance del convenio colectivo*, estableciendo sus condiciones laborales mediante acuerdos individuales.

9.5.3. Jornada laboral

Debido a la naturaleza del proceso productivo, la planta operará bajo un esquema de **funcionamiento continuo durante las 24 horas del día, 252 días al año**.

Para garantizar esta modalidad operativa se implementará un sistema de **cuatro cuadrillas rotativas**, permitiendo cubrir los tres turnos diarios de trabajo mientras una cuarta cuadrilla permanece en período de descanso.

Cada turno tendrá una duración de **8 horas**, distribuidos de la siguiente manera:

Turno	Horario
Turno mañana	06:00 a 14:00 h
Turno tarde	14:00 a 22:00 h
Turno noche	22:00 a 06:00 h

Tabla 9.4 -Turnos

Fuente: Elaboración propia

El personal operativo afectado a turnos incluirá principalmente:

- Supervisores de turno;
- Operadores de sala de control y de campo
- Analistas de laboratorio;
- Técnicos de mantenimiento.

Por otro lado, las áreas administrativas, de ingeniería, planificación, compras, recursos humanos y gestión comercial desarrollarán sus actividades bajo una jornada laboral convencional diurna, salvo situaciones excepcionales que requieran intervención fuera del horario habitual.

9.5.4 Categorías ocupacionales

La estructura laboral de la empresa se organizará en función del nivel de responsabilidad, formación requerida y tipo de actividad desarrollada.

Personal jerárquico: Comprende los cargos responsables de la dirección y administración general de la empresa. Sus funciones principales son la planificación estratégica, gestión de recursos, toma de decisiones y coordinación entre áreas. Incluye:



- Gerente General
- Gerentes de área
- Jefes de departamento

Personal profesional: Conformado por trabajadores con formación universitaria encargados del análisis técnico, gestión y mejora de los procesos. Sus funciones están orientadas al control, optimización y desarrollo de los procesos industriales. Incluye:

- Ingenieros químicos.
- Ingenieros industriales.
- Profesionales de calidad.
- Especialistas ambientales

Personal técnico: Incluye trabajadores con formación técnica especializada responsables de la operación, mantenimiento y soporte de los sistemas productivos. Comprende:

- Técnicos químicos.
- Técnicos electromecánicos.
- Técnicos instrumentistas.
- Técnicos de mantenimiento productivo.

Sus principales funciones son: operación de equipos; seguimiento de variables de proceso, control de condiciones operativas, ejecución de maniobras, detección y comunicación de desviaciones.

Personal administrativo: Incluye trabajadores encargados de las actividades de gestión empresarial. Comprende:



- Administración;
- Contabilidad;
- Compras;
- Recursos humanos;
- Logística;
- Comercialización.

Personal de apoyo: Incluye trabajadores destinados a tareas complementarias necesarias para el funcionamiento de la planta. Ejemplos:

- Almacenes;
- Servicios generales;
- Asistencia operativa

9.6. Descripción de Puestos y Perfiles

A continuación, se describen únicamente los **puestos críticos** (gerencias, supervisión, operación, mantenimiento y laboratorio), agrupando el resto del personal bajo la categoría de administrativo y de apoyo. Con el fin de delimitar de manera precisa las responsabilidades y alcances de cada puesto dentro de la estructura organizacional propuesta, se elaboran las correspondientes **fichas de función**.

Dichas fichas permiten establecer de forma sistemática la dependencia jerárquica, el objetivo del cargo, las principales responsabilidades y los requisitos mínimos de formación y experiencia. De este modo se garantiza una adecuada delimitación de tareas, se evitan superposiciones y se asegura una correcta coordinación entre las distintas áreas funcionales.

La correcta asignación de responsabilidades impacta directamente en la eficiencia operativa, la seguridad industrial y el cumplimiento de los estándares de calidad.

A continuación, se presentan las fichas de cada uno de los cargos definidos en el organigrama:

ANDES OLEOQUÍMICA S.A.	
Gerencia General	
Área	Dirección
Sector	Gerencia General (CEO)
Función	Coordinar, dirigir y supervisar el funcionamiento integral de la planta, asegurando la rentabilidad, el cumplimiento de los estándares USP, y la seguridad total de las operaciones.
Supervisar a	Gerentes de: Producción, Mantenimiento, Calidad e Ingeniería, Logística y Abastecimiento, Comercial, Seguridad, Higiene y Medio Ambiente, Administrativo y Financiero.
Reportar a	Directorio / Accionistas
Categoría	Fuera de Convenio (CCT)
Deberes	
Definir y ejecutar el plan estratégico del negocio.	
Aprobar el presupuesto anual (CAPEX y OPEX).	
Liderar las reuniones de revisión por la dirección para los sistemas ISO y GMP.	
Garantizar el marco legal y las relaciones institucionales	
Perfil del puesto -	
Preferentemente Ingeniero Químico o Industrial (posgrado en negocios es un plus).	
Experiencia mínima de 10-15 años en dirección de plantas de proceso continuo.	
Visión estratégica, liderazgo y manejo de crisis.	

Tabla 9.5 -Ficha de funciones, gerente general

Fuente: Elaboración propia

Ficha de función - <i>ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
Gerencia de Producción	
Área	Operaciones
Sector	Gerencia de Producción
Función	Garantizar el cumplimiento del programa de producción de jabón y glicerina USP, maximizando el rendimiento del proceso de manera segura.
Supervisar a	Supervisores de Turno, Operadores de Sala de Control, Operadores de Campo.
Reportar a	Gerencia General
Categoría	Fuera de Convenio (CCT)
Deberes	
Controlar las variables críticas del proceso continuo (hidrólisis, neutralización). Coordinar con Mantenimiento la entrega segura de equipos para intervenciones. Realizar el seguimiento de los indicadores clave de desempeño (KPIs). Analizar los reportes del DCS para optimizar consumos específicos (vapor/tonelada). Asegurar la disciplina operativa en los cuatro turnos rotativos.	
Perfil del puesto -	
Formación universitaria completa, preferentemente Ingeniero Químico o Industrial. Experiencia mínima de 8 años en operaciones de plantas petroquímicas, oleoquímica o refinerías. Toma de decisiones bajo presión y conocimientos en termodinámica y operaciones unitarias.	

Tabla 9.6 -Ficha de funciones, gerente de producción

Fuente: Elaboración propia

Ficha de función - <i>ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
Gerencia de Mantenimiento	
Área	Mantenimiento y Confiabilidad
Sector	Gerencia de Mantenimiento
función	Maximizar la disponibilidad de los activos físicos y equipos estáticos/rotativos, garantizando su integridad mecánica.
Supervisar a	Técnicos (Mecánicos/Eléctricos/Instrumentistas), Gestión de Contratistas.
Reportar a	Gerencia General
Categoría	Fuera de Convenio (CCT)
Deberes	
Diseñar y auditar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo (vibraciones, termografía). Administrar los contratos tercerizados para paradas de planta y limpieza de evaporadores. Garantizar el cumplimiento de inspecciones de Aparatos Sometidos a Presión (torre de hidrólisis). Administrar el presupuesto de repuestos críticos.	
Perfil del puesto -	
Formación universitaria completa, preferentemente Ingeniero Mecánico o Electromecánico. Experiencia mínima de 8 años en mantenimiento de plantas continuas de alta presión. Sólidos conocimientos en gestión de activos, bombas de fluidos viscosos y calderas.	

Tabla 9.7 -Ficha de funciones, gerente de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Ficha de función - <i>ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
Gerente de Calidad e Ingeniería	
Área	Calidad y Procesos
Sector	Gerencia de Calidad e Ingeniería
Función	Garantizar que el producto final cumpla estrictamente con la Farmacopea (USP) y optimizar el diseño del proceso.
Supervisar a	QA (Aseguramiento), QC (Laboratorio), Ingeniería de Procesos.
Reportar a	Gerencia General
Categoría	Fuera de Convenio (CCT)
Deberes	
- Auditar y certificar el grado de pureza de la Glicerina USP (>99.5%). - Ejercer autoridad de veto sobre lotes de producción que no cumplan las especificaciones. - Gestionar el cumplimiento normativo ante ANMAT. - Liderar a los ingenieros de procesos en la mejora de balances de materia y energía.	
Perfil del puesto -	
- Formación universitaria completa, preferentemente, Ingeniero Químico o - - Licenciado en Química. - Experiencia mínima de 8 años, preferentemente en industria farmacéutica, alimentaria o química fina. - Conocimiento profundo de normas GMP/BPM y química analítica.	

Tabla 9.8 -Ficha de funciones, gerente de calidad e ingeniería

Fuente: Elaboración propia

<i>Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
<i>Gerente de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (HSE)</i>	
<i>Área</i>	<i>HSE</i>
<i>Sector</i>	<i>Gerencia HSE</i>
<i>Función</i>	<i>Garantizar que el producto final cumpla estrictamente con la Farmacopea (USP) y optimizar el diseño del proceso.</i>
<i>Supervisar a</i>	<i>Seguridad de Procesos, Gestión Ambiental, Coordinación de Emergencias.</i>
<i>Reportar a</i>	<i>Gerencia General</i>
<i>Categoría</i>	<i>Fuera de Convenio (CCT)</i>
<i>Deberes</i>	
- <i>Emitir y auditar los permisos de trabajo en caliente y espacios confinados.</i> - <i>Monitorear y reportar los parámetros de efluentes líquidos a la autoridad del agua (DGI en Mendoza).</i> - <i>Coordinar los simulacros de evacuación y liderar la brigada de emergencias.</i> - <i>Autoridad para detener la planta ante un riesgo inminente (ej. falla en hidrólisis).</i>	
<i>Perfil del puesto -</i>	
- <i>Formación universitaria completa, preferentemente, Ingeniero (preferentemente Químico/Industrial) con Especialización/Posgrado en Higiene y Seguridad.</i> - <i>Experiencia mínima de 5 años en plantas químicas de alto riesgo.</i> - <i>Conocimientos sólidos en tratamiento de efluentes y normativas provinciales.</i>	

Tabla 9.9 -Ficha de funciones, gerente de seguridad, higiene y medio ambiente Fuente:

Elaboración propia

Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.	
Gerente de Cadena de Suministro	
Área	Logística y Abastecimiento
Sector	Gerencia de Cadena de Suministro
Función	Garantizar el abastecimiento continuo de materias primas, insumos y repuestos, y coordinar la logística de salida del producto terminado minimizando los costos de flete.
Supervisar a	Compradores Técnicos, Planificadores Logísticos, Responsable de Almacén/Pañol.
Reportar a	Gerencia General
Categoría	Fuera de Convenio (CCT)
Deberes	
- <i>Negociar contratos de provisión de sebo bovino refinado asegurando calidad y volumen.</i> - <i>Gestionar el abastecimiento de hidróxido de sodio cumpliendo estrictamente con la normativa del RENPRE.</i> - <i>Administrar los contratos de las empresas de transporte tercerizadas para el despacho B2B.</i> - <i>Controlar el inventario de repuestos críticos.</i>	
Perfil del puesto -	
- <i>Preferentemente, Ingeniero Industrial, Lic. en Logística o profesional afín.</i> - <i>Experiencia mínima de 8 años en gestión de cadena de suministro en industrias de proceso o químicas.</i> - <i>Habilidades de negociación y conocimiento de normativas de transporte de sustancias peligrosas.</i>	

Tabla 9.10 -Ficha de funciones, gerente de cadena de suministro

Fuente: Elaboración propia

<i>Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
<i>Gerente Comercial (B2B)</i>	
<i>Área</i>	<i>Comercialización</i>
<i>Sector</i>	<i>Gerencia Comercial</i>
<i>Función</i>	<i>Posicionar y comercializar la producción de la planta a nivel corporativo, asegurando contratos de largo plazo y maximizando los márgenes de rentabilidad.</i>
<i>Supervisar a</i>	<i>Ejecutivos de Ventas B2B y Administración de Ventas.</i>
<i>Reportar a</i>	<i>Gerencia General</i>
<i>Categoría</i>	<i>Fuera de Convenio (CCT)</i>
<i>Deberes</i>	
- <i>Desarrollar y gestionar la cartera de clientes industriales</i> - <i>Negociar contratos de volumen y precios atados a índices de mercado internacional.</i> - <i>Coordinar con la Gerencia de Producción y Supply Chain el cumplimiento de los plazos de entrega (On-Time In-Full).</i> - <i>Analizar métricas de rentabilidad por cliente.</i>	
<i>Perfil del puesto -</i>	
- <i>preferentemente, Licenciado en Comercialización, Administración, Ingeniería Industrial o Química.</i> - <i>Experiencia mínima de 5 a 8 años en ventas corporativas (B2B) del sector químico, oleoquímico o farmacéutico.</i> - <i>Fuerte perfil analítico y conocimiento de los mercados de commodities y química fina</i>	

Tabla 9.11 -Ficha de funciones, gerente comercial

Fuente: Elaboración propia

<i>Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
<i>Gerente de Administración y Finanzas</i>	
<i>Área</i>	<i>Soporte Corporativo</i>
<i>Sector</i>	<i>Gerencia de Administración y Finanzas</i>
<i>Función</i>	<i>Administrar los recursos económicos y financieros de la empresa, garantizando la salud del flujo de caja, el cumplimiento fiscal y la gestión del capital humano.</i>
<i>Supervisar a</i>	<i>Contabilidad, Costos, Tesorería, Analistas de Recursos Humanos.</i>
<i>Reportar a</i>	<i>Gerencia General</i>
<i>Categoría</i>	<i>Fuera de Convenio (CCT)</i>
<i>Deberes</i>	
<i>Auditar el modelo financiero del negocio, controlando la evolución del VAN, la TIR y los costos fijos (OPEX).</i> <i>Controlar la ejecución del presupuesto de capital (CAPEX) para mejoras de planta.</i> <i>Garantizar el cumplimiento de las obligaciones tributarias provinciales (Mendoza) y nacionales.</i> <i>Supervisar los contratos de servicios tercerizados (liquidación de nómina, seguridad, comedor).</i>	
<i>Perfil del puesto -</i>	
<i>Contador Público, Licenciado en Administración o Economía.</i> <i>Experiencia mínima de 8 años en control de gestión o finanzas en plantas industriales.</i> <i>Dominio de evaluación de proyectos y auditoría interna.</i>	

Tabla 9.12 -Ficha de funciones, gerente de administración y finanzas

Fuente: Elaboración propia

Fichas de Función: Puestos Críticos Operativos (Turno Rotativo)

Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.	
Ingeniero de Procesos	
Área	Calidad e Ingeniería
Sector	Gerencia de Calidad e Ingeniería
Función	Optimizar las variables termodinámicas y operativas de la planta, maximizando el rendimiento del sebo y minimizando los consumos específicos de energía.
Supervisar a	N/A (Rol de Staff técnico / analítico)
Reportar a	Gerencia de Calidad e Ingeniería
Categoría	Fuera de Convenio (CCT)
Deberes	
Analizar los balances de materia y energía reales vs. diseño. Auditar los lazos de control del DCS y proponer mejoras en la sintonía de los PLC. Estudiar los cuellos de botella en la torre de hidrólisis y evaporadores de glicerina. Diseñar e implementar modificaciones tecnológicas orientadas a la eficiencia energética.	
Perfil del puesto -	
Ingeniero Químico. Experiencia comprobable en simulación de procesos, dinámica de fluidos complejos y termodinámica. Capacidad analítica y visión de mejora continua.	

Tabla 9.13 -Ficha de funciones, Ingeniero de procesos

Fuente: Elaboración propia

<i>Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
<i>Supervisor de Turno</i>	
<i>Área</i>	<i>Producción</i>
<i>Sector</i>	<i>Operaciones (Turno Rotativo 24/7)</i>
<i>Función</i>	<i>Ser la máxima autoridad operativa de la planta durante los turnos tarde, noche y fines de semana.</i>
<i>Supervisar a</i>	<i>Operadores de Sala de Control (DCS) y Operadores de Campo.</i>
<i>Reportar a</i>	<i>Gerencia de Producción</i>
<i>Categoría</i>	<i>Fuera de Convenio (CCT)</i>
<i>Deberes</i>	
<i>Dirigir la operación continua, asegurando el cumplimiento de las consignas productivas.</i> <i>Gestionar las novedades de relevo de turno (solapamiento).</i> <i>Asumir el rol de Comandante de Incidente inicial ante emergencias nocturnas.</i> <i>Autorizar maniobras en campo y aislamientos de energía.</i>	
<i>Perfil del puesto -</i>	
<i>Ingeniero Químico o Técnico Universitario en Operaciones Industriales.</i> <i>Experiencia de 5 años en turnos rotativos en petroquímicas/refinerías.</i> <i>Fuerte liderazgo y capacidad de decisión rápida bajo estrés.</i>	

Tabla 9.14 -Ficha de funciones, Supervisor de turno

Fuente: Elaboración propia

<i>Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
<i>Operador de Sala de Control (DCS)</i>	
<i>Área</i>	<i>Producción</i>
<i>Sector</i>	<i>Operaciones (Turno Rotativo 24/7)</i>
<i>Función</i>	<i>Monitorear y controlar el proceso productivo desde las consolas del DCS, garantizando la estabilidad termodinámica.</i>
<i>Supervisar a</i>	<i>N/A (Se coordina radialmente con Operadores de Campo)</i>
<i>Reportar a</i>	<i>Supervisor de Turno</i>
<i>Categoría</i>	<i>CCT Industria Química y Petroquímica</i>
<i>Deberes</i>	
<i>Operar los lazos de control de presión (50 bar) y temperatura (250°C) de la torre de hidrólisis.</i> <i>Responder inmediatamente a las alarmas del sistema y ejecutar secuencias de parada de emergencia si es necesario.</i> <i>Guiar vía radio a los operadores de campo para la apertura/cierre de válvulas manuales.</i>	
<i>Perfil del puesto</i>	
<i>Técnico Químico, Electromecánico o Electrónico.</i> <i>Experiencia comprobable operando sistemas de control (Ej. Siemens PCS7 o similar).</i> <i>Alta capacidad de concentración y análisis de tendencias.</i>	

Tabla 9.15 -Ficha de funciones, Operador de sala de control

Fuente: Elaboración propia



<i>Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
<i>Operador de Campo</i>	
<i>Área</i>	<i>Producción</i>
<i>Sector</i>	<i>Operaciones (Turno Rotativo 24/7)</i>
<i>Función</i>	<i>Ejecutar maniobras físicas en la planta y asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento estático y rotativo localmente.</i>
<i>Supervisar a</i>	<i>N/A</i>
<i>Reportar a</i>	<i>Supervisor de Turno</i>
<i>Categoría</i>	<i>CCT Industria Química y Petroquímica</i>
<i>Deberes</i>	
<i>Inspeccionar visualmente bombas, sellos mecánicos y niveles de tanques.</i>	
<i>Controlar el funcionamiento del tracing (trazado de vapor) para evitar la solidificación del sebo en cañerías.</i>	
<i>Tomar muestras físicas de materia prima y producto en proceso para entregar al Laboratorio.</i>	
<i>Realizar purgas y alineación de equipos para mantenimiento.</i>	
<i>Perfil del puesto</i>	
Técnico Químico o Mecánico.	
Aptitud física para trabajo en planta, alturas y espacios al aire libre.	
Conocimiento práctico de válvulas, bombas y manejo seguro de soda cáustica.	

Tabla 9.16 -Ficha de funciones, Operador de campo

Fuente: Elaboración propia

Ficha de función - <i>ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
Técnico de Mantenimiento	
Área	Mantenimiento y Confiabilidad
Sector	Ejecución de Mantenimiento
Función	Ejecutar las intervenciones mecánicas, eléctricas y de instrumentación para asegurar la disponibilidad de los equipos rotativos y estáticos.
Supervisar a	N/A
Reportar a	Supervisión de Mantenimiento (o Supervisor de Turno en horario nocturno)
Categoría	CCT Industria Química y Petroquímica
Deberes	
Intervienen bombas (de engranajes, cavidad progresiva o centrífugas) que manejan fluidos de alta viscosidad. Revisar y reparar el sistema de calentamiento de cañerías (tracing) y trampas de vapor. Calibrar instrumentos de presión, temperatura y caudal (transmisores). Asistir como primera respuesta ante fallas de equipos críticos durante los turnos rotativos.	
Perfil del puesto	
Técnico Mecánico, Electromecánico o Instrumentista. Sólidos conocimientos en mecánica de fluidos, alineación de bombas y manejo de herramientas bajo procedimientos de seguridad (LOTO).	

Tabla 9.17 -Ficha de funciones, Técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Ficha de función - <i>ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>	
Analista de Laboratorio (Control de Calidad)	
Área	Calidad e Ingeniería
Sector	Laboratorio de Control de Calidad (QC)
Función	Analizar e informar los parámetros fisicoquímicos para asegurar la calidad de la materia prima, el proceso y la certificación USP final.
Supervisar a	N/A
Reportar a	Jefatura de Aseguramiento de Calidad
Categoría	CCT Industria Química y Petroquímica
Deberes	
Analizar el índice de acidez, humedad y saponificación del sebo bovino entrante. Realizar ensayos de control en proceso (porcentaje de desdoblamiento a la salida de la torre de hidrólisis). Ejecutar la batería de análisis analíticos exigidos por la Farmacopea de los Estados Unidos (USP) para liberar los lotes de glicerina.	
Perfil del puesto	
Técnico Químico, Bioquímico o Licenciado en Química. Experiencia excluyente en cromatografía, titulaciones volumétricas y normativas de Buenas Prácticas de Laboratorio (GLP/BPM).	

Tabla 9.18 -Ficha de funciones, Analista de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Ficha de función - ANDES OLEOQUÍMICA S.A.	
Técnico en Seguridad e Higiene (HSE)	
Área	Higiene y Seguridad
Sector	Seguridad de Procesos (Turno Rotativo 24/7)
Función	Auditar el cumplimiento de los estándares de seguridad en planta durante la operación continua y liderar la respuesta operativa ante emergencias.
Supervisar a	N/A (Rol de autoridad funcional sobre las maniobras en campo)
Reportar a	Supervisor de Turno (operativamente) / Gerencia HSE (funcionalmente)
Categoría	CCT Industria Química y Petroquímica
Deberes	
Emitir, verificar y auditar los permisos de trabajo durante los turnos noche y fines de semana. Realizar mediciones de gases (explosimetría y oxígeno) antes de intervenciones de mantenimiento. Asumir el rol de líder de brigada de emergencias ante fugas térmicas, derrames de soda cáustica o principios de incendio. Auditar el uso correcto de EPP y el cumplimiento de los bloqueos de energía (LOTO).	
Perfil del puesto	
Técnico Superior en Higiene y Seguridad Laboral. Experiencia mínima de 3 años en campo en industrias de alto riesgo Entrenamiento formal en control de emergencias, manejo de materiales peligrosos y primeros auxilios.	

Tabla 9.19 -Ficha de funciones, Técnico de seguridad e higiene

Fuente: Elaboración propia



Personal administrativo y de apoyo

- Cantidad: Aproximadamente 16 personas.
- Incluye:
 - Analistas de RRHH
 - Analistas contables
 - Responsables de tesorería
 - Analistas de recursos humanos
 - Compradores técnicos
 - Ejecutivos comerciales
 - Personal administrativo general.

Funciones y responsabilidades: Este grupo aglomera las posiciones no operativas cuyas funciones se centran en brindar el soporte estándar de *back-office* requerido para el funcionamiento corporativo de la empresa.

Al operar bajo un modelo de negocio estrictamente B2B (Business to Business), este equipo se mantiene con una dotación optimizada y mínima indispensable. Sus responsabilidades abarcan el control presupuestario, la facturación a grandes cuentas, la gestión de cobranzas, la provisión de insumos y el cumplimiento de las obligaciones fiscales y laborales. Toda tarea auxiliar de carácter masivo (liquidación de nómina, vigilancia, transporte) se gestiona a través de este departamento mediante la administración de contratos de servicios tercerizados.

- Jornada laboral: Horario administrativo, excepto aquellas funciones que, por requerimientos operativos, deban prestar servicios bajo régimen de turnos.

- **Perfil del puesto:** Profesionales universitarios, técnicos o personal administrativo con formación y experiencia acordes a las funciones asignadas.

9.7. Escala de Sueldos

Las estimaciones salariales y el costo de nómina para junio-julio 2026 usando las escalas del Convenio Colectivo (Industria Química y Petroquímica) publicadas en los acuerdos de 2026.

Las escalas y valores base usados están citados debajo.

1) Fuentes clave y supuestos

Convenio	<i>CCT 77/89 — actualización trimestral por IPC (INDEC)</i>
Sindicato	<i>FATIQYP (Federación Argentina de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas)</i>
Cámara empresaria	<i>CIQyP (Cámara de la Industria Química y Petroquímica)</i>
Vigencia del acuerdo marco	<i>Mayo 2025 – Abril 2026, con actualización trimestral según IPC</i>
Última escala conocida	<i>Abril–Junio 2026 (+9,5% sobre básicos iniciales)</i>
Última actualización de esta página	<i>26 de junio de 2026</i>

Tabla 9.20 - Marco laboral del proyecto

Fuente: Elaboración propia

- **Escalas publicadas (abr-jun 2026):** valores por hora para **personal operativo** (B, A, A1, A2, A3) y **básicos mensuales** para personal administrativo (B, A, A1) según comunicados sectoriales. Se usaron los montos publicados en abril 2026.

- **Conversión hora→mes:** se asumió **200 horas/mes** para transformar valores por hora a básicos mensuales (práctica estándar para estimaciones). Esta conversión es un supuesto operativo para cálculo de nómina.
- **Mapeo de puestos a categorías CCT:** asigné categorías razonables (ej.: Operador de campo → **A2**; Operador DCS → **A1**; Técnicos → **A**; Analistas laboratorio → **A1**; Personal administrativo → categorías administrativas B/A/A1 según nivel).

Para cargos gerenciales y profesionales (gerentes, ingenieros) usé los **básicos administrativos** como referencia y multiplicadores prudentes (ver tabla).

Escala salarial — Operarios (valor hora, Abril–Junio 2026)

<i>Categoría</i>	<i>Valor hora inicial</i>
<i>B / C / D — Media Oficial</i>	\$5.431,67
<i>A — Oficial</i>	\$5.883,92
<i>A1</i>	\$6.374,32
<i>A2</i>	\$6.905,36
<i>A3</i>	\$7.480,61

Tabla 9.21 - Escala salarial, operarios

Fuente: Elaboración propia

Escala salarial — Administrativos (mensual, Abril–Junio 2026)

Categoría	Básico mensual inicial
B / C	\$1.096.323,10
A	\$1.278.312,83
A1	\$1.461.369,84

Tabla 9.22 - Escala salarial, administrativos

Fuente: Elaboración propia

 FEDERACION DE SINDICATOS DE TRABAJADORES DE INDUSTRIAS QUIMICAS Y PETROQUIMICAS DE LA REPUBLICA ARGENTINA Personería gremial N° 1752 					
OPERARIOS - GRILLA SALARIAL: MAYO - JUNIO - JULIO 2026					
	B	A	A1	A2	A3
INICIAL	\$ 5.446,35	\$ 5.900,18	\$ 6.391,83	\$ 6.924,43	\$ 7.501,44
1 AÑO	\$ 5.500,81	\$ 5.959,18	\$ 6.455,75	\$ 6.993,67	\$ 7.576,45
2 AÑOS	\$ 5.555,82	\$ 6.018,77	\$ 6.520,31	\$ 7.063,61	\$ 7.652,22
3 AÑOS	\$ 5.611,38	\$ 6.078,96	\$ 6.585,51	\$ 7.134,25	\$ 7.728,74
4 AÑOS	\$ 5.667,49	\$ 6.139,75	\$ 6.651,36	\$ 7.205,59	\$ 7.806,03
5 AÑOS	\$ 5.724,17	\$ 6.201,15	\$ 6.717,88	\$ 7.277,65	\$ 7.884,09

Figura 9.2 - Salarios, operarios

Fuente: Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la República Argentina

 FEDERACION DE SINDICATOS DE TRABAJADORES DE INDUSTRIAS QUIMICAS Y PETROQUIMICAS DE LA REPUBLICA ARGENTINA Personería gremial N° 1752 			
ADMINISTRATIVOS - GRILLA SALARIAL: MAYO - JUNIO - JULIO 2026			
	B	A	A1
INICIAL	\$ 1.099.300,50	\$ 1.281.784,47	\$ 1.465.338,58
1 AÑO	\$ 1.110.293,51	\$ 1.294.602,31	\$ 1.479.991,97
2 AÑOS	\$ 1.121.396,44	\$ 1.307.548,34	\$ 1.494.791,89
3 AÑOS	\$ 1.132.610,40	\$ 1.320.623,82	\$ 1.509.739,80
4 AÑOS	\$ 1.143.936,51	\$ 1.333.830,06	\$ 1.524.837,20
5 AÑOS	\$ 1.155.375,87	\$ 1.347.168,36	\$ 1.540.085,57

Figura 9.3 - Salarios, administrativos

Fuente: Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la República Argentina



Escalas usadas (valores oficiales resumidos)

- **Operarios (valores por hora):**

0 B = \$5.431,67/h,

○ A = \$5.883,92/h,

○ A1 = \$6.374,32/h,

○ A2 = \$6.905,36/h, ○ A3 = \$7.480,61/h.

- **Administrativos (básicos mensuales sin antigüedad):**

0 B = \$1.096.323,10, ○ A = \$1.278.312,83,

○ A1 = \$1.461.369,84.

Tabla resumen (básicos mensuales por puesto y subtotal)

<i>Puesto</i>	<i>Cant.</i>	<i>Categoría CCT</i>	<i>Básico mensual (ARS)</i>	<i>Subtotal mensual (ARS)</i>
<i>Gerente General</i>	1	<i>Admin A1 × 1.5</i>	2.192.054,76	2.192.054,76
<i>Gerentes áreas</i>	7	<i>Admin A1 x 1.25</i>	1.826.712,30	12.786.986,10
<i>Ingeniero de Procesos</i>	2	<i>Admin A x 1,6</i>	2.045.300,52	4.090.598,40
<i>Supervisor De Turno</i>	4	<i>Operario A3 (200h)</i>	1.496.122,00	5.984.488,00
<i>Operador Sala DCS</i>	8	<i>Operario A1 (200h)</i>	1.274.864,00	10.198.912,00
<i>Operario</i>	24	<i>Operario A2 (200h)</i>	1.381.072,00	33.145.728,00

<i>Técnicos Mantenimiento</i>	6	<i>Operario A (200h)</i>	<i>1.176.784,00</i>	<i>18.828.544,00</i>
<i>Técnico SeH</i>	4	<i>Operario A (200h)</i>	<i>1.176.784,00</i>	<i>4.707.136,00</i>
<i>Analista Laboratorio</i>	8	<i>Operario A1 (200h)</i>	<i>1.274.864,00</i>	<i>10.198.912,00</i>
<i>Gerentes áreas funcionales</i>	6	<i>Admin A1</i>	<i>1.461.370,00</i>	<i>8.768.219,00</i>
<i>Personal admin y apoyo</i>	10	<i>Admin B</i>	<i>1.096.323,00</i>	<i>10.963.230,00</i>
Total	90	-----	15.225.457,58	121.864.808,26

Tabla 9.23 - Básicos mensuales y subtotal

Fuente: Elaboración propia

Costos del empleador y anualización

- **Costo total mensual del empleador (subtotal mensual +30% cargas y contribuciones): $\approx$ 158,424,250.73 ARS/mes.**
- **Costo anual con cargas (+30% + aguinaldos): $\approx$ ARS 3.363.468.707,97**

Cargas Sociales y Aportes Patronales: Este cuadro representa el salario bruto (costo directo). En Argentina, para calcular el OPEX real, el modelo financiero aplicará un recargo aproximado del **30 %** sobre el subtotal mensual en concepto de contribuciones patronales (Jubilación, Obra Social, ART, Sindicales).

Cabe destacar que cada año se debe pagar un salario anual complementario (SAC), también conocido como aguinaldo. Dicho desembolso se realiza en dos cuotas (dos semestres), pagando el 50% del mejor salario del semestre considerado en cada cuota.



Además, ha de considerarse un incremento anual equivalente al 1% del salario básico por antigüedad.

9.8. Conclusión

Sin dudas la dotación de un proyecto es una de las ventajas competitivas más importantes del mismo, sobre todo cuando se necesita personal tan calificado como en este caso (sobre todo para la certificación USP). Entre ambas plantas se necesitaría una dotación total de al menos 90 personas. Esa es la cantidad de puestos de trabajo directos que el proyecto podría generar, mientras que los puestos indirectos son difíciles de estimar. Los costos salariales mensuales totales ascenderían a 158.424.250,73 ARS, contando las cargas sociales y contribuciones correspondientes, mientras que los costos anuales ascenderían a 3.363.468.707,97 ARS.

CAPÍTULO X: ESTUDIO LEGAL

10.1. Introducción

La instalación de una planta destinada a la producción de jabón de tocador y glicerina grado USP requiere el cumplimiento de un conjunto de disposiciones legales de carácter comercial, laboral, ambiental, tributario y sanitario.

El presente capítulo describe el marco jurídico bajo el cual se desarrollará el proyecto, contemplando la legislación vigente en la República Argentina, la Provincia de Buenos Aires y las exigencias específicas derivadas de su localización en el Parque Industrial Zárate.

10.2. Constitución jurídica de la empresa

10.2.1. Identidad Empresarial y Constitución Jurídica

Se propone constituir la empresa bajo la forma de **Sociedad Anónima (S.A.)**, regulada por la **Ley General de Sociedades N.º 19.550**. La elección de esta figura jurídica, se considera la más adecuada para un emprendimiento industrial de proceso continuo que requiere inversiones de capital (CAPEX) intensivas en equipamiento crítico (torres de alta presión, sistemas de vacío profundo).

Si bien la Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.) presenta ventajas administrativas para emprendimientos de menor escala, la naturaleza del presente proyecto que procesa miles de toneladas anuales de cuerpos grasos y maneja precursores químicos controlados, se requiere una estructura societaria que garantice:

- **Escalabilidad financiera:** Facilita la incorporación de capital, la participación de nuevos accionistas y el acceso a financiamiento para futuras ampliaciones de la capacidad productiva.

- **Respaldo institucional:** Brinda la solidez corporativa necesaria frente a entidades bancarias, proveedores estratégicos (frigoríficos, petroquímicas) y grandes clientes B2B (laboratorios farmacéuticos).
- **Gestión de Riesgos y Responsabilidad:** Los accionistas responden únicamente hasta el monto del capital suscrito, limitándose su responsabilidad patrimonial frente a las obligaciones sociales, ante el riesgo inherente a una operación industrial que maneja fluidos a 250 °C y 50 bar de presión.
- **Cumplimiento Regulatorio Complejo:** Soporta de manera transparente las exigencias de auditoría de organismos como AFIP, ANMAT (para la certificación USP) y el RENPRE (para el manejo de hidróxido de sodio).

Esta estructura permite una gestión profesionalizada, un crecimiento ordenado y asegura el marco legal adecuado para operar en el sector oleoquímico de alta exigencia.

La administración estará a cargo de un **Directorio**, responsable de definir las políticas generales de la empresa (visión estratégica), aprobar inversiones y supervisar la gestión estratégica.

La conducción operativa corresponderá a la **Gerencia General**, quien tendrá bajo su dependencia las distintas gerencias funcionales de Producción, Calidad, Administración y Finanzas, Compras y Abastecimiento, Logística, Comercialización, Recursos Humanos y Seguridad, Higiene y Medio Ambiente.

10.2.2. Razón social e Identidad

ANDES OLEOQUÍMICA S.A. es una empresa dedicada a la valorización de materias primas de origen animal y la producción de especialidades químicas, orientada a abastecer de manera mayorista (B2B) al mercado nacional y regional. Su actividad central se enfoca en el desdoblamiento y saponificación de sebo bovino refinado para la obtención de jabón de tocador y glicerina de alta pureza (Grado USP).



Figura 10.1 – Logo de la empresa

Fuente: Elaboración propia

La empresa tiene como **misión** posicionarse como un proveedor confiable y estratégico, impulsando la economía circular mediante el aprovechamiento de subproductos de la industria frigorífica. Al certificar glicerina bajo los estándares de la Farmacopea de los Estados Unidos (USP), la empresa sustituye importaciones y garantiza una materia prima crítica para la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria.

La empresa se basa en transmitir tres pilares: **Solidez corporativa (B2B)**, **Pureza química (Grado USP)** y **Sustentabilidad (Economía circular)**.



Figura 10.2 – Datos de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar la razón social y sobre todo, los costos que derivan de su constitución, la cual es necesaria para la eventual operación de las plantas de producción

10.2.3. Datos sociales, tributarios y comerciales

La siguiente tabla resume el perfil corporativo, fiscal y operativo de la empresa proyectada:

<i>Datos sociales, tributarios y comerciales</i>	
Razón Social	<i>ANDES OLEOQUÍMICA S.A.</i>
País	<i>Argentina</i>
Actividad Principal	<i>Producción oleoquímica de jabón de tocador y glicerina grado USP.</i>
CUIT	<i>30-XXXXXXXX-X</i>
Actividad Principal AFIP	<i>Fabricación de jabones y detergentes / Fabricación de sustancias químicas básicas.</i>
Perfil de Comercialización	<i>B2B (Business to Business): Venta mayorista a laboratorios, industria cosmética/alimenticia (Glicerina) y grandes distribuidoras (Jabón).</i>
Año de inicio de actividades	<i>2026</i>
Dotación estimada de personal	<i>90 empleados (Incluye 4 cuadrillas rotativas para operación continua y soporte administrativo).</i>
Domicilio Industrial	<i>Parque Industrial Campana, Provincia de Buenos Aires</i>
Teléfono	<i>+54 9 261 XXX-XXXX</i>
Facturación estimada	<i>A determinar en el estudio económico-financiero.</i>

Tabla 10.1 - Información de la empresa

Fuente: Elaboración propia

10.3. Marco Legal Aplicable

La actividad industrial se desarrollará respetando el marco legal vigente en los distintos niveles jurisdiccionales, asegurando que el diseño, la construcción y la operación continua de la planta oleoquímica cumplan con los más altos estándares de seguridad jurídica, ambiental y técnica.

10.3.1. Legislación nacional

Aspectos medioambientales y de calidad:

Conforme al artículo 41 de la Constitución Nacional y la **Ley General del Ambiente N.º 25.675 (LGA)**, la actividad debe someterse a evaluación de impacto ambiental y prevención. Debido a la naturaleza del proceso, aplican normativas federales ineludibles:

- **Control de Precusores Químicos (RENPRE):** El Hidróxido de Sodio (soda cáustica) concentrado es el reactivo principal para neutralizar los ácidos grasos. Al ser una sustancia susceptible de desvío para la elaboración de estupefacientes, la empresa queda sujeta a la **Ley Nacional N.º 23.737** y al **Decreto 1095/96**.

Esto exige la inscripción obligatoria en el Registro Nacional de Precusores Químicos, el resguardo físico de los tanques de almacenamiento, la trazabilidad estricta de cada lote adquirido y la presentación de informes mensuales de consumo y stock bajo carácter de declaración jurada.

- **Normativa de Calidad (ANMAT / CAA):** El objetivo central del proyecto es la obtención de Glicerina Grado USP (Farmacopea de los Estados Unidos). Para comercializar este producto y el jabón de tocador en los mercados alimenticio, cosmético y farmacológico nacional, la planta debe ajustarse al **Código Alimentario Argentino (CAA)**.

Esto exige tramitar el Registro Nacional de Establecimiento (RNE) y el Registro Nacional de Producto Alimenticio/Cosmético (RNPA) ante la **ANMAT**. Operativamente, esto obliga a diseñar la planta bajo normas de Buenas Prácticas de Manufactura



(BPM/GMP), garantizando terminaciones sanitarias en equipos (acero inoxidable 316L en etapas finales), control de plagas y trazabilidad absoluta de lotes.

Este apartado será analizado más adelante en “Aspectos ambientales”.

Aspectos de seguridad e higiene y laborales:

La seguridad de los trabajadores constituye un aspecto prioritario en el diseño y operación de la planta. Las actividades deberán desarrollarse conforme a la:

- **Ley N.º 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo**, que establecen las condiciones mínimas de seguridad para establecimientos industriales.
- **Ley N.º 24.557 sobre Riesgos del Trabajo**, mediante la contratación de una Aseguradora de Riesgos del Trabajo (ART).

El personal operativo estará amparado por el Convenio Colectivo de Trabajo de la Industria Química y Petroquímica, contemplando el régimen de turnicidad para la operación continua.

La empresa implementará un Sistema de Gestión de Seguridad que incluirá:

- Identificación y evaluación de riesgos;
- Procedimientos operativos seguros;
- Permisos de trabajo;
- Uso obligatorio de elementos de protección personal (EPP);
- Capacitación permanente;
- Simulacros de emergencia;
- Investigación de incidentes y accidentes;



- Planes de evacuación y respuesta ante emergencias.

Debido a la presencia de sustancias químicas, equipos presurizados y procesos térmicos, se adoptarán medidas específicas para la prevención de incendios, explosiones, derrames y exposición a agentes químicos.

10.3.2 Legislación regional/provincial (Buenos Aires)

Al radicar el proyecto en Zárate, la planta queda bajo la normativa jurídico-ambiental de la Provincia de Buenos Aires, uno de los más exigentes del país para industrias de proceso continuo.

- **Radicación Industrial (Ley 11.459 y Dec. 531/19):** Esta norma exige calcular el Nivel de Complejidad Ambiental (NCA) de la planta mediante una fórmula polinómica que pondera la potencia instalada, los efluentes generados y el riesgo de la actividad. Al procesar materias primas de origen animal (sebo), utilizar calderas de vapor y operar reactores térmicos presurizados, la planta calificará como **Categoría 3**.

Esto significa que el **Certificado de Aptitud Ambiental (CAA)** no puede ser emitido por el municipio, sino que debe tramitarse directamente ante el Ministerio de Ambiente de la Provincia.

Ley General del Ambiente Bonaerense (Ley 11.723): En concordancia con la ley nacional, obliga a la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) exhaustivo, con su respectiva matriz de impactos y Plan de Gestión Ambiental (PGA).

La aprobación de este documento mediante la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) es el prerequisite ineludible para obtener el CAA.

- **Código de Aguas (Ley 12.257 - ADA):** La Autoridad del Agua (ADA) regula tanto la captación del recurso hídrico (perforaciones) como su disposición final. El proceso de hidrólisis genera "agua dulce" y la planta en su conjunto produce



efluentes con alta demanda biológica y química de oxígeno (DBO/DQO), variaciones extremas de pH y presencia de grasas.

La ley exige tramitar el **Permiso de Vuelco**, lo que obliga al proyecto a incorporar y operar una Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos (PTEL) con etapas de neutralización, separación de grasas (API/DAF) y tratamiento biológico antes de descargar al cuerpo receptor.

- **Residuos Especiales (Ley 11.720 y Dec. 806/97):** Regula la gestión de las corrientes de descarte que revisten peligrosidad, tales como los fondos de destilación de glicerina, aceites lubricantes usados de los equipos rotativos, tierras de blanqueo agotadas y envases contaminados con reactivos.

La empresa debe inscribirse como Generador de Residuos Especiales, operar un depósito de almacenamiento transitorio seguro y utilizar exclusivamente tratadores y transportistas habilitados mediante Manifiesto Electrónico.



10.3.3 Legislación municipal (Campana)

El Municipio de Zárate actúa como la autoridad de habilitación definitiva y permanente de la planta comercial e industrial.

- **Código de Ordenamiento Territorial (COT):** El municipio evalúa la compatibilidad urbanística de la actividad. La radicación en el Parque Industrial Zárate garantiza una zonificación industrial exclusiva favorable (apta para industrias Categoría 3), aislando los riesgos del tejido urbano residencial y permitiendo el tránsito de vehículos pesados.

Habilitación Comercial e Industrial: Para la obtención de la oblea habilitante y el inicio de operaciones, la empresa debe conformar un legajo técnico municipal que integre:

- El Certificado de Aptitud Ambiental (CAA) provincial vigente.
- Planos civiles, electromecánicos y de arquitectura industrial visados por los colegios profesionales correspondientes (CIPBA).
- Certificado Antisiniestral emitido por la delegación de Bomberos de la Policía de la Provincia de Buenos Aires, validando la red de hidrantes, rociadores y el plan de evacuación.
- Acreditación del pago de aforos por derechos de construcción y el alta en la Tasa de Inspección, Seguridad e Higiene (TISH), tributo municipal mediante el cual la planta será fiscalizada comercial y operativamente de manera regular.

10.4. Tramitación ambiental y habilitadora - Hoja de ruta

Para materializar el proyecto desde la ingeniería conceptual hasta la puesta en marcha operativa en el Parque Industrial Zárate, se define la siguiente hoja de ruta secuencial de tramitaciones. Este cronograma regulatorio es crítico, ya que la obtención de los permisos condiciona los plazos de construcción (CAPEX) y el inicio de la facturación.

Fase 1: Registros Federales y Aprobaciones de Diseño

1. **Constitución de la Sociedad Anónima:** en el caso de la Provincia de Buenos Aires el trámite se realiza en la Dirección Provincial de Personas Jurídicas, con la intervención de un abogado o escribano para la redacción y certificación del estatuto de la sociedad.

<i>Concepto</i>	<i>Costo (ARS)</i>	<i>Detalles</i>
Capital mínimo obligatorio	\$30.000.000	25% debe integrarse en efectivo al inicio; el resto en 2 años.
Tasa de inscripción (IGJ o Registro Provincial)	≈ \$90.000	Trámite ordinario; urgente puede costar más.
Publicación en Boletín Oficial	\$120.000 – \$220.000	Obligatoria, depende de la extensión del edicto.
Honorarios de escribano	\$900.000 – \$1.800.000	Escritura pública obligatoria para SA.
Honorarios profesionales (abogado/gestoría)	\$600.000 – \$1.200.000	Redacción estatuto, reserva de nombre, presentación.
Garantía de administración (seguro de caución)	\$100.000 – \$300.000	Obligatoria para directores.

Tabla 10.2 - Costos de constitución de S.A

Fuente: Elaboración propia



- 2. Registro en RENPRE y ANMAT:** Constituyen el paso cero del proyecto. Antes de iniciar la construcción, se debe tramitar la pre-aprobación de los planos sanitarios ante ANMAT para garantizar que el diseño de la planta cumple con las exigencias para la certificación de Glicerina USP (Registro Nacional de Establecimiento - RNE).

En paralelo, se debe iniciar la inscripción de la sociedad en el Registro Nacional de Precusores Químicos (RENPRES) para habilitar la futura compra del hidróxido de sodio a granel indispensable para la etapa de neutralización.

De aquí se desprenden los siguientes costos:

RENPRES

- Inscripción inicial al RENPRES: ARS 120.000.
- Reinscripción: se realiza de forma quinquenal (cada 5 años) y representa un monto de ARS 80.000.
- Importación: cada vez que se requiera un precursor químico importado se debe pagar un arancel de ARS 215.000
- Exportación: la autorización demanda ARS 215.000 por cada lote.
- Declaración de importación/exportación: cada vez que se importa o exporta un cargamento de sustancias químicas se requiere un documento para constatar la entrada o salida de sustancias del país en el sistema del RENPRES (cantidad, destino, comprador y medio de transporte) El monto asciende a ARS 144.000 por operación.
- Informe de movimientos: se trata de un informe en el cual se detalla la compra de locales, consumos en planta, ventas a terceros y stock remanente, entre otras cosas. El desembolso trimestral sería de ARS 74.000.

ANMAT

- Autorización de fabricante/importador: \$1.529.400 (única vez, por establecimiento).
- Verificación GMP en planta nacional: inspección obligatoria para validar Buenas Prácticas de Manufactura. En plantas locales, el costo es menor que en extranjeras, pero puede rondar entre \$500.000 y \$1.000.000 según la complejidad.
- Registro de productos cosméticos/higiene: cada jabón o línea de glicerina USP debe inscribirse como producto, abonando un arancel anual para el mantenimiento

Mantenimiento anual por producto



- Clase I (bajo riesgo, ej. jabón de tocador): \$39.500
- Clase II (riesgo medio, ej. jabón líquido con aditivos): \$52.000
- Clase III (riesgo mayor, ej. glicerina USP con uso cosmético/farmacéutico): \$70.000
- Clase IV (alto riesgo, ej. productos con principios activos): \$93.000

Fase 2: Autorizaciones Provinciales (Provincia de Buenos Aires)

1. Categorización Industrial (Ley 11.459): Presentación del proyecto técnico, balances de materia, flujogramas y consumos energéticos ante el Ministerio de Ambiente de la Provincia. Mediante el cálculo del Nivel de Complejidad Ambiental (NCA), se oficializa el encuadre de la instalación como industria de Categoría 3, definiendo a la Provincia como autoridad de aplicación.

2. Estudio de Impacto Ambiental (EIA): Desarrollo y presentación del EIA mediante consultora ambiental inscrita. Incluye los estudios de línea de base, modelización de dispersión de emisiones de las calderas y el Plan de Gestión Ambiental (PGA). La evaluación culmina con la emisión de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

-Consultoría técnica: \$1.200.000 – \$2.500.000

-Tasa de presentación ante el Ministerio de Ambiente: \$150.000 – \$300.000

3. Permisos Hídricos (ADA): Presentación de la ingeniería de detalle de la Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos (PTL) ante la Autoridad del Agua. Se tramita la pre factibilidad de vuelco y, una vez finalizada la obra, se solicita el Permiso de Vuelco definitivo, estableciendo los parámetros de monitoreo continuo para DBO, DQO, pH y temperatura.

-Permiso de uso de agua: canon anual según consumo, \$200.000 – \$600.000.

-Autorización de vertido de efluentes: \$150.000 – \$300.000 por trámite + adecuación de planta de tratamiento (\$1.000.000 – \$3.000.000 CAPEX).

4. Registro de Aparatos a Presión y Residuos Especiales: Previo al arranque, se inscriben los equipos críticos (torre de hidrólisis, evaporadores y calderas) ante la Provincia, presentando los ensayos no destructivos (END) y pruebas hidráulicas. Simultáneamente, se tramita el alta como generador de residuos especiales (Ley 11.720) y se formalizan los contratos con operadores para la disposición de tierras de blanqueo y purgas.

5. Certificado de Aptitud Ambiental (CAA): Una vez obtenida la DIA, aprobados los sistemas de tratamiento (ADA) y registrados los equipos de riesgo, el Ministerio de



Ambiente emite el CAA. Este es el documento rector que certifica que la planta está apta para operar sin comprometer el entorno.

6. Ministerio de Trabajo: exige ciertas capacitaciones obligatorias para el personal de planta y realiza inspecciones periódicas para constatar el cumplimiento de la legislación laboral.

-Plan de seguridad e higiene: consultoría \$300.000 – \$600.000.

-Inscripción en Ministerio de Trabajo: tasa administrativa \$50.000 – \$100.000. Se realiza una sola vez.

-Capacitación obligatoria: \$100.000 – \$250.000/año.

7. Dirección de Fiscalización Sanitaria: corresponde al control provincial de productos de higiene y cosmética, fundamentalmente al etiquetado y la comercialización.

-Registro de productos cosméticos/higiene: **\$50.000 – \$120.000 por producto.**

-Inspecciones de etiquetado y comercialización: **\$30.000 – \$80.000 por control.**

Fase 3: Habilitación Local y Puesta en Marcha

Habilitación Municipal: Con el CAA provincial en mano, se presenta el legajo técnico completo ante el Municipio de Campana. Esta instancia incluye la aprobación final de los planos de obra civil y electromecánica, la validación del Certificado Antisiniestral (Bomberos de la Policía de la Provincia de Buenos Aires) y el pago de los aforos correspondientes. Tras la inspección municipal final, se otorga la oblea de Habilitación Comercial e Industrial, autorizando el inicio formal de las operaciones productivas.

Tasa de habilitación:

-Puede ser **gratuita** si se inicia el trámite con el local cerrado (previo a la inspección inicial)

-Si el establecimiento ya está abierto, se cobra según superficie, rubro y riesgo.

-Rango estimado: \$100.000 – \$500.000 ARS.

Certificados y planos:

-Certificado de zonificación, libre deuda, planos de arquitectura e instalaciones.

-Rango: \$50.000 – \$150.000 ARS.

Honorarios profesionales:

-Arquitecto/ingeniero para planos y memoria descriptiva.



-Rango: \$100.000 – \$250.000 ARS.

10.5. Marco impositivo

El régimen tributario aplicable a la planta de **ANDES OLEOQUÍMICA S.A.** en el Parque Industrial Campana (Provincia de Buenos Aires) involucra los tres niveles de gobierno: Nacional, Provincial y Municipal.

Este esquema afecta directamente la estructura de costos fijos (OPEX), la gestión del capital de trabajo y la determinación del flujo de caja neto del proyecto.

10.5.1. Impuestos nacionales (ARCA / AFIP)

Los tributos de jurisdicción nacional son administrados por la Agencia de Recaudación y Control Aduanero (ARCA, ex AFIP) y gravan las rentas, la adición de valor, los movimientos bancarios y las operaciones de comercio exterior.

1. Impuesto a las Ganancias

Grava las ganancias netas obtenidas por las sociedades por sus actividades industriales y comerciales. La empresa debe determinar su ganancia neta ajustada por amortizaciones, valuación de inventarios, deducciones permitidas y ajustes por inflación impositiva. Afecta directamente la rentabilidad anual del proyecto industrial. **2. Impuesto al Valor Agregado (IVA)**

2. Impuesto al Valor Agregado (IVA)

Grava la venta de bienes (jabón, glicerina) y las importaciones. Es un impuesto neutro, ya que la empresa debita el IVA en sus ventas B2B y acredita el IVA de compras (sebo, soda cáustica), insumos y gastos asociados a la actividad.

Tiene relevancia operativa diaria por la necesidad de emitir comprobantes electrónicos, registrar créditos fiscales, administrar percepciones/retenciones y gestionar saldos técnicos. Actualmente es el 21% del valor final.

- **Alícuota general:** 21% sobre el valor del producto (fideos de jabón de tocador y glicerina USP).
- **Dinámica operativa:** Es un impuesto de neutralidad económica. La empresa genera **Débito Fiscal** en sus ventas a clientes B2B (distribuidoras y laboratorios) y computar **Crédito Fiscal** en la compra de insumos (sebo bovino refinado, soda cáustica), servicios de energía (gas, electricidad) y gastos operativos. Durante la etapa de inversión (CAPEX), la compra de bienes de capital genera un saldo a favor técnico cuya administración financiera debe ser considerada en la caja.

3. Impuesto PAIS y tributos asociados al comercio exterior

Afecta principalmente operaciones en moneda extranjera. En industrias que importan equipos (centrífugas, DCS) o servicios técnicos del exterior, esta carga puede ser significativa, aplicando tasas adicionales asociadas a la adquisición de divisas.

4. Impuesto a los Débitos y Créditos Bancarios ("Impuesto al Cheque")

Grava todos los movimientos en cuentas bancarias (Ley N.º 25.413). Aunque es de recaudación sencilla, tiene impacto operativo y suele aplicarse como gasto financiero. Parte del impuesto puede computarse como pago a cuenta de Ganancias.

La alícuota general es 0,6% por cada crédito y 0,6% por cada débito (1,2% total).

<i>Movimiento</i>	<i>Tasa</i>	<i>Monto impuesto (Ej: Transferencia de \$1.000.000)</i>
<i>Débito</i>	0,6%	\$6.000
<i>Crédito</i>	0,6%	\$6.000
<i>Total</i>	1,2%	\$12.000

Tabla 10.3 - Impuesto a los débitos y créditos bancarios

Fuente: Elaboración propia

5. Derechos de Comercio Exterior (Aranceles Aduaneros)

Las importaciones de equipamiento o repuestos están sujetas a Derechos de Importación, más otras tasas complementarias (estadística, comprobación). En caso de exportaciones de Glicerina USP, pueden aplicar Derechos de Exportación o reintegros.

- **Importaciones de Bienes de Capital:** Para la maquinaria crítica no producida en el país (centrífugas de separación, sistemas de destilación de vacío o componentes del DCS), se aplican los Derechos de Importación Extrazona (DIE) bajo la nomenclatura arancelaria del Mercosur, con alícuotas promedios del 14% al 22% sobre valor CIF, suplementadas por la Tasa de Estadística (3%).
- **Exportaciones de Glicerina USP:** En caso de destinar excedentes de Glicerina USP a mercados regionales (Brasil, Chile, Uruguay), se aplican las posiciones arancelarias correspondientes, pudiendo computar reintegros a la exportación por tratarse de un producto industrial procesado con alto valor agregado.

10.5.2. Impuestos provinciales (ARBA - Provincia de Buenos Aires)

La Provincia de Buenos Aires posee un sistema impositivo administrado por la Agencia de Recaudación de la Provincia de Buenos Aires (ARBA).

1. *Impuesto sobre los Ingresos Brutos (IIBB)*



Es el tributo provincial más relevante. Grava el ingreso bruto derivado de la actividad industrial. Si la empresa vende a otras provincias, los ingresos se distribuyen bajo el régimen de Convenio Multilateral. La Ley Impositiva de PBA fija para producción industrial una alícuota cercana al 1% (sujeta a exenciones por radicación en Parques Industriales).

La inscripción no tiene costo, pero se deben abonar alícuotas en concepto del Impuesto a los Ingresos Brutos.

- **Alícuota industrial:** Para la actividad manufacturera (fabricación de jabones y productos químicos básicos), la Ley Impositiva de la Provincia de Buenos Aires fija una alícuota general de **1,0% a 1,5%** sobre la facturación bruta.
- **Promoción Industrial en Parques Industriales:** Al estar radicada en el Parque Industrial Zárate, la empresa puede solicitar la exención parcial o temporal de Ingresos Brutos al amparo de la Ley Provincial de Promoción Industrial N.º 13.656.
- **Régimen de Convenio Multilateral:** Al vender productos a clientes radicados en otras provincias (CABA, Santa Fe, Córdoba, Mendoza), los ingresos se distribuyen entre las jurisdicciones aplicando los coeficientes unificados de gastos e ingresos.

2. Impuesto de Sellos

Grava los actos jurídicos realizados dentro de la provincia, como contratos de suministro de sebo, logística o garantías. Su alícuota varía según el instrumento

- **Alícuota general para contratos comerciales:** 1,2% sobre el valor total del contrato.

<i>Tipo de contrato</i>	<i>Alícuota</i>
<i>Locación comercial / industrial</i>	<i>1,2%</i>
<i>Cesión de derechos</i>	<i>1,2%</i>
<i>Garantías / aval</i>	<i>1,2%</i>
<i>Compraventa de bienes muebles</i>	<i>1,2%</i>

Tabla 10.4 - Impuesto de sellos

Fuente: Elaboración propia

3. Impuesto Inmobiliario Industria

Grava la propiedad de inmuebles, administrado por ARBA. La planta debe tributar por el terreno y las construcciones. ARBA fija valores por m² para calcular la base imponible.



10.5.3. Impuestos municipales

El Municipio de Campana percibe tasas y derechos vinculados a la prestación de servicios públicos y a la fiscalización del establecimiento.

1. Tasa por Servicios Generales / Alumbrado y Limpieza

Cubre servicios de mantenimiento de accesos, alumbrado y recolección (no industrial). Su cálculo se basa en la superficie o valuación fiscal del inmueble.

2. Tasa por Inspección, Seguridad e Higiene (TISH)

Es la tasa municipal más crítica para establecimientos industriales. Grava la actividad económica en función de los ingresos brutos declarados y financia los servicios de control, inspección, seguridad industrial y ambiental. Su cumplimiento requiere declaraciones periódicas e inspecciones que verifican condiciones edilicias, redes de incendio y manejo de sustancias químicas.

3. Otras tasas municipales

Pueden existir adicionales como: derechos por habilitación de la planta, derechos de construcción de obra civil, y contribuciones por uso del tránsito pesado (frecuente por el ingreso de camiones cisterna con sebo y soda cáustica).

10.6. Permisos y habilitaciones

Antes del inicio de las actividades será necesario obtener las autorizaciones correspondientes para la construcción y operación de la planta.

Habilitación municipal

La empresa deberá obtener la habilitación otorgada por la Municipalidad correspondiente, acreditando el cumplimiento de las condiciones edilicias, urbanísticas y de seguridad exigidas para establecimientos industriales.

Se trata de un trámite de 3 (tres) etapas.

1- Consulta de zonificación

- Presentación de la escritura del dominio inmueble
- Boleta de CEZ (Certificado de Zonificación Especial)
- Boleto de compra venta
- Contrato de locación
- Contrato de comodato, de corresponder



- Memoria descriptiva, de corresponder (datos del solicitante, instalaciones, distribución de áreas impacto ambiental, condiciones de seguridad e higiene, equipamiento, etc)

2- Solicitud de alimentación

- Copia del D.N.I., L.C., L.E. o documento que acredite identidad, en el caso de personas físicas.
- Poder legalizado en caso de representación.
- En el caso de personas jurídicas: Copia del Instrumento constitutivo o estatuto social y acta de designación de autoridades vigentes. De tratarse de sociedades de hecho deberá presentar la Copia del D.N.I., L.C., L.E. o documento que acredite identidad con relación a cada uno de los integrantes de la misma.
- Copia del formulario de iniciación de actividades en ARBA (Agencia de Recaudación de Buenos Aires) o Constancia de Inscripción. En caso de Convenio Multilateral declarar domicilio comercial en Zárate o Lima según corresponda (fotocopias autenticadas por ARBA).
- Copia de la constancia de Inscripción en AFIP, en el caso de Monotributistas alta de actividades de AFIP.
- Copia de la constancia de Inscripción como empleador, en caso de corresponder.
- Copia del contrato de locación con el respectivo pago del sellado o escritura de dominio, o boleto de compra-venta legalizado o autorización de ocupación legalizada.

3- Inspección de comercio

- Copia de libretas sanitarias de todo el personal, o de propietarios que atienden al público en comercios que corresponda (venta de comestibles en general, peluquería, etc.).
- Descripción del emprendimiento. Contenido mínimo: Tipo de emprendimiento, superficies a ocupar y destino de las mismas. Número de empleados, todo otro dato que considere de interés – a criterio de SDE.
- Copia xerográfica certificada del plano de arquitectura del inmueble expedida por la Dirección de Obras Particulares.

Si el trámite se inicia antes de realizar actividades en el mismo no se debe abonar una tasa de habilitación.

Por otro lado, de la documentación necesaria se derivan los siguientes desembolsos:



- Certificados (libre deuda, zonificación).
- Honorarios profesionales por planos o croquis.
- Sellados de contratos de locación o comodato.
- Posibles tasas de inspección de seguridad e higiene.

Habilitación industrial

La planta deberá inscribirse en el Registro Provincial correspondiente como establecimiento industrial, cumpliendo con las exigencias establecidas por la Provincia de Buenos Aires para el desarrollo de actividades manufactureras.

Asimismo, deberá tramitar el **Certificado de Aptitud Ambiental (CAA)** cuando resulte exigible según la clasificación ambiental de la actividad.

También deberá cumplir con el **control de Precursores Químicos (RENPRE)**, para la adquisición, almacenamiento y uso de hidróxido de sodio (soda cáustica) en el proceso de neutralización, la empresa deberá inscribirse obligatoriamente en el Registro Nacional de Precursores Químicos (RENPRE).

Las operaciones están reguladas bajo la **Ley Nacional N.º 23.737** (Régimen penal de estupefacientes), el **Decreto 1095/96** y sus modificatorios, y las correspondientes **Resoluciones del RENPRE**, las cuales exigen un estricto control de inventarios, trazabilidad de la sustancia y presentación de informes regulares para evitar su desvío.

Evaluación de Impacto Ambiental

Con carácter previo al inicio de las obras deberá elaborarse un **Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**, en el que se evaluarán los efectos potenciales del proyecto sobre el ambiente y se propondrán las medidas de prevención, mitigación y monitoreo correspondientes.

La aprobación del estudio por la autoridad ambiental constituye un requisito indispensable para la ejecución del proyecto.

Certificados ambientales

Durante la operación deberán mantenerse vigentes las autorizaciones ambientales relacionadas con:

- Generación de efluentes líquidos;
- Emisiones atmosféricas;
- Gestión de residuos;
- Almacenamiento de sustancias químicas.



10.7. Seguridad, higiene y salud ocupacional

La seguridad de los trabajadores constituye un aspecto prioritario en el diseño y operación de la planta.

Las actividades deberán desarrollarse conforme a la **Ley N.º 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo** y su **Decreto Reglamentario N.º 351/79**, que establecen las condiciones mínimas de seguridad para establecimientos industriales.

Asimismo, será de aplicación la **Ley N.º 24.557 sobre Riesgos del Trabajo**, mediante la contratación de una Aseguradora de Riesgos del Trabajo (ART).

La empresa implementará un Sistema de Gestión de Seguridad que incluirá:

- Identificación y evaluación de riesgos;
- Procedimientos operativos seguros;
- Permisos de trabajo;
- Uso obligatorio de elementos de protección personal (EPP);
- Capacitación permanente;
- Simulacros de emergencia;
- Investigación de incidentes y accidentes;
- Planes de evacuación y respuesta ante emergencias.

Debido a la presencia de sustancias químicas, equipos presurizados y procesos térmicos, se adoptarán medidas específicas para la prevención de incendios, explosiones, derrames y exposición a agentes químicos.

A continuación, se detallan los riesgos a los que se ve expuesto el personal de las plantas dimensionadas.

<i>Peligro</i>	<i>Consecuencias</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>Nivel de riesgo</i>	<i>Medidas de control</i>
<i>Alta presión operativa</i>	<i>Explosión Quemaduras</i>	<i>Media</i>	<i>Crítica</i>	<i>Alto</i>	<i>Válvulas de alivio Inspección periódica y medición de espesores de recipientes sometidos a presión</i>
<i>Alta temperatura operativa</i>	<i>Quemaduras graves</i>	<i>Media</i>	<i>Crítica</i>	<i>Alto</i>	<i>Aislamiento térmico, EPP ignífugo, capacitación</i>
<i>Productos químicos corrosivos</i>	<i>Quemaduras químicas</i>	<i>Alta</i>	<i>Grave</i>	<i>Alto</i>	<i>Guantes de neopreno, duchas de emergencia, capacitación</i>
<i>Ruido industrial</i>	<i>Hipoacusia</i>	<i>Alta</i>	<i>Moderada</i>	<i>Medio</i>	<i>EPP, monitoreo de decibeles</i>
<i>Iluminación deficiente o excesiva</i>	<i>Fatiga visual Accidentes</i>	<i>Media</i>	<i>Moderada</i>	<i>Medio</i>	<i>Lámparas LED con difusores Monitoreo de lúmenes</i>
<i>Corrosión de equipos</i>	<i>Fugas Quemaduras Accidentes</i>	<i>Media</i>	<i>Grave</i>	<i>Medio</i>	<i>Inspección metalúrgica Pintura anticorrosiva</i>
<i>Electricidad (columnas con sólidos)</i>	<i>Descargas Incendios</i>	<i>Baja</i>	<i>Grave</i>	<i>Medio</i>	<i>Puesta a tierra Control de humedad</i>

Tabla 10.5 - Evaluación de riesgos

Fuente: Elaboración propia

La ley N°19.587 de Higiene y Seguridad establece que deben mantenerse registros y se deben demostrar medidas preventivas ante una eventual inspección de la superintendencia de riesgos del trabajo. Esto incluye relevamientos periódicos, mediciones ambientales, capacitación y evidencia de acciones correctivas

Evaluación de riesgos:

Debe identificar agentes físicos, químicos, biológicos y ergonómicos presentes en el ambiente laboral. La presentación debe ser escrita, con metodología clara y registros trazables.



Documentación obligatoria:

El empleador debe conservar informes de mediciones (ruido, iluminación, contaminantes), registros de entrega de EPP, capacitaciones y exámenes médicos.

Mediciones periódicas:

Según Decreto 351/79 y Resoluciones SRT, se exige medir ruido, iluminación, temperatura, vibraciones y contaminantes químicos al menos una vez al año o ante cambios de proceso.

Capacitación:

El personal debe recibir formación sobre riesgos específicos de su puesto y uso correcto de EPP.

Responsabilidad del empleador:

Adoptar medidas preventivas, mantener instalaciones seguras, proveer EPP sin costo, realizar exámenes médicos y denunciar accidentes.

Sanciones:

El incumplimiento puede derivar en multas, clausura del establecimiento o responsabilidad civil/penal en caso de accidente.

10.8. Legislación ambiental

La operación de la planta deberá desarrollarse respetando los principios establecidos por la **Ley General del Ambiente N.º 25.675**, así como la normativa ambiental de la Provincia de Buenos Aires, como:

- **Ley Provincial N.º 11.459** de Radicación Industrial.
- Decreto Reglamentario **531/19** (o el vigente al momento de presentar el proyecto) sobre clasificación industrial y Certificado de Aptitud Ambiental.
- Normativa de la **Autoridad del Agua (ADA)** para captación y vuelco de efluentes.
- Normativa del **Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires**.

Este apartado será analizado en profundidad más adelante en el capítulo de estudio ambiental.

10.9. Régimen impositivo y obligaciones legales

Como sujeto económico, la empresa estará alcanzada por el régimen tributario nacional, provincial y municipal.

Entre las principales obligaciones fiscales se encuentran:

- **Impuesto al Valor Agregado (IVA)**, aplicable a la comercialización de bienes y servicios.
- **Impuesto a las Ganancias**, sobre los resultados obtenidos por la sociedad.
- **Impuesto sobre los Ingresos Brutos** de la Provincia de Buenos Aires, correspondiente al ejercicio habitual de la actividad industrial y comercial.
- **Tasas municipales** del Partido de Zárate, vinculadas a habilitación, inspección, seguridad e higiene y demás servicios municipales.
- **Aportes y contribuciones a la seguridad social**, incluyendo jubilaciones, obras sociales, asignaciones familiares y contribuciones patronales.

El cumplimiento oportuno de estas obligaciones permitirá garantizar el normal funcionamiento de la empresa, evitando sanciones administrativas y asegurando la transparencia de su gestión económica y financiera.

10.10. Conclusiones del aspecto legal

Del análisis del marco legal aplicable se concluye que el proyecto de instalación de una planta para la producción de jabón de tocador y glicerina grado USP en el Parque Industrial Campana, Provincia de Buenos Aires, resulta técnicamente compatible con la legislación vigente, siempre que se cumplan las disposiciones nacionales, provinciales y municipales que regulan el desarrollo de actividades industriales.

La constitución de la empresa bajo la figura de **Sociedad Anónima (S.A.)** proporciona una estructura jurídica adecuada para un emprendimiento industrial de esta magnitud, al ofrecer una organización formal, limitar la responsabilidad patrimonial de los accionistas y facilitar la incorporación de capital para futuras ampliaciones o inversiones.

En particular, la obtención del **Certificado de Aptitud Ambiental**, la aprobación del **Estudio de Impacto Ambiental**, la habilitación municipal y los permisos vinculados a la gestión de efluentes, emisiones y residuos constituyen requisitos indispensables para el inicio de las actividades.

Asimismo, el cumplimiento de la **Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo**, la **Ley de Riesgos del Trabajo** y de las demás normas relacionadas con la prevención de riesgos permitirá desarrollar las operaciones bajo condiciones adecuadas de seguridad para los trabajadores, las instalaciones y el entorno. La implementación de procedimientos operativos seguros, planes de emergencia, programas de capacitación y medidas de prevención contribuirá a minimizar los riesgos inherentes a una planta química de operación continua.



En materia de calidad, la aplicación de **Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)** y el cumplimiento de las especificaciones de la **Farmacopea de los Estados Unidos (USP)** para la producción de glicerina garantizarán que los productos elaborados satisfagan los requisitos técnicos y regulatorios exigidos por los mercados a los que se destinen. De igual manera, la eventual aplicación de la normativa de la **Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT)**, junto con la implementación de sistemas de gestión basados en normas **ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001**, fortalecerá la competitividad y favorecerá la mejora continua de sus procesos.

Por otra parte, la localización de la planta en el **Parque Industrial Campana** representa una ventaja desde el punto de vista legal y operativo, ya que se trata de un área destinada al desarrollo de actividades industriales, con infraestructura, servicios y condiciones adecuadas para este tipo de emprendimientos, facilitando además el cumplimiento de los requisitos de ordenamiento territorial, habilitación y control ambiental.

En conclusión, el marco normativo analizado permite afirmar que el proyecto posee **factibilidad legal**, siempre que durante las etapas de diseño, construcción, puesta en marcha y operación se respeten las obligaciones establecidas por la legislación aplicable.

CAPÍTULO XI: ESTUDIO NORMATIVO

11.1. Normativa de calidad y regulaciones del producto

En este capítulo se pondrá énfasis en la glicerina USP, ya que es un producto que debe cumplir un estándar internacional y debe cumplir todas las normativas de comercio exterior. La producción estará orientada al cumplimiento de elevados estándares de calidad, especialmente para la elaboración de glicerina grado USP.

La planta implementará un sistema de **Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)** que garantice la trazabilidad de las materias primas, el control de los procesos y la documentación de todas las operaciones.

La certificación de BPM sería evaluada y otorgada por la ANMAT, mediante auditoración. Dicho organismo nacional sería el encargado de revisar la documentación con los protocolos de higiene, los manuales de seguridad, de registro de lotes y los procedimientos de limpieza y luego haría la verificación in situ.

La glicerina deberá cumplir las especificaciones establecidas por la **Farmacopea de los Estados Unidos (USP)**, incluyendo los requisitos de pureza, contenido de agua, color, impurezas y demás parámetros fisicoquímicos exigidos.

PARÁMETRO	LÍMITE USP	NOTAS TÉCNICAS
Pureza	99,0 – 101,0 %	Base anhidra, glicerol $C_3H_8O_3$
Contenido de agua	$\leq 5,0$ %	Método Karl Fischer
Gravedad específica	$\geq 1,249$ g/cm ³	A 20 °C
Índice de refracción	1,470 – 1,475	Identificación
Cloruros	$\leq 0,001$ %	Ensayo argentométrico
Sulfatos	$\leq 0,002$ %	
Metales pesados	≤ 5 µg/g	Pb, Cd, Hg, As
Dietilenglicol / Etilenglicol	$\leq 0,10$ % c/u	Control de toxicidad
Compuestos clorados	$\leq 0,003$ % Cl	
Ácidos grasos / Ésteres	≤ 1 mL NaOH 0,5 N	Ensayo de saponificación
Residuo en ignición	$\leq 0,01$ %	
Impurezas volátiles	Cloroformo ≤ 60 ppm Diclorometano ≤ 600 ppm Tricloroetileno ≤ 80 ppm	Control de solventes
Color	Incoloro o liger. translucido	Estándar férrico
pH	5,0 – 7,0	

Tabla 11.1 – Parámetros del Estándar USP

Fuente: Elaboración propia

El control de tales parámetros sería llevado a cabo por personal especializado en un laboratorio equipado para tal fin en la planta de concentración.



Además, al destinarse a los mercados alimenticio, cosmético y farmacológico, el establecimiento y sus productos deberán registrarse y cumplir estrictamente con el **Código Alimentario Argentino (CAA)**, el cual establece las normas de calidad obligatorias para la glicerina USP y los jabones de tocador a nivel nacional, bajo la fiscalización de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), además de cumplir con las exigencias de SENASA si corresponde por el origen del sebo.

Asimismo, se recomienda implementar un Sistema Integrado de Gestión basado en normas internacionales tales como:

- **ISO 9001** (Sistema de Gestión de la Calidad).
- **ISO 14001** (Sistema de Gestión Ambiental).
- **ISO 45001** (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo).

La **certificación ISO 9001** representa una inversión estratégica para empresas que buscan garantizar la calidad y acceder a mercados más exigentes. En Argentina, los costos varían según el tamaño y complejidad de la organización. Para **PyMEs**, la implementación y auditoría inicial suele oscilar entre **USD 2.000 y USD 10.000**, mientras que en **empresas medianas y grandes** puede superar los **USD 60.000**.

Sin embargo, cabe destacar que su certificación no es obligatoria para poder comercializar glicerina grado USP.

El gasto se divide en tres componentes principales:

- **Consultoría de implementación:** documentación de procesos, capacitación y preparación para auditorías.
- **Auditoría de certificación:** realizada por organismos acreditados como IRAM, SGS o Bureau Veritas.
- **Mantenimiento anual:** auditorías de seguimiento y recertificación cada tres años, con un costo equivalente al 30–40% de la auditoría inicial.

El **tiempo de implementación** suele ser de 4 a 8 meses en PyMEs, y el **retorno de inversión** se estima en 12 a 24 meses gracias al acceso a licitaciones, exportaciones y reducción de reprocesos.

En conclusión, la certificación ISO 9001 implica un costo inicial significativo, pero se traduce en **ventajas competitivas sostenibles** para proyectos industriales como la producción de jabones de tocador y glicerina USP, donde la calidad y la trazabilidad son requisitos normativos y comerciales clave.



Las normativas fiscales, laborales, de seguridad industrial y ambientales fueron mencionadas en el anterior capítulo, por lo que a continuación se destacan aspectos sanitarios y de comercio exterior.

1. Normativa Sanitaria y de Calidad

- **ANMAT – Disposición 7939/2025**

- 0 Introduce sistema digital de **declaración jurada** para fabricantes de cosméticos y productos de higiene.
- Exige cumplimiento de **Buenas Prácticas de Manufactura (GMP)** en infraestructura, higiene, capacitación y registros.
- Cada lote debe someterse a pruebas microbiológicas, irritación y seguridad.

- **Reglamento Técnico MERCOSUR de BPF**

- 0 Establece requisitos mínimos de fabricación, envasado, almacenamiento y control de calidad para cosméticos y perfumes.
- Fiscalización por ANMAT en Argentina.

- **SENASA – Resolución 458/2025**

- 0 Control de insumos químicos y agroalimentarios, incluyendo inocuidad y residuos químicos.
- Relevante si la glicerina USP se destina a uso alimentario.

2. Normativas de Comercio Exterior

- **Código Aduanero – Ley 22.415**

- 0 Regula exportación e importación de mercaderías.
- Exige inscripción en el **Registro de Exportadores** y uso de factura tipo E.

- **Decreto 566/2026**

- 0 Reduce alícuotas de derechos de exportación para bienes industriales, favoreciendo la competitividad.

- **Resolución 166/2026 – Secretaría de Energía**

- 0 Unifica régimen de exportación de hidrocarburos líquidos y derivados.
- Aunque no aplica directamente a glicerina, marca tendencia hacia simplificación administrativa y declaración jurada digital.

La glicerina/glicerol corresponde a la posición **NCM 2905.45.00**.

La normativa vigente establece para esa posición un **Derecho de Exportación (D.E.) del 3,5 %**. Esto surge específicamente del esquema vigente para la NCM 2905.45.00

Por otro lado, el certificado de origen solo es necesario si el país de destino lo requiere y la glicerina USP no es considerada como mercancía peligrosa.

<i>Concepto</i>	<i>Estimación</i>
<i>Derecho de exportación</i>	<i>3,5% sobre valor FOB</i>
<i>Despachante de aduana</i>	<i>USD 100–300 aprox</i>
<i>Documentación / gestión exportación</i>	<i>USD 50–200</i>
<i>Certificado de origen, si corresponde</i>	<i>USD 30–100</i>
<i>Gastos administrativos/bancarios</i>	<i>USD 50–150</i>
<i>Terminal / documentación portuaria</i>	<i>USD 100–300</i>
<i>Manipuleo / ingreso de carga</i>	<i>USD 100–300+</i>
<i>Cargos especiales por mercancía peligrosa</i>	<i>Variable (NC)</i>
<i>Total orientativo</i>	<i>USD 400–1.300+ por embarque</i>

Tabla 11.1 - Parámetros del estándar USP

Fuente: Elaboración propia

Si bien corresponde pagar derechos de importación, existen reintegros del orden del 2,5% que generan que sea un costo insignificante.

11.2. Conclusión

Para poder producir y vender glicerina USP es necesario cumplir los parámetros fijados por el estándar americano, cumplimiento que sería verificado por personal cualificado del área de calidad en un laboratorio dispuesto para tal fin. Además, la ANMAT debe auditar la documentación correspondiente y la propia planta in situ para corroborar las BPM.

No es obligatorio certificar normas como la ISO 9001 u otras similares para poder comercializar el producto mencionado.

Con respecto al comercio exterior, la exportación del producto se enmarcaría en el código aduanero, pagando entre 400 y 1300 dólares por embarque.

CAPÍTULO XII: ESTUDIO AMBIENTAL

12.1. Introducción

Todo proyecto de inversión debe cumplir los procedimientos y las exigencias plasmadas en la legislación correspondiente. Como ya se mencionó, la ley 25.675 establece que todo proyecto debe presentar un Estudio de Impacto Ambiental, como parte de un procedimiento administrativo denominado Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), con el fin de brindarle a la autoridad de aplicación, normalmente la Secretaría de Ambiente de la provincia en donde pretende radicarse el proyecto, una herramienta para predecir los efectos ambientales que producirá la eventual construcción y operación de las instalaciones estipuladas por el mismo.

Todo el procedimiento jurídico-ambiental se basa en el derecho constitucional al ambiente sano y equilibrado, plasmado en el artículo N°41 de la Constitución Nacional.

Básicamente se busca identificar, prevenir y mitigar los impactos ambientales, potenciando los aspectos positivos y minimizando los negativos.

Una vez que se ha presentado el EsIA la autoridad de aplicación lo revisa, solicita modificaciones de ser necesario y pasa a una etapa de dictamen técnico. La última etapa del proceso de evaluación consiste en una audiencia pública para que posteriormente la autoridad emita la Declaración de Impacto Ambiental.

A continuación se muestran las principales leyes ambientales de nuestro país.

Ley	Contenido Clave	Aplicación en Proyectos Industriales
Ley N.º 25.675 – Ley General del Ambiente	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Estudio y Declaración de Impacto Ambiental
Ley N.º 24.051 – Residuos Peligrosos (1991)	Gestión de Residuos Peligrosos	Registro y tratamiento de residuos peligrosos
Ley N.º 25.612 – Residuos Industriales (2002)	Gestión Integral de Residuos	Planes de manejo y trazabilidad
Ley N.º 25.688 – Gestión Ambiental de Aguas	Normas de uso y vertido de aguas	Permisos de captación y efluentes
Ley N.º 20.284 – Protección del Aire (1973)	Control de emisiones gaseosas	Monitoreo y límites de emisiones
Ley N.º 26.331 – Bosques Nativos (2007)	Preservación de Bosques Nativos	Restricción en zonas forestales
Ley N.º 27.520 – Cambio Climático (2019)	Adaptación y Mitigación	Planes de reducción de emisiones
Ley N.º 27.279 – Envases Vacíos de Fitosanitarios (2016)	Gestión de Envases Agroquímicos	Tratamiento de envases tóxicos

Tabla 12.1 – Principales Leyes Ambientales

Fuente: Elaboración propia



12.2. Metodología Aplicada

12.2.1. Objetivos y presentación de la metodología aplicada

Buscamos:

- Definir de forma clara la línea de base ambiental de la localización correspondiente (Parque Industrial Campana)
- Describir el entorno ambiental del proyecto en su localización hipotética y las interrelaciones propias derivadas de la presencia de la construcción y el funcionamiento normal hipotético de las plantas de producción dimensionadas.
- Sistematizar el análisis de impacto ambiental considerando factor por factor (aire, agua, suelo, estético-paisajístico y socioeconómico).
- Analizar las distintas etapas de la vida del proyecto (construcción, operación, mantenimiento y cierre) e identificar todos los impactos derivados en los factores mencionados.
- Clasificar los impactos identificados
- Analizar la reversibilidad de los mismos
- Proponer posibles mitigaciones
- Aplicar herramientas conocidas para la evaluación de los impactos ambientales con la profundidad propia de un estudio de prefactibilidad
- Proponer de forma somera procesos de tratamiento de los principales efluentes del proceso.

Existen dos herramientas muy utilizadas para estos menesteres, a saber, las listas de chequeo ambiental y las matrices de impacto ambiental.

Las listas de chequeo se elaboran para cada etapa del ciclo de vida del proyecto, identificando los impactos ambientales según cada factor ambiental, el tipo de impacto y su reversibilidad, junto con observaciones pertinentes.

Por otro lado, las matrices de impacto ambiental detallan y evalúan el tipo, la magnitud, la duración, la extensión geográfica y el resultado global de cada impacto, siendo la más común la matriz de Leopold.



12.2.2. Línea de Base

El parque industrial Campana, ubicado 75 km al noroeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, cuenta con más de 20 (veinte) industrias y centros de distribución de considerable tamaño. La ciudad de Campana, la cual a su vez se encuentra a menos de 10 km al noroeste del parque industrial, poseía 115.020 habitantes en el año 2025 (según el RENAPER)

Ambas locaciones se encuentran rodeadas por el río Paraná y un afluente principal del mismo conocido como Arroyo de la Cruz. Ambos constituyen recursos hídricos estratégicos de la zona.

Con respecto a la flora y la fauna de la zona, el paisaje predominante es característico de la llanura chaco-pampeana, con abundantes pastizales, espinales, deltas e islas del río Paraná. De hecho, existen distintos parques y reservas naturales protegidas, cuyo objetivo es preservar tales características regionales frente a las actividades humanas.

Reserva Natural Otamendi: Ubicada junto al río Paraná de las Palmas, abarca unos 600 ha y conserva tres ecorregiones: pastizal pampeano, espinal y delta e islas del Paraná ur. Su fauna incluye especies como el ciervo de los pantanos, el lobito de río, el carpincho y aves como la choca corona rojiza, la pava de monte, el boyero negro, el junquero, el siete colores y el misto. En la flora destacan ceibos, saucos criollos, canelones, juncos, totoras, pajas bravas, espadaña, flechillas y colas de zorro. Es sitio Ramsar desde 2008 y cuenta con senderos peatonales y miradores para la observación.

Reserva Natural Río Luján: Con unos 1000 ha, protege pastizales pampeanos, bosques de tala, humedales y ambientes deltaicos. Alberga especies como la palmera Pindó, ciervo de los pantanos, carpinchos y lobitos de río. Es un santuario de vida silvestre que atrae aves acuáticas y terrestres gracias a la combinación de ambientes acuáticos y terrestres.

Parque Nacional Ciervo de los Pantanos: Incluye la Reserva Otamendi y otras zonas ribereñas, con pastizales naturales, barrancas y bajíos que sirven de refugio a la fauna y contribuyen a la purificación del agua.

Flora destacada

- Árboles: ceibo, sauce criollo, canelón, palmera Pindó.
- Pastos: flechillas, colas de zorro, pelo de chanco.
- Vegetación acuática: juncos, totoras, pajas bravas, espadaña.

Fauna destacada

- Mamíferos: ciervo de los pantanos, lobito de río, carpincho.
- Aves: choca corona rojiza, pava de monte, boyero negro, junquero, siete colores, misti, gallineta, cisnes, patos.

- Otros: comadreja overa, tacuarita azul, chinchero chico .

Flora de Campana (Buenos Aires)		
Ambiente	Especies Principales	Notas Ecológicas
Bosques de tala	Tala, Ceibo, Espinillo	Relictos en barrancas, clave para aves y mamíferos.
Pastizales pampeanos	Flechillas, Colas de zorro	Hábitat de aves de pastizal y pequeños mamíferos.
Humedales	Totorá, Espadaña, Junco	Regulación hídrica, refugio de aves acuáticas.
Plantas acuáticas	Repollito de agua, Amapola de agua	Esenciales para anfibios y peces.
Especies exóticas	Casuarina, Lirio amarillo	Introducidas, algunas invasoras.
	Casuarina, Lirio amarillo	Introducidas, algunas invasoras.

Tabla 12.2 - Flora predominante, Campana

Fuente: Elaboración propia

Fauna de Campana (Buenos Aires)		
Grupo	Especies Principales	Notas Ecológicas
Mamíferos	Ciervo de los pantanos, Carpincho, Lobito de río, Zorro gris	Ciervo y lobito en riesgo, indicadores de humedales
Aves	Cardenal amarillo, Federal, Espátula rosada, Chajá	Más de 150 especies, varias amenazadas
Peces	Sábalo, Tararira, Bagre	61 especies, base acuática trófica
Reptiles	Tortuga pintada, Lagartos, Serpientes	Asociados a lagunas y pajonales
Anfibios	Rana criolla, Sapos comunes	Indicadores de calidad de agua

Tabla 12.3 - Fauna predominante, Campana

Fuente: Elaboración propia

12.2.3. Lista de chequeo

Proponemos aplicar en primer lugar listas de chequeo para todas las etapas de la vida del proyecto en el caso hipotético de su implementación y desglosar todos los efectos ambientales principales y sus posibles atenuaciones.

<i>Etapas de Construcción</i>					
<i>Factor</i>	<i>Descripción</i>	<i>Impacto</i>	<i>Tipo</i>	<i>Reversibilidad</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Aire</i>	<i>Emisión de polvo Ruidos Emisión de gases</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Control mediante riego de suelo y restricciones horarias de trabajo</i>
<i>Estético-paisajístico</i>	<i>Alteración visual del paisaje original por movimiento de tierra, máquinas e instalación de estructuras</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Reversible</i>	<i>Atenuable mediante instalación de cercos visuales y reforestación</i>
<i>Suelo</i>	<i>Posible derrame de combustible Residuos de obra Remoción de suelo</i>	<i>Negativo</i>	<i>Indirecto Directo</i>	<i>Parcialmente reversible</i>	<i>Plan de gestión de residuos y mantenimiento de maquinarias</i>
<i>Social y económico</i>	<i>Generación de puestos de trabajo</i>	<i>Positivo</i>	<i>Directo</i>	<i>Reversible (corto plazo)</i>	<i>Aumenta el dinamismo de la economía local durante la construcción</i>
<i>Agua</i>	<i>Disminución del recurso hídrico</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Mitigable por Racionamiento y reutilización</i>

Tabla 12.4 - Lista de chequeo, etapa de construcción

Fuente: Elaboración propia

<i>Etapa de Operación</i>					
<i>Factor</i>	<i>Descripción</i>	<i>Impacto</i>	<i>Tipo</i>	<i>Reversibilidad</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Aire</i>	<i>Emisión de gases Ruido</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Atenuable con planes de mantenimiento</i>
<i>Estético-paisajístico</i>	<i>Alteración visual del paisaje original por presencia de las dos plantas productivas</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Puede recurrirse a abundante vegetación en el predio para mejorar la integración</i>
<i>Suelo</i>	<i>Posible contaminación química y desecho de residuos sólidos</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Reversible</i>	<i>Plan de gestión de residuos y mantenimiento de equipos para evitar fugas</i>
<i>Social y económico</i>	<i>Generación de puestos de trabajo</i>	<i>Positivo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Aumenta el dinamismo de la economía local a mediano y largo plazo, mediante empleos directos e indirectos</i>
<i>Agua</i>	<i>Disminución del recurso hídrico</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Diseño adecuado del proceso con reutilización</i>

Tabla 12.5 - Lista de chequeo, etapa de operación

Fuente: Elaboración propia

<i>Etapa de Mantenimiento</i>					
<i>Factor</i>	<i>Descripción</i>	<i>Impacto</i>	<i>Tipo</i>	<i>Reversibilidad</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Aire</i>	<i>Emisión de polvo Ruidos Emisión de gases</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Atenuable mediante riego y planificación adecuada</i>
<i>Estético- paisajístico</i>	<i>movimiento de máquinas y personal</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Reversible</i>	<i>No es muy distinto a la operación normal</i>
<i>Suelo</i>	<i>Posible derrame de combustible Residuos de obra Remoción de suelo para nivelar y compactar</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Parcialmente reversible</i>	<i>Plan de gestión de residuos y mantenimiento de maquinarias</i>
<i>Socioeconómico</i>	<i>Generación de puestos de trabajo</i>	<i>Positivo</i>	<i>Directo</i>	<i>Reversible (corto plazo)</i>	<i>Aumenta el dinamismo de la economía local durante la construcción</i>
<i>Agua</i>	<i>Disminución del recurso hídrico</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>No tiene una magnitud considerable</i>

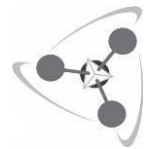
Tabla 12.6 - Lista de chequeo, etapa de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

<i>Etapa de Cierre</i>					
<i>Factor</i>	<i>Descripción</i>	<i>Impacto</i>	<i>Tipo</i>	<i>Reversibilidad</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Aire</i>	<i>Emisión de polvo</i> <i>Ruidos</i> <i>Emisión de gases</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Control mediante riego de suelo y restricciones horarias de trabajo</i>
<i>Estético-paisajístico</i>	<i>Alteración visual del paisaje original</i> <i>Movimiento de tierra, máquinas y escombros</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Reversible</i>	<i>Atenuable por reforestación post-cierre y limpieza de escombros</i>
<i>Suelo</i>	<i>Posible derrame de combustible</i> <i>Residuos de obra</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Parcialmente reversible</i>	<i>Plan de gestión de residuos y limpieza</i>
<i>Social y económico</i>	<i>Abandono de puestos de trabajo</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Reversible (corto plazo)</i>	<i>Se requiere personal para el desmantelamiento, pero todos los puestos derivados de la operación de las plantas se pierden</i>
<i>Agua</i>	<i>Disminución del recurso hídrico</i>	<i>Negativo</i>	<i>Directo</i>	<i>Irreversible</i>	<i>Racionar el consumo de agua y reutilizar lo máximo posible</i>

Tabla 12.7 - Lista de chequeo, etapa de cierre

Fuente: Elaboración propia



12.2.4. Matriz de Leopold

La mayoría de los aspectos ambientales ya fueron considerados en las checklists y considerando que se trata de un estudio de prefactibilidad, se presenta una breve matriz de impacto ambiental al estilo Leopold, considerando las actividades más importantes del proyecto en lo que a impacto ambiental se refiere.

Cada fila representa una actividad y cada columna un factor ambiental. El cruce se produce asignando un valor a la magnitud del impacto ambiental (volumen de emisiones, concentración de contaminantes, etc) y un valor a la intensidad (severidad o relevancia del factor ambiental impactado)

El producto entre magnitud e intensidad, los cuales van del 1 al 10, es un indicador de impacto ambiental. El signo indica el tipo de impacto (positivo o negativo)

MATRIZ DE LEOPOLD – PROYECTO PRODUCCIÓN DE JABONES DE TOCADOR Y GLICERINA USP PARQUE INDUSTRIAL CAMPANA – PROVINCIA DE BUENOS AIRES													
FACTORES AMBIENTALES		ACTIVIDADES DEL PROYECTO											
		A1 Movimiento de suelo y preparación del terreno	A2 Construcción de instalaciones	A3 Instalación de equipos y cafeterías	A4 Traslado de maquinaria y camiones	A5 Recepción y almacenamiento de saba	A6 Superficies y elaboración de jabón	A7 Purificación de glicerina USP	A8 Consumo de agua y generación de efluentes	A9 Generación de emisiones atmosféricas	A10 Generación y gestión de residuos	A11 Almacenamiento y manipulación de productos químicos	A12 Transporte de materias primas y productos terminados
F2 Calidad del aire		M=-3 I=4 K=-12	M=-4 I=5 K=-20	M=-2 I=3 K=-6	M=-4 I=5 K=-20	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-6 I=8 K=-48	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-4 I=5 K=-20
		M=-2 I=4 K=-8	M=-2 I=4 K=-8	M=-1 I=2 K=-2	M=-1 I=2 K=-2	M=-2 I=4 K=-8	M=-4 I=6 K=-24	M=-5 I=7 K=-35	M=-7 I=9 K=-63	M=-1 I=2 K=-2	M=-5 I=7 K=-35	M=-4 I=6 K=-24	M=-1 I=2 K=-2
		M=-2 I=5 K=-15	M=-2 I=4 K=-8	M=-1 I=2 K=-2	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-4 I=6 K=-24	M=-5 I=7 K=-35	M=-7 I=9 K=-63	M=-1 I=2 K=-2	M=-5 I=7 K=-35	M=-5 I=7 K=-35	M=-1 I=2 K=-2
		M=-6 I=7 K=-42	M=-4 I=5 K=-20	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-4 I=6 K=-24	M=-4 I=6 K=-24	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35	M=-6 I=8 K=-48	M=-2 I=3 K=-6
F3 Calidad de aguas superficiales		M=-2 I=4 K=-8	M=-2 I=4 K=-8	M=-1 I=2 K=-2	M=-1 I=2 K=-2	M=-2 I=4 K=-8	M=-4 I=6 K=-24	M=-5 I=7 K=-35	M=-7 I=9 K=-63	M=-1 I=2 K=-2	M=-5 I=7 K=-35	M=-4 I=6 K=-24	M=-1 I=2 K=-2
		M=-2 I=5 K=-15	M=-2 I=4 K=-8	M=-1 I=2 K=-2	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-4 I=6 K=-24	M=-5 I=7 K=-35	M=-7 I=9 K=-63	M=-1 I=2 K=-2	M=-5 I=7 K=-35	M=-5 I=7 K=-35	M=-1 I=2 K=-2
F4 Calidad de aguas subterráneas		M=-6 I=7 K=-42	M=-4 I=5 K=-20	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-4 I=6 K=-24	M=-4 I=6 K=-24	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35	M=-6 I=8 K=-48	M=-2 I=3 K=-6
		M=-4 I=5 K=-20	M=-5 I=6 K=-30	M=-4 I=5 K=-20	M=-5 I=6 K=-30	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
F5 Ruido y vibraciones		M=-4 I=5 K=-20	M=-5 I=6 K=-30	M=-4 I=5 K=-20	M=-5 I=6 K=-30	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
F6 Consumo de recursos naturales		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
F7 Vegetación y fauna		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
F8 Ecosistemas y biodiversidad		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
F9 Paisaje y entorno urbano		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
F10 Traslado y transporte		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
F11 Salud y seguridad de la población		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
		M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=3 K=-6	M=-3 I=4 K=-12	M=-2 I=4 K=-8	M=-3 I=5 K=-15	M=-3 I=5 K=-15	M=-1 I=2 K=-2	M=-3 I=5 K=-15	M=-2 I=3 K=-6	M=-2 I=3 K=-6	M=-5 I=7 K=-35
F12 Empleo y actividad económica		M=-4 I=5 K=-20	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42
		M=-4 I=5 K=-20	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42	M=-5 I=6 K=-30	M=-6 I=7 K=-42

Figura 12.1 – Matriz de Impacto Ambiental

Fuente: Elaboración propia



12.3. Tratamiento de efluentes

12.3.1. Esquema de tratamiento

Los principales efluentes de las plantas son los compuestos orgánicos separados de la glicerina, los efluentes de regeneración de las resinas de intercambio, eventuales purgas y efluentes de limpieza.

Sería recomendable una planta de tratamiento capaz de satisfacer la demanda bioquímica de oxígeno de los compuestos orgánicos presentes en los efluentes y a su vez capaz de clarificar las corrientes y desinfectarlas.

Dado que se utilizarían sustancias ácidas y alcalinas, también sería deseable un equipo para controlar el PH.

Se propone la siguiente secuencia:

- 1 - Pretratamiento físico-químico con rejillas, tamices, trampa de grasas, DAF (flotación por aire disuelto) para separar sólidos gruesos y aceites.
- 2 - Tratamiento biológico con lodos activos o reactor UASB para reducir la DBO
- 3 - Neutralización para regular el PH.
- 4 - Clarificación y desinfección con un sedimentador primario y cloración o tecnología UV para reducir la turbidez y eliminar microorganismos.
- 5 - Manejo de lodos con espesador y filtro prensa para darle una disposición final a los lodos generados en las etapas anteriores. Los lodos podrían utilizarse para compostaje.

12.3.2. Disposiciones del ADA (autoridad del agua de la Provincia de Buenos Aires) y el OPDS (Organismo Provincial Para el Desarrollo Sostenible)

Este organismo fija ciertos límites en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales.

pH: 6–9

DBO₅: ≤ 50 mg/L

DQO: ≤ 250 mg/L

Sólidos suspendidos: ≤ 100 mg/L

Aceites y grasas: ≤ 20 mg/L

Cloruros: ≤ 600 mg/L

12.4. Conclusión

El análisis realizado mediante la **Matriz de Leopold** permitió identificar y jerarquizar los impactos ambientales asociados a las distintas etapas del proyecto. Los resultados muestran que:

- Los **impactos críticos** se concentran en la **gestión de residuos y efluentes**, particularmente sobre el recurso **agua** y la **salud ocupacional**, con valores de significancia superiores a 70.
- Los **impactos significativos** se relacionan con la **operación de las plantas** y el **movimiento de suelos**, afectando principalmente el componente socioeconómico y el suelo.
- Los **impactos moderados** corresponden a actividades de **transporte y logística** y construcción, con efectos acumulativos sobre aire y paisaje.
- Los **impactos menores** se registran en flora y fauna, dado el emplazamiento en un entorno industrial ya antropizado.

La aplicación de medidas de mitigación —como sistemas de **tratamiento de efluentes**, planes de seguridad laboral y gestión adecuada de lodos— permitirá reducir la magnitud de los impactos críticos y asegurar el cumplimiento de los parámetros exigidos por la **Autoridad del Agua (ADA)** y el **OPDS**.

En conclusión, el proyecto es **ambientalmente viable**, siempre que se implementen las medidas de control propuestas y se mantenga un sistema de monitoreo continuo de los indicadores ambientales.

CAPÍTULO XIII: ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

13.1. Inversión inicial

13.1.1. Costo del terreno

En base a lo estudiado y analizado en el capítulo de Localización, se concluye que el sitio más apropiado para la localización de la planta es: **el parque industrial Campana.**

Como ya se vio en el capítulo 7, las dimensiones del terreno requeridas son de 124 x 162 m, lo cual representa una superficie cubierta de 20.088 m² (Aprox 2 HA)

Superficie Total estimada = 20.088 m²

Se han identificado parcelas disponibles en el **Parque Industrial Campana**, considerando la compra de un terreno, de una superficie de **35.090 m²**, a un precio de venta USD 2.315.940, pudiendo establecerse de un costo por metro cuadrado USD 70 / m².

Esta superficie proporciona un **margen de reserva** para accesos, maniobras, retiros de seguridad y futuras ampliaciones.

Terreno industrial en venta - Parque industrial Campana

📍 Parque Industrial Campana Terreno 35090 m2

Terreno o Lote | Código: AIC54819 LA5899070

Detalles

Código: AIC54819 LA5899070	Tipo: Terreno o Lote	Antigüedad: A estrenar
Situación: Vacía	Sup. del Terreno: 3.51 ha	Fondo: 242 mts
Frente: 145 mts	Sup. Descubierta: 3.51 ha	Estado: Excelente

Figura 13.1 - Características del terreno

Fuente: Parque Industrial Campana

13.1.2. Inversión Fija

Entendiendo que el **costo de capital fijo** (o inversión fija) se refiere a los activos tanto tangibles como maquinaria y obras físicas, como los activos intangibles como ingeniería del proyecto, gastos de puesta en marcha, supervisión

Las inversiones fijas generalmente tienen una vida útil mayor a un año y se recuperan mediante el mecanismo de depreciación, por ejemplo: maquinarias y equipos, edificios, muebles, rodados, obras civiles, instalaciones, etc.

El Capital Fijo se divide contablemente en: Costos Directos y Costos Indirectos

- El costo directo de capital fijo invertido incluye todos los gastos que están relacionados con la instalación de la planta:
 - Equipo. El costo del equipo es el componente principal del capital fijo.
 - Flete y seguro: transporte del equipo hasta planta.
 - Instalación del equipo. Incluye el costo de la mano de obra, soportes, plataformas, necesarios para dejar el equipo listo para su operación.
 - Instrumentación y control. Incluye instrumentos, su instalación, software, equipo auxiliar y materiales.
 - Tuberías. Es el segundo rubro importante Incluye mano de obra, válvulas, tuberías, soportes, entre otros.
 - Sistemas eléctricos. Está integrado por el cableado, iluminación, paneles de control, motores, mano de obra, entre otros.
 - Edificios. Incluye oficinas, talleres, laboratorios, almacenes, etc., incluyendo la mano de obra, materiales, entre otros.
 - Servicios Auxiliares. Incluye los servicios auxiliares de la planta (vapor, agua, energía, etc.).
- El costo indirecto se refiere al costo de los factores que no están directamente relacionados con la instalación de la planta. Entre ellos debemos considerar:
 - Ingeniería y supervisión. Está constituido por el costo de diseño, planos, software, comunicaciones, entre otros.
 - Gastos de construcción. Involucra los gastos por la compra y renta de maquinaria, mano de obra, impuestos, seguros.
 - Honorarios de los contratistas. Es el margen de ganancia que cobra la empresa constructora contratada para edificar la planta.

- Contingencias. reserva para imprevistos .

Balance de Equipos					
<i>Equipos de Carácter Productivo (Planta de Jabón)</i>					
<i>Item</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo Unitario (USD)</i>	<i>Vida Útil (años)</i>	<i>Costo Total (USD)</i>	<i>Valor de Liquidación</i>
Caldera	1	1.039.305,98	10	1.039.305,98	103.930,6
Tanques de sebo	3	63.484,86	10	190.454,59	19.045,46
Torre de hidrólisis	1	4.418.881,94	10	4.418.881,94	441.888,19
Tanque de soda cáustica	1	129.100	10	129.100	12.910
Casco y tubos	5	128.728,84	10	643.644,22	64.364,42
Bombas PCP	2	3.991,67	5	7.983,34	798,33
Reactor CSTR	1	38.969,36	10	38.969,36	3.896,94
Torre de Secado	1	273.375,94	10	273.375,94	27.337,6
Línea de acabado*	1	205.000	10	205.000	20.500
<i>Equipos de Carácter Productivo (Planta de Glicerina)</i>					
Bomba PCP	1	3.991,67	5	3.991,67	399,17
Tanque criogénico	1	13.000	10	13.000	1.300
Bombas centrífugas	4	6.500	5	26.000	2.600

<i>Evaporador 1er efecto</i>	<i>1</i>	<i>135.750,24</i>	<i>10</i>	<i>135.750,24</i>	<i>13.575,02</i>
<i>Evaporador 2do efecto</i>	<i>1</i>	<i>425.877,62</i>	<i>10</i>	<i>425.877,62</i>	<i>42.587,77</i>
<i>Casco y tubos</i>	<i>2</i>	<i>35.903,08</i>	<i>10</i>	<i>71.806,16</i>	<i>7.180,61</i>
<i>Decantador</i>	<i>1</i>	<i>17.014,19</i>	<i>10</i>	<i>17.014,19</i>	<i>1701,42</i>
<i>Fraccionador</i>	<i>1</i>	<i>15.142,83</i>	<i>10</i>	<i>15.142,83</i>	<i>1.514,28</i>
<i>Adsorbedores</i>	<i>2</i>	<i>24.151,85</i>	<i>10</i>	<i>24.151,85</i>	<i>2.415,19</i>
<i>Compresor de centrífugo</i>	<i>1</i>	<i>85.609,2</i>	<i>5</i>	<i>85.609,2</i>	<i>8.560,92</i>
<i>Desaladores</i>	<i>2</i>	<i>9.009,03</i>	<i>10</i>	<i>18.018,05</i>	<i>1801,81</i>
<i>Equipo de filtración</i>	<i>1</i>	<i>21.276,63</i>	<i>10</i>	<i>21.276,63</i>	<i>2.127,66</i>
<i>Línea de llenado</i>	<i>1</i>	<i>11.000</i>	<i>10</i>	<i>11.000</i>	<i>1.100,00</i>

Tabla 13.1 - Balance de equipos

Fuente: Elaboración propia

Todos los costos fueron determinados mediante la página Matches Equipment Cost, la cual dispone de datos de 275 equipos fechados en el año 2014. Los mismos fueron actualizados empleando los índices CEPCI correspondientes y, en los casos correspondientes, corregidos por un factor de escala considerando un exponente de 0,7.

* Para el valor de liquidación se asume que al cabo del tiempo de vida útil del activo se puede recuperar el 10% de su valor de adquisición si este se vende o se desmantela.

Además, cabe destacar que se trata de costos FOB, por lo que los costos de flete y seguros serán considerados a continuación.

Método Factorial de Lang

Utilizaremos el **Método Factorial de Lang**, para realizar una estimación rápida del costo de capital fijo, lo cual resulta acorde a un estudio de prefactibilidad.

El método se aplica en primera instancia para los equipos principales de batería de la planta de producción de jabón y luego para los equipos principales de batería de la planta de concentración de glicerina.

El método establece que el costo de capital fijo del proyecto es una función directa del costo total de compra de los equipos, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_f = f_L * C_e$$

Donde las variables involucradas representan lo siguiente:

- Cf: Es el costo de capital fijo del proyecto (Inversión inicial estimada).
- Ce: Es el costo total de entrega de los equipos principales (costo de compra determinado en la puerta de la fábrica, habitualmente sin IVA).
- fL: Es el "factor de Lang", un multiplicador cuyo valor depende del tipo de proceso productivo.

Los factores definidos por Lang son los siguientes:

Factores típicos para la estimación del costo de capital fijo del proyecto			
Item	Tipo de proceso		
	Fluidos	Fluidos + sólidos	Sólidos
1. Costo de compra de los principales equipos	PCE	PCE	PCE
f ₁ . Montaje de equipos	0.40	0.45	0.50
f ₂ . Cañerías	0.70	0.45	0.20
f ₃ . Instrumentación	0.20	0.15	0.10
f ₄ . Electricidad	0.10	0.10	0.10
f ₅ . Edificios de proceso	0.15	0.10	0.05
*f ₆ . Servicios	0.50	0.45	0.25
*f ₇ . Almacenes	0.15	0.20	0.25
*f ₈ . Desarrollo del sitio	0.05	0.05	0.05
*f ₉ . Edificios auxiliares	0.15	0.20	0.30
2. Costo total de la planta física (PPC)			
PPC = PCE (1+ f ₁ + f ₂ + + f ₉) = PCE x	3.40	3.15	2.80
F ₁₀ . Diseño e ingeniería	0.30	0.25	0.20
F ₁₁ . Honorarios de contratistas	0.05	0.05	0.05
F ₁₂ . Contingencias	0.10	0.10	0.10
Capital fijo = PPC (1+ f ₁₀ + f ₁₁ + f ₁₂) = PPC x	1.45	1.40	1.35

Tabla 13.2 - Balance de equipos

Fuente: Cátedra de Formulación y Evaluación de Proyectos, FCAI

Para poder estimar el costo de inversión fijo total por el método de Lang, determinamos primero, el costo de los equipos mencionados anteriormente, en la puerta de la fábrica.

Para ello consideramos que los equipos nacionales tienen un costo de transporte y logística promedio del 6% por encima respecto a su valor de compra, mientras que para los importados el monto asciende a 25% sobre su valor de compra.

A continuación, determinamos el costo de los equipos en la puerta de la fábrica.

13.1.2.1. Inversión Fija de línea de Jabón

BALANCE DE EQUIPOS			
<i>Equipos de Carácter Productivo (línea de Jabón)</i>			
<i>Item</i>	<i>Costo Total (USD)</i>	<i>Origen de equipo</i>	<i>Costo de equipo en puerta de fábrica</i>
<i>Caldera</i>	1.039.305,98	Nacional	1.101.664,34
<i>Tanques de sebo</i>	190.454,59	Nacional	201.881,86
<i>Torre de hidrólisis</i>	4.418.881,94	Nacional	4.684.014,86
<i>Tanque de soda cáustica</i>	129.100	Nacional	136.846
<i>Intercambiadores de calor</i>	643.644,22	Nacional	682.263,55
<i>Bomba PCP</i>	7.983,34	Nacional	8.462,34
<i>Reactor CSTR</i>	38.969,36	Nacional	41.307,52
<i>Torre de Secado</i>	273.375,94	Importado	341.719,93
<i>Línea de acondicionamiento</i>	205.000	Importado	258.300
Total	6. 946. 715, 47	-----	7.456.460,40

Tabla 13.3 - Balance de equipos, línea de jabón

Fuente: Elaboración propia

Costo total de la planta física de jabón (PPC)

$$PPC = PCE * (1 + f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n)$$

$$PPC = USD 7.456.460,40 * (1 + 2,40)$$

$$PPC = USD 25.351.965,36$$

Capital fijo necesario

$$Capital fijo total = PPC * (1 + f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n)$$

$$Capital fijo total = USD 24.845.888,96 * (1 + 0,45)$$

$$Capital fijo total = USD 36.760.349,77$$

13.1.2. Inversión Fija de línea de Glicerina

BALANCE DE EQUIPOS			
<i>Equipos de Carácter Productivo (línea de Glicerina)</i>			
<i>Item</i>	<i>Costo Total (USD)</i>	<i>Origen del equipo</i>	<i>Costo de equipo en puerta de fábrica (USD)</i>
Bomba PCP	3.991,67	Nacional	4.231,17
Bombas centrífugas	2 6.000,00	Nacional	27.560,00
Evaporador 1er efecto	1 35.750,24	Nacional	143.895,25
Evaporador 2do efecto	4 25.877,62	Nacional	480.050,28
Intercambiadores de calor	71.806,16	Nacional	76.114,53
Decantador	17.014,19	Nacional	18.035,04
Torre de fraccionamiento	1 5.142,83	Nacional	16.051,4
Adsorbedores	2 4.151,85	Nacional	25.600,96
Compresor centrífugo	85.609,2	Importado	107.011,50
Línea de llenado	11.000	Nacional	68.900
Tanque de Nitrógeno Criogénico	13.000	Nacional	13.780
Intercambiadores de Resinas	1 8.018,05	Nacional	19.099,13
Filtro de membranas	2 1.276,63	Nacional	22.553,23
Total	8 68.638,44	-----	965.642,49

Tabla 13.3 - Balance de equipos, línea de glicerina

Fuente: Elaboración propia

Costo total de la planta física de concentración de glicerina (PPC)

$$PPC = PCE * (1 + f_1 + f_2 + f_3 + \dots f_n)$$

$$PPC = USD 965. 642, 49 * (1 + 2,40)$$

$$PPC = USD 3.283.184,47$$

Capital fijo necesario

$$Capital fijo total = PPC * (1 + f_1 + f_2 + f_3 + \dots f_n)$$

$$Capital fijo total = USD 3.283.184,47 * (1 + 0,45)$$



Capital fijo total = USD 4.760.617,48

13.1.3. Inversión Diferida

La **inversión diferida** se caracteriza por su inmaterialidad. Son derechos adquiridos y servicios necesarios para el estudio e implementación del proyecto, y no están sujetos a desgaste físico.

Algunos componentes usuales de las inversiones diferidas son: trabajos de investigación, estudios afines, gastos de organización y supervisión, gastos de puesta en marcha de la planta, gastos de administración, intereses, gastos de asistencia técnica y capacitación de personal, imprevistos, gastos en patentes y licencias, etc.

La recuperación del valor monetario de las inversiones diferidas se realiza mediante su incorporación en los costos de producción (a través del rubro denominado amortización diferida).

En otras palabras, la inversión diferida es un desembolso de la etapa preoperativa del proyecto, y para su amortización se la prorratea en varios periodos a efectos de cálculo del impuesto a las ganancias de las empresas (el tratamiento otorgado a esta inversión es similar a la depreciación).

La **Inversión Inicial Diferida** (también conocida como Activos Intangibles o Gastos Preoperativos) engloba todos aquellos desembolsos que se realizan antes de la puesta en marcha de la planta, pero que no son bienes físicos (no son "fierros" ni ladrillos).

Estructura de la Inversión Inicial Diferida

1. Gastos de Constitución y Organización Societaria Derivados de la creación de la Sociedad Anónima (S.A.) contemplada en el presente proyecto.

- Honorarios legales y notariales (Escribanía).
- Tasas de inscripción en la Dirección de Personas Jurídicas y AFIP.
- Emisión de acciones y libros societarios.

2. Estudios Previos e Ingeniería

- Costo de este mismo **Estudio de Prefactibilidad** e investigación de mercado.
- Honorarios por el desarrollo de la **Ingeniería Conceptual y Básica** (diagramas P & ID, dimensionamiento de la torre de hidrólisis).
- **Estudio de Impacto Ambiental (EIA):** Honorarios de la consultora ambiental externa para presentar el informe ante la Provincia de Buenos Aires.

En este caso solo se considera el último de los 3 (tres) ítems anteriores.



3. Permisos, Habilitaciones y Registros:

- Inscripción en el **RENPRE** (Registro Nacional de Precursores Químicos) para la compra de hidróxido de sodio.
- Trámites de registro y habilitación del establecimiento ante la **ANMAT** (RNE y RNPA) para certificar el grado USP.
- Habilitación municipal, certificación de bomberos y permisos de vuelco de efluentes (Departamento General de Irrigación).
- Registro y ensayos no destructivos iniciales de los **Aparatos Sometidos a Presión (ASP)**, como tu torre de hidrólisis y calderas.

4. Capacitación Pre-operativa: el personal no aprende a operar una planta de proceso continuo el día que se corta la cinta.

- Entrenamiento de los operadores de sala de control en los simuladores del DCS y PLC SIMATIC S7-1500.
- Capacitación en seguridad de procesos (manejo de alta presión y riesgos térmicos) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).
- Sueldos del personal clave contratado meses antes de la puesta en marcha (Gerente de Planta, Supervisores, Ingenieros de Procesos).

5. Patentes, Licencias y Sistemas:

- Licencias del software del Sistema de Control Distribuido (DCS).
- Implementación del sistema de gestión corporativa (ERP) para administrar Compras, Ventas B2B y Finanzas.

A continuación, se realiza una tabla con los ítems de costos más relevantes devengados de los derechos necesarios para la constitución de la empresa que sería creada con el proyecto en caso de su implementación:

<i>Concepto</i>	<i>Costo (ARS)</i>
<i>Constitución SA</i>	<i>7.500.000</i>
<i>Tasa de inscripción al Registro Provincial de las Personas Jurídicas</i>	<i>90.000</i>
<i>Honorarios del escribano (escritura pública obligatoria)</i>	<i>1.650.000</i>
<i>Honorarios del abogado/gestor (redacción del estatuto, reserva de nombre y presentación)</i>	<i>1.150.000</i>
<i>Publicación en el boletín oficial</i>	<i>200.000</i>
<i>Seguro de caución</i>	<i>250.000</i>
<i>Inscripción al RENPRE</i>	<i>120.000</i>
<i>Autorización de fabricante/importador ante la ANMAT</i>	<i>1.529.400</i>
<i>Verificación BPM para habilitación de ANMAT</i>	<i>1.000.000</i>
<i>Inscripción de productos clase I (jabón de tocador)</i>	<i>52.000</i>
<i>Inscripción de productos clase III (glicerina USP)</i>	<i>70.000</i>
<i>Consultoría técnica (EIA)</i>	<i>2.200.000</i>
<i>Tasa de presentación ante el ministerio de ambiente</i>	<i>250.000</i>
<i>Autorización de vertido de efluentes</i>	<i>250.000</i>
<i>Adecuación de planta de tratamiento de efluentes</i>	<i>2.500.000</i>
<i>Permiso de captación de agua</i>	<i>500.000</i>
<i>Consultoría plan de seguridad e higiene</i>	<i>450.000</i>
<i>Inscripción al Ministerio de Trabajo</i>	<i>100.000</i>
<i>Registro de productos a la Dirección de Fiscalización Sanitaria</i>	<i>200.000</i>
<i>Documentos para habilitación municipal (CEZ, planos y libre de deuda)</i>	<i>150.000</i>
<i>Honorario arquitecto</i>	<i>250.000</i>
<i>TOTAL</i>	<i>20.461.400</i>

Tabla 13.4 - Inversión diferida

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al permiso de captación de agua, el valor desembolsado como inversión inicial diferida cubre la operación del primer año, pero luego debe desembolsarse anualmente.



Es importante destacar que todos los desembolsos presentados en la tabla son amortizables a 5 (cinco) años.

13.2. Egresos operativos

13.2.1. Materias primas e insumos

<i>Balance de Insumos por Tonelada de Jabón</i>			
<i>Insumo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Unitario</i>	<i>Costo Total</i>
<i>Sebo</i>	795,92 kg	1680 ARS/kg	1.337.149,39 ARS
<i>Soda cáustica al 50%</i>	306,97 kg	1120 ARS/kg	343.807,59
<i>Bicarbonato de sodio/ácido cítrico</i>	3 kg	800 ARS/kg	2.400 ARS
<i>Aromatizantes</i>	15 kg	8.000 y 3500 ARS/100 g	862.500 ARS
<i>Colorantes</i>	15 kg	3.800 y 30.400 ARS/kg	256.500 ARS
<i>Film de plástico</i>	6 bobinas	20.000 ARS/bobina	120.000 ARS
<i>Cartón corrugado</i>	50 cajas	30.000 ARS/50 cajas	30.000 ARS
<i>Stretch par paletizar</i>	1 bobina	18.000 ARS/bobina	18.000 ARS
<i>Etiquetas autoadhesivas</i>	3.333 etiquetas	10.000 ARS/ millar de etiquetas	33.330 ARS
<i>Palets</i>	1	8.000 ARS/palet	8.000 ARS
<i>TOTAL</i>			<i>3.011.686,98 ARS</i>

Tabla 13.5 - Balance de insumos, jabón

Fuente: Elaboración propia

El costo variable unitario (por pack de 300 g) debido a las materias primas y los insumos sería de 903,51 ARS.

En el caso de los aromatizantes y de los colorantes, se utilizan dos productos distintos de cada uno, es decir, media tonelada de jabón tiene un aroma y un color y la otra media tonelada otro.

Se considera que por cada 100 g de jabón se agregan 15 g de colorantes y 15 g de aromatizantes.

A continuación, se realiza el mismo análisis con la glicerina USP, considerando los insumos diferenciales con respecto al jabón.

<i>Balance de Insumos por Tonelada de Glicerina</i>			
<i>Insumo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Unitario</i>	<i>Costo Total</i>
<i>Tambores de 200L</i>	<i>4 tambores</i>	<i>45.000 ARS/tambor</i>	<i>180.000 ARS</i>
<i>Nitrógeno</i>	<i>9,09 Nm3</i>	<i>1200 ARS/m3</i>	<i>10,908ARS</i>
<i>TOTAL</i>			<i>190.908 ARS</i>

Tabla 13.6 - Balance de insumos, glicerina

Fuente: Elaboración propia

El costo variable unitario de la glicerina debido a insumos es de 190.908 ARS.

13.2.2. Electricidad

Egresos Operativos - Electricidad					
Equipo	Potencia Nominal (HP)	Rendimiento	Factor de simultaneidad	Factor de potencia	Potencia corregida (kW)
Planta de Producción de Jabón					
Bomba de sebo 1	10.00	0.80	1.00	0.75	4.47
Bomba de sebo 2	10.00	0.80	1.00	0.75	4.47
Bomba de agua 1	4.00	0.85	1.00	0.75	1.90
Bomba de agua 2	4.00	0.85	1.00	0.75	1.90
Agitador CSTR	3.00	0.85	1.00	0.75	1.43
Mezclador línea de acondicionamiento	30.00	0.85	1.00	0.75	14.26
Ventiladores de torre de secado	250.00	0.85	0.65	0.80	82.40
Bomba de Soda	0.10	0.80	1.00	0.75	0.04
Extrusora	442.50	0.75	1.00	0.80	197.98
Cortadora	20.00	0.80	1.00	0.80	9.54
Estampadora	20.00	0.80	1.00	0.80	9.54
Buminación	40.00	0.95	0.80	1.00	22.67
Bomba de condensados	1.00	0.80	0.70	0.75	0.31

Edificio de Administración					
Iluminación	9.00	1.00	0.85	1.00	5.70
Equipo inverter 1	4.70	0.90	0.50	1.00	1.58
Equipo inverter 2	4.70	0.90	0.50	1.00	1.58
Equipo inverter 3	2.00	0.90	0.50	1.00	0.67
Equipo inverter 4	2.00	0.90	0.50	1.00	0.67
Equipo inverter 5	2.00	0.90	0.50	1.00	0.67
Equipo inverter 6	2.00	0.90	0.50	1.00	0.67
Equipo inverter 7	2.00	0.90	0.50	1.00	0.67
Computadoras	5.00	0.90	0.75	0.85	2.14
Edificio de Mantenimiento					
Iluminación	2.00	1.00	0.50	1.00	0.75
Máquina soldadora 1	6.00	0.75	0.25	0.80	0.67
Máquina soldadora 2	6.00	0.75	0.25	0.80	0.67
Amoladora 1	3.50	0.80	0.25	0.75	0.39
Amoladora 2	4.50	0.80	0.25	0.75	0.50
Almacenamiento de Insumos y Productos Terminados					
Iluminación	40.00	1.00	0.50	1.00	14.91

Planta de Concentración de Glicerina					
Iluminación	45.00	1.00	1.00	1.00	33.56
Bomba de glicerina cruda	1.00	0.75	1.00	0.75	0.42
Bomba de agua de makeup	1.00	0.75	1.00	0.75	0.42
Bomba de efluentes	1.00	0.80	1.00	0.75	0.45
Bomba de fondo de torre	2.00	0.75	1.00	0.75	0.84
Bomba de recirculación a torres de enfriamiento	2.50	0.75	1.00	0.75	1.05
Bomba de recirculación de condensados a caldera	2.00	0.75	0.80	0.75	0.67
Compresor	1.50	0.75	0.50	0.75	0.31
Precalentador de nitrógeno	0.23	1.00	0.50	1.00	0.09
Planta de Tratamiento de Agua					
Bomba electrosomergible	150.00	0.80	1.00	0.75	67.11
Equipo de ósmosis inversa	250.00	0.80	1.00	0.75	111.86
Bomba centrífuga	2.00	0.75	1.00	0.75	0.84
Planta de Tratamiento de Efluentes					
Estimación general	100.00	0.85	0.50	0.80	25.35
Sala de Caldera					
Bomba 1	4.00	0.80	0.50	0.75	0.89
Bomba 2	4.00	0.80	0.50	0.75	0.89
Exterior					
Iluminación	60.00	1.00	1.00	1.00	44.74
TOTAL	1,556.23				672.68

Tabla 13.7 – Potencia Instalada

Fuente: Elaboración propia

La potencia instalada sería de 1.556,23 HP, lo cual equivale a 1.160,48 kW.

Los egresos operativos en concepto de electricidad pueden estimarse a partir del cuadro tarifario vigente según el Ente Provincial Regulador de la Energía (EPRE)

Ente Provincial Regulador de la Energía		ANEXO CUADRO TARIFFARIO PROVINCIAL Vigente a partir del 1° de Agosto de 2026 al 31 de Agosto de 2026		RESOLUCIÓN EPRE Nº 302/26	
TARIFA 3 - GRANDES DEMANDAS		No Residencial			
		Por Residencial 3-100 kW	Por No 3-100 kW		
Vinculación Superior			609.014,96	609.014,96	
Cargo fijo	\$/mes				
Por capacidad de suministro contratada en la zona de punta	\$/kW-mes		3.656,53	3.656,53	
Por capacidad de suministro contratada en la zona de valle	\$/kW-mes		1.656,53	1.656,53	
Cargo fijo por potencia asignada	\$/kW		11.806,09	11.806,09	
Por consumo de energía	\$/kWh				
Periodo horas nocturnas			129,39	126,34	
Periodo horas de valle nocturnas			139,51	125,41	
Periodo horas de punta			124,51	130,71	
Vinculación inferior en Alta Tensión			459.958,30	459.958,30	
Cargo fijo	\$/mes				
Por capacidad de suministro contratada en la zona de punta	\$/kW-mes		7.256,26	7.256,26	
Por capacidad de suministro contratada en la zona de valle	\$/kW-mes		7.256,26	7.256,26	
Cargo fijo por potencia asignada	\$/kW		12.153,67	12.153,67	
Por consumo de energía	\$/kWh				
Periodo horas nocturnas			129,47	129,57	
Periodo horas de valle nocturnas			122,56	128,61	
Periodo horas de punta			127,69	134,05	
Vinculación inferior en Media Tensión			459.958,30	459.958,30	
Cargo fijo	\$/mes				
Por capacidad de suministro contratada en la zona de punta	\$/kW-mes		7.256,26	7.256,26	
Por capacidad de suministro contratada en la zona de valle	\$/kW-mes		7.256,26	7.256,26	
Cargo fijo por potencia asignada	\$/kW		12.153,67	12.153,67	
Por consumo de energía	\$/kWh				
Periodo horas nocturnas			129,47	129,57	
Periodo horas de valle nocturnas			122,56	128,61	
Periodo horas de punta			127,69	134,05	
Vinculación inferior en Baja Tensión		Cálculo de Suministro No Residencial			
Cargo fijo	\$/mes	144.641,83	144.641,83	144.641,83	
Por capacidad de suministro contratada en la zona de punta	\$/kW-mes	11.326,25	11.326,25	11.326,25	
Por capacidad de suministro contratada en la zona de valle	\$/kW-mes	11.326,25	11.326,25	11.326,25	
Cargo fijo por potencia asignada	\$/kW	6.466,39	14.331,83	14.331,83	
Por consumo de energía	\$/kWh				
Periodo horas nocturnas		61,80	143,12	150,19	
Periodo horas de valle nocturnas		61,40	149,08	156,15	
Periodo horas de punta		63,68	148,01	155,39	

Figura 13.1 – Potencia instalada

Fuente: Ente Provincial Regulador de la Energía

Se utilizan los valores de referencia T3 de grandes demandas de potencia para más de 300 kW con vinculación inferior en media tensión.

Egresos operativos de electricidad fijos			
Cargos fijos (\$/mes)	\$	459.958,30	
Egresos operativos de electricidad variables			
Cargos variables (\$/kW*h)			
Pico	Resto	Valle	Promedio
134,05	129,57	128,61	130,74
Considerando que la planta operaría en tres turnos de 8 hs cada uno puede utilizarse el valor promedio			
Potencia corregida (kW)	672,68	Potencia mensual (kWh)	339.032,90
Días laborables por mes	21,00	Costo mensual (\$)	\$ 44.326.291,00
		Costo anual (\$)	\$ 531.915.491,97
Costos variables unitarios eléctricos			
Capacidad de diseño - jabón (tn/año)	40.000,00		95%
Capacidad de diseño - glicerina USP (tn/año)	2.316,63		5%
CVU total (\$/tn)	\$		12.569,89
CVU - jabón (\$/tn)	\$		11.881,75
CVU - glicerina (\$/tn)	\$		688,14
Costos fijos eléctricos totales			
Cargos fijos anuales (\$/año)	\$		5.519.499,60
Costos fijos - jabón (\$/año)	\$		5.217.333,80
Costos fijos - glicerina (\$/año)	\$		302.165,80
CFU - Jabón (ARS/tn)	\$		130,43
CFU - Jabón (ARS/pack)	\$		0,04
CFU - Glicerina (ARS/tn)	\$		130,43

Tabla 13.8 - Costos de electricidad

Fuente: Elaboración propia

Dado que cada pack de jabones pesa aproximadamente 300 g, la incidencia de los costos variables de electricidad en el precio es de 3,56 ARS/pack

13.2.3. Gas Natural

En total deben producirse 7.447,78 kg/h de vapor saturado, para lo cual la caldera requeriría cierto consumo de gas natural. Para el presente estudio se estima un rendimiento térmico del 75%, lo cual quiere decir que el deberá quemarse una cantidad de gas adicional para compensar las pérdidas de calor por chimenea, a través de la chapa externa de la caldera, etc.

Se considera un poder calorífico inferior de 38.000 kJ/m³ para el gas natural y un calor latente de vaporización de 1639,73 kJ/kg.

$$Q_g * 38.000 \text{ kJ/m}^3 = 7.447,78 \text{ kg/h} * 1.639,73 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_g = 321,38 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al aplicar el rendimiento del 75%:

$$Q_g = 428,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

Esto representa un consumo de 215.974,08 m³/mes

Según el cuadro tarifario de Enargas el costo por cada metro cúbico es de 20\$, con cargos fijos mensuales en torno a los \$400.000.

Egresos operativos GN fijos			
Cargos fijos (\$/mes)	\$		400.000,00
Egresos operativos de electricidad variables			
Cargos variables (\$/m ³)	20	Consumo (m ³ /mes)	215.974,08
Costo variable mensual			\$ 4.319.481,60
Costos variables unitarios GN			
Capacidad de diseño - jabón (tn/año)	40.000,00	95%	
Capacidad de diseño - glicerina USP	2.316,63	5%	
CVU total (\$/tn)	\$		1.224,90
CVU - jabón (\$/tn)	\$		1.157,85
CVU - glicerina (\$/tn)	\$		67,06
Costos Fijos GN Anuales			
Cargos fijos anuales (\$/año)	\$		4.800.000,00
Costos fijos - jabón (\$/año)	\$		4.537.223,31
Costos fijos - glicerina (\$/año)	\$		262.776,69
CFU - Jabón (ARS/tn)	\$		113,43
CFU - Jabón (ARS/pack)	\$		0,03
CFU - Glicerina (ARS/tn)	\$		113,43

Tabla 13.8 - Costos de gas natural

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al jabón, dado que el costo variable por tonelada es de 1.157,85 ARS, el costo variable de cada pack de 300 g sería de 0,35 ARS.

13.2.4. Transporte de materias primas e insumos

Se estiman los costos de transporte para llevar las materias primas e insumos desde la ubicación de los proveedores mencionada en el estudio de mercado hasta el parque industrial de Campana.

El consumo de algunos insumos no está expresado en toneladas, por lo que es necesario hallar su equivalencia en toneladas, dado que el costo de transporte se expresa por kilómetro y por tonelada. Se considera un peso de 1 kg por cada bobina de flowpack y 2,5 kg por cada bobina de film de stretch. Además, se considera que cada tambor de 200 L pesa 15 kg.

Transporte de Materias Primas e Insumos					
MP/Insumo	Consumo Anual	Origen	Destino	Distancia (km)	Costo (ARS/año)
Sebo	31.836,80	Virrey del Pino, BsAs	Parque Industrial Campana	90,00	\$ 429.796.800,00
Soda Cáustica	12.278,80	Bahia Blanca, BsAs	Parque Industrial Campana	662,00	\$ 1.219.284.840,00
Colorantes	600,00	CABA	Parque Industrial Campana	84,00	\$ 7.560.000,00
Aromatizantes	600,00	San Martín, BsAs	Parque Industrial Campana	77,00	\$ 6.930.000,00
Bobinas Flowpack PE	240.000,00	Plátanos, BsAs	Parque Industrial Campana	119,00	\$ 4.284.000,00
Bobinas Stretch	40000	Plátanos, BsAs	Parque Industrial Campana	119,00	\$ 1.785.000,00
Cajas de Cartón Corrugado	2.000.000,00	Arroyito, Córdoba	Parque Industrial Campana	575,00	\$ 120.750.000,00
Tambores de 200L	9266,52	San Lorenzo, Santa Fe	Parque Industrial Campana	285,00	\$ 5.942.155,95
Costo de Transporte (ARS/tn-km)				150	

Tabla 13.9 - Costos de transporte de materias primas

Fuente: Elaboración propia

<i>Capacidad de diseño - jabón (tn/año)</i>	<i>40.000,00</i>
<i>Capacidad de diseño - glicerina USP (tn/año)</i>	<i>2.316,63</i>
<i>Costo Total (ARS/año)</i>	<i>1.796.332.795,95</i>
<i>CV - Jabón (ARS/año)</i>	<i>1.790.390.640,00</i>
<i>CVU - Jabón (ARS/tn)</i>	<i>44.759,77</i>
<i>CVU - Jabón (ARS/pack)</i>	<i>13,43</i>
<i>CV - Glicerina (ARS/año)</i>	<i>5.942.155,95</i>
<i>CVU - Glicerina (ARS/tn)</i>	<i>2.565,00</i>

Tabla 13.10 - Impacto, costos de transporte de materias primas

Fuente: Elaboración propia

13.2.5. Transporte de productos terminados

El proyecto evalúa producir en torno a 40.000 toneladas de jabones de tocador por año y comercializarlo en las siguientes regiones:

- GBA (CABA y Conurbano Bonaerense)
- Cuyo
- NOA
- Córdoba
- Santa Fe
- La Pampa

Para estimar los costos de transporte de los jabones hasta sus respectivos mercados consumidores lo primero que debe hacerse es estimar la cantidad demandada por cada uno. Para calcular la cantidad demandada se calcula el peso relativo de cada región según la densidad demográfica.

Por otro lado, también se evalúa la concentración de la glicerina cruda obtenida como subproducto del proceso de producción de jabones de tocador hasta el estándar USP y su posterior venta a los mercados internacionales, principalmente los mercados asiáticos.

Con respecto a tal producto, es importante recalcar que la posición de venta que se evalúa en el presente estudio de prefactibilidad es la posición FOB. Esto quiere decir que el proyecto solo se haría cargo de llevar la glicerina USP hasta el Puerto de Buenos Aires (flete terrestre), mientras que el flete marítimo, el seguro del cargamento y la logística de los contenedores correrían por cuenta del comprador.

Para la estimación de los costos de transporte se toma como distancia representativa la existente desde la localización hipotética de la planta (Parque Industrial Campana) hasta la ciudad más poblada de cada región.

Distribución de la Demanda y Costo de Transporte (Jabones de Tocado)					
Mercado	Población	Peso Relativo	Distancia (km)	Q (tn/año)	Costo Total (ARS/año)
CABA	3.120.000,00	10%	92	4.071,92	56.192.450,53
Conurbano					
Bonaerense	14.000.000,00	46%	83	18.271,42	227.479.192,85
La Pampa	366.022,00	1%	591	477,70	42.347.738,36
Córdoba	3.978.984,00	13%	647	5.192,98	503.978.516,72
Salta	1.440.672,00	5%	1411	1.880,22	397.949.240,23
Santa Fe	3.556.000,00	12%	394	4.640,94	274.279.610,89
Catamarca	429.000,00	1%	1077	559,89	90.449.994,76
La Rioja	384.607,00	1%	1049	501,95	78.982.017,50
Mendoza	2.014.533,00	7%	1011	2.629,17	398.713.639,03
San Luis	540.905,00	2%	752	705,94	79.629.573,04
San Juan	818.234,00	3%	1073	1.067,88	171.875.032,88
TOTAL	30.648.957,00	100%		40.000,00	\$ 2.321.877.006,78
Costo de Transporte (ARS/tn-km)				150	

Tabla 13.11 - Costos de transporte, jabones de tocador

Fuente: Elaboración propia

Costos de Transporte Glicerina USP		
Q (tn/año)	Distancia	Costo de Transporte (ARS/año)
2.316,63	95	33.011.977,50

Tabla 13.12 - Costos de transporte, glicerina USP

Fuente: Elaboración propia

Costo Total (ARS/año)	2.354.888.984,28
CV - Jabón (ARS/año)	2.321.877.006,78
CVU - Jabón (ARS/tn)	58.046,93
CVU - Jabón (ARS/pack)	17,41
CV - Glicerina (ARS/año)	33.011.977,50
CVU - Glicerina (ARS/tn)	14.250,00

Tabla 13.13 - Impacto, costos de transporte de productos terminados

Fuente: Elaboración propia

13.2.6. Costos Laborales

Los costos en concepto de salarios fueron analizados en el estudio organizacional, pero serán retomados en este apartado para detallar los costos unitarios. Los salarios básicos mensuales fueron determinados en base al Convenio Colectivo de Trabajo de la Industria

Química y Petroquímica para cada puesto. Con los básicos mensuales y la cantidad de personas de cada cualificación se obtuvo el subtotal mensual y con este el anual y luego se consideraron las cargas patronales y los aguinaldos.

Puesto	Cant.	Categoría CCT	Básico mensual Individual (ARS)	Subtotal mensual (ARS)	% Peso Relativo
Gerente General	1	Admin A1 x 1,5	2.192.054,76	2.192.054,76	2%
Gerentes áreas	7	Admin A1 x 1,25	1.826.712,30	12.786.986,10	10%
Ingeniero de Procesos	2	Admin A x 1,6	2.045.300,52	4.090.598,40	3%
Supervisor de Turno	4	Operario A3 (200h)	1.496.122,00	5.984.488,00	5%
Operador Sala DCS	8	Operario A1 (200h)	1.274.864,00	10.198.912,00	8%
Operador de Campo	24	Operario A2 (200h)	1.381.072,00	33.145.728,00	27%
Técnicos Mantenimiento	16	Operario A (200h)	1.176.784,00	18.828.544,00	15%
Técnico de Sell	4	Operario A (200h)	1.176.784,00	4.707.136,00	4%
Analista Laboratorio	8	Operario A1 (200h)	1.274.864,00	10.198.912,00	8%
Gerentes áreas funcionales	6	Admin A1	1.461.370,00	8.768.219,00	7%
Personal admin y apoyo	10	Admin B	1.096.323,00	10.963.230,00	9%
Total	90		15.225.457,58	121.864.808,26	100%

Tabla 13.14 – Costos Laborales

Fuente: Elaboración propia

Costos Laborales Variables		
Capacidad de diseño - jabón (tn/año)	40.000,00	95%
Capacidad de diseño - glicerina USP	2.316,63	5%
CVU total (\$/tn)		56.844,30
CVU - jabón (\$/tn)		53.732,35
CVU - glicerina (\$/tn)		3.111,95
Costos Laborales Fijos		
Cargos fijos anuales (\$/año)	\$	958.009.520,13
Costos fijos - jabón (\$/año)	\$	905.563.151,07
Costos fijos - glicerina (\$/año)	\$	52.446.369,07
CFU - jabón (ARS/tn)	\$	22.639,08
CFU - jabón (ARS/pack)	\$	6,79
CFU - glicerina (ARS/tn)	\$	22.639,08

Costo Anual del Empleador	\$ 3.363.468.707,97
Costos Variables Totales	\$ 2.405.459.187,84
Costos Fijos Totales	\$ 958.009.520,13
CVU - jabón (ARS/pack)	
\$	16,12

Tabla 13.15 - Impacto, costos laborales

Fuente: Elaboración propia

13.2.7. Costos de Exportación

Como se analizó en el estudio normativo, para poder exportar glicerina USP se deben realizar desembolsos adicionales en concepto de derechos de exportación, despacho de aduana, documentación y gestión, manipulación, gastos administrativos, etc.

Teniendo en cuenta que cada embarque es de 20 toneladas y que se evalúa producir 2.316,63 Tn de glicerina USP por año podemos estimar 116 embarques por año. **Con un costo promedio de USD 850 por embarque el costo de exportación total ascendería a USD 98.600 por año, esto es, USD 42,56 por tonelada.**

13.3. Ingresos Operativos

13.3.1. Precios de venta

Una vez cuantificados los principales ítems de costos pertinentes a la producción y comercialización de los productos considerados y teniendo en cuenta las características de los mercados demandantes de cada uno, puede construirse el precio de venta para cubrir los costos unitarios.

El análisis debe realizarse para cada producto, ya que la evaluación económica se hace a costo diferencial, es decir, considerando los costos que surgen por optar específicamente por cada alternativa de inversión.

A continuación, se tabulan los ítems de costos unitarios fijos y variables de cada producto.

<i>Concepto</i>	<i>Jabones de Tocador</i>		<i>Glicerina USP</i>	
	<i>Costos Fijos Unitarios (ARS/pack)</i>	<i>Costo Variables Unitarios (ARS/pack)</i>	<i>Costos Fijos Unitarios (ARS/Tn)</i>	<i>Costos Variables Unitarios (ARS/Tn)</i>
<i>Materias primas e insumos</i>	-	903,51	-	190.908
<i>Electricidad</i>	0,04	3,56	130,43	688,14
<i>Gas Natural</i>	0,03	0,35	113,43	67,06
<i>Mano de Obra</i>	-	16,12	-	3.111,95
<i>Administración</i>	6,79		22.639,08	-
<i>Transporte</i>		30,84	-	16.815

<i>Exportación</i>		-		66.396,45
TOTAL	6,87	954,38	22.882,94	277.986,60

Tabla 13.16 - Tabla resumen de costos

Fuente: Elaboración propia

Para cubrir los costos de manufactura totales cada pack de tres jabones debe venderse por encima de 968,03 ARS.

El precio puede establecerse como un margen bruto o markup sobre el costo total unitario, por ejemplo, un 30%

$$Pv = \frac{Cu}{1-MB}$$

$$Pv = 1.382,9 \text{ ARS/pack}$$

Sin embargo, hay que tener en cuenta que debe cubrirse el Impuesto al Valor Agregado (21%) y el Impuesto a los Ingresos Brutos (aproximadamente 3,5%). De esta manera, el precio de cada pack de jabones debería ser de 1.721,71 ARS/pack.

Con respecto a la glicerina USP, para cubrir los costos devengados de su manufactura y transporte hasta el puerto la misma debería venderse a un costo FOB mayor a los **277.986,60 ARS** por tonelada (USD 180)

Si se establece un margen bruto del 30%:

$$Pv = 260 \text{ USD/tn}$$

Al igual que en el caso de los jabones de tocador, es necesario incluir los costos fiscales, por lo que el precio final sería de 504.972,00 ARS/Tn (323,7 USD)

Sin embargo, cabe destacar que el costo FOB de la glicerina en la actualidad se está negociando en torno a los 1000 USD

Proponemos realizar la evaluación económica considerando un precio FOB de USD 700/tn, es decir, un criterio conservador. Dicho valor surge de los escenarios pesimistas posibles planteados en el estudio de mercado.

13.3.2. Ingresos por Ventas de Productos Terminados

Como ya se vio en el capítulo de tamaño, se espera que la demanda de jabones de tocador crezca siguiendo la tendencia de crecimiento demográfico.

<i>Año</i>	<i>Demanda (TM)</i>	<i>Demanda (packs)</i>	<i>Ingresos (ARS)</i>
2027	31.181,8	103.939.333,33	\$178.953.389.593,33
2028	31.228,7	104.095.666,67	\$179.222.550.256,67
2029	31.273,6	104.245.300,00	\$179.480.175.463,00
2030	31.318,48	104.394.933,33	\$179.737.800.669,33
2031	31.365,38	104.551.266,67	\$180.006.961.332,67
2032	31.414,29	104.714.300,00	\$180.287.657.453,00
2033	31.464,54	104.881.800,00	\$180.576.043.878,00
2034	31.516,13	105.053.766,67	\$180.872.120.607,67
2035	31.569,73	105.232.433,33	\$181.179.732.794,33
2036	31.622,66	105.408.866,67	\$181.483.499.828,67

Tabla 13.17 - Ingresos por ventas de jabones

Fuente: Elaboración propia

<i>Año</i>	<i>Demanda (Tn/año)</i>	<i>Ingresos (USD)</i>
2027	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2028	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2029	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2030	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2031	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2032	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2033	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2034	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2035	6.019.724,44	4.213.807.111,15
2036	6.019.724,44	4.213.807.111,15

Tabla 13.18 - Ingresos por ventas de glicerina

Fuente: Elaboración propia

13.3.3. Ingresos por Venta de Equipos Reemplazados

Del balance de equipos presentado en el capítulo N°11 se desprende la necesidad de reemplazar ciertos equipos al cabo de su vida útil técnica

<i>Equipo</i>	<i>Vida Útil Técnica (años)</i>	<i>Costo (USD)</i>	<i>Valor de Desecho (USD)</i>	<i>Vida Útil Fiscal</i>	<i>Dep. Acumulada</i>	<i>Valor De Libro</i>
Bombas PCP - Sebo	5	7.983,34	798,33	10	3.991,67	3.991,67
Bomba PCP - Glicerina	5	3.991,67	399,17	10	1.995,84	1.995,84
Bombas Centrífugas	5	26.000	2.600,00	10	13.000,00	13.000,00
Compresor Centrífugo	5	85.609,2	8.560,92	10	42.804,6	42.804,60

Tabla 13.19 - Ingresos por ventas de equipos obsoletos

Fuente: Elaboración propia

<i>Equipo</i>	<i>Resultado Contable (USD)</i>
Bombas PCP - Sebo	-3,193.34
Bomba PCP - Glicerina	-1,596.67
Bombas Centrífugas	-10.400,00
Compresor Centrífugo	-34,243.68

Tabla 13.20 - Resultado contable, ventas de equipos obsoletos

Fuente: Elaboración propia

El resultado contable total es de USD -49.433,69, monto que constituye una pérdida contable deducible del impuesto a las ganancias.

13.4. Capital de Trabajo

13.4.1. Introducción

En este apartado se consideran todas las inversiones de corto plazo necesarias para financiar el ciclo productivo desde que se adquieren las materias primas hasta que se recuperan los fondos por percepción de los ingresos debido a la venta de los productos.

Dado que se trata de un estudio de prefactibilidad la manera más conveniente de estimar el capital de trabajo consiste en aplicar el método del periodo de desfase, ya que los únicos requerimientos son los costos totales anuales necesarios para producir los bienes y una estimación del periodo de recuperación.



En las secciones subsecuentes se estimará la inversión en capital de trabajo (ICT) para los jabones de tocador y para la glicerina USP considerando los periodos de desfase correspondientes

13.4.2. Inversión en Capital de Trabajo - Jabones de Tocador

Los insumos críticos para la producción de jabón pueden ser adquiridos con crédito de proveedores a 30 días, mientras que producir una cantidad adecuada de existencias puede demorar en torno a 20 días. El tiempo que tardan en llegar los insumos a la planta puede variar de 1 a 5 días dependiendo del proveedor. Con respecto a la venta del producto considerado, es posible vender a crédito a los supermercados a 45 días.

De esta manera, el periodo de desfase corresponde a los días que pasan hasta cobrar por la venta de los jabones menos el plazo de pago a proveedores.

$$nd = 5 + 20 + 45 - 30 = 40 \text{ días}$$

Con respecto a los costos anuales de producción, los mismos son de aproximadamente 129.070.666.666,66 ARS por año, según los cálculos hechos en la sección de egresos operativos.

De esta manera:

$$ICT = \frac{129.070.666.666,66 \text{ ARS}}{365} * 40 = 14,144,730,593.61 \text{ ARS}$$

13.4.3. Inversión en Capital de Trabajo - Glicerina USP

En este caso el periodo de desfase depende fundamentalmente del tiempo de producción y acumulación de existencias, de los tiempos de análisis y liberación de lotes; en total pueden pasar 20 días. Normalmente se vende a crédito a 30 o 60 días desde el embarque o desde la recepción en destino.

Para una estimación conservadora teniendo en cuenta que la posición de venta es FOB supondremos que el comprador paga a crédito a 60 días desde el embarque.

$$nd = 20 + 60 = 80 \text{ días}$$

Los costos de producción de glicerina USP fueron estudiados en la sección de egresos operativos y ascienden a 543.187.394,48 ARS por año.

De esta manera:

$$ICT = \frac{543.187.394,48 \text{ ARS}}{365} * 80 = 119.054.771,39 \text{ ARS}$$



13.5. Tasa de Descuento

13.5.1 Introducción

Cuando se trata de evaluar la rentabilidad de una inversión uno de los factores más críticos es la determinación del costo del capital, esto es, la tasa que refleja la equivalencia del dinero a lo largo del tiempo, incluyendo el premio por el riesgo propio de erogar recursos a lo largo de varios años.

La importancia de la tasa de descuento subyace en que a través de ella se puede convertir un flujo de dinero proyectado a futuro en un valor actual, lo cual permite determinar la conveniencia de la inversión analizada antes de realizar las inversiones propiamente dichas.

Existen diversos métodos para determinar el costo del capital; tomando como referencia un activo libre de riesgo más un premio de acuerdo al rubro estudiado, en función de tasas bancarias, utilizando el método CAPM (Capital Assets Pricing Model), etc.

13.5.2. Tasa Libre de Riesgo

Se trata del piso exigido a la rentabilidad, es decir, la mínima rentabilidad, ya que si la rentabilidad del proyecto no supera a la tasa de interés de referencia de las operaciones financieras sería preferible tomar los recursos que demandaría el proyecto y, por ejemplo, colocarlos a plazo fijo.

Proponemos utilizar la tasa de bonos soberanos argentinos ajustados por CER, la cual es publicada por el Ministerio de Economía de la Nación y otras instituciones como Bolsas y Mercados Argentinos.

Se trata de una obligación de títulos de deuda emitidos por el Estado Argentino, los cuales son actualizados según el coeficiente de estabilización de referencia (CER) para considerar el impacto de la inflación; reflejan el estado de la macroeconomía y los efectos de las políticas monetarias del Estado para controlar la inflación.

Según las instituciones mencionadas, la tasa de los bonos soberanos ajustados por CER en la actualidad paga una tasa de interés del 27% anual en pesos.

13.5.3. Riesgo Sistemático de la Industria

Para determinar la tasa de descuento se necesita, además de la tasa libre de riesgo, considerar el riesgo propio de la región en donde se evalúa constituir el proyecto comparado con una economía más estable (prima de riesgo del mercado), el rendimiento esperado de un activo de referencia y el riesgo propio del sector industrial considerado. Es precisamente el último aspecto mencionado el que se discute en esta sección.

El sector industrial en el que se evalúa asignar recursos en el presente estudio es el sector químico industrial, por lo que el coeficiente de riesgo sistemático se puede obtener a partir del comportamiento de las acciones de las empresas químicas que cotizan en bolsa.

Según la NYU School of Business, la cual recopila información sobre diversos sectores industriales, el coeficiente de riesgo sistemático de la industria química especializada es 0,97; dato que fue obtenido analizando los activos sujetos a cotización de 59 compañías de distintos tamaños. Sin embargo, tal valor incluye los efectos del apalancamiento financiero, por lo que debe utilizarse el coeficiente desapalancado. Según la misma institución, dicho coeficiente es 0,79.

13.5.4. Prima de Riesgo de Mercado

Se trata del rendimiento esperado de una cartera de referencia que mide el comportamiento del mercado regional. Dado que el proyecto evalúa la constitución de un negocio en Argentina, el índice más apropiado es el Merval. Se trata de un riesgo ajeno al proyecto y que no podría evadirse por más que se diversifique la inversión.

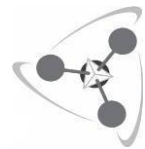
A continuación, se presenta una tabla de elaboración propia con el rendimiento del índice S & P Merval en los últimos 10 (diez) años con datos recopilados de BYMA (Bolsas y Mercados Argentinos).

Año	Retorno Anual (%)	Fuente
2016	+ 21%	BYMA / Investing.com
2017	+ 53%	BYMA / Investing.com
2018	- 54%	BYMA / Investing.com
2019	- 31%	BYMA / Investing.com
2020	- 41%	BYMA / Investing.com
2021	+ 31%	BYMA / Investing.com
2022	+ 41%	BYMA / Investing.com
2023	+ 52%	BYMA / Investing.com
2024	+ 122%	BYMA / Investing.com
2025	- 10%	BYMA / Investing.com
Promedio 2016–2025: + 23,1% Anual en ARS		
** Datos expresados en pesos argentinos (ARS).		
** Fuente: Bolsas y Mercados Argentinos (BYMA) e Investing.com.		

Tabla 13.21 - Rendimiento anual, Índice S&P Merval

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, el rendimiento anual promedio en el periodo analizado fue del 23,1% en pesos.



13.5.5. Costo del Capital por Método CAPM

Hasta ahora se han detallado todos los elementos necesarios para calcular la tasa de descuento. Como ya se ha aludido, el método de cálculo consiste en una relación positiva entre riesgo y premio, considerando como base la tabla libre de riesgo sistemático y no sistemático del mercado. Se considerará, además, un término adicional relacionado al riesgo político, medido mediante el riesgo país.

Según el banco privado J.P. Morgan el riesgo país en la República Argentina actualmente es de 428 puntos básicos. Esto quiere decir que la tasa de interés que paga el Estado Argentino cuando toma deuda es un 4,28% más alta que la que paga Estados Unidos.

$$r = Rf + (E(Rm) - Rf) * \beta + RP$$

r - tasa de descuento en pesos

Rf - tasa libre de riesgo

E (Rm) - rendimiento esperado del mercado

β - coeficiente de riesgo sectorial sistemático

RP - riesgo país

Según la fórmula de cálculo mostrada para el método CAPM, la tasa de descuento apropiada para el proyecto sería del 28,2%.

13.6. Valor de Desecho del Proyecto

13.6.1. Introducción

El valor residual o valor de desecho del proyecto es aquel que teóricamente se podría recuperar al cabo del horizonte de evaluación, dado que por ejemplo, podrían venderse los activos fijos. El criterio mencionado corresponde al valor de desecho contable, pero también puede considerarse que la vida útil real del proyecto en caso de llevarse a cabo el mismo es mayor al horizonte de evaluación de 10 (diez) años. De esta manera, también podría estimarse la cifra equivalente al flujo de ingresos futuros que generaría el proyecto en caso de continuar más allá del horizonte de evaluación. Esto se conoce como valor de desecho económico del proyecto.

13.6.2. Valor de Desecho Contable

Para estimar este beneficio del proyecto debe considerarse el valor no depreciado de todos los activos fijos, los cuales fueron detallados en el balance de equipos y en el balance de obras físicas.

Dado que se ha considerado la vida útil técnica de la mayoría de los equipos igual a 10 (diez) años y fiscalmente solo se pueden depreciar dicha cantidad de años, al final del horizonte de evaluación todos los equipos excepto las bombas, que serían sustituidas al cabo de 5 años, estarían completamente depreciadas.

<i>Activo</i>	<i>Vida Útil Contable (años)</i>
<i>Inmuebles</i>	50
<i>Máquinas y Equipos</i>	10

Tabla 13.22 - Depreciación de activos fijos

Fuente: Elaboración propia

<i>Planta de Jabón</i>			
<i>Máquinas y Equipos</i>	<i>Costo de Adquisición (USD)</i>	<i>Depreciación Anual (USD)</i>	<i>Valor de Libro Año 10 (USD)</i>
<i>Caldera</i>	1.039.305,98	103.930,60	-
<i>Tanques de sebo</i>	190.454,59	19.045,46	-
<i>Torre de hidrólisis</i>	4.418.881,94	441.888,19	-
<i>Tanque de soda cáustica</i>	129.100,00	12.910,00	-
<i>Intercambiadores de calor</i>	643.644,22	64.364,42	-
<i>Bombas PCP (jabón)</i>	7.983,34	798,33	3.991,67
<i>Reactor CSTR</i>	38.969,36	3.896,94	-
<i>Torre de Secado</i>	273.375,94	27.337,59	-
<i>Línea de acondicionamiento</i>	205.000,00	20.500,00	-

Tabla 13.23 - Depreciación y valor de libro de activos fijos, planta de jabones de tocador

Fuente: Elaboración propia

Planta de Glicerina USP			
Máquina/Equipo	Costo de Adquisición	Depreciación Anual	Valor de Libro Año 10
Bomba PCP	3.991,67	399,17	1.995,84
Tanque criogénico	13.000,00	1.300,00	-
Bombas centrífugas	26.000,00	2.600,00	13.000,00
Evaporador 1er efecto	135.750,24	13.575,02	-
Evaporador 2do efecto	425.877,62	42.587,76	-
Intercambiadores de calor	71.806,16	7.180,62	-
Decantador	17.014,19	1.701,42	-
Torre de fraccionamiento	15.142,83	1.514,28	-
Adsorbedores	24.151,85	2.415,19	-
Compresor	85.609,20	8.560,92	42.804,60
Intercambiadores de resinas	18.018,05	1.801,81	-
Equipo de filtración	21.276,63	2.127,66	-
Línea de llenado	11.000,00	1.100,00	-

Tabla 13.24 - Depreciación y valor de libro de activos fijos, planta de glicerina USP

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las máquinas y los equipos, la depreciación total en un año cualquiera asciende a los USD 781.535,39 (1.219.195.209,40 ARS)

Inmuebles	Costo de Construcción (USD)	Depreciación Anual (USD)	Valor de Libro Año 10 (USD)
Planta de producción de jabón	1.973.625,00	39.472,50	1.578.900,00
Planta de producción de glicerina	1.538.175,00	30.763,50	1.230.540,00
Almacenamiento de insumos y productos terminados	1.920.000,00	38.400,00	1.536.000,00
Mantenimiento	120.000,00	2.400,00	96.000,00
Administración	480.000,00	9.600,00	384.000,00

Planta de tratamiento de agua de pozo	300.000,00	6.000,00	240.000,00
Acondicionamiento de nitrógeno	60.000,00	1.200,00	48.000,00
Cierre Perimetral	85.800,00	1.716,00	68.640,00

Tabla 13.25 - Depreciación y valor de libro de inmuebles

Fuente: Elaboración propia

En un año la depreciación total de los inmuebles es de USD 129.552 (202.101.120 ARS)

$$VD = 61.792,11 + 5.182.080,00 = USD 5.243.872,11$$

Como se puede apreciar, el valor residual contable total teniendo en cuenta máquinas, equipos y obras físicas sería de USD 5.243.872,11

Se ha supuesto que la amortización de los activos intangibles se ha completado al cabo del horizonte de evaluación.

Cabe destacar que el método contable es el más conservador a la hora de determinar el valor de desecho, por lo que el valor obtenido podría ser menor al real.

También podría considerarse estimar el valor de mercado de cada activo al cabo del horizonte de evaluación y utilizar el valor contable para calcular las utilidades o pérdidas contables devengadas de la venta hipotética de cada activo y sus efectos tributarios, pero sería una tarea muy extensa que no tiene mucho sentido en un estudio de prefactibilidad.

13.7. Flujo de Caja

Al contar con todos los ítems de inversiones, ingresos y egresos relevantes se procede a aplicar un método sistemático para inferir sobre la posible rentabilidad del proyecto.

La estructura básica del flujo de caja es la siguiente:

- + Ingresos afectos a impuestos
- Costos afectos a impuestos
- Costos no desembolsables
- = Utilidad antes de impuestos (EBITDA)
- Impuestos
- + Ajuste por costos no desembolsables

- Desembolsos no afectos a impuestos

+ Ingresos no afectos a impuestos

= Flujo de caja

<i>Inversión Inicial (ARS)</i>	
<i>Inversión fija jabón</i>	<i>57.346.145.641,20</i>
<i>Inversión fija glicerina</i>	<i>7.426.563.268,80</i>
<i>Terreno</i>	<i>3.612.866.400,00</i>
<i>Inversión diferida</i>	<i>20.461.400,00</i>
<i>Inversión inicial total</i>	<i>68.406.036.710,00</i>

Tabla 13.26 - Depreciación y valor de libro de inmuebles

Fuente: Elaboración propia

Año	0	1	2	3				
Ingresos Jabón	\$	178.953.389.587,59	\$	179.222.550.262,41	\$	179.480.175.463,00		
Ingresos glicerina	\$	1.972.061.727,95	\$	1.975.027.871,63	\$	1.977.866.894,69		
Venta de activos								
Costos variables (jabón)	\$	99.197.620.943,49	\$	99.347.297.356,51	\$	99.490.104.414,00		
Costos fijos (jabón)	\$	1.418.771.899,95	\$	1.420.905.850,05	\$	1.422.948.345,00		
Costos variables (glicerina)	\$	502.020.909,66	\$	502.800.990,56	\$	503.523.710,81		
Costos fijos (glicerina)	\$	41.324.697,98	\$	41.386.853,74	\$	41.446.345,68		
Depreciación	\$	1.421.296.328,40	\$	1.421.296.328,40	\$	1.421.296.328,40		
Amortización intangible	\$	4.092.200,00	\$	4.092.200,00	\$	4.092.200,00		
Valor libro								
Utilidad antes de impuestos	\$	78.340.324.336,07	\$	78.459.798.554,78	\$	78.574.631.013,80		
Impuestos (IIGG e IIBB)	\$	33.751.504.313,67	\$	33.802.844.728,86	\$	33.852.152.337,35		
Utilidad neta	\$	44.588.820.022,40	\$	44.656.953.825,91	\$	44.722.478.676,45		
Depreciación	\$	1.421.296.328,40	\$	1.421.296.328,40	\$	1.421.296.328,40		
Amortización intangible	\$	4.092.200,00	\$	4.092.200,00	\$	4.092.200,00		
Valor libro								
Inversión inicial	-\$	68.406.036.710,00						
Inversión de reemplazo								
Inversión en capital de trabajo	-\$	14.263.785.365,00						
Valor de desecho								
Flujo de caja	\$	(82.669.822.075,00)	\$	46.014.208.550,80	\$	46.082.342.354,31	\$	46.147.867.204,85
VAN (28,2%)		\$53.155.213.701,82						
Tasa de descuento		28%						
TIR		55%						

4	5	6	7
\$ 179.737.800.663,59	\$ 180.006.961.338,41	\$ 180.287.657.453,00	\$ 180.576.043.878,00
\$ 1.980.705.917,74	\$ 1.983.672.061,42	\$ 1.986.765.325,35	\$ 1.989.943.336,30
	\$ 16.237.104,00		
\$ 99.632.911.471,49	\$ 99.782.112.884,51	\$ 99.937.708.634,00	\$ 100.097.567.284,00
\$ 1.424.990.839,95	\$ 1.427.124.790,05	\$ 1.429.350.195,00	\$ 1.431.636.570,00
\$ 504.246.431,05	\$ 505.001.511,95	\$ 505.788.953,41	\$ 506.597.968,63
\$ 41.505.837,61	\$ 41.567.993,37	\$ 41.632.812,94	\$ 41.699.408,40
\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40
\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00
	\$ 96.395.691,60		
\$ 78.689.463.472,83	\$ 78.729.279.103,94	\$ 78.934.553.654,59	\$ 79.063.097.454,87
\$ 33.901.459.945,84	\$ 33.925.488.154,01	\$ 34.006.698.576,35	\$ 34.061.893.661,70
\$ 44.788.003.526,99	\$ 44.803.790.949,93	\$ 44.927.855.078,24	\$ 45.001.203.793,16
\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40
\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00
	\$ 96.395.691,60		
	\$ 102.732.973,20		
\$ 46.213.392.055,39	\$ 46.222.842.196,73	\$ 46.353.243.606,64	\$ 46.426.592.321,56

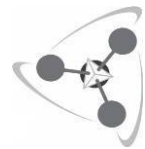
8	9	10
\$ 180.872.120.613,41	\$ 181.179.732.788,59	\$ 181.483.499.834,41
\$ 1.993.206.094,27	\$ 1.996.595.972,49	\$ 1.999.943.477,48
\$ 100.261.688.834,52	\$ 100.432.204.721,49	\$ 100.600.589.172,52
\$ 1.433.983.915,05	\$ 1.436.422.714,95	\$ 1.438.831.030,05
\$ 507.428.557,61	\$ 508.291.507,14	\$ 509.143.669,87
\$ 41.767.779,73	\$ 41.838.814,87	\$ 41.908.962,09
\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40
\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00
\$ 79.195.069.092,38	\$ 79.332.182.474,23	\$ 79.467.581.948,97
\$ 34.118.560.617,10	\$ 34.177.435.372,62	\$ 34.235.574.198,06
\$ 45.076.508.475,28	\$ 45.154.747.101,61	\$ 45.232.007.750,92
\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40	\$ 1.421.296.328,40
\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00	\$ 4.092.200,00
		\$ 8.180.440.491,60
\$ 46.501.897.003,68	\$ 46.580.135.630,01	\$ 54.837.836.770,92

Jabones de tocador		Glicerina USP	
Pv (ARS/pack)	\$ 1.721,71	Pv (ARS/tn)	\$ 1.092.000,00
CFU	\$ 13,65	CFU	\$ 22.882,94
CVU	\$ 954,38	CVU	\$ 277.986,65

Tabla 13.27 - Flujo de caja

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que en el apartado de impuestos se incluyen tanto el Impuesto a las Ganancias, cuya alícuota es del 35% debido al rango de utilidad antes de impuestos proyectado, y el Impuesto a los Ingresos Brutos.



También se ha considerado que la venta de activos y la inversión de reemplazo de los mismos se hace en el mismo año (año 5)

13.8. Valor de Desecho Económico

Consiste en el valor que un comprador estaría teóricamente dispuesto a pagar por el proyecto en base a los beneficios netos futuros que puede generar. Para su estimación tomaremos el método propuesto en el libro *Formulación y Evaluación de Proyectos* del autor Sapag Chain, considerando renta perpetua.

El valor de los beneficios netos promedio alcanza los 47.138.035.769,49 ARS.

$$VD = \frac{BN\ k - Dep\ k}{r} = \frac{(47.138.035.769,49) - (1.421.296.328,40)}{0,282} = 162.116.097.308,83\ ARS$$

Como se puede apreciar, el valor de desecho económico es de aproximadamente USD 162.116.097.308,83. Se trata de un valor aproximadamente 30 veces más alto que el estimado por el valor contable.



CAPÍTULO XIV: ANÁLISIS DE RIESGOS

14.1. Introducción

Hasta este punto se ha recopilado información sobre los mercados relacionados con el proyecto, información técnica con respecto a las diversas alternativas existentes para la producción de jabón y glicerina USP, información sobre los equipos necesarios, información con respecto a los aspectos organizacionales e información legal con respecto a permisos, habilitaciones y por supuesto, regímenes impositivos.

Toda la información recopilada fue utilizada para cuantificar diversos ítems económicos de inversiones, ingresos y egresos; ítems que a su vez permitieron la construcción de un flujo de caja. El flujo de caja elaborado en el capítulo anterior es tan solo uno de los posibles resultados que podría esperarse en caso de realizar la inversión estudiada, pero hay muchos factores que, ya sea por falta de información o por exceso de subjetividad o por cambios en variables que no son controladas por el proyecto podrían modificar el flujo de caja.

Cabe destacar que la evaluación de cualquier proyecto de inversión siempre está cargada de incertidumbre, dado que no es posible saber a ciencia cierta que sucederá en el futuro.

En el siguiente apartado proponemos identificar cuáles son los principales factores de riesgo, es decir, aquellos que podrían tener un impacto significativo en la cuantía del flujo de caja y por ende, en la rentabilidad de la inversión.

14.2. Factores de Riesgo

Las principales situaciones que podrían darse se enumeran a continuación en orden de importancia relativa.

1. **Participación de mercado menor a la esperada:** básicamente se trata de escenarios posibles en los que el proyecto, ya sea por el precio de venta de los productos, por falta de promoción o publicidad o simplemente porque los consumidores eventualmente prefieran marcas con mayor historia y renombre en el mercado

Causas	- Pronóstico demasiado optimista - Falta de publicidad
Probabilidad	- Media
Impacto	- Medio/alto
Consecuencia	- Menores ingresos con respecto a los esperados - Pérdida de apalancamiento operativo
Capacidad de mitigación	Moderada/baja

Tabla 14.1 - Análisis de riesgo, baja cuota de mercado

Fuente: Elaboración propia

2. **Cambios en las condiciones de aprovisionamiento de materias primas:** el mayor riesgo subyace en una eventual falta de disponibilidad de sebo vacuno. Esto puede deberse a diversas razones y dada la dificultad para determinar cuantitativamente su impacto solo se evaluará este factor de forma cualitativa.

Causas	Capacidad insuficiente Cambios en las políticas de exportación de carne Eventuales contratos de los proveedores con la competencia
Probabilidad	Media
Impacto	Medio/alto
Consecuencia	Necesidad de abastecimiento de proveedores más lejanos Incremento en los costos de transporte de materia prima Posible aumento en los plazos de entrega de productos terminados.
Capacidad de mitigación	Moderada
Mitigación	Comprar sebo a proveedores lejanos

Tabla 14.2 - Análisis de riesgo, mayores costos de aprovisionamiento

Fuente: Elaboración propia

3. **Apreciación del peso frente al dólar:** en el pasado reciente el Gobierno Nacional ha emprendido campañas de compra y venta de grandes volúmenes de dólares. Se ha llegado a observar en algunos casos un descenso en el tipo de cambio. Esto podría ocurrir nuevamente en el futuro.

Causas	<i>Cambios en la política monetaria del Gobierno Nacional</i>
Probabilidad	<i>Baja</i>
Impacto	<i>Medio/alto</i>
Consecuencia	<i>Menor valor en pesos de los ingresos por venta FOB de glicerina USP</i> <i>Reducción de margen de contribución</i>
Capacidad de mitigación	<i>Moderada</i>
Mitigación	<i>Gestión de plazos de cobro/pago</i> <i>Cobertura cambiaria (pactar un tipo de cambio con los compradores)</i>

Tabla 14.3 - Análisis de riesgo, desplome del tipo de cambio

Fuente: Elaboración propia

4. **Saturación de la demanda de glicerina USP:** podría ocurrir que la producción de dicho bien sobrepase al consumo, de tal forma que los mercados europeos y asiáticos encuentren dificultades de crecimiento. Cabe destacar que en la actualidad el mercado se encuentra en recuperación luego de la depresión sufrida durante el periodo 2020-2022, tal como se aludió en el estudio de mercado.

Causas	<i>Dificultad de crecimiento de mercados consumidores</i>
Probabilidad	<i>Media</i>
Impacto	<i>Alto</i>
Consecuencia	<i>Descenso del precio FOB</i> <i>Reducción de márgenes</i> <i>Dificultad para colocar el volumen producido</i>
Capacidad de mitigación	<i>Moderada/baja</i>
Mitigación	<i>Diversificación de mercados y clientes</i> <i>Contratos de suministro</i> <i>Diferenciación por calidad</i>

Tabla 14.4 - Análisis de riesgo, saturación del mercado de glicerina

Fuente: Elaboración propia

14.3. Análisis FODA

A continuación, recurrimos a una herramienta estratégica a la hora de evaluar proyectos de inversión. Se identificarán las principales fortalezas y oportunidades, así como también las principales debilidades y amenazas, resumiendo de alguna forma todos los aspectos mencionados en los apartados anteriores de forma más gráfica.



Figura 14.1 – Análisis FODA

Fuente: Elaboración propia



14.4. Conclusión

Todo proyecto de inversión está sujeto en gran medida al criterio subjetivo de sus proyectistas, lo cual sumado a la incertidumbre propia del comportamiento de los mercados involucrados en el futuro genera una variabilidad con respecto al resultado esperado.

Los principales riesgos que corre el proyecto evaluado son la falta de materias primas (principalmente sebo), la apreciación del peso argentino con respecto al dólar, la saturación del mercado demandante de glicerina USP y sobre todo, que el producto, a pesar de su bajo precio de venta con respecto a la competencia, no logre tener el impacto esperado en el mercado, reflejado en la cuota de mercado.



CAPÍTULO XV: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

15.1. Introducción

En un sentido amplio la sensibilización de las principales variables de mercado es una extensión del análisis de riesgos, solo que a diferencia de este, se busca una mayor profundización en aspectos cuantitativos.

En los siguientes apartados se pretende tomar los principales factores de riesgo mencionados en el capítulo anterior y evaluar cuánto cambia el VAN.

15.2. Análisis - jabones de tocador

15.2.1. Sensibilización del VAN con respecto a la participación en el mercado de jabones

Si existe un factor crítico que influye en la rentabilidad estimada debido a su alto impacto es que la participación en el mercado no sea lo suficientemente alta como para sostener la estructura de costos del proyecto. Este factor afecta principalmente a los ingresos por venta y a los costos variables. A continuación, se analiza que sucede con el valor actual neto, es decir, la rentabilidad proyectada, cuando cambia la participación en el mercado.

Al disminuir el porcentaje de la demanda nacional cubierto con respecto al esperado, ya sea porque las personas no valoran de la forma esperada el producto o por otra razón, disminuyen los ingresos por venta de jabón y por venta de glicerina, ya que al producir menos jabón para no acumular stock de forma excesiva necesariamente se produce menos glicerina.

Esto a su vez disminuye los costos variables, ya que por definición dependen de la cantidad producida. Por otro lado, los costos fijos totales se mantienen constantes y el costo fijo medio aumenta, ya que los costos fijos totales se prorratan entre menos unidades producidas. Esto sucede hasta que los ingresos por ventas son tan bajos que no permiten cubrir los costos fijos.

El VAN presentado en la tabla se calculó teniendo en cuenta la misma estructura de costos fijos pero menores ingresos por ventas y menores costos variables.

<i>Escenario (cuota de mercado)</i>	<i>VAN probable (ARS)</i>	<i>Probabilidad (f)</i>
70% (Optimista)	58.451.644.729,18	0,06
67% (base)	53.155.213.701,82	0,12
40% (neutral)	5.493.597.055,85	0,24
35% (malo)	-3.332.744.223,04	0,30
20% (pesimista)	-29.811.768.059,70	0,20
10% o menor (muy pesimista)	-47.464.450.617,48	0,08

Tabla 15.1 - Sensibilización del VAN con respecto a la cuota de mercado

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores presentados se puede estimar un valor medio esperado para el VAN, calculado como la media estadística:

$$VAN \text{ esperado} = \sum VAN \text{ probable} * f = 444.854.693,12 \text{ ARS}$$

15.2.2. Sensibilización del VAN con respecto al costo de las materias primas.

Tanto los jabones de tocador como la glicerina USP comparten materias primas en común y si se debe pagar un elevado costo marginal por la adquisición de las mismas porque de lo contrario los proveedores no están dispuestos a abastecer al proyecto en detrimento de su relación con la competencia o porque simplemente se debe recurrir a fuentes de abastecimiento más lejanas porque no existe la posibilidad de abastecerse totalmente de proveedores cercanos entonces la rentabilidad del proyecto se verá afectada.

Se analiza qué sucede si aumentan los costos variables de los jabones de tocador sin modificar el precio de venta, ya que subir el precio de venta implica alterar el principal eje de la estrategia comercial propuesta.

<i>Escenario (costos variables de jabón)</i>	<i>VAN</i>	<i>%ΔCVU</i>	<i>%ΔVAN</i>
Base (954,38 ARS/pack)	53.155.213.701,82		
Neutral (1.049,82 ARS/pack)	36.743.143.756,06	10	-30,88
Malo (1.097,54 ARS/pack)	28.536.795.653,17	15	-46,31
Muy malo (1.240,69 ARS/pack)	3.917.751.344,49	30	-92,63
Pesimista (1.431,57 ARS/pack)	-28.907.641.067,09	50	-154,38

Tabla 15.2 - Sensibilización del VAN con respecto a los costos variables

Fuente: Elaboración propia

15.3. Análisis - Glicerina USP

15.3.1. Sensibilización del VAN con respecto al tipo de cambio.

Según los datos presentados en el capítulo N°2 el precio FOB de la glicerina USP tiende a mantenerse en el tiempo, dado que el mercado se encuentra en una situación de expansión por el crecimiento de los mercados asiáticos.

Por otro lado, existe una variable económica de vital importancia que presenta mucha variabilidad en nuestro país a mediano y largo plazo. Para efectuar los cálculos de la evaluación económica se tomó un tipo de cambio de referencia de 1.560 ARS/dólar blue, a julio del 2026. Cabe destacar que la brecha cambiaria entre el dólar oficial y el dólar blue en el periodo mencionado se mantuvo en el orden del 5%.

A continuación, se evaluará el cambio en la rentabilidad del proyecto frente a eventuales variaciones en el tipo de cambio, ya que se considera que se trata de una situación plausible. Cabe destacar que las bandas cambiarias superior e inferior vigentes a agosto del 2026 en

Argentina son de 1.858,36 y 748,56 ARS/dólar, respectivamente

<i>Escenario (costos variables de jabón)</i>	<i>VAN</i>	<i>%ΔTipo de cambio</i>	<i>%ΔVAN</i>
<i>Muy optimista (2028 ARS/dólar)</i>	54.081.991.799,82	30	1,74
<i>Muy Bueno (1.872 ARS/dólar)</i>	53.773.274.520,50	20	1,16
<i>Bueno (1.716 ARS/dólar)</i>	53.464.557.241,17	10	0,58
<i>Base (1.560 ARS/dólar)</i>	53.155.213.701,82		
<i>Malo (1.404 ARS/dólar)</i>	52.847.122.682,52	-10	-0,58
<i>Muy malo (1.248 ARS/dólar)</i>	52.538.405.403,20	-20	-1,16
<i>Muy pesimista (1.092 ARS/dólar)</i>	52.229.688.123,87	-30	-1,74

Tabla 15.3 - Sensibilización del VAN con respecto al tipo de cambio

Fuente: Elaboración propia

15.4. Conclusión

El análisis de riesgos y el análisis de sensibilidad permitieron evaluar cómo respondería el proyecto cualitativa y cuantitativamente frente a cambios en las condiciones de mercado supuestas en su evaluación.

La rentabilidad del proyecto es muy sensible con respecto al costo variable de las materias primas del sebo, principalmente materias primas, insumos y transporte y a la



participación en el mercado de jabones. En menor medida, también es sensible a las variaciones del tipo de cambio.