

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

Proyecto Final

**Estudio de prefactibilidad en la implementación de una  
planta de tratamiento de efluentes para la industria del  
biodiesel obtenido por transesterificación catalítica  
alcalina de aceite de soja**

Autor: Cramero Luciano Emanuel  
Grado al que se aspira: Ingeniero Químico  
Director del Proyecto Final: De Ondarra Sergio Jorge, Mgter. Ing.  
Co-directora: Guajardo Adriana Beatriz, Mgter. Ing.

**San Rafael, Mendoza, 2025**

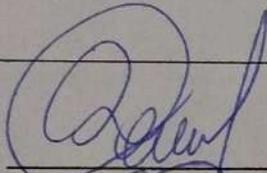
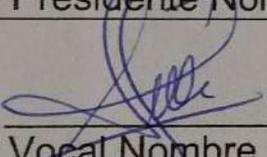
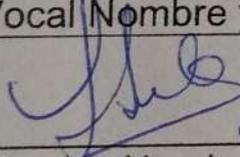
# Estudio de prefactibilidad en la implementación de una planta de tratamiento de efluentes para la industria del biodiesel obtenido por transesterificación catalítica alcalina de aceite de soja

Autor: Cramero Luciano Emanuel

Grado al que se aspira: Ingeniero Químico

Director del Proyecto Final: De Ondarra Sergio Jorge, Mgter. Ing.

Co-directora: Guajardo Adriana Beatriz, Mgter. Ing.

 Luciano L. Lucero	25/04/2025
Presidente Nombre y Firma	Fecha
 Irene Carbajal Ramos	25/04/2025
Vocal Nombre y Firma	Fecha
Vocal Nombre y Firma	Fecha
 de Ondarra Jorge	25/04/2025
Director Nombre y Firma	Fecha

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

**San Rafael, Mendoza, 2025**

## **AGRADECIMIENTOS**

A lo largo de este recorrido, muchas personas y establecimientos me ayudaron a crecer, no solo académicamente, sino también personalmente. Este proyecto es el reflejo de ese acompañamiento constante, del apoyo brindado y de los vínculos que me ayudaron en cada etapa. A todos ellos, gracias.

A mi madre, por haber sido siempre mi ejemplo más claro de fortaleza. Con mucho esfuerzo supo guiarnos y darnos todo lo que necesitábamos, enseñándonos mediante el ejemplo lo que significa estar presente de verdad.

A mi hermana, con quien comparto un vínculo inigualable, agradezco su compañía y lealtad incondicional. Su capacidad para ver con claridad donde yo a veces dudo ha sido para mí una fuente de admiración y aprendizaje.

A mis amistades fuera de la institución, quienes han estado para celebrar cada logro, darme contención y aliento cuando atravesé momentos difíciles y para compartir lo ajeno a lo académico, les estoy eternamente agradecido.

A todos mis compañeros y compañeras de carrera, por haberme acompañado en este camino, compartiéndome apuntes, mates, resúmenes, consejos y experiencias. Gracias por transformarlo en algo inolvidable, lleno de momentos que guardo con mucho cariño.

A Jorge, Adriana, Jorgelina, Laura, Alejandro, Pablo, Irene, Sebastián, Rogelio por haberme acompañado desde su lugar como docentes durante el desarrollo de este proyecto. Y a aquellos que, más allá de su labor académica, supieron estar presentes en momentos personales difíciles, quiero hacerles saber que su apoyo fue invaluable.

Finalmente, agradezco la colaboración técnica de las siguientes instituciones: el Complejo Industrial Luján de Cuyo (CILC), el Departamento General de Irrigación – Subdelegación Río Diamante, la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria (FCAI - UNCuyo) y la empresa DIASER.

## TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO I – GENERALIDADES.....	12
1.1 Justificación.....	13
1.2 Enfoque y alcance del proyecto.....	13
1.3 Marco teórico.....	13
1.3.1 Análisis de materias primas.....	14
1.3.2 Procesos de obtención de biodiésel.....	14
1.3.3 Efluentes del proceso.....	17
1.3.4 Tratamiento de efluentes líquidos.....	17
1.4 Conclusión.....	19
CAPITULO II – ESTUDIO DE MERCADO.....	20
2.1 Introducción al estudio de mercado.....	21
2.2 Mercado consumidor.....	21
2.2.1 Producción de Biodiésel – Evolución histórica.....	21
2.2.2 Producción de Biodiesel – Período 2019 – 2023.....	22
2.2.3 Producción de Biodiésel – Período 2023 – 2024.....	25
2.2.4 Producción de Biodiésel – Período 2025 en adelante.....	30
2.3 Mercado proveedor.....	31
2.3.1 Proveedores de soluciones tecnológicas.....	31
2.3.2 Proveedores de reactivos y nutrientes.....	34
2.4 Mercado competidor.....	34
2.4.1 Bioingepro.....	35
2.4.2 Aeration Argentina.....	35
2.4.3 Grupo Falmet.....	36
2.4.4 Nichos de mercado.....	36
CAPITULO III – SELECCIÓN DE TECNOLOGIA.....	38
3.1 Caracterización del efluente.....	39
3.2 Biodegradabilidad del efluente.....	41
3.3 Necesidad de nutrientes.....	41
3.4 Relevamiento de tecnologías disponibles.....	42
3.4.1 Tratamientos físicos.....	42
3.4.2 Homogeneización.....	44
3.4.3 Sedimentación.....	44
3.4.4 Flotación.....	45
3.4.5 Tratamientos químicos.....	47

3.4.6	Tratamientos físico – químicos .....	48
3.4.7	Tratamientos biológicos.....	50
3.5	Selección de tecnología y propuesta de diseño .....	52
3.5.1	Pretratamiento .....	52
3.5.2	Tratamiento primario.....	53
3.5.3	Tratamiento secundario .....	54
<b>CAPITULO IV – TAMAÑO .....</b>		<b>56</b>
4.1	Determinación del tamaño .....	57
4.2	Factores que determinan el tamaño del proyecto .....	57
4.2.1	Relación Tamaño – Financiamiento.....	57
4.2.2	Relación Tamaño - Mercado consumidor .....	58
4.2.3	Relación Tamaño - Tecnología.....	58
4.3	Análisis de la capacidad productiva de las plantas de biodiesel en Argentina 58	
4.4	Determinación del tamaño para instalación de tratamiento de aguas residuales.....	59
4.5	Programa de operación .....	60
<b>CAPITULO V – LOCALIZACION.....</b>		<b>62</b>
5.1	Determinación de la localización.....	63
5.2	Factores determinantes .....	63
5.3	Localización de la planta de biodiesel.....	64
5.4	Macrolocalización .....	64
5.5	Microlocalización .....	66
5.5.1	Análisis de zonas estratégicas.....	66
5.5.2	Método de selección – Método de ponderaciones .....	71
5.5.3	Matriz de ponderación .....	71
<b>CAPITULO VI – INGENIERIA DE PROCESO.....</b>		<b>73</b>
6.1	Ingeniería de proceso .....	74
6.2	Descripción del proceso.....	74
6.2.1	Pretratamiento .....	74
6.2.2	Tratamiento primario.....	74
6.2.3	Tratamiento secundario .....	75
6.2.4	Gestión y disposición de lodos .....	76
6.3	Diagrama simplificado .....	76
6.4	Balances de materia .....	78
6.4.1	Condiciones iniciales y flujos de entrada .....	78
6.4.2	Etapas de pretratamiento .....	78
6.4.3	Etapas de tratamiento primario.....	79

6.4.4	Etapa de tratamiento secundario .....	81
6.4.5	Eficiencias de remoción.....	83
6.4.6	Distribución de cargas .....	83
6.4.7	Condiciones finales y flujos de descarga del efluente .....	85
6.5	Balances de energía.....	85
6.5.1	Requerimientos térmicos .....	86
<b>CAPITULO VII – INGENIERIA DE DETALLE .....</b>		<b>87</b>
7.1	Ingeniería de detalle .....	88
7.2	Análisis de detalle.....	88
7.3	Pretratamiento – diseño de equipos .....	88
7.3.1	Pulmón de contingencia .....	88
7.3.2	Tamiz estático .....	90
7.4	Tratamiento primario – diseño de equipos.....	91
7.4.1	Tanque de acondicionamiento.....	91
7.4.2	Celda de coagulación .....	93
7.4.3	Mezclador estático.....	94
7.4.4	Celda de floculación .....	96
7.4.5	Unidad de flotación por aire disuelto (DAF) .....	97
7.5	Tratamiento secundario – diseño de equipos.....	102
7.5.1	Reactor biológico anaerobio con lodos de flujo ascendente (UASB)....	102
7.5.2	Intercambiador de calor de casco y tubos.....	106
7.5.3	Reactor biológico aerobio de lodos activados.....	107
7.5.4	Unidad de sedimentación lamelar.....	112
7.5.5	Parcela de almacenamiento de lodos .....	114
7.6	Equipos auxiliares.....	115
7.6.1	Bombas .....	115
7.7	Diagrama detallado.....	123
<b>CAPITULO VIII - INGENIERIA DE GESTION .....</b>		<b>125</b>
8.1	Ingeniería de gestión .....	126
8.2	Principios de la organización .....	126
8.3	Características de la organización .....	127
8.3.1	Construcción legal de la empresa.....	127
8.3.2	Razón social de la empresa.....	128
8.3.3	Determinación del tamaño de la empresa.....	129
8.4	Estructura organizacional .....	131
8.4.1	Organigrama.....	131
8.4.1.2	Gerencia de Operaciones .....	133

8.4.2	Fichas de función .....	134
8.4.3	Categorización del personal .....	164
8.5	Planificación y turnos de trabajo .....	177
<b>CAPÍTULO IX – DISEÑO Y DISTRIBUCION DE PLANTA.....</b>		<b>180</b>
9.1	Diseño y distribución de planta .....	181
9.2	Recepción de equipos y materiales .....	182
9.3	Producción .....	182
9.4	Almacenamiento de equipos terminados .....	182
9.5	Área de despacho y expedición .....	182
9.6	Laboratorio de análisis.....	182
9.7	Mantenimiento .....	183
9.8	Oficinas administrativas.....	183
9.9	Espacio de descanso.....	183
9.10	Sanitarios y vestuarios .....	183
9.11	Estacionamiento.....	183
<b>CAPITULO X – ASPECTOS JURIDICOS .....</b>		<b>185</b>
10.1	Aspectos jurídicos .....	186
10.2	Marco legal .....	186
10.3	Legislación nacional.....	188
10.3.1	Constitución nacional.....	188
10.3.2	Ley 25.675 – Ley general del ambiente .....	189
10.3.3	Ley 24.051 – Residuos peligrosos .....	189
10.3.4	Ley 25.612 – Gestión de residuos industriales.....	190
10.3.5	Ley 19.857 – Higiene y Seguridad en el Trabajo .....	190
10.3.6	Ley 13.959 – Gestión integral de residuos peligrosos.....	191
10.3.7	Ley 11.220 - Prestación y Regulación de los Servicios Sanitarios .....	191
10.3.8	Reglamento 1089/82 – Reglamento para el control del vertimiento de líquidos residuales .....	191
10.3.9	Reglamento 1844/02 – Reglamento para la gestión de residuos peligrosos .....	195
10.4	Marco impositivo .....	195
10.4.1	Nivel nacional .....	195
10.4.2	Nivel provincial .....	195
10.4.3	Nivel municipal .....	196
<b>CAPITULO XI – ASPECTOS NORMATIVOS.....</b>		<b>197</b>
11.1	Aspectos normativos .....	198
11.2	Normas a certificar .....	198
11.2.1	Normas ISO.....	199

11.2.2	ISO 9000: Sistemas de Gestión de Calidad .....	200
11.2.3	ISO 14000: Sistema de Gestión Ambiental.....	201
11.2.4	ISO 26000: Responsabilidad Social Empresarial.....	201
11.2.5	Normas IRAM .....	202
11.2.6	Normas OHSAS 18000: Seguridad y Salud Ocupacional .....	202
<b>CAPITULO XII – ASPECTOS AMBIENTALES.....</b>		<b>204</b>
12.1	Aspectos ambientales .....	205
12.2	Estructura de la evaluación de impacto ambiental.....	205
12.2.1	Determinación de la línea de base ambiental o base cero .....	206
12.2.2	Identificación y valoración de impactos ambientales.....	210
12.2.3	Etapas del proyecto .....	210
12.2.4	Parámetros Evaluados .....	212
12.2.5	Matriz de impacto ambiental – Método Conesa modificado .....	214
12.3	Plan de gestión ambiental .....	221
12.3.1	Medio Físico .....	221
12.3.2	Medio Biótico .....	222
12.3.3	Medio Socioeconómico.....	222
<b>CAPITULO XIII - HIGIENE Y SEGURIDAD .....</b>		<b>224</b>
13.1	Higiene y seguridad .....	225
13.1.1	Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo - Decreto Reglamentario 351/79.....	225
13.1.2	Decreto Reglamentario 351/79 – Características constructivas .....	225
13.1.3	Elementos de protección personal.....	227
13.1.4	Elementos de protección industrial .....	228
13.2	Manipulación de equipos y elementos de protección – Información de seguridad .....	229
13.3	Equipos extintores, señalización y sistema de alarmas .....	230
13.4	Manejo de reactivos .....	231
13.4.1	Identificación de riesgos .....	231
13.4.2	Manipulación y almacenamiento.....	233
13.4.3	Procedimiento en caso de derrames .....	235
13.5	Conclusión .....	236
<b>CAPITULO XIV – EVALUACION ECONOMICA.....</b>		<b>237</b>
14.1	Evaluación económica .....	238
14.2	Tasa de descuento.....	238
14.3	Estructura de costos .....	239
14.3.1	Inversión inicial .....	239
14.3.2	Cronograma de inversiones.....	249

14.3.3	Costos fijos.....	252
14.3.4	Costos variables.....	254
14.3.5	Costos totales.....	260
14.4	Flujo de caja.....	261
14.4.1	Flujo de caja del proyecto en sí – Alternativa A .....	262
14.4.2	Flujo de caja del alquiler de una planta modular – Alternativa B .....	264
14.5	Alternativa recomendada .....	267
14.5.1	Criterio económico.....	267
14.5.2	Criterio de riesgo tecnológico y operativo .....	267
14.5.3	Criterio de flexibilidad ante incertidumbre .....	267
14.6	Conclusión .....	268
CAPITULO XV – ANALISIS DE RIESGOS .....		269
15.1	Análisis de riesgos .....	270
15.2	Riegos identificados .....	270
15.2.1	Aspectos tecnológicos.....	270
15.2.2	Aspectos económicos.....	271
15.2.3	Siniestros e imprevistos.....	272
15.3	Conclusión .....	274
CAPITULO XVI – ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....		275
16.1	Análisis de sensibilidad .....	276
16.1.1	Sensibilización de los costos variables de operación.....	276
16.1.2	Factores atribuibles al incremento .....	277
16.2	Conclusión .....	278
BIBLIOGRAFÍA.....		279
19.1	Técnica y teórica .....	280
19.2	Comercial.....	282
19.2.1	Equipos principales.....	282
19.2.2	Equipos auxiliares .....	284
19.2.3	Rodados .....	286
19.2.4	Reactivos.....	286

## Lista de tablas

Tabla 3.1-1 - Características del efluente generado en la etapa de lavado del proceso productivo de biodiesel   Fuente - Autoría Propia	40
Tabla 3.1-2 - Caracterización del efluente   Fuente: Autoría Propia	41
Tabla 3.5-1 – Parámetros típicos de algunas tecnologías para el tratamiento anaerobio   Fuente – Documento BREF	54
Tabla 3.5-2 - Rendimientos de eliminación en procesos de lodos activados   Fuente - [12]	55
Tabla 4.5-1 - Desglose del programa de operación   Fuente - Autoría Propia	61
Tabla 5.4-1 - Desglose de las plantas productoras de aceite de soja y su capacidad diaria   Fuente - Elaboración Propia	65
Tabla 5.5-1 - Matriz de ponderación para la elección de la localidad   Fuente - Autoría Propia	71
Tabla 6.4-1 - Datos de partida del efluente a tratar   Fuente - Autoría Propia	78
Tabla 6.4-2 – Requerimiento de ácido en el Tanque homogeneizador   Fuente - Autoría Propia	79
Tabla 6.4-3 - Requerimiento de coagulante para la flotación   Fuente - Autoría Propia	80
Tabla 6.4-4 - Requerimiento de Hidróxido para la coagulación   Fuente - Autoría Propia	80
Tabla 6.4-5 - Requerimiento de floculante para la flotación   Fuente - Autoría Propia	81
Tabla 6.4-6 - Requerimiento de Hidróxido en la digestión anaerobia   Fuente - Autoría Propia	81
Tabla 6.4-7 Requerimiento de Nitrógeno y Fósforo en la digestión anaerobia   Fuente - Autoría Propia	82
Tabla 6.4-8 - Requerimiento de Nitrógeno y Fósforo en la digestión aerobia   Fuente - Autoría Propia	82
Tabla 6.4-9 - Eficiencia en cada etapa del proceso en la remoción de los contaminantes   Fuente – Autoría Propia	83
Tabla 6.4-10 - Distribución de cargas a lo largo del tratamiento   Fuente - Autoría Propia	84
Tabla 6.4-11 - Valores de los parámetros de salida del efluente   Fuente - Autoría Propia	85
Tabla 7.2-1 - Detalle de requerimiento de equipos por etapas   Fuente - Autoría Propia	88
Tabla 7.3-1 - Parámetros de diseño del pulmón de contingencias   Fuente - Autoría Propia	89
Tabla 7.3-2 - Características del diseño del pulmón de contingencia   Fuente - Autoría Propia	89
Tabla 7.3-3 - Parámetros de diseño del tamiz estático   Fuente - Autoría Propia	90
Tabla 7.4-1 - Parámetros de diseño del tanque de acondicionamiento   Fuente - Autoría Propia	92
Tabla 7.4-2 - Características del diseño del tanque acondicionador   Fuente - Autoría Propia	93
Tabla 7.4-3 - Parámetros de diseño del mezclador estático   Fuente - Autoría Propia	94
Tabla 7.4-4 - Características de diseño del mezclador estático   Fuente - Autoría Propia	95
Tabla 7.4-5 - Parámetros de diseño de la celda de floculación   Fuente - Autoría Propia	96
Tabla 7.4-6 - Características de diseño de la celda de floculación   Fuente - Autoría Propia	97
Tabla 7.4-7 - Parámetros de diseño de la unidad de flotación   Fuente - Autoría Propia	97
Tabla 7.4-8 - Características de diseño de la cámara de flotación   Fuente - Autoría Propia	101
Tabla 7.5-1 - Parámetros de diseño del reactor biológico anaerobio UASB   Fuente - Autoría Propia	102
Tabla 7.5-2 - Características del diseño del reactor biológico anaerobio UASB   Fuente - Autoría Propia	105
Tabla 7.5-3 - Parámetros de diseño del intercambiador   Fuente - Autoría Propia	106
Tabla 7.5-4 - Características de diseño del intercambiador de calor   Fuente - Autoría Propia	107
Tabla 7.5-5 - Parámetros de diseño del reactor biológico aerobio de lodos activados   Fuente - Autoría Propia	107
Tabla 7.5-6 - Características de diseño del reactor biológico aerobio de lodos activados   Fuente - Autoría Propia	111
Tabla 7.5-7 - Parámetros de diseño del sedimentador lamelar   Fuente - Autoría Propia	112
Tabla 7.5-8 - Características de diseño del sedimentador lamelar   Fuente - Autoría Propia	114
Tabla 7.5-9 - Parámetros de diseño de la parcela de almacenamiento de lodos   Fuente - Autoría Propia	114
Tabla 7.5-10 - Características de diseño de la parcela de secado   Fuente - Autoría Propia	115
Tabla 8.4-1 - Ficha de función del Gerente General   Fuente - Autoría propia	135
Tabla 8.4-2 - Ficha de función del Gerente de Administración   Fuente - Autoría propia	136
Tabla 8.4-3 - Ficha de función del Gerente de Compras   Fuente - Autoría propia	137
Tabla 8.4-4 - Ficha de función del Auxiliar de Compras   Fuente - Autoría propia	138
Tabla 8.4-5 - Ficha de función del Jefe de Contabilidad   Fuente - Autoría propia	139
Tabla 8.4-6 - Ficha de función del Auxiliar Contable   Fuente - Autoría propia	140
Tabla 8.4-7 - Ficha de función del Jefe de Cobranzas   Fuente - Autoría propia	141
Tabla 8.4-8 - Ficha de función del Auxiliar de Cobranzas   Fuente - Autoría propia	142
Tabla 8.4-9 - Ficha de función del Gerente de Operaciones   Fuente - Autoría propia	143
Tabla 8.4-10 - Ficha de función del Jefe de Logística y Almacenamiento   Fuente - Autoría propia	143

Tabla 8.4-11 - Ficha de función del Auxiliar de Logística   Fuente - Autoría propia	145
Tabla 8.4-12 - Ficha de función del Encargado de Almacén   Fuente - Autoría propia	146
Tabla 8.4-13 - Ficha de función del Jefe de Gestión de Proyectos   Fuente - Autoría propia	147
Tabla 8.4-14 - Ficha de función del Asistente de Proyectos   Fuente - Autoría propia	148
Tabla 8.4-15 - Ficha de función del Jefe de Producción   Fuente - Autoría propia	149
Tabla 8.4-16 - Ficha de función del Operario de Producción   Fuente - Autoría propia	150
Tabla 8.4-17 - Ficha de función del Jefe de Mantenimiento   Fuente - Autoría propia	151
Tabla 8.4-18 - Ficha de función del Técnico de Mantenimiento   Fuente - Autoría propia	152
Tabla 8.4-19 - Ficha de función del Gerente Comercial   Fuente - Autoría propia	153
Tabla 8.4-20 - Ficha de función del Jefe de Ventas   Fuente - Autoría propia	154
Tabla 8.4-21 - Ficha de función del Ejecutivo de Ventas   Fuente - Autoría propia	155
Tabla 8.4-22 - Ficha de función del Jefe de Marketing   Fuente - Autoría propia	156
Tabla 8.4-23 - Ficha de función del Community Manager   Fuente - Autoría propia	157
Tabla 8.4-24 - Ficha de función del Gerente de Control de Calidad   Fuente - Autoría propia	158
Tabla 8.4-25 - Ficha de función del Jefe de Gestión de Calidad   Fuente - Autoría propia	159
Tabla 8.4-26 - Ficha de función del Asistente de Calidad   Fuente - Autoría propia	160
Tabla 8.4-27 - Ficha de función del Analista de Procesos   Fuente - Autoría propia	161
Tabla 8.4-28 - Ficha de función del Jefe de Análisis de Laboratorio   Fuente - Autoría propia	162
Tabla 8.4-29 - Ficha de función del Técnico de Laboratorio   Fuente - Autoría propia	163
Tabla 8.5-1 - Planificación y turnos de trabajo. Azulence S.A.   Fuente - Autoría Propia	179
Tabla 9.1-1 - Diseño y distribución de la planta Azulence S.A.   Fuente - Autoría Propia	181
Tabla 10.2-1 - Marco legal aplicable   Fuente - Autoría Propia	187
Tabla 10.3-1 - Parámetros de vuelco permitidos según reglamento 1089/82   Fuente - Autoría Propia	194
Tabla 13.1-1 - Intensidad de iluminación requerida para el trabajo en la industria   Fuente - Norma IRAM AADL J 20-06	227
Tabla 14.3-1 - Activos totales del proyecto   Fuente - Autoría Propia	241
Tabla 14.3-2 - Costos diferidos del proyecto   Fuente - Autoría Propia	241
Tabla 14.3-3 - Costo del terreno   Fuente - Autoría Propia	243
Tabla 14.3-4 - Costos de edificios e instalaciones   Fuente - Autoría Propia	243
Tabla 14.3-5 - Factores de estimación basados en el costo del equipo entregado   Fuente - [28]	244
Tabla 14.3-6 - Equipos, accesorios y su instalación   Fuente - Autoría Propia	245
Tabla 14.3-7 - Costo de rodados   Fuente - Autoría Propia	247
Tabla 14.3-8 - Costos de muebles, tecnología, depósitos y otros   Fuente - Autoría Propia	247
Tabla 14.3-9 - Activos de capital   Fuente - Autoría Propia	248
Tabla 14.3-10 - Costos del servicio de alquiler   Fuente - Autoría Propia	248
Tabla 14.3-11 - Inversión total   Fuente - Autoría Propia	248
Tabla 14.3-12 - Categorización de los costos de inversión   Fuente - Autoría Propia	248
Tabla 14.3-13 - Cronograma de inversiones   Fuente - Autoría Propia	251
Tabla 14.3-14 - Depreciaciones   Fuente - Autoría Propia	252
Tabla 14.3-15 - Amortizaciones   Fuente - Autoría Propia	252
Tabla 14.3-16 - Costos fijos de servicios   Fuente - Autoría Propia	253
Tabla 14.3-17 - Resumen de costos fijos   Fuente - Autoría Propia	254
Tabla 14.3-18 - Costos variables de reactivos   Fuente - Autoría Propia	255
Tabla 14.3-19 - Demanda energética de equipos   Fuente - Autoría Propia	256
Tabla 14.3-20 - Costos variables de mantenimiento   Fuente - Autoría Propia	257
Tabla 14.3-21 - Costos variables de gestión de fangos   Fuente - Autoría Propia	258
Tabla 14.3-22 - Resumen de costos variables   Fuente - Autoría Propia	258
Tabla 14.3-23 - Costos anuales de tratamiento de efluentes (CILC)   Fuente - CILC, Refinería Luján de Cuyo	260
Tabla 14.4-1 - Indicadores económicos (A)   Fuente - Autoría Propia	262
Tabla 14.4-2 - Flujo de caja (A)   Fuente - Autoría Propia	263
Tabla 14.4-3 - Indicadores económicos (B)   Fuente - Autoría Propia	265
Tabla 14.4-4 - Flujo de caja (B)   Fuente - Autoría Propia	266
Tabla 15.2-1 - Matriz de riesgos del proyecto   Fuente - Autoría Propia	273
Tabla 16.1-1 - Sensibilización del VAC a través de los Costos de Operación   Fuente - Autoría Propia	276

## Lista de figuras

Ilustración 1.3-1 - Diagrama simplificado del proceso de obtención de biodiesel	16
Ilustración 2.2-1 - Demanda anual de biodiesel en el mundo   Fuente - IEA	23
Ilustración 2.2-2 - Producción y consumo de biodiesel y aceite de soja, respectivamente, por tipo de planta (Tn)   Fuente - Secretaría de Energía de la Nación Argentina	23
Ilustración 2.2-3 - Producción y consumo de biodiesel y aceite de soja, respectivamente, por tipo de planta (Tn) - 2023   Fuente - Secretaría de Energía de la Nación Argentina	24
Ilustración 2.2-4 - Producción de biodiesel en Argentina   Fuente - Bolsa de Comercio de Rosario	24
Ilustración 2.2-5 - Producción, venta y exportación de Biodiesel   Fuente - Secretaría de Energía de la Nación Argentina	26
Ilustración 2.2-6 - Precio biodiesel en el mercado interno   Fuente - Secretaría de Energía de la Nación Argentina	26
Ilustración 2.2-7 - Distribución de grandes plantas productoras de biodiesel en Argentina   Fuente - Bolsa de Comercio de Córdoba	27
Ilustración 2.2-8 - Distribución de pequeñas plantas productoras de biodiesel en Córdoba   Fuente - Bolsa de Comercio de Córdoba	27
Ilustración 2.2-9 - Distribución geográfica de las plantas productoras de biodiesel en Argentina   Fuente - Informe de Bioingeniería, Secretaría de Energía de la Nación Argentina	28
Ilustración 2.2-10 - Categoría de empresas productoras de Biodiesel en Argentina   Fuente - Reporte de precios de biodiesel, Secretaría de Energía de la Nación Argentina	29
Ilustración 2.2-11 - Registro de producción y venta de biodiesel   Fuente - Bolsa de Comercio de Córdoba	29
Ilustración 2.2-12 - Corte obligatorio de gasoil y/o diésel con biodiesel en Argentina   Fuente - Bolsa de Comercio de Córdoba	30
Ilustración 3.4-1 - Perforaciones comunes en tamices   Fuente - [12]	43
Ilustración 3.4-2 - Esquema de tamiz estático   Fuente - [7]	43
Ilustración 3.4-3 - Esquema de sedimentador de placas o lamelar   Fuente - [8]	45
Ilustración 3.4-4 - Diagrama sistema DAF con recirculación   Fuente - Documento BREF	47
Ilustración 3.4-5 - Esquema proceso de homogeneización por carga   Fuente - Autoría Propia	48
Ilustración 3.4-6 - Esquema reactor anaerobio de flujo ascendente   Fuente - Veolia Water Technologies	51
Ilustración 3.4-7 - Esquema sistema de lodos activados   Fuente - [11]	52
Ilustración 4.3-1 - Capacidad de producción anual (hasta 2017) de biodiesel por planta operativa en Argentina   Fuente – Bolsa de comercio de Rosario	59
Ilustración 4.5-1 - Gráfico del plan de operación   Fuente: Autoría Propia	61
Ilustración 5.5-1 - Imagen satelital de la zona Timbúes   Fuente - Google maps	66
Ilustración 5.5-2 - Características del terreno   Fuente - Google maps	67
Ilustración 5.5-3 - Sistema de acueductos en la provincia de Santa Fe   Fuente - Tercer encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos   Santa Fe, 2016	67
Ilustración 5.5-4 - Red eléctrica de alta y mediana potencia   Fuente - CAMMESA, SAI	68
Ilustración 5.5-5 - Zona portuaria en el complejo CARGILL, Puerto San Martín   Fuente - Google maps	69
Ilustración 5.5-6 - Zona portuaria en el complejo Vicentín, Puerto San Martín   Fuente - Google maps	69
Ilustración 5.5-7 - Imagen satelital del Parque Industrial San Lorenzo, Provincia de Santa Fe   Fuente - Google maps	70
Ilustración 6.3-1 - Diagrama simplificado de la planta de tratamiento de efluentes   Fuente - Autoría Propia	77
Ilustración 7.3-1 - Especificaciones técnicas de los modelos de tamices estáticos   Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas	90
Ilustración 7.3-2 - Representación esquemática del tamiz estático   Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas	91
Ilustración 7.3-3 - Indicación de las cotas para los distintos modelos de tamices estáticos   Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas	91
Ilustración 7.4-1 - Número de elementos internos según tipo de flujo   Fuente - [12]	95
Ilustración 7.6-1 - Bomba de alimentación tipo tornillo   Fuente - Fabricante [BA1]	116
Ilustración 7.6-2 - Bomba de alimentación centrífuga   Fuente - Fabricante [BA2]	117
Ilustración 7.6-3 - Bomba de alimentación centrífuga   Fuente - Fabricante [BA3]	117
Ilustración 7.6-4 - Bomba de dosificación de membrana   Fuente - Fabricante [BD1]	118
Ilustración 7.6-5 - Bomba dosificadora de membrana   Fuente - Fabricante [BD2]	119
Ilustración 7.6-6 - Bomba dosificadora de membrana   Fuente - Fabricante [BD3]	119



Ilustración 7.6-7 - Bomba dosificadora de membrana   Fuente - Fabricante [BD4] _____	120
Ilustración 7.6-8 - Bomba dosificadora de membrana   Fuente - Fabricante [BD5] _____	121
Ilustración 7.6-9 - Bomba dosificadora de membrana   Fuente - Fabricante [BD6] _____	121
Ilustración 7.7-1 – Diagrama detallado de la planta de tratamiento de efluentes   Fuente - Autoría Propia _____	124
Ilustración 8.3-1 - Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) - Banco de la Nación Argentina _____	129
Ilustración 8.4-1 - Organigrama de la organización ficticia Azulence S.A   Fuente - Autoría Propia _____	132
Ilustración 9.11-1 - Diagrama de la distribución de planta   Fuente - Autoría Propia _____	184
Ilustración 12.2-1 - Valoración de impactos ambientales   Fuente - [27] _____	217
Ilustración 12.2-2 - Valoración de impactos ambientales   Fuente - [27] _____	218
Ilustración 12.2-3 - Matriz de identificación de impactos ambientales   Fuente - Autoría propia _____	219
Ilustración 12.2-4 - Matriz de valoración de impactos ambientales   Fuente - Autoría propia _____	220
Ilustración 14.3-1 - Representación gráfica de costos fijos   Fuente - Autoría Propia _____	254
Ilustración 14.3-2 - Representación gráfica de costos variables   Fuente - Autoría Propia _____	259
Ilustración 14.3-3 - Representación gráfica de costos totales   Fuente - Autoría Propia _____	261
Ilustración 16.1-1 - Representación gráfica de la sensibilización unidimensional del VAC a través de los Costos Operacionales   Fuente - Autoría Propia _____	277

## **RESUMEN**

El presente trabajo desarrolla el diseño de una planta de tratamiento de efluentes líquidos generados en el proceso de lavado de biodiésel, obtenido por transesterificación catalítica alcalina a partir de aceite de soja. Estos efluentes presentan alta alcalinidad, carga orgánica, grasas, aceites y sólidos en suspensión, lo que requiere un tratamiento integral que combine procesos físicos, químicos y biológicos. El sistema se diseñó bajo criterios de eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental, contemplando también situaciones de parada y contingencia. Se consideraron los requisitos normativos de la provincia de Santa Fe y se evaluaron dos alternativas tecnológicas para comparar costos de inversión, operación y mantenimiento, con el fin de seleccionar la opción más adecuada desde una perspectiva técnico-económica.

**PALABRAS CLAVES:** biodiésel, tratamiento de efluentes, transesterificación alcalina, aceite de soja.

# **CAPITULO I – GENERALIDADES**

## **1.1 Justificación**

El estudio de prefactibilidad en la implementación de una planta de tratamiento de efluentes para la industria del biodiésel obtenido por transesterificación catalítica alcalina de aceite de soja representa una oportunidad concreta para abordar una problemática ambiental relevante.

En este análisis, donde se evalúa tanto la viabilidad técnica como económica, también se da pie a estudiar la adaptabilidad del sistema propuesto a diferentes plantas de biodiésel, lo que representa una propuesta de valor adicional: diseñar una solución replicable y escalable, que contribuya a mejorar la gestión de efluentes industriales en el sector de los biocombustibles.

En un contexto en el que se promueven energías más limpias, resulta imprescindible que estos procesos se acompañen de tecnologías de tratamiento que respondan a los mismos principios de sustentabilidad.

Así, este trabajo no solo representa un desafío técnico, sino una oportunidad concreta para aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en una problemática real, integrando los saberes de la ingeniería con una mirada ambiental comprometida.

## **1.2 Enfoque y alcance del proyecto**

El presente proyecto se enmarca en el diseño de una planta de tratamiento de efluentes específicamente adaptada a la industria del biodiésel. Si bien la empresa se dedica al desarrollo de soluciones de tratamiento para distintos sectores industriales, en este caso se ha optado por focalizar el estudio en una planta de biodiésel con el objetivo de profundizar en las particularidades de sus efluentes y diseñar un sistema eficiente y adecuado a sus necesidades.

Este enfoque permite abordar en detalle las características del efluente generado en el proceso productivo del biodiésel, los desafíos específicos que plantea su tratamiento y la selección de tecnologías que garanticen el cumplimiento de normativas ambientales vigentes, optimizando costos operativos y eficiencia en la remoción de contaminantes. Al centrarse en un caso particular, se evita una generalización excesiva que podría extender el alcance del estudio más allá de lo conveniente para los objetivos del proyecto.

## **1.3 Marco teórico**

El biodiésel es un biocombustible de origen natural ya que se obtiene a partir de materia orgánica. Su uso permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir con la descarbonización del planeta.

Durante las últimas décadas su producción ha experimentado un crecimiento significativo debido a su contribución en la transición hacia una matriz energética más sustentable.

Este biocombustible se obtiene principalmente mediante la transesterificación de aceites vegetales o grasas animales, destacando el aceite de soja como materia prima

predominante en países como Argentina, debido a su amplia disponibilidad y bajo costo y el aceite de palma en países como Colombia, Tailandia, Indonesia y otros.

### **1.3.1 Análisis de materias primas**

La materia prima empleada para obtener biodiésel puede provenir de varios orígenes: aceites comestibles, aceites no comestibles y grasas animales. Existen otras fuentes, pero no se mencionan en este estudio.

1. Biodiésel a partir de aceites vegetales (comestibles)  
Se elabora a partir del aceite extraído de plantas oleaginosas como la colza, el girasol, la palma, la soja, y de plantas de origen marino como las algas. Es uno de los métodos de obtención más extendidos, por lo que ya se cultivan materias primas destinadas a producir biodiésel.
2. Biodiésel extraído de aceites de cocina usados (no comestibles)  
Es la opción más asequible y que más fomenta la economía circular y el reciclaje, pues consiste en utilizar aceite usado de los hogares, los negocios de hostelería o la industria agroalimentaria. (REPSOL, 2024)
3. Biodiésel procedente de grasas animales  
También es posible fabricar biodiésel a partir de grasas animales, de las que se extraen los lípidos que después habrán de someterse a tratamiento. En distintos lugares del mundo, suelen utilizarse las grasas de origen porcino, bovino o de aves.

### **1.3.2 Procesos de obtención de biodiésel**

El proceso de obtención de biodiésel tradicional involucra la transesterificación catalítica de aceites vegetales como el de soja. Además de este, existen otros métodos alternativos.

Estos métodos alternativos incluyen enfoques más innovadores o menos comunes, que varían en eficiencia, impacto ambiental y costos. Entre ellos se encuentra el cracking térmico, hidrotreamiento, catálisis heterogénea, fermentación microbiana y otros.

La catálisis homogénea es el método más utilizado y el que abarca este estudio.

#### **1.3.2.1 Catálisis Homogénea**

En la transesterificación catalítica homogénea se emplean catalizadores solubles, como el hidróxido de sodio (NaOH) o el hidróxido de potasio (KOH), que se disuelven completamente en el medio de reacción. Este enfoque es ampliamente utilizado a nivel industrial debido a su alta eficiencia, bajo costo y velocidad de reacción. Sin embargo, la separación del catalizador tras el proceso es más compleja, y su uso genera residuos que deben ser gestionados adecuadamente, especialmente durante la etapa de lavado del biodiésel.

Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas y limitaciones, dependiendo de factores como la calidad del aceite de soja a utilizar, los costos de operación, el impacto ambiental y las regulaciones.

### **1.3.2.2 Proceso de transesterificación catalítica de aceites vegetales**

Como se mencionó, los procesos productivos de biodiésel a partir de soja se centran en la transesterificación de los aceites vegetales presentes en la soja. A continuación, se detallan los pasos fundamentales que se encuentran en cualquier proceso de producción de biodiésel a partir de soja.

#### **1.3.2.2.1 Extracción y Refinación de Aceite de Soja**

El primer paso en la producción de biodiésel a partir de soja es la obtención del aceite. Esta involucra la **extracción** que puede ser realizada mecánicamente (prensas) o mediante solventes (hexano), separando el aceite de la parte sólida del grano que se la denomina torta de soja. Los residuos de esta etapa pueden emplearse como biomasa o tratarse mediante compostaje. Suelen poseer trazas de hexano, aceites residuales y fibras.

El siguiente paso es la **refinación** que consiste en la eliminación de impurezas del aceite crudo, como son los fosfolípidos, los ácidos grasos libres y las ceras. Tanto los ácidos grasos libres como los fosfolípidos pueden utilizarse para producir jabones por saponificación o biodiesel mediante otros procesos.

#### **1.3.2.2.2 Transesterificación catalítica**

En la **transesterificación catalítica** el aceite de soja refinado pasa por un proceso donde los triglicéridos reaccionan con un alcohol (normalmente metanol) en presencia de un catalizador.

Existen diferentes rutas para llevar a cabo este proceso, desde catálisis ácidas, básicas y enzimáticas hasta supercríticas. Se detalla la catálisis alcalina al ser esta la de interés.

La más común es la transesterificación catalítica alcalina, esta utiliza catalizadores de hidróxido de sodio o de potasio para disminuir la energía de activación de la reacción existente entre el aceite y el metanol. De esta forma se produce biodiésel y glicerina como subproducto.

#### **1.3.2.2.3 Purificación**

Después de la transesterificación, el biodiésel ingresa en un proceso de **purificación** que se realiza en tres etapas.

- 1) El biodiésel se separa de la glicerina, el metanol no reaccionado, y otros compuestos no deseados, aplicando metodología para separar las fases que se encuentran en el biodiesel.

- 2) El siguiente paso es el **lavado** donde una corriente de agua elimina el exceso de metanol y catalizadores. Esta corriente de efluente será de las principales de interés.
- 3) Por último, se elimina el agua residual mediante un proceso de **secado**, garantizando que el biodiésel sale limpio, con un contenido muy bajo de agua y con la calidad adecuada para el uso.

### 1.3.2.2.4 Recuperación de subproductos

La mayoría de los procesos de obtención de biodiésel cuentan con una etapa de **recuperación de subproductos** donde aquellos como la glicerina (utilizada en la industria farmacéutica y cosmética) y los ácidos grasos libres (que pueden ser reprocesados o utilizados en la producción de biodiésel mediante transesterificación ácida son recuperados.

El siguiente esquema abarca los procesos principales en la producción de biodiésel a partir de aceite de soja. Aunque el diseño de cada Layout depende de factores como la calidad del aceite, las características de la materia prima y la calidad de biodiésel deseada.

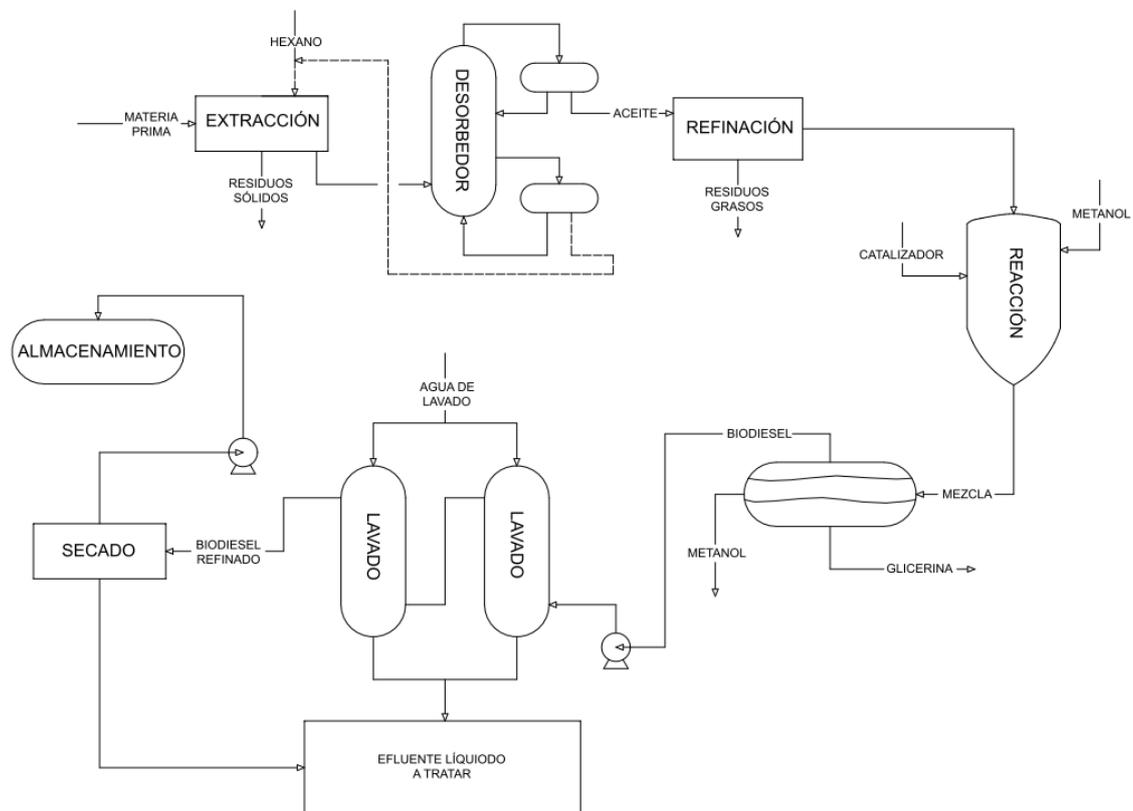


Ilustración 1.3-1 - Diagrama simplificado del proceso de obtención de biodiésel

### **1.3.3 Efluentes del proceso**

Así como presenta su utilidad, no es de menor importancia mencionar que este proceso genera efluentes tanto sólidos como líquidos, aunque la traza más importante corresponda a los últimos mencionados.

Los efluentes sólidos se generan en dos etapas distintas del proceso. Los primeros durante la etapa de extracción, en esta se genera una torta de soja que comúnmente se emplea como biomasa. Los últimos durante el proceso de refinado donde se producen grasas y aceites que pueden reprocesarse.

Para el caso de los efluentes líquidos estos se generan en los dos últimos estadios. El proceso de lavado de biodiesel genera el mayor volumen de efluentes líquidos, cuyas características se describen a continuación, y el proceso de secado genera un volumen sustancialmente menor, pero con características similares.

Tanto los efluentes sólidos como líquidos presentan características que dependen tanto de la materia prima utilizada como del proceso al cual se somete dicha materia prima.

Para el caso del aceite de soja y el proceso de transesterificación catalítica alcalina, los seleccionados para este estudio, el efluente líquido producido es característico de poseer pH alcalino, una gran cantidad de sólidos suspendidos totales, alta DQO y DBO y adicional a esto una importante cantidad de grasas y aceites o sólidos solubles en éter etílico.

### **1.3.4 Tratamiento de efluentes líquidos**

#### **1.3.4.1 Definición**

El tratamiento de efluentes líquidos es el conjunto de procesos físicos, químicos y/o biológicos destinados a eliminar o reducir los contaminantes presentes en las aguas residuales, con el objetivo de cumplir normativas ambientales, prevenir daños al medio ambiente y proteger la salud humana.

Bajo esta idea entendemos que una planta de tratamiento de efluentes es una instalación diseñada y equipada para llevar a cabo, a través de distintos equipos, dichos procesos destinados a tratar aguas residuales provenientes de actividades domésticas, industriales o comerciales.

Su finalidad es reducir o eliminar contaminantes que generalmente son sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes, metales pesados y microorganismos, asegurando que el efluente tratado cumpla con los estándares regulatorios antes de su disposición final, ya sea en cuerpos de agua, suelos o para su reutilización.

#### **1.3.4.2 Estructuras generales**

Estas plantas suelen estar configuradas en etapas que incluyen pretratamiento, tratamiento primario, secundario y, en algunos casos, tratamiento terciario o avanzado, adaptándose a las características específicas del efluente que reciben.

La etapa de **pretratamiento** consiste en la eliminación de materiales grandes y gruesos como sólidos flotantes, arena, grasas, aceites y otros que pueden obstruir o dañar los equipos. Esta incluye procesos como cribado, desarenado y desengrasado.

El **tratamiento primario** busca reducir los sólidos suspendidos y la materia orgánica sedimentable mediante procesos de sedimentación o flotación. En esta etapa, además, se forma un lodo que puede ser retirado para su manejo posterior.

Los **tratamientos secundarios** son procesos biológicos que utilizan microorganismos para degradar la materia orgánica disuelta en el agua residual. Incluye tecnologías como lodos activados, filtros percoladores o reactores biológicos anaerobios.

Finalmente, el **tratamiento terciario** se aplica cuando se requieren estándares de calidad más estrictos. En este caso se llevan a cabo procesos como filtración, eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo), adsorción en carbón activado, ozonización y desinfección (usualmente con cloro o luz ultravioleta).

#### **1.3.4.3 Aplicaciones generales**

Generalmente las aplicaciones de las plantas de tratamiento de efluentes tienen que ver con el origen del líquido a tratar, y las categorías más comunes son dos.

##### **1.3.4.3.1 Plantas de tratamiento de efluentes cloacales**

Estas tratan aguas residuales provenientes de viviendas, oficinas, instituciones públicas y otras actividades urbanas. Contienen altas concentraciones de materia orgánica biodegradable y también nutrientes como nitrógeno y fósforo. Su objetivo principal es proteger la salud pública y evitar la contaminación ambiental.

##### **1.3.4.3.2 Plantas de tratamiento de efluentes industriales**

Diseñadas para tratar aguas residuales generadas en procesos industriales que suelen contener contaminantes específicos. Puede ser el caso de metales pesados, hidrocarburos, productos químicos tóxicos o altas concentraciones de sólidos.

Estas normalmente requieren procesos más complejos, adaptados a las características del efluente, como pretratamiento y tratamiento físico-químico antes de ingresar a un tratamiento del tipo biológico.

En particular el proceso de lavado de biodiesel genera un volumen de efluentes líquidos importante, como se mencionó anteriormente, y estos se consideran efluentes industriales por sus características particulares.

## **1.4 Conclusión**

El tratamiento de efluentes generados en la producción de biodiésel, particularmente a partir de aceite de soja mediante transesterificación alcalina, representa un desafío ambiental relevante y una oportunidad concreta de aplicar soluciones de ingeniería sustentables. Este proyecto propone el diseño de una planta capaz de responder a las particularidades de dichos efluentes, integrando tecnologías físicas, químicas y biológicas con criterios de eficiencia operativa, adaptabilidad y cumplimiento normativo.

El enfoque adoptado no solo permite abordar una problemática puntual del sector, sino también sentar las bases para una solución replicable en otras instalaciones productivas. En un escenario donde los biocombustibles ganan protagonismo como alternativa energética, resulta indispensable acompañar su desarrollo con sistemas de tratamiento acordes a sus impactos, consolidando así una mirada integral sobre la sustentabilidad industrial.

## **CAPITULO II – ESTUDIO DE MERCADO**

## **2.1 Introducción al estudio de mercado**

El análisis de mercado es una herramienta fundamental en la determinación de la necesidad de instalar una planta de tratamiento de efluentes orientada a la industria del biodiésel. Este se presenta como una iniciativa que busca definir la viabilidad económica de dicho proyecto en el contexto actual, considerando el impacto que tienen normativas ambientales que fomentan su producción y uso.

Se examinan diferentes actores que interactúan con el proyecto, como competidores, proveedores y consumidores, para poder comprender el contexto en el que se desarrollará el proyecto de planta y proyectar el comportamiento esperado de estos sectores.

El estudio comienza analizando la producción de biodiesel y su evolución histórica, la situación actual del país y las futuras proyecciones en cuanto a cultivos oleaginosos y producción de biodiésel. Continúa con el estudio de los posibles proveedores de soluciones tecnológicas y reactivos necesarios para la operación de esta. Y culmina estudiando aquellas empresas dedicadas a prestar servicios, en este caso el de tratamiento de efluentes.

En síntesis, se analiza cómo el incremento en la producción de biodiésel, impulsado por políticas ambientales, generará una mayor demanda de servicios para el tratamiento de los efluentes derivados del proceso industrial y cómo interaccionan entre sí los distintos mercados que componen a este segmento industrial.

De esta forma se podrá estimar el potencial del mercado y validar la oportunidad de implementar una planta que no solo atienda necesidades crecientes, sino que también se alinee con la evolución del sector y marcos regulatorios cada vez más rigurosos.

## **2.2 Mercado consumidor**

Cuando hablamos de mercado consumidor nos referimos a las plantas productoras de biodiesel localizadas en Argentina. Serán estas quienes requieran tratar los efluentes generados durante el proceso de lavado de biodiesel y aquí se insertaría nuestra oportunidad comercial.

### **2.2.1 Producción de Biodiésel – Evolución histórica**

El biodiesel no es un invento del siglo XXI, de hecho, su origen se remonta a finales del siglo XIX. Rudolf Diésel, el famoso ingeniero alemán, fue el primero en experimentar con el uso de aceites vegetales como combustible para sus motores diésel, sus visionarios experimentos allanaron el camino para el desarrollo posterior del biodiesel como alternativa viable.

Durante la Primera y Segunda Guerra Mundial, el biodiesel tuvo un resurgimiento debido a la escasez de combustibles fósiles, varios países implementaron programas

para producir biodiesel a partir de aceites vegetales y grasas animales, lo que permitió mantener en marcha sus ejércitos y economías.

A pesar de su prometedor inicio, el biodiesel experimentó altibajos en las décadas posteriores, sin embargo, en la década de 1970, con el resurgimiento de la preocupación por el medio ambiente y la búsqueda de fuentes de energía el biodiesel fue una vez más considerado como una opción sostenible y respetuosa con el clima.

Los años 90 marcaron un punto de inflexión en la historia del biodiesel ya que los avances tecnológicos significativos para mejorar la producción y calidad del biodiesel, junto con políticas gubernamentales e incentivos para fomentar el uso de biocombustibles contribuyeron en su crecimiento.

En Argentina la producción de biodiesel comenzó en esta década. Por entonces el biodiesel se producía a baja escala y se destinaba principalmente al autoconsumo del país. Sin embargo, a partir del año 2006, debido a una reforma en la legislación, la producción se disparó de 20 mil litros de biodiesel anuales a casi 3 millones de litros en un período de seis años. La capacidad de producción se expandió en casi 150 veces. Este crecimiento en la capacidad de producción de biodiesel colocó a la Argentina en el tercer puesto mundial de producción de biodiesel en base a aceite de soja, detrás de EE.UU. y Brasil.

A partir del año 2010, el saldo exportador se redujo debido a la misma ley de fomento de biocombustibles del año 2006. Dicha normativa establecía como obligatorio realizar el corte de los combustibles fósiles con biocombustibles a partir del 1 de enero del 2010 para el transporte en el territorio nacional.

## **2.2.2 Producción de Biodiesel – Período 2019 – 2023**

### **Análisis global. Producción de biodiesel durante el período 2019 – 2023.**

El biodiésel ha consolidado su posición como una alternativa estratégica frente a los combustibles fósiles, aunque su participación en la matriz energética global haya permanecido limitada frente a otros biocombustibles avanzados.

Entre 2019 y 2023 mostró un comportamiento de crecimiento moderado a nivel global, impulsado principalmente por políticas de descarbonización y la transición hacia combustibles sostenibles.

La demanda estuvo marcada por una recuperación tras las restricciones de 2020, con un aumento en su adopción en sectores clave como el transporte pesado. Este período también reflejó desafíos en la disponibilidad de materias primas, como aceites vegetales y grasas animales, debido a fluctuaciones en el mercado agrícola y logístico.

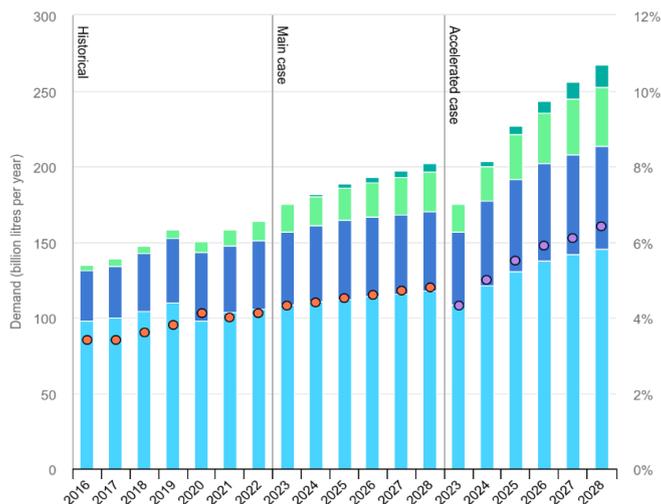


Ilustración 2.2-1 - Demanda anual de biodiésel en el mundo | Fuente - IEA

El gráfico anterior ilustra la demanda global de biocombustibles entre 2016 y 2028, diferenciando entre datos históricos (2016 – 2022) y proyecciones para los escenarios base (2023 – 2028) y acelerado para el mismo período.

El biodiésel se representa en la sección azul oscuro de cada barra, mostrando un crecimiento sostenido en ambos escenarios proyectados. Para el año 2019 la demanda fue de 42,9 billones de litros y ascendió a 48,2 billones de litros para el año 2023.

### Análisis parcial. Producción de biodiésel durante el período 2019 – 2023

El informe de biocombustibles del 2023 emitido por la Secretaría de Energía informa el comportamiento en la producción de biodiésel a partir de aceite de soja para cada campaña. A continuación, se muestran las figuras con los datos.

		Grande	Grande no integrada	Mediana	Pequeña	TOTAL
TOTAL 2019	Biodiésel	1.065.455	364.336	647.966	69.513	2.147.270
	Aceite de soja*	1.097.419	375.266	677.124	72.989	2.222.798
TOTAL 2020	Biodiésel	467.181	304.118	351.391	34.673	1.157.363
	Aceite de soja*	481.196	313.242	367.203	36.407	1.198.048
TOTAL 2021	Biodiésel	1.002.936	381.831	309.963	28.938	1.723.668
	Aceite de soja*	1.033.024	393.286	323.911	30.385	1.780.606
TOTAL 2022	Biodiésel	1.059.342	339.014	464.629	46.634	1.909.618
	Aceite de soja*	1.091.122	349.184	485.538	48.965	1.974.809

Ilustración 2.2-2 - Producción y consumo de biodiésel y aceite de soja, respectivamente, por tipo de planta (Tn) | Fuente - Secretaría de Energía de la Nación Argentina

La siguiente figura detalla la producción de biodiésel y el consumo de aceite de soja al igual que la figura anterior, pero con la particularidad que desglosa estos datos en toda la campaña 2023.

Producción y consumo de biodiesel y aceite de soja, respectivamente, por tipo de planta. En toneladas. Año 2023\*

		Grande	Grande no integrada	Mediana	Pequeña	TOTAL
Enero	Biodiesel	6.535	10.650	38.939	4.484	60.608
	Aceite de soja*	6.731	10.970	40.691	4.708	63.100
Febrero	Biodiesel	177	9.554	31.259	3.584	44.574
	Aceite de soja*	182	9.841	32.666	3.763	46.452
Marzo	Biodiesel	40.700	16.129	40.155	3.444	100.428
	Aceite de soja*	41.921	16.613	41.962	3.616	104.112
Abril	Biodiesel	36.352	19.354	38.620	3.660	97.986
	Aceite de soja*	37.443	19.935	40.358	3.843	101.578
Mayo	Biodiesel	20.765	16.317	43.540	4.962	85.584
	Aceite de soja*	21.388	16.807	45.499	5.210	88.904
Junio	Biodiesel	2.135	8.202	48.098	5.101	63.536
	Aceite de soja*	2.199	8.448	50.262	5.356	66.266
Julio	Biodiesel	17.971	20.221	43.630	4.506	86.328
	Aceite de soja*	18.510	20.828	45.593	4.731	89.662
Agosto	Biodiesel	39.565	19.637	28.755	4.200	92.157
	Aceite de soja*	40.752	20.226	30.049	4.410	95.437
Septiembre	Biodiesel	27.146	24.147	32.999	5.138	89.430
	Aceite de soja*	27.960	24.871	34.484	5.395	92.711
Octubre	Biodiesel	24.135	8.789	22.676	2.229	57.829
	Aceite de soja*	24.859	9.053	23.696	2.340	59.949
TOTAL 2023	Biodiesel	215.481	153.000	368.671	41.308	778.460
	Aceite de soja*	221.945	157.590	385.261	43.373	808.170

Ilustración 2.2-3 - Producción y consumo de biodiesel y aceite de soja, respectivamente, por tipo de planta (Tn) - 2023 | Fuente - Secretaría de Energía de la Nación Argentina

Estos datos pueden complementarse con las publicaciones de la Bolsa de Comercio de Rosario. Las cuales indican la producción de biodiesel en Argentina cubriendo el período mencionado.

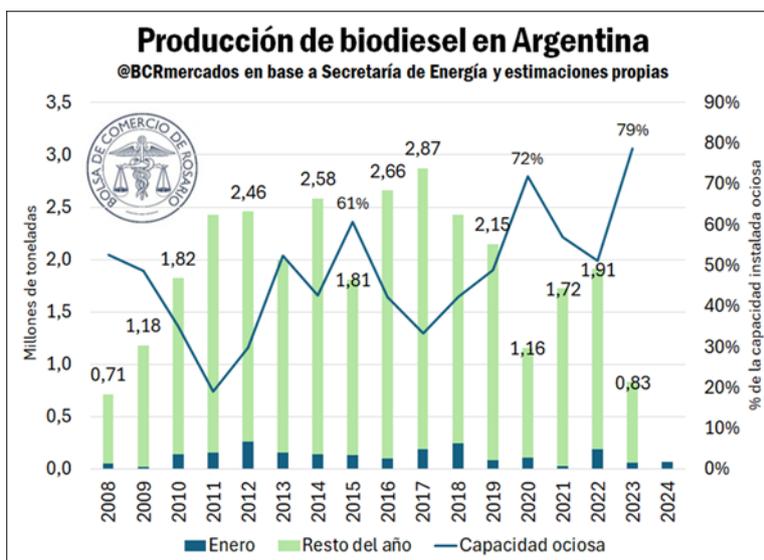


Ilustración 2.2-4 - Producción de biodiesel en Argentina | Fuente - Bolsa de Comercio de Rosario

Las disminuciones drásticas del período 2023 – 2024 son un efecto colateral de la sequía de la campaña 2022/2023.

La producción de biodiésel a nivel país presenta sus fluctuaciones como producto de situaciones climáticas particulares y también económicas. En particular la producción de enero del 2024 aumentó un 15% respecto al mismo período, pero de la campaña anterior “Con una mejora de los precios y las condiciones comerciales, se viene reactivando la dinámica exportadora del biodiesel argentino de cara a la nueva cosecha. Se espera una mejora en los despachos al exterior con la nueva campaña.”(D’Angelo, Calzada, 2023, p.1) en “La producción de biodiesel en el año 2023 – BCR”.

### **2.2.3 Producción de Biodiésel – Período 2023 – 2024**

#### **Análisis global. Producción de biodiesel durante el período 2023 – 2024.**

Entre los años 2023 y 2024 la demanda de biodiesel aumentó en 2 billones de litros. Estos representan el 4,43% de la demanda global del año anterior (2022) y es el segundo aumento más grande en la demanda en los últimos cuatro años. Según informa la International Energy Agency en su reporte de biocombustibles para el transporte del año 2023.

El Consejo Internacional de Granos (IGC) había proyectado que la producción mundial de biodiésel alcanzaría para el 2024 un incremento del 7% respecto al año anterior. Contrastando un incremento ligeramente menor respecto al año 2023, donde ya se había logrado un récord de aumento del 11% en comparación con el 2022.

#### **Análisis parcial. Producción, ventas y exportación de Biodiesel en Argentina.**

La situación actual no es tan prometedora a nivel país como a nivel global. Para el segundo semestre del 2024 la producción de biodiésel disminuyó un 28,9% comparando con el mismo semestre del año anterior y aunque las exportaciones de biodiésel aumentaron en un 36% para el mismo análisis comparativo, el mercado interno quedó con una deficiencia de biocombustible que ascendió al 28,9%.

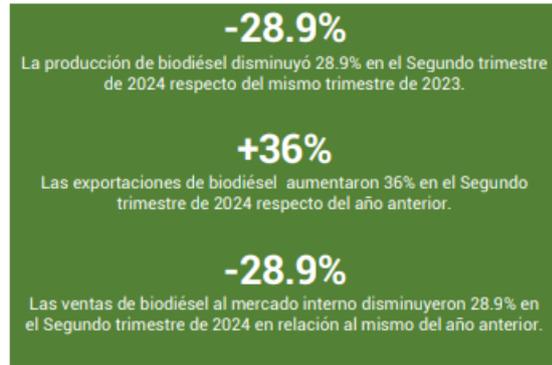
Las siguientes figuras, tomadas del Informe Trimestral de Coyuntura Energética: Segundo Trimestre de 2024 a cargo de la Secretaría de Energía, reflejan de forma gráfica el análisis realizado.

**Figura 15. Producción, venta y exportación de Biodiésel 2024 - 2023 (miles de toneladas)**

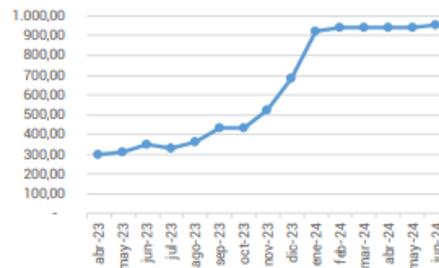


Fuente: Secretaría de Energía

*Ilustración 2.2-5 - Producción, venta y exportación de Biodiésel | Fuente - Secretaría de Energía de la Nación Argentina*



**Figura 16. Precio biodiésel en mercado interno 2024 - 2023 (AR\$ por kilo)**



Fuente: Secretaría de Energía

*Ilustración 2.2-6 - Precio biodiésel en el mercado interno | Fuente - Secretaría de Energía de la Nación Argentina*

A pesar de este escenario desalentador, en el sector esperan que a partir del año entrante se recupere la dinámica exportadora de años anteriores, debido a que en julio pasado la Comisión Europea anunció la imposición de aranceles antidumping de hasta un 36,4% a las importaciones de biodiésel procedentes de China; esto dejó espacio al mercado del biodiésel argentino en la Unión Europea.

### **Análisis sectorial. Plantas productoras en funcionamiento, capacidad de producción y localización.**

Actualmente en el Registro de Empresas Elaboradoras de Biocombustibles se encuentran inscriptas 50 empresas dedicadas a la producción de biodiésel y bioetanol.

Entre estas 50 son 37 las que están registradas y se dedican a la producción de biodiésel. Sin embargo, 32 son las plantas productoras en funcionamiento. Estas se distribuyen de la siguiente manera.

Provincias	Cantidad de plantas productoras	Capacidad productiva anual -en Tn-
Buenos Aires	12	448.600
Santa Fe	11	443.592
Entre Ríos	2	64.400
La Pampa	2	100.000
San Luis	1	50.000
<b>Total general</b>	<b>28</b>	<b>1.106.592</b>

Ilustración 2.2-7 - Distribución de grandes plantas productoras de biodiesel en Argentina | Fuente - Bolsa de Comercio de Córdoba

En Córdoba, a través del Programa de Autoconsumo de Biodiesel 100%, creado en 2021, se buscó fomentar la producción y consumo de biodiesel en estado puro a través de plantas de baja escala.

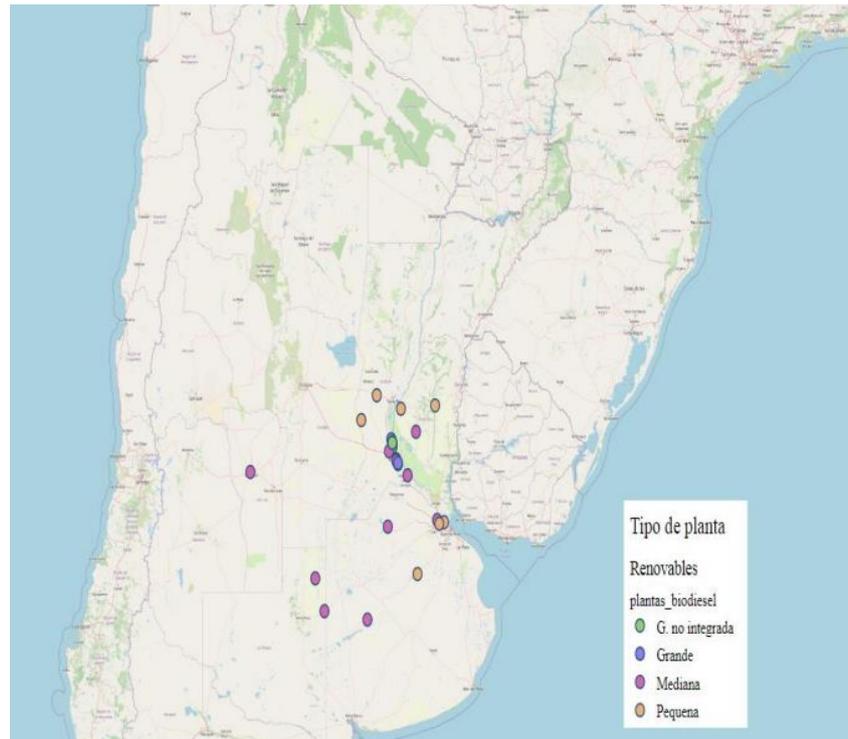
Hasta el momento hay 4 plantas productoras cuya capacidad productiva varía de los 1000 a los 6000 litros diarios de producción, que equivalen a 5 toneladas diarias de producción máxima, cuya finalidad es el autoconsumo.

Empresa	Departamento	Localidad	Utilidad	Capacidad (lt/día)
Aivel SA (Green Diesel)	San Justo	San Francisco	Autoconsumo	6.000
RB Agronegocios	San Alberto	Ambul	Autoconsumo	1.000/5.000
Afema S.A	Córdoba	Córdoba	Autoconsumo	6.000
EPEC	Río Segundo	Pilar	Prueba experimental	3.000

Ilustración 2.2-8 - Distribución de pequeñas plantas productoras de biodiesel en Córdoba | Fuente - Bolsa de Comercio de Córdoba

El informe de bioingeniería, del pasado abril del 2024, a cargo de la Secretaría de Energía indica la localización de algunas de las plantas mencionadas según el tipo; grande no integrada, grande, mediana y pequeña.

A continuación, se representa en el mapa de la República Argentina la localización de dichas plantas. Cabe destacar que las plantas de Córdoba son nuevas y no se encuentran aún en el mapa.



*Ilustración 2.2-9 - Distribución geográfica de las plantas productoras de biodiesel en Argentina | Fuente - Informe de Bioingeniería, Secretaría de Energía de la Nación Argentina*

Para conocer a qué categoría se corresponde cada una se hizo uso del Reporte de Precio del Biodiesel, también desarrollado por la Secretaría de Energía.

A continuación, se presenta la figura.

CATEGORIAS DE EMPRESAS			
GRANDE	GRANDE NO INTEGRADA	MEDIANA	PEQUEÑA
Cargill S.A.C.I	Explora S.A. (***)	Advanced Organic Materials S.A.	Agro M y G S.A.
L.D.C. Argentina S.A.	Patagonia Bioenergía S.A. (***)	Aripa Cereales S.A.	BH Biocombustibles S.R.L.
Molinos Río de la Plata S.A.	Unitec Bio S.A. (***)	Biobahia S.A.	Colaiao del Valle S.A.
COFCO Argentina S.A.		Biobin S.A.	Doble L Bioenergías S.A.
Renova S.A.		Bio Nogoya S.A.	Energías Renovables Argentinas S.R.L.
T 6 Industrial S.A.		Bio Ramallo S.A.	Hector A. Bolzan y Cia. S.R.L.
Vicentín S.A.I.C.		Cremer y Asociados S.A.	New Fuel S.A.
Viluco S.A. (***)		Diaseer S.A.	Soyenergy S.A.
		Diferoil S.A.	
		Energía Renovable S.A. (ENRESA)	
		Establecimiento El Albardón S.A.	
		Latin Bio S.A.	
		Pampa Bio S.A.	
		Rosario Bioenergy S.A.	
		Biocorba S.A.	
		BioBal Energy S.A.	
		Refinar Bio S.A.	

Ilustración 2.2-10 - Categoría de empresas productoras de Biodiesel en Argentina | Fuente - Reporte de precios de biodiesel, Secretaría de Energía de la Nación Argentina

La producción y ventas al corte registradas por la Bolsa de Comercio de Córdoba para el año 2024 se presentan a continuación.

Biodiesel en Argentina -primer semestre de 2024-		
Provincias	Producción	Ventas al corte
Buenos Aires	152.995	149.652
Entre Ríos	23.062	23.540
La Pampa	36.828	36.519
San Luis	18.422	18.256
Santa Fe	354.727	152.153
<b>Total</b>	<b>586.034</b>	<b>380.120</b>

Ilustración 2.2-11 - Registro de producción y venta de biodiesel | Fuente - Bolsa de Comercio de Córdoba

Comparadas con la producción del mismo semestre, pero de la campaña 2023 (454.716 toneladas), la producción ascendió un 28,87%.

## 2.2.4 Producción de Biodiésel – Período 2025 en adelante

### Análisis global. Producción de biodiesel 2025 – futuro

Retomando el estudio realizado por la International Energy Agency (EIA), donde se ven las predicciones para los próximos tres años (2025 – 2028) se observa que se espera un aumento en la demanda de biodiesel para la mayoría de los casos y aquellos donde el crecimiento sería acelerado.

El análisis que se describe a continuación se realiza observando la ilustración 2. En ella se observa que para la mayoría de los casos la demanda de biodiesel en los próximos tres años podría incrementar en 0,9 billones de litros en total mientras que para el escenario donde el crecimiento se daría de forma acelerada la demanda de biodiesel podría crecer hasta 7,5 billones de litros en total.

Cualquiera de los dos escenarios reafirma la idea de un crecimiento marcado para la industria del biodiesel futura.

### Análisis parcial. Producción de biodiesel y reformas legislativas en Argentina.

Los últimos reportes de la Secretaría de Energía respecto a la producción de biodiesel solo cubren hasta el año 2024 y no hay información del tipo cuantitativa respecto a la proyección futura en la producción del biocombustible a nivel país.

Respecto a la Ley de Biocombustibles la situación es bastante incierta. Actualmente, el corte de combustibles fósiles con biodiesel se posiciona en un nivel de 7,5%, mostrando una recuperación respecto al año 2023 donde el corte efectivo se había reducido al 5% debido a una caída en la producción.

A principios de año se esperaba que la nueva Ley de Biocombustibles se debatiera, ya que se encontraba en el Congreso, esperándose aumentos progresivos año a año como se indica en la siguiente figura.

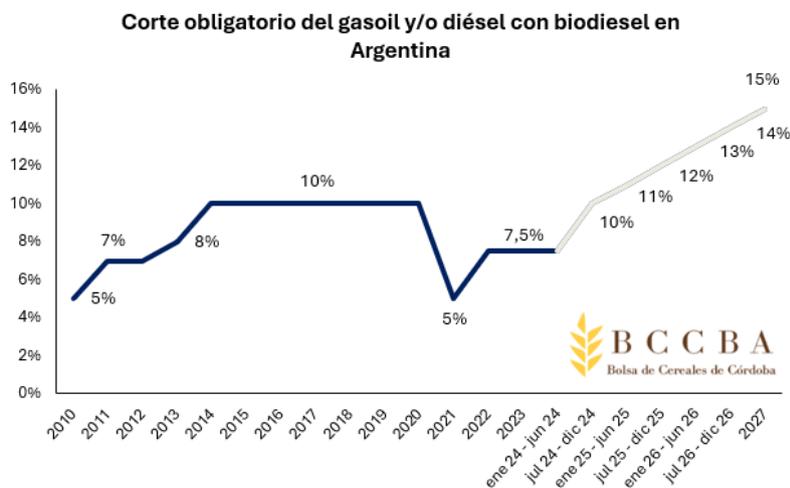


Ilustración 2.2-12 - Corte obligatorio de gasoil y/o diésel con biodiesel en Argentina | Fuente - Bolsa de Comercio de Córdoba

Sin embargo, con la premisa de dar impulso a un mayor uso de bioetanol y biodiésel, el oficialismo de la actual gestión decidió poner sobre la mesa una propuesta propia. Con la idea de lograr una síntesis de las dos iniciativas, tanto para biodiésel como bioetanol, el proceso se ralentizó y de momento se encuentra en desarrollo y con pocas novedades.

Por su parte, tanto el gobierno de la provincia de Santa Fe como de Córdoba impulsan avances en la legislación referida a los biocombustibles.

En conclusión, las proyecciones a nivel global indicarían que los mayores productores de biodiesel seguirían creciendo. Para el caso de los pequeños productores, como es el caso de Argentina y muchos otros países, se esperarían pequeños aumentos en la producción de biocombustibles, pero no significativos.

## **2.3 Mercado proveedor**

### **2.3.1 Proveedores de soluciones tecnológicas**

Esta sección del estudio de mercado busca identificar los principales proveedores de equipos y servicios necesarios para la implementación del proyecto, incluyendo tecnología, reactivos, nutrientes y otros insumos esenciales.

Se abordarán factores como los costos, la calidad de los productos ofrecidos y su disponibilidad en la región.

Asimismo, se realizará un análisis detallado de los riesgos asociados a la cadena de suministro, con el objetivo de identificar posibles vulnerabilidades y proponer estrategias que aseguren la sostenibilidad operativa y económica del proyecto.

#### **2.3.1.1 Veolia Water Technologies – Argentina**

Veolia Water Technologies es una empresa dedicada a ofrecer soluciones integrales para el tratamiento de agua y aguas residuales, atendiendo tanto a municipios como a industrias en el país.

Sus servicios abarcan desde la ingeniería y construcción de plantas de tratamiento hasta el suministro de equipos y tecnologías avanzadas para la gestión eficiente del recurso hídrico. La operación y mantenimiento de estas instalaciones, asegurando su óptimo funcionamiento y contribuyendo al desarrollo sostenible de las comunidades y sectores industriales argentinos, también forma parte del campo de aplicación de esta organización.

Dentro de su catálogo de productos podemos encontrar tecnologías destinadas a:

- Remoción de sólidos gruesos
- Eliminación de sólidos finos
- Tratamiento de sólidos suspendidos totales y grasas

- Tratamientos anaerobios y aerobios para remoción de orgánicos
- Sedimentación de sólidos
- Reactivos y nutrientes
- Eliminación de otros contaminantes

Veolia Water Technologies se distingue en Argentina por su capacidad integral para ofrecer soluciones de tratamiento de agua y aguas residuales. Combina su tecnología avanzada con especialidades químicas y servicios digitales para ofrecer soluciones personalizadas y eficientes, adaptadas a las necesidades específicas de cada cliente.

Con más de 30 años de presencia en Argentina, Veolia se convierte en una empresa líder en el suministro de soluciones químicas, equipamientos y gestión de proyectos para el tratamiento de aguas y procesos industriales, atendiendo a sectores como petróleo y gas, petroquímica, metalurgia, generación de energía y minería.

### **2.3.1.2 Bioingepro – Argentina**

Bioingepro es una empresa especializada en el diseño, fabricación, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de efluentes y plantas potabilizadoras de agua. Su equipo cuenta con más de 30 años de experiencia y más 500 obras ejecutadas en todo el país, atendiendo a clientes como Coca – Cola, Aerolíneas Argentinas, Aeropuerto Argentina y otras.

La amplia variedad de productos y servicios ofrecidos por esta compañía, tendientes a brindar una solución integral a la problemática ambiental actual, comprenden tecnologías dedicadas a:

- Tratamiento de efluentes
- Potabilización de agua
- Servicios
- Grandes proyectos
- Equipos
- Equipos INVENT
- Tratamientos especiales

Los sistemas de tratamientos de efluentes, de nuestro interés, comprenden algunos de los productos y servicios que se señalan a continuación:

- Plantas modulares cloacales e industriales
- Flotación por aire disuelto (DAF)
- Deshidratación de lodos

Además, Bioingepro cuenta con distintos tipos de tratamientos especiales personalizados para cada caso en particular. Por otro lado, ofrecemos servicios de alquiler de plantas y provisión de productos químicos.

Bioingepro se destaca por su experiencia, compromiso ambiental, capacidad para ofrecer soluciones integrales personalizadas y vínculos comerciales estratégicos.

Su taller propio para la construcción de dichas plantas marca la diferencia respecto a otras empresas en lo que respecta a control sobre la calidad del efluente. Sus alianzas con líderes tecnológicos, como representante exclusivo de INVENT en Argentina, la convierte en una empresa altamente competitiva en el rubro. Sin ser menos, sus plantas modulares, ya sean cloacales o industriales, la vuelven una opción única en el mercado.

### **2.3.1.3 Ingenova – Argentina**

Ingenova nace con la convicción de que la innovación y el desarrollo sustentable juegan un papel muy importante en la mejora continua de los procesos productivos. Es una empresa joven, en continuo desarrollo, integrada por un equipo de profesionales capacitados en diversas especialidades.

Su filosofía de trabajo consiste en desarrollar soluciones acordes a las necesidades de cada uno de sus clientes, teniendo en cuenta la individualidad y unicidad de cada uno de sus proyectos y productos, para obtener así óptimos resultados. A partir de aquí Ingenova pone a disposición sus recursos humanos y tecnológicos para el beneficio de sus clientes.

Dentro de su catálogo de equipos se encuentran tecnologías destinadas a:

- Remoción de sólidos gruesos
- Eliminación de sólidos finos
- Tratamiento de sólidos suspendidos totales y grasas
- Tratamientos anaerobios y aerobios para remoción de orgánicos
- Sedimentación de sólidos
- Procesos de aireación
- Separación de hidrocarburos

Además, Ingenova, ofrece servicios como:

- Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento en funcionamiento
- Capacitación de personal para la operación de plantas de tratamiento
- Automatización de plantas de tratamiento
- Auditorías técnicas y asesoramiento

La gran variedad de productos y servicios que ofrece Ingenova la han posicionado como una opción atractiva en el mercado de tratamiento de efluentes.

Características como su diversificación en los equipos de tratamiento, compromiso con las necesidades de cada cliente y servicios de auditorías técnicas, capacitación y automatización de plantas la posicionan como un referente destacado en el sector.

#### **2.3.1.4 Otras empresas**

Entre las empresas dedicadas al rubro, además de las mencionadas, se encuentran las siguientes:

- TECNOaguas
- Watson Marlow
- OPECI
- CERGEN
- Fluence

Estas también se dedican al diseño e instalación de plantas de tratamiento, producción y distribución de equipos individuales de tratamiento, provisionamiento de reactivos y nutrientes, alquiler de plantas ya diseñadas y otros.

#### **2.3.2 Proveedores de reactivos y nutrientes**

A nivel país existe una gran cantidad de empresas dedicadas a proveer de reactivos y nutrientes necesarios para la correcta operación de la planta de tratamiento de efluentes.

Se llega a esta conclusión luego de estudiar cuáles son los reactivos más empleados, entre ellos:

- Hidróxido de sodio o potasio
- Cloruro férrico
- Cloruro de amonio
- Fosfato diácido de sodio
- 

Como la distribución de estas sustancias se encuentra ampliamente distribuida se ha optado por buscar la mejor opción económicamente hablando.

#### **2.4 Mercado competidor**

Este apartado se enfocará en analizar el mercado competidor dentro del ámbito del tratamiento de efluentes industriales en Argentina. El propósito es identificar las principales empresas que operan en este sector y evaluar aspectos como su capacidad técnica, los servicios que ofrecen y el nivel de saturación o las posibles brechas existentes en el mercado.

A partir de este análisis, se podrá determinar la intensidad de la competencia y establecer si las particularidades del proyecto representan una ventaja competitiva que permita posicionarlo estratégicamente frente a los actores ya consolidados en el mercado.

La investigación permite identificar varias empresas que se puede considerar como competencia. Entre ellas tenemos:

### **2.4.1 Bioingepro**

Se destaca por no solo ofrecer soluciones tecnológicas sino también servicio de alquiler de sistemas depuradores que implican el traslado de una planta de tratamiento de efluentes del tipo modular que se adapta a diversos requerimientos.

Esta característica le permite ser elegidas por innumerables clientes y la posiciona como una empresa altamente competitiva.

Entre algunas de las ventajas de las plantas modulares tenemos:

- Al ser fabricadas íntegramente en taller, los trabajos en las instalaciones del cliente son mínimos, ya que sólo se requiere su posicionamiento, instalación y puesta en marcha.
- Todos los procesos están en tanques contiguos, lo que permite minimizar el espacio requerido para su instalación y las obras complementarias requeridas.
- En proyectos de pequeña y mediana escala, suelen ser más económicas que las plantas de tratamiento con tanques separados, que generalmente son ejecutados en hormigón.

Para el caso del efluente en cuestión existe un modelo de este tipo de planta de tratamientos que puede manejar grandes volúmenes de efluentes con esas características.

### **2.4.2 Aeration Argentina**

Aeration Argentina S.A., existente desde principios de la década del 90 en el mercado del tratamiento de aguas y efluentes, dispone de un plantel profesional con larga trayectoria en el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de plantas.

Prácticamente todos los procesos utilizados en el mundo están disponibles y son aplicados exitosamente en sus proyectos: Lechos percoladores, barros activados, procesos anaeróbicos, MBR, MBBR, SBR, etc., forman parte de las realizaciones que se pueden mostrar en clientes de primer nivel.

Su asociada Aeration Servicios, ofrece la operación y mantenimiento de instalaciones, tanto de nuestro diseño como de empresas colegas, también el asesoramiento en tratamiento de efluentes, el mantenimiento de pozos de bombeo y equipamiento relacionado, entre otras.

Su capacidad para brindar servicios y su disposición para ofrecer a sus clientes como referencias para comprobar la calidad de los productos y ejecuciones que ofrecen destaca su compromiso con los clientes.

### 2.4.3 Grupo Falmet

Grupo Falmet es una empresa argentina dedicada a ofrecer soluciones integrales para la industria y el medio ambiente. Su oferta abarca ingeniería, plantas, equipamiento y servicios. La empresa ha desarrollado cuatro unidades de negocio complementarias, enfocadas en la innovación y el diseño de soluciones a medida:

- Tratamiento de aguas y efluentes: Desarrollo de soluciones para el tratamiento y depuración de aguas residuales industriales y municipales.
- Soluciones para agitación y mezcla: Provisión de equipos y tecnologías para procesos de agitación y mezcla en diversas industrias.
- Tecnología en equipamiento ambiental: Suministro de equipos y tecnologías orientadas a la protección y preservación del medio ambiente.
- Ingeniería, servicios y montaje: Servicios de ingeniería, montaje y mantenimiento de plantas y equipos industriales.

El Departamento de Ingeniería de Grupo Falmet diseña y desarrolla soluciones que, junto con el asesoramiento del equipo comercial y el servicio postventa, ofrecen opciones convenientes para procesos específicos de los clientes. Sus equipos son fabricados en plantas propias bajo estándares de calidad, seguridad y medio ambiente, contando con personal altamente calificado que garantiza la confiabilidad de sus productos.

### 2.4.4 Nichos de mercado

Atendiendo a la necesidad de encontrar oportunidades en el análisis del mercado competidor se destaca.

#### 2.4.4.1 Soluciones de Energía Renovable Integradas

Una de las oportunidades de mercado que se han identificado es la de ofrecer soluciones que implique el uso de energías renovables, promoviendo el desarrollo de prácticas más amigables con el ambiente por parte de los consumidores.

Se destaca la posibilidad, concreta y realista, de implementar un sistema híbrido de consumo energético.

En lugar de desarrollar sistemas completamente dependientes de energías renovables, se impulsa la **integración parcial** de energía solar en procesos específicos, como la alimentación de agitadores de baja potencia, aireadores en procesos biológicos o de flotación y/o la calefacción de reactores.

#### 2.4.4.2 Programas de Capacitación y Formación Continua

Otra de las oportunidades de mercado es la capacitación del personal que operará la planta de tratamiento.

Se considera que la manera más efectiva de realizarlo es a través de cursos en módulos cortos y prácticos. La capacitación consiste en dividir la formación en módulos de 2-4 horas donde se abordan los temas específicos como mantenimiento preventivo, operación eficiente de los equipos y monitoreo de parámetros críticos.

#### **2.4.4.3 Enfoque en Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs)**

Por último, se ha identificado que tanto los sistemas de tratamiento como las capacitaciones están dirigidas a grandes proyectos dejando las PyMEs como un mercado descubierto.

En este contexto se decide desarrollar equipos escalables. En lugar de producir únicamente grandes sistemas de tratamiento, se ofrecen soluciones tecnológicas puedan adaptarse al crecimiento de la empresa.

## **CAPITULO III – SELECCIÓN DE TECNOLOGIA**

### **3.1 Caracterización del efluente**

En este capítulo se define la tecnología que se empleará para diseñar la planta de tratamiento de efluentes.

Como es de esperarse los equipos que se empleen, su disposición y los reactivos necesarios, dependerán de las características del efluente a tratar. Anteriormente, se mencionó que dichas características fisicoquímicas dependían de dos factores importantes.

- 1) Materia prima
- 2) Proceso de obtención

Estos ya han sido definidos en los capítulos anteriores, dando como resultado un proceso de obtención de biodiesel a través de la transesterificación catalítica alcalina con aceite de soja como materia prima principal.

Este proceso da lugar a la formación de un efluente con características que se definen, de forma genérica, en la sección 1.4.

De forma más detallada podemos decir que las aguas de lavado del biodiesel se caracterizan por poseer apariencia viscosa de color blanco opaco, generalmente alcalinas y con un alto contenido de aceite residual. Es común que contengan sales solubles (cloruros y sulfatos), trazas de catalizador, jabones e impurezas orgánicas como ácidos grasos libres, metilésteres, acilgliceroles, metanol y glicerol. Finalmente, el contenido en nitrógeno y fósforo de estas suele ser extremadamente bajo.

Las concentraciones de los principales contaminantes de estas corrientes varían, dentro de rangos de valores muy amplios. Algunos casos particulares que pueden darse son:

- Altas concentraciones en metanol: Esto sucede si el proceso no incluye una etapa de recuperación de metanol. Por el contrario, las concentraciones de este contaminante en el efluente serán menores.
- Ocurrirá igual con la cantidad de ácidos grasos libres y glicerina. Si el proceso de obtención de biodiesel incluye una etapa de recuperación de glicerina y ácidos grasos sin reaccionar entonces la concentración de estos contaminantes en el agua residual podrá reducirse.
- Por otra parte, la concentración de ácidos grasos libres en el efluente dependerá también de la cantidad existente en la materia prima y de la eficacia del proceso para transformarlos en metilésteres.

Con la finalidad de encontrar una composición característica media del agua residual generada por la industria de producción de biodiesel se han recopilado datos brindados por distintos autores. Se muestran en la tabla A que se presenta a continuación.

Tabla 3.1-1 - Características del efluente generado en la etapa de lavado del proceso productivo de biodiesel | Fuente - Autoría Propia

CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES – RELEVAMIENTO BIBLIOGRÁFICO					
Condición	EC – TCA [1]	EC – TCA [2]	EL – TCA [3]	EL – TCA [4]	EL -TCA [5]
pH	7,50	8,66	8,50	11,20	10,44
DQO (g/L)	121,77	24,47	41,02	-	16,56
DBO (g/L)	-	-	18,32	-	18,65
G&A (mg/L)	1900	2441	5270	16400	500
SST (mg/L)	745	-	-	2670	-

- **EC:** Escala Comercial
- **EL:** Escala Laboratorio
- **TCA:** Transesterificación catalítica alcalina
- En [1] - Determinación de DQO, G&A y pH a través de **Standard Methods** for the Examination of Water and Wastewater.
- En [2] - Determinación de DQO, G&A y pH a través de **Standard Methods** for the Examination of Water and Wastewater.
- En [3] - Determinación de DQO, DBO, G&A y pH a través de **Standard Methods** for the Examination of Water and Wastewater.
- En [5] - Determinación de DQO, DBO, G&A y pH a través de **Standard Methods** for the Examination of Water and Wastewater.

El valor de cada parámetro, que se ha seleccionado con la finalidad de caracterizar el efluente, se ha obtenido con el promedio de los valores informados por los artículos mencionados anteriormente.

Dichos valores se han tomado bajo ciertas consideraciones como la eficiencia de los procesos de transformación, atendiendo a que estos pueden presentar distintos grados en la conversión de las materias primas, eficiencia de los procesos de separación, entendiendo que estos pueden ser más o menos eficaces, y otros.

El fundamento es contemplar la posibilidad de que la eficiencia global los procesos genere efluentes con distintas características.

Un ejemplo, colocado voluntariamente, es el caso [1] donde la demanda química de oxígeno está muy por fuera de los límites esperados (20.000 – 30.000 mg/L). Se estima que dicho proceso posea una baja eficiencia en la transformación de la materia prima o en la separación de los subproductos. Es por ello que se ha descartado este valor para la caracterización.

Tabla 3.1-2 - Caracterización del efluente | Fuente: Autoría Propia

<b>CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE</b>	
Parámetro	Valor
<b>pH</b>	9,26
<b>DQO (mg/L)</b>	27350,00
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	18485,00
<b>G&amp;A (mg/L)</b>	5302,20
<b>SST (mg/L)</b>	1707,50

### 3.2 Biodegradabilidad del efluente

Debido a que el efluente contiene una elevada cantidad de orgánicos es resulta necesario estudiar la relación existente entre la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno con el fin de determinar qué tipo de tratamiento requerirá el efluente.

Los valores críticos o valores que separan un tratamiento de otro están comprendidos entre 0,2 y 0,4, donde:

- Si  $DBO_5/DQO > 0,4$  el agua residual es muy biodegradable
- Si  $0,2 \leq DBO_5/DQO < 0,4$  el agua residual es medianamente biodegradable
- Si  $DBO_5/DQO < 0,2$  el agua residual es poco biodegradable o no es biodegradable

Definir esto permitirá saber si hará un sistema biológico o químico para tratar el efluente.

En este caso tendremos:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{18485,00 \text{ mg/L}}{27350,00 \text{ mg/L}} = 0,67$$

Esto indica que el agua residual es biodegradable y el sistema necesario será biológico y no químico.

### 3.3 Necesidad de nutrientes

Es de importancia conocer si el influente contiene nutrientes; estos son un factor de importancia para el óptimo desarrollo de los tratamientos biológicos.

Se encontró en estudios realizados por la Universidad de Malasia en Kuala Lumpur <sup>[13]</sup> que las aguas residuales de los procesos de biodiesel a partir de la transesterificación catalítica alcalina no poseen una carga importante de nutrientes.

No se encontró documentación que indique la cantidad de fósforo (P) presente en el influente pero si se detallaron valores de nitrógeno (N) alcanzando estos los 0,0543 g/L.

Según se indica<sup>[12]</sup> las cantidades óptimas de nutrientes suelen ser:

- 15g N por cada kg de DQO
- 3g P por cada kg de DQO

Los cálculos indican las siguientes relaciones N/DQO y P/DQO para que nuestro influente sea biodegradable a una tasa entendible:

- 0,633 g N por cada kg de DQO
- 0,127 g P por cada kg de DQO

Entendemos que están muy por encima de lo informado por el estudio mencionado y que será necesario incorporar nutrientes.

### **3.4 Relevamiento de tecnologías disponibles**

Antes de desarrollar la propuesta de diseño se detallarán las tecnologías necesarias y disponibles para tratar el influente.

Se realizará una descripción de los procesos físicos, químicos, fisico-químicos y biológicos que permiten el correcto tratamiento del efluente. Luego se seleccionará, en base a las características detalladas en la TABLA B, las tecnologías concretas de tratamiento y la secuencia en que se emplearán.

#### **3.4.1 Tratamientos físicos**

La entrada de sólidos de gran tamaño en las instalaciones de una planta de tratamiento de aguas residuales pueden ocasionar problemas de distinta índole en su funcionamiento (obstrucción de colectores, canales o tuberías, daños en los equipos de bombeo, bloqueo de mecanismos en movimiento, sistemas de purga, etc).

La importancia de la eliminación de estos sólidos desde el inicio es evidente, y por ello el desbaste es la primera operación que tiene lugar en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

El desbaste es un proceso de naturaleza física que consiste en retener partículas sólidas de diversos tamaños para evitar que avancen en la dirección de flujo del agua a tratar.

El tamaño característico del material se denomina luz, e indica el tamaño máximo de las partículas que podrán atravesar el sistema de desbaste. Los equipos utilizados para retener los sólidos presentes en el agua residual, pueden ser rejillas o tamices.

### 3.4.1.1 Tamices

El tamizado es imprescindible cuando las aguas residuales llevan cantidades importantes de sólidos en suspensión o flotantes. Los tamices, al igual que los sistemas de rejillas, son equipos empleados para la eliminación de sólidos y también cierto porcentaje de materia orgánica.

En este caso las discontinuidades en lugar de ser longitudinales (abertura de las rejillas), suelen ser perforaciones efectuadas sobre una plancha o mallas trenzadas con tamaños de luz inferiores a 1,5 cm, generalmente entre 0,15 y 0,60 cm. A continuación se ejemplifican las perforaciones sobre una plancha y las mallas trenzadas.

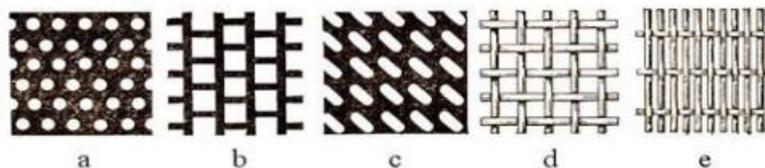


Ilustración 3.4-1 - Perforaciones comunes en tamices | Fuente - [12]

Los tamices pueden clasificarse como estáticos, rotativos y de superficie móvil. Se ha elegido para este caso el primer grupo debido a la ventaja frente a los otros al no requerir de energía para su operación.

Los **tamices estáticos** consisten generalmente en una lámina recta perforada o una malla tejida con una inclinación superior a  $70^\circ$  respecto a la horizontal, aunque existen diseños en los que la lámina no es recta sino con cierta curvatura. La alimentación se efectúa por la zona superior, mientras que el desagüe tiene lugar por la zona inferior de la cara opuesta del tamiz. De esta forma el desplazamiento del agua de alimentación favorece el arrastre de los sólidos retenidos en el tamiz y su eliminación por la zona inferior del mismo.

Estos equipos son baratos, no tienen partes móviles y su mantenimiento es mínimo, pero presentan una gran pérdida de carga.

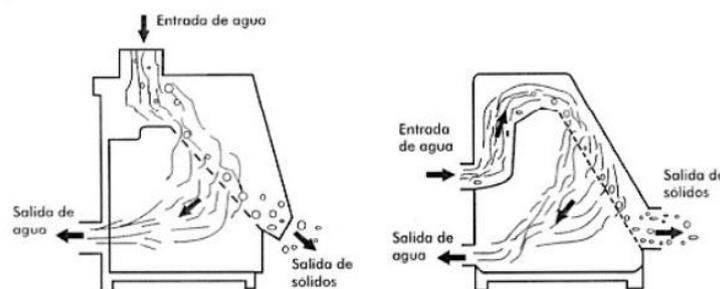


Ilustración 3.4-2 - Esquema de tamiz estático | Fuente - [7]

### 3.4.2 Homogeneización

Los cambios tanto en la carga contaminante como en el caudal del flujo de agua residual, hacen necesario el reajuste de diversos parámetros de funcionamiento de la planta de tratamiento. La homogeneización es, en muchos casos, una medida empleada para mejorar la efectividad de los procesos de tratamiento situados aguas abajo.

Mediante tanques de homogeneización, se consigue generar efluentes de caudal y/o carga contaminante constantes, reduciendo el tamaño y los costos de las unidades de tratamiento ubicadas aguas abajo, mejorando la calidad del agua tratada.

Según la ubicación del tanque de homogeneización existen dos tipos de unidades denominados unidad en línea y unidad en derivación.

En la unidad en línea u homogeneización en línea el tanque de homogeneización se encuentra en la dirección del flujo de las aguas, pasando por él la totalidad del caudal. Con esta unidad, además de conseguir regular el caudal, se consigue homogeneizar las cargas afluentes a la planta.

Por otro lado, en la unidad en derivación u homogeneización en derivación el tanque está separado del flujo de corriente principal, desviándose a éste sólo las aguas que excedan del caudal medio diario.

### 3.4.3 Sedimentación

La sedimentación consiste en la separación por acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Pueden considerarse tres tipos de mecanismos o procesos de sedimentación, dependiendo de la naturaleza de los sólidos en suspensión, tomaremos como el más común el caso de sedimentación discreta.

A grandes rasgos la **sedimentación discreta** consiste en partículas que se depositan y mantienen su individualidad. Además, las propiedades físicas (tamaño, forma, peso específico) no cambian durante el proceso. La deposición de partículas de arena en los desarenadores es un ejemplo típico de sedimentación discreta.

La forma y operación de los equipos donde se lleva a cabo la sedimentación es variable en función de diversos factores como las características de las partículas a sedimentar; entiendase tamaño, forma, concentración, densidad, etc, y también en función a las necesidades del proceso. Se tomará el caso de los sedimentadores circulares con alimentación central.

#### 3.4.3.1 Clarificadores lamelares

Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas paralelas, separadas entre sí e inclinadas respecto a la base, formando con ésta un ángulo entre 45 y 60°.

Por su interior se hace circular el agua de manera ascendente. En la cara inferior de la placas se van acumulando las partículas y se recogen por el fondo del sedimentador.

La adición de estas placas permite una mayor área de sedimentación en el mismo espacio, respecto a otras tecnologías, lo que se traduce en equipos mucho más compactos.

Si bien cuentan con una mayor tendencia al ensuciamiento y requieren limpieza periódica se prefieren ya que pueden manejar cargas hidráulicas elevadas.

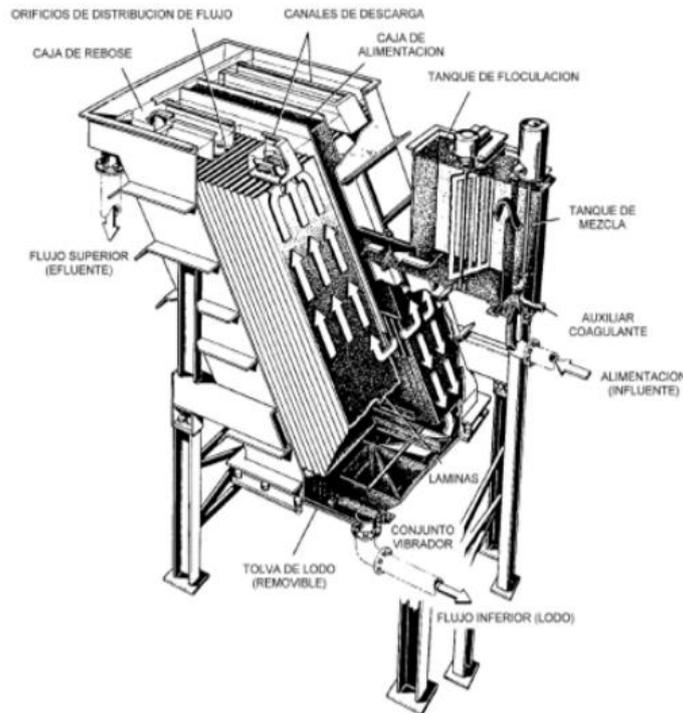


Ilustración 3.4-3 - Esquema de sedimentador de placas o lamelar | Fuente - [8]

### 3.4.4 Flotación

La flotación es un proceso físico por el cual partículas tanto sólidas como líquidas son separadas de la fase de agua residual mediante su fijación a burbujas de aire.

La separación se lleva a cabo introduciendo o formando burbujas de aire de tamaño muy fino en el agua residual. Sobre la superficie de estas burbujas tienden a fijarse el materia a separar, de forma que el peso específico del conjunto partícula – aire es inferior al del agua residual, dando lugar a una velocidad ascensional suficiente para que la partícula alcance la superficie del líquido.

Las partículas flotantes se acumulan en la superficie del agua y se recogen con dispositivos mecánicos apropiados. Normalmente, para asistir el proceso de flotación, se utilizan comúnmente aditivos de floculación como sales de aluminio y férricas, sílice activado y diversos polímeros orgánicos. Estos permiten, además de la coagular y flocular, también crear una superficie o estructura capaz de atrapar las burbujas de aire. Con este método se consigue que incluso partículas con mayor densidad que el agua puedan ser separadas.

Existen tres métodos de flotación, en función del modo en que se agrega el aire.

Se hará uso de la técnica de **flotación por aire disuelto (DAF)**. Aquella en la que se disuelve aire presurizado en el agua residual.

Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador, una válvula reductora de presión y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire.

El sistema DAF puede presentar diferentes variantes, entre las que destacan el sistema de DAF sin recirculación de agua residual y el sistema de DAF con recirculación. En este caso se utilizará el sistema DAF con presurización de la recirculación en vez del sistema con presurización del caudal total.

Si bien este último produce una disolución de aire máxima y genera una mayor cantidad de burbujas, requiere un equipo de presurización de gran tamaño y por ende posee un consumo energético más elevado.

#### **3.4.4.1 Sistema DAF con recirculación - presurización de la recirculación**

El sistema de DAF con recirculación presenta la característica de que una parte del efluente del tanque de flotación es recirculado e introducido en el sistema de presurización, pasando el agua a tratar directamente al tanque.

Las características más importantes de este sistema de operación son las siguientes:

- Requiere menor equipo de presurización, y en consecuencia menor consumo energético.
- Asimila con gran facilidad cambios en el caudal y composición.
- Evita la formación de coloides y emulsiones al no pasar por el sistema de bombeo el influente a tratar, optimizando la formación del flóculos en plantas con coagulación – floculación previa.
- Al presurizar el agua tratada, se evitan los problemas de abrasión sobre el equipo de bombeo.
- La cantidad de agua a recircular es función directa de los sólidos en suspensión y aceites a eliminar.

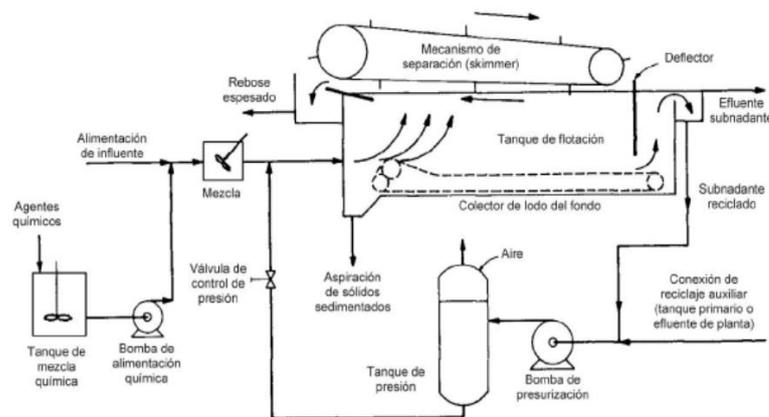


Ilustración 3.4-4 - Diagrama sistema DAF con recirculación | Fuente - Documento BREF

### 3.4.5 Tratamientos químicos

#### 3.4.5.1 Neutralización

En muchas ocasiones las aguas residuales industriales contienen en su composición compuestos ácidos o alcalinos, que provocan valores de pH extremos en el agua residual, no adecuados para su vertido a cauce ni para llevar a cabo en condiciones óptimas los procesos de depuración siguientes.

Con el fin de neutralizar estos compuestos ácidos o básicos, llevando los valores de pH en el agua residual a valores adecuados ya sea, para su vertido o para llevar a cabo adecuadamente los procesos de depuración siguientes.

En los procesos de neutralización se dan reacciones químicas en las cuales un agua ácida reacciona con un reactivo alcalino o bien un agua alcalina reacciona con un reactivo ácido, dando como resultado la sal correspondiente y agua, de tal forma que el pH final del agua residual este dentro del rango previsto.

Los objetivos del proceso de neutralización son:

- Ajustar los valores de pH del agua residual a los autorizados para su vertido por la legislación vigente.
- Ajustar los valores de pH a los precisos para tratamientos biológicos posteriores.
- Evitar ataques químicos, fundamentalmente de las aguas ácidas a las estructuras metálicas, equipos, obra civil, etc. que componen la instalación.
- Ajustar los valores de pH a los idóneos de otros procesos químicos, como coagulación, precipitación, redox, etc.

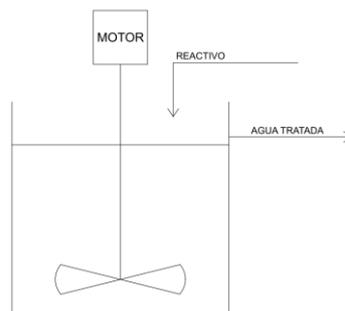
Por tratarse la neutralización de una reacción química, el proceso tiene lugar de forma muy rápida, requiriéndose tiempos de residencia mínimos siempre que se disponga de una agitación energética y que permita que el contacto entre reactivo y agua residual en el menor tiempo posible.

Según la forma de operación se puede clasificar en sistemas continuos o discontinuos. Tomaremos el primer caso ya que posee una serie de ventajas sobre el otro, entre ellas:

1. Capacidad de adaptarse a variaciones en el caudal y la composición
2. Automatización del proceso más sencilla
3. Control más estable y uniforme
4. Sistemas mas robustos y de menor costo inicial

**Procesos continuos** cuando se tratan caudales altos y el proceso de neutralización debe ser llevado a cabo de forma continua.

Si las variaciones de caudal o composición son importantes, se hace preciso utilizar una balsa o tanque de homogeneización y regulación del caudal previo al proceso de tratamiento.



*Ilustración 3.4-5 - Esquema proceso de homogeneización por carga | Fuente - Autoría Propia*

### 3.4.6 Tratamientos físico – químicos

#### 3.4.6.1 Coagulación – floculación

En muchos casos las aguas residuales llevan una carga importante de partículas que, ya sea por su pequeño tamaño, su baja densidad o por encontrarse cargadas eléctricamente formando coloides, no son separables por decantación.

En el proceso de coagulación - floculación no tiene lugar separación alguna de contaminantes, sino la adecuación de estas partículas de forma que puedan ser fácilmente separables a través de otros procesos instalados a continuación como la sedimentación o flotación.

El proceso de coagulación es esencialmente la reacción química que tiene lugar por la adición de determinados productos químicos al agua residual. Aquí se produce la desestabilización de estas partículas que se encuentran en solución coloidal o emulsionadas. Esto se logra neutralizando las cargas eléctricas que tienden a mantenerlas separadas.

Mientras que la coagulación es una reacción de tipo químico, siendo la fuerza primaria de tipo electrostático o interiónico, en el proceso de floculación predominan la formación de puentes o enlaces de tipo físico.

La utilización de un proceso de coagulación - floculación antes de una decantación primaria en una planta de tratamiento de aguas residuales da como resultado una mejora importante en el rendimiento del mencionado proceso.

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa como es el caso del catión  $Fe^{3+}$  y  $Al^{3+}$ . También suelen emplearse polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación.

A continuación se ejemplifican algunos de los más utilizados.

- Sales de  **$Fe^{3+}$** : Pueden ser  $FeCl_3$  o  $Fe_2(SO_4)_3$ , con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión ya que este será el que quede en el efluente. Si no se desea la presencia de cloruros se empleará entonces sulfato férrico y viceversa si no se desean sulfatos.
- Sales de  **$Al^{3+}$** : Suele ser  $Al_2(SO_4)_3$  o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.

Los **polielectrolitos** son polímeros orgánicos, naturales o sintéticos, de alto peso molecular y largas cadenas, existiendo en el mercado una gran variedad de marcas que comercializan estos productos.

Pueden ser no iónicos (poliacrilamidas), aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas).

Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

En el proceso de floculación son generalmente bajas, variando entre 1 y 4 ppm, dependiendo de la concentración, tamaño y tipo de sólidos presentes en el agua residual.

Los equipos en los que se llevan a cabo estos procesos, suelen constar de dos partes.

1. En la primera se adicionan los reactivos y se somete el agua a una fuerte agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de conseguir una buena y rápida mezcla de reactivos y coloide para llevar a cabo la coagulación.

2. La segunda, al no ser la floculación una reacción química, tiene lugar en un equipo con agitación moderada durante tiempos mayores. De este modo los flóculos ya formados no se ven destruidos, pero se ponen en contacto las partículas con el reactivo y se mantienen los sólidos en suspensión. Tras este proceso se consigue que la materia en suspensión tenga unas características adecuadas para su eliminación mecánica.

### **3.4.7 Tratamientos biológicos**

Los tratamientos biológicos son los encargados de eliminar la materia orgánica biodegradable presente en las aguas residuales. En estos procesos se utilizan microorganismos, que utilizan la materia orgánica biodegradable como fuente de energía y de carbono, de modo que una parte de dicha materia se transforma en nuevos microorganismos y el resto es oxidada.

Existen diferentes tipos de procesos metabólicos, según el aporte de oxígeno al proceso, los principales son:

#### **3.4.7.1 Procesos anaerobios**

El tratamiento anaerobio de aguas residuales se utiliza esencialmente para aguas residuales caracterizadas por una elevada concentración de materia orgánica.

En aguas residuales industriales, la implantación de este tratamiento ha aumentado considerablemente debido al aumento de los costes energéticos y problemas con la gestión del exceso de lodo formado en los procesos de tratamiento aerobio.

En el tratamiento anaerobio se convierte el contenido orgánico del agua residual, con ayuda de microorganismos y en ausencia de aire, principalmente en biogás o CH<sub>4</sub> y otros gases como CO<sub>2</sub>.

Hay varios tipos de reactores disponibles y cada uno de ellos posee sus características. Se ha tomado el reactor de capa de lodo anaerobio con flujo ascendente (UASB) debido a ciertas ventajas que presentar por sobre los otros.

1. Bajo consumo energético
2. Menor producción de lodos
3. Buena recuperación de biogás
4. Menor necesidad de mantenimiento y menor riesgo de obstrucciones.

#### **Reactor de capa de lodo anaerobio con flujo ascendente (UASB)**

El reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Bed) o reactor de capa de lodo anaerobio con flujo ascendente elimina contaminantes con una gran eficiencia y estructuralmente es simple.

No contiene relleno y generalmente no necesita agitación.

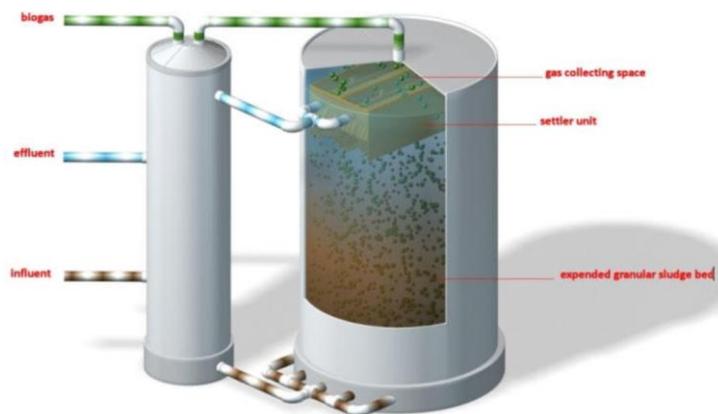
El tratamiento se produce al entrar en contacto el agua residual y el fango granular. La primera se introduce por la parte inferior del digestor y fluye en sentido ascendente a través de un manto de fango constituido por gránulos formados biológicamente.

La generación de biogás en el interior del digestor colabora en la formación y mantenimiento de los gránulos y mantiene el manto de fangos en movimiento mejorando el contacto entre estos y el agua residual.

Parte de este gas se adhiere a las partículas biológicas y tanto el biogás libre como las partículas a las que se ha adherido el gas, ascienden hacia la parte superior del digestor biológico. Allí, se produce la liberación del biogás adherido a las partículas, al entrar éstas en contacto con unos deflectores desgasificadores.

Las partículas desgasificadas vuelven a caer a la zona inferior del digestor y el biogás se captura en una bóveda de recogida de gases instalada en la parte superior del reactor.

El agua residual tratada, abandona el reactor por rebose.



*Ilustración 3.4-6 - Esquema reactor anaerobio de flujo ascendente | Fuente - Veolia Water Technologies*

### 3.4.7.2 Procesos aerobios

El mecanismo de la oxidación biológica aerobia consiste en la asimilación de la materia orgánica biodegradable presente en las aguas residuales por los microorganismos, en presencia de oxígeno.

Dentro de los sistemas de tratamiento por vía aerobia se encuentran una serie de alternativas que poseen distintas utilidades. Este estudio se ha inclinado por el empleo de lodos activados ya que se considera que posee ciertas ventajas estratégicas por encima de los otros como se detalla a continuación:

1. Menor tiempo de tratamiento
2. Menor requerimiento de espacio
3. Mayor capacidad de adaptación a variaciones en la carga orgánica

4. Mejor control operacional
5. Mejor eficiencia en la remoción de contaminantes

### **Lodos o fangos activos**

En el proceso de fangos activos se lleva a cabo la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual a través de la acción de microorganismos que la emplean como sustrato/alimento, descomponiéndola vía aerobia.

A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, la población de biomasa que se utiliza en este proceso es elevada, lo que conlleva a que en tiempos reducidos tenga lugar la eliminación de cantidades importantes de materia orgánica.

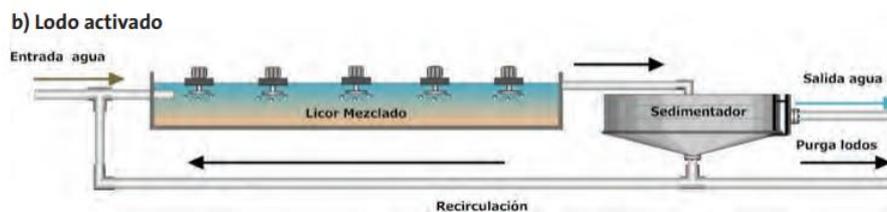


Ilustración 3.4-7 - Esquema sistema de lodos activados | Fuente - [11]

## **3.5 Selección de tecnología y propuesta de diseño**

El primer paso consiste en acondicionar el efluente a tratar eliminando sólidos suspendidos totales (SST) y seguido de esto grasas y aceites (G&A). Esto se debe a que su presencia interviene con los tratamientos biológicos posteriores provocando que el dichos tratamientos se ralenticen y su eficiencia decaiga.

### **3.5.1 Pretratamiento**

La recepción del influente cuenta con una sección de desbaste donde se busca eliminar sólidos en suspensión y algo de grasas y aceites; además, aunque esta etapa no tiene esta finalidad, se remueve algo de materia orgánica por impregnación.

#### **3.5.1.1 Tamices – sólidos finos y grasas**

Con el objetivo de rebajar la cantidad de grasas y sólidos suspendidos desde el inicio del tratamiento y reduciendo así la cantidad de reactivos a utilizar en tratamientos posteriores y posibles problemas en los digestores biológicos se opta por incluir un sistema de tamices.

Se considera que el macrotamiz rotatorio es una buena opción debido a que el influente no contiene una carga muy elevada de SST y G&A.

### **3.5.2 Tratamiento primario**

Conforme el líquido a tratar avanza por la planta de tratamiento se continúa con la eliminación de sólidos en suspensión y se tratan definitivamente las grasas y aceites.

#### **3.5.2.1 Tanque de homogeneización y acondicionamiento de pH**

En esta etapa se busca acondicionar el parámetro pH. Esto se debe a que no solo es un parámetro que debe corregirse sino también porque los procesos de floculación y flotación, que se encuentran aguas abajo, requieren un ajuste de dicho parámetro para funcionar de forma óptima.

Este tanque contará con un sistema de agitación y adición de reactivos para ajustar el pH. Dentro de la gama de ácidos fuertes se empleará ácido sulfúrico debido a que economicamente es más rentable la operación.

#### **3.5.2.2 Mezclador estático – proceso de coagulación**

Para lograr eliminar los sólidos y dar mejores condiciones a la separación de grasas y aceites se empleará un mezclador estático donde se llevará a cabo el proceso de coagulación.

Dichos mezcladores tienen la ventaja de ser más económicos ya que no contienen ninguna parte móvil y extraen la energía requerida para la mezcla de la diferencia de altura que existe entre la salida del tanque homogeneizador y la entrada del equipo de mezcla.

Para determinar qué coagulante se empleará y en qué dosis exacta es necesario realizar ensayos de laboratorio. Se conoce que, entre la gama de coagulantes, los más adecuados para influentes con las características mencionadas en la TABLA A son el  $\text{FeSO}_4$  y el  $\text{FeCl}_3$ . Debido a la disponibilidad de coagulantes en Argentina y el costo de estos insumos se selecciona  $\text{FeCl}_3$ .

#### **3.5.2.3 Unidad de floculación – desestabilización de grasas y aceites**

Para el proceso de floculación la agitación debe ser moderada, por lo que se dimensionará una cámara de sección circular con un agitador mecánico de baja velocidad.

Como floculante se utilizará un polielectrolito conocido como SIFLOC 1080D, el cual ofrece buenos rendimientos aún a pH muy ácidos, adecuados para desestabilizar emulsiones de grasas, y especialmente útil en tratamientos de efluentes donde la separación debe realizarse por flotación.

A pesar de requerir de la adición de reactivos, se prefiere el proceso de coagulación-floculación frente a un proceso de electrocoagulación, ya que ofrece los mismos porcentajes de eliminación, pero implica menores costos de operación debido a requerimientos de energía inferiores.

### 3.5.2.4 Celdas de flotación – eliminación de grasas y sólidos

A través del proceso de flotación por aire disuelto (DAF) se separan, mayormente, las grasas aglomeradas en la etapa previa de coagulación.

Se selecciona esta tecnología ya que la flotación requiere un área mucho menor para su instalación y consigue eliminar mejor y en menor tiempo partículas ligeras que con sedimentación sería difícil de lograr. Aún así hay que destacar que presenta costes operacionales superiores a los asociados a un proceso de sedimentación.

Es importante destacar que la flotación es el proceso más adecuado para la eliminación de grasas presentes en elevadas concentraciones como las que se tiene en este caso.

### 3.5.3 Tratamiento secundario

Una vez el realizado el acondicionamiento del agua residual, se dimensionará un tratamiento biológico que requerirá una etapa anaerobia seguida de una etapa aerobia. Esto se realizará de esta manera debido a la elevada carga de materia orgánica biodegradable en el agua residual.

#### 3.5.3.1 Tratamiento anaerobio - Reactor UASB

Según el documento BREF de aguas y gases residuales en industria química se presenta la siguiente tabla con las características típicas de las distintas tecnologías para tratamientos anaerobios.

*Tabla 3.5-1 – Parámetros típicos de algunas tecnologías para el tratamiento anaerobio | Fuente – Documento BREF*

<b>PARÁMETROS TÍPICOS PARA LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO ANAEROBIO</b>				
Proceso	DQO de entrada (g/L)	Tiempo de retención (h)	Carga orgánica (kg DBO/m <sup>3</sup> *d)	Eliminación de DQO (%)
<b>ACP</b>	1,5 – 5	2 – 10	0,48 – 2,40	75 – 90
<b>UASB</b>	5 – 15	4 – 12	4,00 – 12,00	85 – 96
<b>Lecho fijo</b>	10 – 20	24 – 48	0,96 – 4,81	75 – 85
<b>Lecho exp.</b>	5 – 10	5 – 10	4,81 – 9,62	80 – 85

Los datos presentados sugieren que el reactor UASB es, entre las tecnologías anaerobias disponibles, una de las que menor tiempo de retención hidráulica (TRH) requiere.

Comparado tanto con el lecho fijo como con el lecho expandido, presenta la ventaja de no necesitar relleno, y por tanto no existirán problemas de colmatación ni pérdidas de carga.

La aplicación de reactores UASB resulta una alternativa simple, asequible y manejable para el tratamiento de aguas residuales industriales. La necesidad de espesamiento y digestión de lodos es mínima, y su aplicación supone la mínima exigencia de equipos mecánicos y de energía para aireación en las unidades de postratamiento aerobio.

### 3.5.3.2 Tratamiento aerobio - Lodos activos

En cuanto al tratamiento aerobio, la selección se basa en los rendimientos de eliminación que se presentan en la siguiente tabla. Para la confección de la misma se hizo uso de la bibliografía [12].

*Tabla 3.5-2 - Rendimientos de eliminación en procesos de lodos activados | Fuente - [12]*

<b>RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN (%)</b>						
Unidades de tratamiento	Parámetros					
	<b>DBO</b>	<b>DQO</b>	<b>SS</b>	<b>P</b>	<b>N – Org</b>	<b>N – NH3</b>
<b>Lodos activos</b>	80 – 95	80 – 95	80 – 90	10 – 25	15 – 50	8 – 15
<b>Filtro percolador</b>	65 – 80	60 – 80	60 – 80	8 – 12	15 – 50	8 – 15
<b>Biodisco</b>	80 – 95	80 – 95	80 – 95	10 – 25	15 – 50	8 – 15

A pesar de las desventajas del tratamiento de lodos activos, en términos de espacio requerido, consumo de oxígeno y producción de lodos, se selecciona esta tecnología ya que es posible, gracias a un análisis realizado por Van Haandel en “Handbook of Biological Wastewater Treatment: Design and Optimisation of wastewater treatment”, acoplar los procesos de lodos activos convencionales con reactores UASB.

Se ha demostrado que el volumen de tanques en este sistema anaerobio-aerobio puede ser hasta un 48% el volumen de un sistema de lodos activos convencional. Por ende el consumo de oxígeno y la producción de lodo serán menores.

## **CAPITULO IV – TAMAÑO**

## **4.1 Determinación del tamaño**

La determinación del tamaño es un aspecto crucial dentro del diseño del proyecto. Influye directamente en los niveles de inversión y en los costos operativos asociados. Este proceso, a su vez, afecta la viabilidad técnica del proyecto, así como su impacto ambiental y social.

La elección del tamaño implica considerar una serie de factores interrelacionados. Entre ellos, se destacan el volumen y las características de los efluentes a tratar, la capacidad de tratamiento de las tecnologías disponibles para dichos efluentes y las normativas legales que regulan los parámetros a cumplir respecto a la calidad de los vertidos.

Por otro lado, si bien se llevará a cabo en el siguiente capítulo, es fundamental analizar las posibilidades de localización del proyecto. La disponibilidad de insumos para la operación, energía requerida y otros factores, así como los costos logísticos asociados, pueden influir notablemente en la determinación del tamaño.

Diseñar una planta con un tamaño adecuado no solo asegura su funcionamiento eficiente desde el inicio, sino que también facilita futuras expansiones o adaptaciones sin incurrir en costos desproporcionados. En este contexto, el análisis del tamaño de la planta no se centrará únicamente en cubrir la carga actual de efluentes, sino también en prever las necesidades futuras.

## **4.2 Factores que determinan el tamaño del proyecto**

A continuación, se listan una serie de factores muy comunes empleados a la hora de definir el tamaño de un proyecto.

### **4.2.1 Relación Tamaño – Financiamiento**

Se basa en la capacidad financiera de las empresas de poder o no enfrentar un reto administrativo de inversiones. De no poder hacerlo por sí solas se busca analizar las diferentes fuentes de financiamiento que les permitan acceder a créditos para poder hacer las inversiones necesarias.

Las distintas fuentes de inversión se pueden ser.

- Fuentes internas: consta del capital propio. Este es aportado al inicio por medio de los capitalistas y responsables del proyecto.
- Fuentes externas: se obtienen por fuera del proyecto, ya sea por medio del mercado de capitales, bancos, cooperación y desarrollo.
- Mercado de capitales: surge de ofrecer participación en el negocio por medio de acciones, obligaciones, bonos u otros.

- Bancos e Instituciones de Fomento: se pueden obtener créditos a corto, mediano y largo plazo, a través de instituciones bancarias.

#### **4.2.2 Relación Tamaño - Mercado consumidor**

Este factor es de importante consideración. En lugar de centrarse en la demanda de mercado tradicional, se considera el volumen de efluentes generado por la industria.

Esto implica identificar primeramente la cantidad de efluentes generados por tonelada de biodiesel producido y luego conocer cuál sería la capacidad de producción de dicha planta, lo cual concluiría en un análisis un poco más complejo, pero con mayor certeza.

#### **4.2.3 Relación Tamaño - Tecnología**

Es posiblemente uno de los factores más acertados a la hora de seleccionar el tamaño si se trata de un rubro donde la disponibilidad de tecnología es limitada.

Este no es el caso particularmente ya que la industria de equipos de tratamiento es lo suficientemente extensa. Definir el tamaño a partir de las tecnologías disponibles para el tratamiento de aguas residuales puede resultar demasiado complejo debido a la gran diversidad de equipos en el mercado.

Se considera que la opción más acertada es utilizar la relación entre el **mercado consumidor** y el **tamaño del proyecto**.

### **4.3 Análisis de la capacidad productiva de las plantas de biodiesel en Argentina**

El estudio de mercado revela que la producción de biodiesel a nivel país no presenta un crecimiento destacable y que depende mucho de los futuros cambios en cuanto al porcentaje de corte exigido por ley. Con esto se infiere que la capacidad de las futuras plantas productoras no sería muy distinta al común de las que se presentan a continuación.

<b>Cuadro N° 1. Capacidad de producción anual de plantas industriales de ester metílico/biodiesel. (Información setiembre 2017)</b>			
Compañía	Ubicación/Localidad	Provincia	Capacidad producción anual (Tn)
LDC Argentina SA	Gral. Lagos	Santa Fe	610.000
Renova S.A.	San Lorenzo	Santa Fe	480.000
Patagonia Bioenergía S.A.	San Lorenzo	Santa Fe	480.000
T 6 Industrial S.A.	Puerto Gral. San Martín	Santa Fe	480.000
COFCO Argentina S.A.	Puerto Gral San Martín	Santa Fe	240.000
CARGILL S.A.C.I.	Villa Gobernador Gálvez	Santa Fe	240.000
UNITEC - BIO S.A.	Puerto Gral. San Martín	Santa Fe	240.000
Viluco S.A. (Grupo Lucci)	Frías	Sgo del Estero	200.000
Vicentín SAIC	Avellaneda	Santa Fe	120.000
Molinos Río de la Plata S.A.	Rosario	Santa Fe	120.000
Explora S.A.	Puerto Gral. San Martín	Santa Fe	120.000
El Albardón S.A.	Puerto Gral. San Martín	Santa Fe	100.000
Diaser S.A.	Parque Industrial San Luis	San Luis	96.000
ARIPAR	Daireaux	Buenos Aires	50.000
Cremer Argentina SA	Arroyo Seco	Santa Fe	50.000
Bio Bahía S.A	Bahía Blanca	Buenos Aires	50.000
Pampa Bio S.A	General Pico	La Pampa	50.000
Rosario Bioenergy S.A.	Roldán	Santa Fe	50.000
Bio Ramallo S.A.	Ramallo	Buenos Aires	50.000
Bio Bin S.A.	Junín	Buenos Aires	50.000
Bio Nogoyá S.A.	Nogoyá	Entre Ríos	50.000
Latin Bio S.A.	Arroyo Seco	Santa Fe	50.000
Bio Corba SA	Ramallo	Buenos Aires	50.000
Refinar Bio	Ramallo	Buenos Aires	50.000
Bio Bal SA	Ramallo	Buenos Aires	50.000
Energías Renovables S.A	Catriló	La Pampa	50.000
Advanced Organic Materials S.A. (AOM)	Parque Industrial Pilar	Buenos Aires	48.000
Diferoil S.A.	General Alvear	Santa Fe	48.000
Energías Renovables Argentinas S.R.L.	Piamonte	Santa Fe	24.000
Colalao del Valle S.A.	Los Polvorines	Buenos Aires	18.000
Soy Energy S.A.	Villa Astolfi	Buenos Aires	18.000
Héctor Bolzán S.A.	Aldea María Luisa	Entre Ríos	14.400
Prochem Bio S.A. (AC)	Ramallo	Buenos Aires	12.000
New Fuel S.A.	Villaguay	Entre Ríos	10.800
B.H. Biocombustibles S.R.L.	Calchaquí	Santa Fe	10.800
Doble L Bioenergías S.A.	Esperanza	Santa Fe	10.800
Agro M&G	Saladillo	Buenos Aires	8.000
<b>Capacidad de producción Argentina (en toneladas/año)</b>		<b>100%</b>	<b>4.398.800</b>
<b>Capacidad de producción Provincia de Santa Fe (en toneladas/año)</b>		<b>79%</b>	<b>3.473.600</b>

Ilustración 4.3-1 - Capacidad de producción anual (hasta 2017) de biodiesel por planta operativa en Argentina | Fuente – Bolsa de comercio de Rosario

Como se observa, el análisis realizado por la bolsa de comercio de Rosario, indica la producción anual para cada planta ubicada en el país. Se define que un tamaño estándar sería el de 50.000 Tn/año y se toma como tamaño para la planta de biodiesel el de 120.000 Tn/año. Esto se considera apropiado ya que es un tamaño lógico para un nuevo proyecto y da la posibilidad a futuro de aumentar el tamaño.

#### 4.4 Determinación del tamaño para instalación de tratamiento de aguas residuales

Estudios como los realizados por *Ken-ichiro Suehara* han reportado que aproximadamente cada 100 L de biodiesel producido, se generan más de 20 L de aguas residuales entre los procesos de lavado y secado. Otros han encontrado que dependiendo de la materia prima y del proceso utilizado en la obtención del biodiesel, los volúmenes de efluente apuntan a que por cada 100L de biodiesel producido se pueden generar aproximadamente entre 10L y 120L de efluentes a tratar. En algunos casos se obtienen volúmenes máximos que rondan los 300L de aguas residuales.

Otras referencias estiman las aguas residuales generadas como porcentajes que van desde el 10% hasta el 47.5% en volumen del biodiesel producido. Podría por tanto decirse que la producción de 100 L de biodiesel genera en las etapas de lavado entre 10 – 300 L de aguas residuales a tratar.

El promedio de estos valores ronda los 155 L de efluente a tratar por cada 100 L de biodiesel producido; se tomará una decisión conservadora y se estimarán 140 L de efluente generado por cada 100L de biodiesel producido.

#### 4.5 Programa de operación

Para realizar una estimación del programa de operación primero se define el período de instalación el cual se fija en 14 meses por ser una planta de pequeño tamaño, esto sucedería entre 2025 – 2026.

Habiendo definido la capacidad previamente, la jornada laboral, el periodo de mantenimiento, el régimen de trabajo y otros, se prosigue a realizar la planificación del programa de operación.

Como se trata de una planta que opera de forma continua durante las 24 horas del día se tendrá en cuenta:

- Se estiman paradas de planta para realizar tareas de mantenimiento con una duración de 27 días que coincidan con las operaciones de mantenimiento de la planta de biodiesel.
- Se contempla un período de contingencia de 3 días para paradas imprevistas que ocurran durante el proceso

Se suma así un total de 30 días no laborables estableciendo un año de operación en 335 días. Esto supone que la planta estará operando un total aproximado de 8040 horas al año.

Suponiendo una densidad de biodiesel igual a 880 kg/m<sup>3</sup> tendremos:

$$V_{biodiesel\ anual} = \frac{G_{biodiesel\ anual}}{\rho_{biodiesel}} = \frac{120.000\ Tn/año}{0,88\ Tn/m^3} \approx 136.364\ m^3/año$$

Esto, haciendo uso de la relación establecida en la sección 4.4, genera anualmente un volumen de efluentes líquidos igual a:

$$V_{efluentes\ anual} = V_{biodiesel\ anual} * \frac{140\ m^3}{100\ m^3} \approx 190.910\ m^3/año$$

Esto representa un volumen de efluentes de:

$$V_{efluentes} = \frac{V_{efluentes\ anual}}{t_{trabajo\ efectivo}} = \frac{190.910\ m^3/año}{8040\ h/año} \approx 23,75\ m^3/h$$

Se representa gráficamente a través de la siguiente

*Tabla 4.5-1 - Desglose del programa de operación | Fuente - Autoría Propia*

Mes	Días trabajados	Horas trabajadas (h/mes)	Operación (m3/mes)
<b>Enero</b>	21	504	11970
<b>Febrero</b>	28	672	15960
<b>Marzo</b>	31	744	17670
<b>Abril</b>	25	600	14250
<b>Mayo</b>	31	744	17670
<b>Junio</b>	30	720	17100
<b>Julio</b>	31	744	17670
<b>Agosto</b>	31	744	17670
<b>Septiembre</b>	25	600	14250
<b>Octubre</b>	31	744	17670
<b>Noviembre</b>	30	720	17100
<b>Diciembre</b>	21	504	11970



*Ilustración 4.5-1 - Gráfico del plan de operación | Fuente: Autoría Propia*

## **CAPITULO V – LOCALIZACION**

## 5.1 Determinación de la localización

La selección adecuada de la localización para el proyecto es crucial, ya que múltiples factores pueden influir significativamente en los costos a lo largo del tiempo. Esta decisión, de naturaleza estratégica y con impacto económico a largo plazo, debe ser tomada con base en un análisis integral que considere factores como disponibilidad de recursos, accesibilidad, proximidad a los generadores de efluentes, regulaciones ambientales y otros.

Es lógico que surjan varias opciones viables, especialmente durante las etapas iniciales de prefactibilidad cuando las variables aún no se han definido de forma concluyente. Esto podría explicar el escenario donde una localización que inicialmente parecía adecuada puede no ser sostenible en el futuro debido a cambios en las condiciones externas.

El proceso de estudio incluye una evaluación inicial a nivel macro donde se identifican zonas generales con condiciones favorables y un análisis más detallado a nivel micro para seleccionar el sitio más adecuado dentro de la región determinada. Es importante destacar que una elección incorrecta en la macrolocalización no puede ser corregida por un análisis de microlocalización; este último se limitará entonces a optimizar la instalación dentro del área previamente seleccionada.

## 5.2 Factores determinantes

Publicaciones reconocidas, como la **Revista de Historia Industrial y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI)**, destacan la importancia de considerar una amplia variedad de aspectos al elegir la ubicación de proyectos industriales. Más allá de los costos económicos, se deben evaluar también los impactos sociales, ambientales y tecnológicos, buscando siempre un equilibrio con las metas globales de desarrollo sostenible. Basándose en estas recomendaciones, se presenta una serie de factores esenciales para realizar una selección estratégica y bien fundamentada.

- **Proximidad a puertos** para facilitar la importación de insumos.
- **Ubicación cercana a fuentes de suministro** de forma que disminuyan los costos asociados al transporte.
- **Accesibilidad y costos de transporte** donde se considera la existencia y calidad de la infraestructura vial, así como los gastos asociados al traslado.
- **Disponibilidad de terrenos** donde se emplazaría el proyecto.
- **Cercanía al mercado de demanda** para garantizar una operación eficiente.
- **Mano de obra** calificada.
- **Disponibilidad de servicios básicos** como acceso a agua, electricidad, gas, telecomunicaciones y otros.

- **Aspectos sociales y culturales** que se consideran claves en el análisis de impacto.
- **Marco legal y estabilidad política.**

### **5.3 Localización de la planta de biodiesel**

Dada la naturaleza del proyecto, la planta de tratamiento de efluentes debe ubicarse necesariamente en el mismo sitio donde se instalaría una nueva planta de biodiesel. Esta decisión se basa en la necesidad de suprimir los costos de transporte del efluente generado, lo que hace inviable localizar ambas instalaciones en lugares diferentes.

### **5.4 Macrolocalización**

Con la finalidad de definir la macrolocalización de la planta de biodiesel se tomarán en cuenta los principales productores en el país de aceite de soja, siendo esta la materia prima básica del proceso.

Al localizarse en las cercanías de los mayores productores no solo se asegura una disponibilidad constante sino también una reducción en los costos de transporte. Las plantas de mayor producción de aceite de soja en el país son la siguientes.

Tabla 5.4-1 - Desglose de las plantas productoras de aceite de soja y su capacidad diaria | Fuente -  
Elaboración Propia

Localización			Productor de aceite de soja	Capacidad instalada (tn/día)
Provincia	Departamento	Localidad		
Santa fe	San Lorenzo	Puerto General San Martín	Terminal 6 Industrial S.A.	20000
Santa fe	San Lorenzo	Puerto General San Martín	COFCO Argentina S.A.	4500
Santa fe	San Lorenzo	Puerto General San Martín	Buyatti S.A.I.C.A.	3350
Santa fe	San Lorenzo	Puerto General San Martín	Cargill S.A	9000
Santa fe	San Lorenzo	San Lorenzo	Molinos AGRO S.A.	20000
Santa fe	San Lorenzo	San Lorenzo	Bunge Argentina S.A.	8000
Santa fe	San Lorenzo	San Lorenzo	Vicentín S.A.C.I (Planta Puerto)	6500
Santa fe	San Lorenzo	San Lorenzo	Vicentín S.A.C.I	4000
Santa fe	San Lorenzo	Timbúes	Renova S.A.	10000
Santa fe	San Lorenzo	Timbúes	COFCO Argentina S.A.	9500
Santa fe	San Lorenzo	Timbúes	LDC Argentina S.A.	8000
Santa fe	Rosario	Villa Gobernador Gálvez	Cargill S.A.	13000
Santa fe	Caseros	Chabás	Aceitera Chabás S.A.	4000
Santa fe	Caseros	Chabás	Ricedal Alimentos S.A.	300
Santa fe	Rosario	Rosario	Molinos AGRO S.A.	1500
Buenos Aires	Junín	Saforcada	COFCO Argentina S.A.	4400
Buenos Aires	Ramallo	Villa Ramallo	Bunge Argentina S.A.	3000
Buenos Aires	Bahía Blanca	Ingeniero White	Cargill S.A.	2200
Buenos Aires	Bahía Blanca	Ingeniero White	Viterra S.A.	1350
Buenos Aires	General Villegas	General Villegas	Viterra S.A.	2000
Buenos Aires	Necochea	Quequén	Cargill S.A.	2000
Buenos Aires	Daireaux	Daireaux	Viterra S.A.	1800
Buenos Aires	Cañuelas	Cañuelas	Molinos Cañuelas S.A.C.I.F.I.A.	1200

En otras provincias como Córdoba, Entre Ríos, Santiago del Estero, etc. también se encuentran plantas de procesamiento, pero son de muy poca capacidad.

De los datos presentados anteriormente se observa que aproximadamente el 86% de la materia prima se procesa en la provincia de Santa Fe. Tomaremos esta como la macrolocalización y evaluaremos tres alternativas para la microlocalización; todas dentro del departamento de San Lorenzo. Una alternativa será la localidad de San Lorenzo, otra será Puerto General San Martín y la última Timbúes.

Nótese que las selecciones corresponden a la ubicación de Molinos AGRO S.A., Terminal 6 Industrial S.A., Renova S.A. y LDC Argentina S.A., las plantas de procesamiento de oleaginosos más grandes entre las mencionadas.

## 5.5 Microlocalización

Para poder realizar esta evaluación es necesario definir de forma preliminar una zona dentro de la cual se localizaría el proyecto para cada alternativa de las anteriores. Lo que se buscará es encontrar una superficie próxima a las plantas de procesamiento mencionadas de modo que los costos de transporte se vean reducidos y donde se puedan realizar futuras ampliaciones.

### 5.5.1 Análisis de zonas estratégicas

#### 5.5.1.1 Timbúes

Dentro de la localidad de Timbúes se encuentran varias plantas de procesamiento de materias primas oleaginosas. Entre ellas tenemos LDC Argentina S.A., Renova Timbúes S.A. y COFCO Timbúes. En conjunto logran procesar diariamente 27.500 toneladas por día de granos de soja.



Ilustración 5.5-1 - Imagen satelital de la zona Timbúes | Fuente - Google maps

Como se logra apreciar en la imagen las tres cuentan con salida portuaria al Río Paraná. También se observan numerosos terrenos disponibles donde se podría localizar la planta de biodiesel.

### 5.5.1.1.1 Característica del terreno y disponibilidad de servicios

En particular la zona no cuenta con un parque industrial como el de San Lorenzo. Sin embargo, el terreno que se indica a continuación está a la venta.

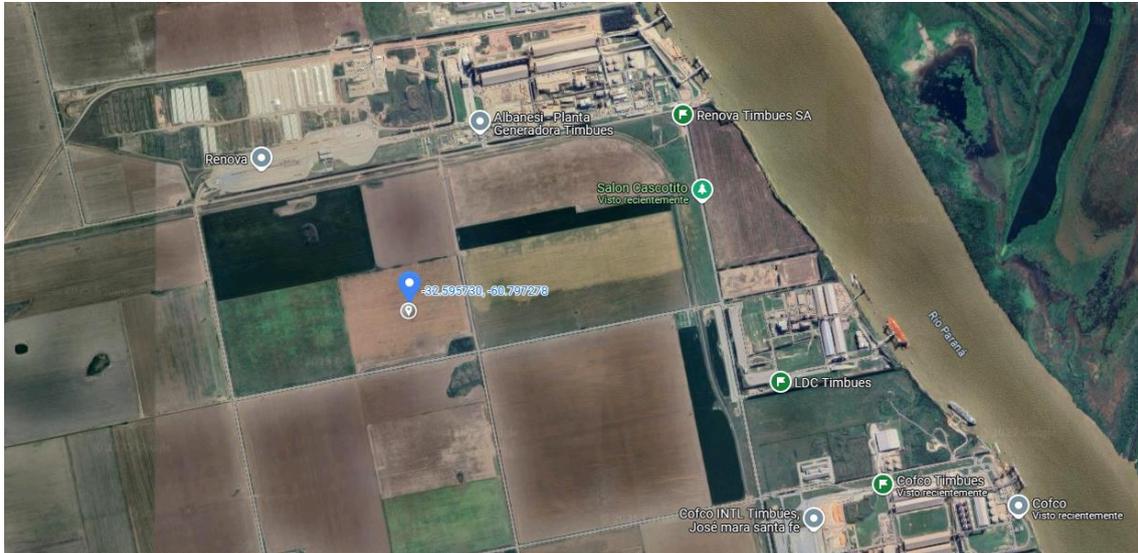


Ilustración 5.5-2 - Características del terreno | Fuente - Google maps

Este cuenta con una superficie de 33 hectáreas ubicado entre las calles Siripo Rey y España. Sus dimensiones son 518 metros de largo y 649 metros de ancho.

Respecto al recurso hídrico entendemos que toda la zona se encuentra irrigada por el acueducto de la Ribera, como indica la siguiente figura.

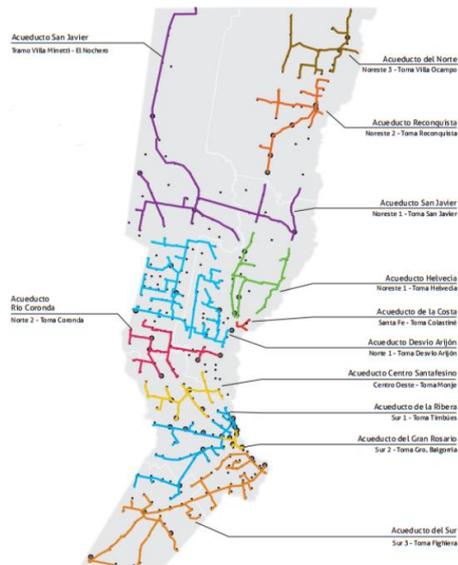


Ilustración 5.5-3 - Sistema de acueductos en la provincia de Santa Fe | Fuente - Tercer encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos | Santa Fe, 2016

La central termoeléctrica Timbúes provee de energía a la zona



Ilustración 5.5-4 - Red eléctrica de alta y mediana potencia | Fuente - CAMMESA, SAI

En la imagen anterior se ve la línea de 500 kV (roja) y la línea de 132 kV (azul). Estas provienen de las estaciones transformadoras de 500 kV y menores a 500 kV respectivamente.

#### 5.5.1.1.2 Proximidad a fuentes de abastecimiento

Si bien el proceso requiere de diversas materias primas, como metanol, catalizadores, aceite de soja y otros, la que predomina por su cantidad es el aceite de soja. En promedio, la distancia entre los proveedores de aceite de soja en Timbúes y el terreno seleccionado es de 2,5 Km.

#### 5.5.1.1.3 Accesibilidad

La zona cuenta con acceso portuario que comunica la localidad de Timbúes con:

- San Lorenzo, Rosario, Zárate, Campana y otras.

También posee numerosas vías de comunicación terrestres, entre ellas:

- Ruta Nacional N° 11 – Cuyo acceso se encuentra a 7 Km de la localización. Posee conexión directa con la ciudad de Timbúes, San Lorenzo y con la Ruta Nacional 174 hacia Rosario.
- Ruta Provincial N° 91 – Con vinculación a 7,9 Km del terreno cuya orientación es hacia el interior del país.

#### 5.5.1.2 Zona Puerto General San Martín – San Lorenzo

En esta zona que abarca la localidad de San Lorenzo y Puerto General San Martín se encuentran destacan cuatro plantas de procesamiento de gran envergadura.

Para PGSM tenemos:

- Terminal 6 Industrial S.A.
- Cargill Puerto San Martín S.A.



Ilustración 5.5 -55.5-5 - Zona portuaria en el complejo CARGILL, Puerto San Martín | Fuente - Google maps

En conjunto alcanzan una capacidad de procesamiento de 29.000 toneladas por día.

Para San Lorenzo tenemos:

- Molinos AGRO S.A
- Vicentín S.A.C.I. Planta Puerto.



Ilustración 5.5-6 - Zona portuaria en el complejo Vicentín, Puerto San Martín | Fuente - Google maps

La capacidad de producción del conjunto de estas alcanza las 26.500 toneladas por día.

Para los dos casos observamos que las plantas cuentan con salida portuaria y numerosas vías de acceso terrestres. Como se logra observar en la imagen están insertas dentro de la ciudad y/o la disponibilidad de terrenos es reducida sino nula. Lo más lógico sería colocar la planta de biodiesel en el parque industrial de San Lorenzo.

La ventaja de esta zona es la gran disponibilidad de materia prima de origen oleaginosa versus la zona de Timbúes.

#### **5.5.1.2.1 Característica del terreno y disponibilidad de servicios**

Como en las zonas no se encuentran terrenos a la venta es necesario localizar la planta en un parque industrial. El más cercano es el Parque Industrial de San Lorenzo.



*Ilustración 5.5-7 - Imagen satelital del Parque Industrial San Lorenzo, Provincia de Santa Fe | Fuente - Google maps*

Este posee una superficie 150 hectáreas con más de 200 lotes sectorizados por actividad. Espacio suficiente para localizar una planta de tamaño estándar como la definida.

Respecto a los servicios están todos disponibles y posee beneficios impositivos además de tecnología de alta conectividad para las telecomunicaciones.

#### **5.5.1.2.2 Proximidad a fuentes de abastecimiento**

La distancia promedio entre el parque industrial y los proveedores de aceite de soja, ya sea en Puerto General San Martín o San Lorenzo, es de 9 Km. Esto deberá tenerse en cuenta al momento de evaluar las alternativas ya que implica un costo de transporte importante.

### 5.5.1.2.3 Accesibilidad

La zona no cuenta con acceso portuario, a diferencia de la localidad en Timbúes, pero posee un aeródromo además de diversas rutas terrestres. Entre ellas encontramos:

- Ruta Provincial N° 25 – Posee conexión directa con Ruta Nacional AO12 que bordea la zona metropolitana del Gran Rosario.
- Ruta Provincial N° 10 – Con vinculación a la RP N° 91 con conexión hacia el noroeste del país.

### 5.5.2 Método de selección – Método de ponderaciones

El método de ponderaciones es una herramienta cualitativa que facilita la selección de una ubicación mediante la asignación de valores ponderados a distintos factores, según la importancia relativa que se les atribuya en el contexto del proyecto.

Para aplicarlo se deben seleccionar los factores a evaluar y asignarles un peso relativo respecto a los otros. Luego cada factor adquiere un valor (seleccionaremos entre 1 y 100) que depende de la alternativa de localización en la cual se esté evaluando dicho factor.

La puntuación definida se multiplica por el peso relativo del factor y se suman los resultados para cada ubicación.

Finalmente, se elige la localización con el mayor puntaje total. Esta se considera la más adecuada para localizar el proyecto.

Este método permite considerar tanto la importancia relativa de los factores como las características de cada ubicación evaluada.

### 5.5.3 Matriz de ponderación

Haciendo uso de la información obtenida en el análisis que se ha realizado en este capítulo es que se presenta la siguiente matriz de ponderación.

*Tabla 5.5-1 - Matriz de ponderación para la elección de la localidad | Fuente - Autoría Propia*

Factor	Ponderación	Puerto General San Martín - San Lorenzo		Timbúes	
		Parque Industrial San Lorenzo		Terreno en Timbúes	
		%	Grado	%	Grado
Terreno y servicios	30	90,00%	27	65,00%	19,5
Proximidad a proveedores	35	40,00%	14	85,00%	29,75
Disponibilidad MP	20	100,00%	20	50,00%	10
Accesibilidad	15	80,00%	12	80,00%	12
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>73</b>		<b>71,25</b>

Se llega a la conclusión de que, si bien los costos de transporte son superiores, la disponibilidad de materia prima y calidad de servicios son superiores notablemente.

Esto convierte al Parque Industrial San Lorenzo en una excelente opción de localización para la planta de biodiesel y, por consiguiente, para la planta de tratamiento de efluentes.

## **CAPITULO VI – INGENIERIA DE PROCESO**

## **6.1 Ingeniería de proceso**

En este capítulo, se detalla la ingeniería de proceso, se presenta una propuesta de diseño de la planta de tratamiento, se describen las etapas y tecnologías seleccionadas para tratar los efluentes.

## **6.2 Descripción del proceso**

### **6.2.1 Pretratamiento**

#### **6.2.1.1 Tamices**

Se trata de una sola línea donde se empleará un tamiz de tipo estático de malla con perforaciones cuyo diámetro será de 1 mm para la eliminación de espumas, grasas y aceites libres.

En ambos casos se emplearán equipos de respaldo con iguales características situados en un canal tipo bypass; la finalidad es que la planta se mantenga en funcionamiento permanentemente.

Los residuos de desbaste procederán mayormente de la etapa de tamizado y se gestionarán según lo indicado por la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos.

### **6.2.2 Tratamiento primario**

#### **6.2.2.1 Homogeneización**

Se dispondrá de un tanque cuya operación será continua con la finalidad de lograr la homogeneización, ajuste de pH y alimentación del efluente sin interrupciones. El ajuste de pH se logrará mediante el uso de  $H_2SO_4$  para llevar este desde los valores de entrada (9,26) hasta los valores adecuados para el proceso de coagulación (6,5).

#### **6.2.2.2 Coagulación**

El proceso de coagulación se llevará a cabo en un mezclador estático, para desestabilizar coloides y emulsiones presentes en el agua residual, con el menor de los costos y aprovechando la energía potencial del efluente en el tanque de homogeneización. Se empleará  $FeCl_3$  como coagulante en una dosis de 100 mg/L.

El pH será un parámetro a controlar para que este proceso se logre de forma óptima.

### **6.2.2.3 Floculación**

El proceso de floculación tendrá lugar en una cámara de floculación de sección circular, que contará con un agitador mecánico de baja velocidad, adecuado para mezclar sin lograr la rotura de los flóculos formados.

Como floculante se utilizará SIFLOC - 1080D, capaz de trabajar en un amplio rango de pH (2 a 9). Se empleará en una dosis al 4%.

### **6.2.2.4 Flotación - (DAF)**

Se contará con un tanque de flotación por aire disuelto con recirculación del efluente para la eliminación de los contaminantes grasos.

Se eliminará:

- Por un lado parte de la materia sólida suspendida, la cual ya no existirá como coloide tras los procesos de coagulación, en forma de barro por el fondo.
- Por otro lado las grasas y aceites, previamente desmenuzadas mediante el proceso de floculación, por barrido superficial.

Para el correcto funcionamiento del proceso DAF, se contará con un sistema de inyección de aire, compuesto principalmente por un filtro, un compresor y un tanque de retención, que permitirán saturar en aire la corriente de agua recirculada, y conseguir la formación de burbujas necesarias para la separación adecuada de los contaminantes en el tanque de flotación.

Los lodos generados en este proceso contendrán una alta cantidad de materia orgánica, grasas y aceites. También se gestionarán de acuerdo a la Ley N° 24.051.

## **6.2.3 Tratamiento secundario**

### **6.2.3.1 Digestión anaerobia - (UASB)**

El agua residual se tratará en un reactor anaerobio de tipo UASB (upflow anaerobic sludge blanket reactor), o reactor anaerobio de lodos con flujo ascendente, en el que se eliminará la mayor parte de la carga contaminante orgánica.

La etapa previa, donde se acondicionó el pH, fue la de coagulación. El influente en esta nueva etapa de digestión anaerobia tiende a acidificarse como se mencionó por lo cual es necesario controlar los valores de pH. Se adicionará hidróxido de sodio para mantener al reactor en condiciones óptimas de operación. También así, será necesaria la adición de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo.

Esta etapa además contará con un intercambiador de casco y tubos externo como sistema calefactor para mantener la temperatura en el interior cercana a los 35°C. En el proceso se generará biogás, y una corriente de lodos de carácter biológico.

### **6.2.3.2 Digestión aerobia – (Fangos activos)**

Tras el proceso anaerobio, se tratará el agua residual mediante un proceso de lodos activos convencional, de modo que se consiga un agua apta para su vertido a cauce.

El proceso estará compuesto por un tanque de aireación y un sedimentador secundario. Requerirá de la adición de nutrientes como se realizó en la etapa anterior y de aire, que se alimentará a través de difusores situados en la base inferior del tanque de aireación.

El agua residual pasará del reactor de aireación al sedimentador secundario, en el que se separarán los lodos del agua tratada; lista para su vertido a cauce.

Parte de los lodos de salida del sedimentador, se recircularán al reactor de aireación y parte se purgarán para mantener lo más estable posible la concentración de microorganismos en el interior del reactor.

### **6.2.4 Gestión y disposición de lodos**

Los lodos generados en la planta de tratamiento serán dispuestos en parcelas destinadas a su secado natural. Una vez alcanzadas las condiciones adecuadas, serán retirados por un tercero dedicado a su tratamiento y disposición final, garantizando el cumplimiento de normativas ambientales.

## **6.3 Diagrama simplificado**

Conociendo las características del efluente, su biodegradabilidad, necesidad de reactivos del estilo nutrientes y reguladores de pH, habiendo detallado las tecnologías disponibles y necesarias para tratar dicho efluente y habiendo presentado una propuesta de diseño es que se plantea el siguiente diagrama de flujo simplificado de la planta de tratamiento de efluentes.

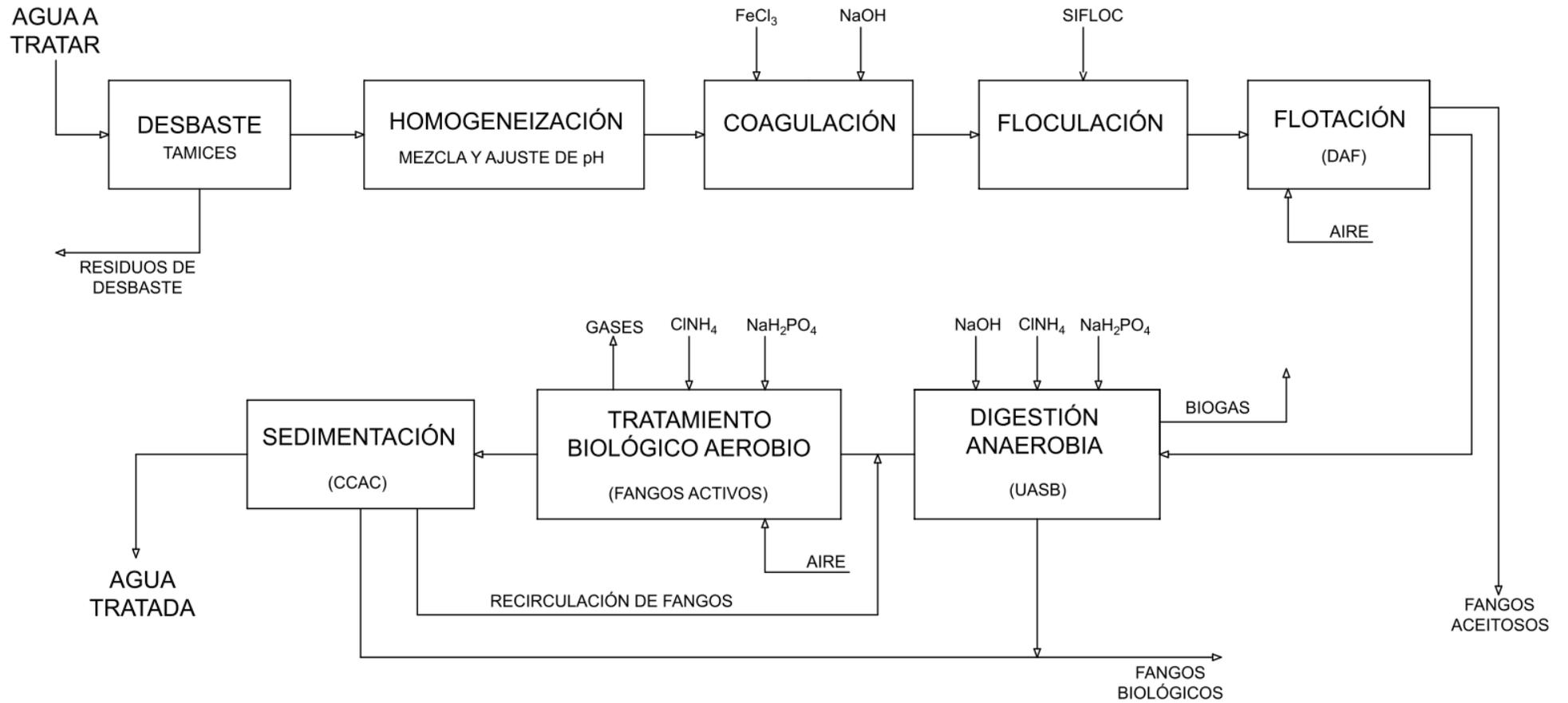


Ilustración 6.3-1 - Diagrama simplificado de la planta de tratamiento de efluentes | Fuente - Autoría Propia

## 6.4 Balances de materia

El siguiente bloque tiene por finalidad presentar el detalle de las corrientes de materia involucradas durante el proceso de acondicionamiento del efluente.

### 6.4.1 Condiciones iniciales y flujos de entrada

Se presentan en la siguiente tabla las características y cantidades del efluente que ingresará a la planta.

Tabla 6.4-1 - Datos de partida del efluente a tratar | Fuente - Autoría Propia

DATOS DE PARTIDA	
Parámetro	Valor
$Q_D$ (m <sup>3</sup> /h)	23,75
$pH$	9,26
$DQO$ (mg/L)	27350,00
$DBO_5$ (mg/L)	18485,00
$SST$ (mg/L)	1707,50
$G\&A$ (mg/L)	5302,20

### 6.4.2 Etapa de pretratamiento

El balance de materia para las etapas de pretratamiento del proceso se presenta a continuación.

#### 6.4.2.1 Residuos de desbaste

Los residuos generados principalmente por el tamiz en el proceso de desbaste se definen de la siguiente manera.

$$m_{r_{desbaste}} = m_{SST} * \eta_{SST} + m_{G\&A} * \eta_{G\&A}$$

Donde:

$$m_{SST} = \text{masa de sólidos suspendidos totales (kg/h)}$$

$$m_{G\&A} = \text{masa de grasas y aceites (kg/h)}$$

$$\eta_{SST} = \text{eficiencia de remoción de SST (\%)}$$

$$\eta_{G\&A} = \text{eficiencia de remoción de G\&A (\%)}$$

$$m_r = 40,55 \text{ kg/h} * 0,15 + 125,93 \text{ kg/h} * 0,30 = 43,86 \text{ kg/h}$$

Las eficiencia para SST y G&A se han fijado en 15% y 30% respectivamente<sup>[20]</sup>.

### 6.4.3 Etapa de tratamiento primario

Una parte del balance de materia para las etapas de tratamiento primario del proceso se presenta a continuación. La etapa de flotación se describe más adelante en la tabla 17.

#### 6.4.3.1 Requerimiento de ácido sulfúrico

En procesos industriales la cantidad de ácido necesaria para ajustar el pH de un efluente depende en gran medida de su composición química ya que puede existir la presencia de diferentes bases en el influente.

Se supone que las especies presentes son carbonatos y bicarbonatos debido a la naturaleza del agua de partida y el valor de pH. En base a esto es que se calcula la necesidad de ácido sulfúrico para lograr llevar pH de partida (9,26) al pH de floculación (6,5). El ácido sulfúrico empleado posee una pureza del 98% y una densidad de 1,84 kg/L, esto nos deja el siguiente balance.

Tabla 6.4-2 – Requerimiento de ácido en el Tanque homogeneizador | Fuente - Autoría Propia

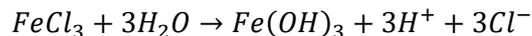
TANQUE HOMOGENEIZADOR	
Adición de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
pH fijado para coagulación = 6,5	
pH inicial	9,26
Adición de H <sup>+</sup> (mol/h)	5,85
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (98%) (mL/h)	320,00
Demanda anual (L/año)	2573,00

#### 6.4.3.2 Requerimiento de FeCl<sub>3</sub>

El cloruro férrico que se empleará será aquel que se comercializa en forma de solución al 38%. El rango de pH que permite la actuación adecuada del coagulante se encuentra entre 4 y 7, y las dosis recomendadas están entre 35 y 150 ppm<sup>[12]</sup>.

Se fija la dosis de FeCl<sub>3</sub> en 100 ppm, cuya densidad es de 1,42 kg/L. A partir de acá se calcula el flujo másico y volumétrico del reactivo al 38% a partir de esta dosis y del caudal a tratar.

La reacción que tiene lugar al añadirse el cloruro férrico es la siguiente.



Conforme esto sucede el pH disminuye pudiendo dar lugar a que la reacción de coagulación no se produzca o se produzca parcialmente. Debido a esto es que se añade NaOH como se indicó anteriormente.

Tabla 6.4-3 - Requerimiento de coagulante para la flotación | Fuente - Autoría Propia

<b>FeCl<sub>3</sub> para COAGULACIÓN</b>	
Dosis fijada FeCl <sub>3</sub> = 100 mg/L	
<b>Adición de coagulante (mol/h)</b>	14,47
<b>FeCl<sub>3</sub> (38%) (mL/h)</b>	4065,10
<b>Demanda anual (38%) (L/año)</b>	32638,00

### 6.4.3.3 Requerimiento de hidróxido de sodio para coagulación

El pH es un parámetro muy importante para que se lleve a cabo correctamente tanto el proceso de coagulación como la digestión de materia orgánica.

Como se indicó anteriormente, cada coagulante tiene su pH de funcionamiento óptimo. Para que el FeCl<sub>3</sub> actúe de forma correcta deberá dosificarse un neutralizante. La base empleada será NaOH cuya densidad es de 1,53 kg/L.

Tabla 6.4-4 - Requerimiento de Hidróxido para la coagulación | Fuente - Autoría Propia

<b>NaOH para COAGULACIÓN</b>	
NaOH (40%)	
<b>Adición de OH<sup>-</sup> (mol/h)</b>	43,41
<b>NaOH (40%) (mL/h)</b>	2837,25
<b>Demanda anual (40%) (L/año)</b>	22811,00

### 6.4.3.4 Requerimiento de SIFLOC

El floculante **SIFLOC 1080D** es un polielectrolito catiónico en polvo eficaz en la separación sólido-líquido, facilitando la aglomeración y sedimentación de partículas suspendidas en el agua.

Sus características y propiedades se encuentran en su ficha técnica adjunta en la sección "Fichas técnicas y de seguridad".

Las dosis dependen de la cantidad de especies presentes en el agua a tratar, pero se recomienda que no sea superior al 5%. Se tomará una dosis de 4 mg/L.

Tabla 6.4-5 - Requerimiento de floculante para la flotación | Fuente - Autoría Propia

<b>SIFLOC para FLOTACIÓN</b>	
Dosis fijada SIFLOC 1080D = 4 mg/L	
<b>Flujo másico de floculante (g/h)</b>	93,92
<b>Floculante en disolución al 5% (mL/h)</b>	1878,40
<b>Demanda anual (kg/año)</b>	755,12

#### 6.4.3.5 Residuos aceitosos DAF

Los residuos generados en el tratamiento primario se consideran fangos aceitosos y se toman en base a la eficiencia de remoción del equipo de flotación DAF.

$$m_{r_{DAF}} = 660,68 \text{ kg/h}$$

#### 6.4.4 Etapa de tratamiento secundario

El balance de materia para las etapas de tratamiento secundario se presenta más adelante en la tabla 17.

##### 6.4.4.1 Requerimiento de hidróxido de sodio para digestión anaerobia

Así como el coagulante acidifica el medio al momento de realizar la coagulación, el gas generado en los digestores también lo hace ya que contiene normalmente entre 25% y 50% de CO<sub>2</sub><sup>[12]</sup>. Para mantener un pH cercano a 6,5, valor óptimo para los procesos de digestión, es necesario dosificar una base, en este caso nuevamente será NaOH.

Suponiendo una concentración de CO<sub>2</sub> en el gas del digestor del 30% ( $P_{CO_2} = 0,30 \text{ atm}$ ) y una constante de acidez del ácido carbónico de  $4,3 \cdot 10^{-7}$  determinamos la cantidad de NaOH necesaria.

Tabla 6.4-6 - Requerimiento de Hidróxido en la digestión anaerobia | Fuente - Autoría Propia

<b>NaOH PARA DIGESTOR ANAEROBIO</b>	
NaOH (40%)	
<b>Adición de OH- (mol/h)</b>	1,43
<b>NaOH (40%) (mL/h)</b>	93,22
<b>Demanda anual (L/año)</b>	749,50

#### 6.4.4.2 Requerimiento de nitrógeno y fósforo

Los reactivos empleados para proporcionar los nutrientes necesarios serán cloruro de amonio al 99,5% en perlas para aportar nitrógeno y fosfato diácido de sodio al 99% con la finalidad de aportar fósforo.

La digestión anaerobia es característica de poseer una baja necesidad de nutrientes producto de su pequeña velocidad de crecimiento. Una relación teórica aceptable para los requerimientos de nutrientes es:

$$DQO:N:P = 1000:15:3$$

Tabla 6.4-7 Requerimiento de Nitrógeno y Fósforo en la digestión anaerobia | Fuente - Autoría Propia

<b>NITRÓGENO Y FÓSFORO - REACTOR ANAEROBIO</b>			
Requerimientos fijados		g N/kg DQO = 15	
		g P/kg DQO = 3	
<b>CINH<sub>4</sub></b>		<b>NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	
<b>DQO (kg/h)</b>	159,64	<b>DQO (kg/h)</b>	159,64
<b>Nitrógeno (kg/h)</b>	2,40	<b>Fósforo (kg/h)</b>	0,89
<b>CINH<sub>4</sub> 99,5% sólido (kg/h)</b>	9,63	<b>NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 99% (kg/h)</b>	1,87
<b>Disolución CINH<sub>4</sub> 25% (L/h)</b>	34,10	<b>Disolución NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 80% (L/h)</b>	1,56
<b>Demanda anual CINH<sub>4</sub> 99,5% (kg/año)</b>	73968,00	<b>Demanda anual NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 99% (kg/año)</b>	15034,80

Por su lado, la digestión aerobia, requiere de mayor cantidad de nutrientes como se indica en "Ingeniería y tratamiento de aguas residuales – Metcalf & Eddy" por lo cual la relación es distinta en este caso y se utiliza:

$$DQO:N:P = 1000:50:10$$

Tabla 6.4-8 - Requerimiento de Nitrógeno y Fósforo en la digestión aerobia | Fuente - Autoría Propia

<b>NITRÓGENO Y FÓSFORO - REACTOR AEROBIO</b>			
Requerimientos fijados		g N/kg DQO = 50	
		g P/kg DQO = 10	
<b>CINH<sub>4</sub></b>		<b>NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	
<b>DQO (kg/h)</b>	5,85	<b>DQO (kg/h)</b>	5,85
<b>Nitrógeno (kg/h)</b>	0,30	<b>Fósforo (kg/h)</b>	0,058
<b>CINH<sub>4</sub> 99,5% sólido (kg/h)</b>	1,15	<b>NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 99% (kg/h)</b>	0,23
<b>Disolución CINH<sub>4</sub> 25% (L/h)</b>	4,07	<b>Disolución NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 80% (L/h)</b>	0,19
<b>Demanda anual CINH<sub>4</sub> 99,5% (kg/año)</b>	9246,00	<b>Demanda anual NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 99% (kg/año)</b>	1849,00

### 6.4.4.3 Residuos biológicos

Estos residuos corresponden a los reactores anaerobios y aerobios. Para definir la cantidad a purgar se hace uso de los cálculos realizados en la tabla 17.

$$m_{r_{UASB}} = 301,39 \text{ kg/h}$$

$$m_{r_{FA}} = 16,13 \text{ kg/h}$$

### 6.4.5 Eficiencias de remoción

La siguiente tabla detalla la eficiencia de remoción para cada unidad dentro del tratamiento y se ha tomado de distinta bibliografía que ofrece valores aproximados para cada unidad de tratamiento.

*Tabla 6.4-9 - Eficiencia en cada etapa del proceso en la remoción de los contaminantes | Fuente – Autoría*

EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)				
Unidad	DBO	DQO	SST	G&A
<b>Tamiz</b>	23%	20%	15%	30%
<b>DAF</b>	55%	68%	99%	99%
<b>UASB</b>	93%	96%	32%	20%
<b>Lodos activados</b>	95%	88%	22%	15%

### 6.4.6 Distribución de cargas

Es el bloque más importante dentro del balance de masas y permite ver cómo cambian las entradas y salidas entre los distintos estadíos desde el tratamiento primario hasta el tratamiento secundario.

Dicha información se ha utilizado para completar distintos bloques anteriores.

Tabla 6.4-10 - Distribución de cargas a lo largo del tratamiento | Fuente - Autoría Propia

TAMIZADO	pH	Flujo másico (kg/h)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Flujo volumétrico (m <sup>3</sup> /h)	Concentración (mg/L)				Flujo másico (kg/h)			
					DBO	DQO	SST	G&A	DBO	DQO	SST	G&A
ENTRADA	9,26	23.750,00	1.000,00	23,75	18.485,00	27.350,00	1.707,50	5.302,20	439,02	649,56	40,55	125,93
SALIDA	9,26	23.475,25	1.000,00	23,48	14.400,03	22.136,08	1.468,36	3.754,98	338,04	519,65	34,47	88,15
RESIDUOS	9,26	274,75	995,00	0,28	152.069,87	195.651,51	9.161,10	56.894,89	100,97	129,91	6,08	37,78

DAF	pH	Flujo másico (kg/h)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Flujo volumétrico (m <sup>3</sup> /h)	Concentración (mg/L)				Flujo másico (kg/h)			
					DBO	DQO	SST	G&A	DBO	DQO	SST	G&A
ENTRADA	6,50	23.480,05	1.000,00	23,48	14.400,03	22.136,08	1.468,36	3.754,98	338,04	519,65	34,47	88,15
SALIDA	6,50	22.816,05	1.000,00	22,82	6.667,24	7.288,20	15,11	38,63	152,12	166,29	0,34	0,88
FANGOS ACEIT.	6,50	660,68	995,00	0,66	280.006,91	532.172,11	51.393,80	131.427,19	185,92	353,36	34,13	87,27

UASB	pH	Flujo másico (kg/h)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Flujo volumétrico (m <sup>3</sup> /h)	Concentración (mg/L)				Flujo másico (kg/h)			
					DBO	DQO	SST	G&A	DBO	DQO	SST	G&A
ENTRADA	6,50	22.816,05	1.000,00	22,82	6.667,24	7.288,20	15,11	38,63	152,12	166,29	0,34	0,88
SALIDA	6,50	19.550,07	1.000,00	19,55	544,67	340,23	11,99	36,07	10,65	6,65	0,23	0,71
FANGOS BIOLOG.	6,50	301,39	1.005,00	0,30	471.736,78	532.307,55	367,81	587,87	141,47	159,64	0,11	0,18

LODOS ACTIVOS	pH	Flujo másico (kg/h)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Flujo volumétrico (m <sup>3</sup> /h)	Concentración (mg/L)				Flujo másico (kg/h)			
					DBO	DQO	SST	G&A	DBO	DQO	SST	G&A
ENTRADA	6,50	19.550,07	1.000,00	19,55	544,67	340,23	11,99	36,07	10,65	6,65	0,23	0,71
SALIDA	6,50	19.534,02	1.000,00	19,53	27,26	40,86	9,36	30,69	0,53	0,80	0,18	0,60
FANGOS BIOLOG.	6,50	16,13	1.005,00	0,02	630.419,28	364.775,03	3.213,63	6.592,05	10,12	5,85	0,05	0,11

### 6.4.7 Condiciones finales y flujos de descarga del efluente

Se presentan a continuación, las condiciones con las cuales el efluente abandona la planta de tratamiento para ser volcado a cauce.

Dichas condiciones que son requisitos dispuestos por normativas ambientales que se detallan más adelante en la sección que contiene la información legal.

*Tabla 6.4-11 - Valores de los parámetros de salida del efluente | Fuente - Autoría Propia*

Datos de salida		
Parámetro	Valor por ley	Valor de salida
$Q_D$ ( $m^3/h$ )	-	19,53
$pH$	6,5 - 9	6,5
$DQO$ ( $mg/L$ )	75	40,86
$DBO5$ ( $mg/L$ )	50	27,26
$SST$ ( $mg/L$ )	35	9,36
$G\&A$ ( $mg/L$ )	50	30,69

### 6.5 Balances de energía

Esta última sección de la ingeniería del proceso resulta bastante simple en el caso analizado. Se trata particularmente de un pequeño balance de energía para la etapa de digestión anaerobia. Es la única parte del proceso que requiere mantener un control de temperatura, el cual no implica mayor complejidad.

Haciendo uso de los análisis meteorológicos y los datos históricos de temperaturas en San Lorenzo – Santa Fe se llega a la conclusión de que la temperatura ambiente alcanza.

- Valores máximos que rondan los 30 – 36 °C durante los meses más calurosos (noviembre – febrero)
- Valores mínimos que rondan los -1 – 10 °C durante los meses más fríos (abril – octubre)

Este tipo de información es clave al momento de plantear el balance de energía ya que es de esperarse que el efluente se encuentre en equilibrio térmico con el ambiente circundante.

El equipo a diseñar será un intercambiador del tipo casco y tubos que tomará parte del líquido a tratar, lo calefaccionará y lo ingresará nuevamente al reactor.

### 6.5.1 Requerimientos térmicos

Se fijan las variables para determinar la demanda térmica.

$$T_{UASB} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ambiente} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_{efluente} = 4,18 \text{ KJ/Kg }^{\circ}\text{C}$$

$$m_{efluente} = 22.816,05 \text{ Kg/h}$$

Si bien el calor específico de cada sustancia depende de su composición supondremos, con fines de diseño, que el calor específico del efluente es similar al del agua.

$$q = 22.816,05 \text{ Kg/h} \cdot 4,18 \text{ KJ/Kg }^{\circ}\text{C} \cdot (35 \text{ }^{\circ}\text{C} - 0 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 3,34 \cdot 10^6 \text{ KJ/h}$$

## **CAPITULO VII – INGENIERIA DE DETALLE**

## 7.1 Ingeniería de detalle

En el presente capítulo se presenta un análisis detallado del equipamiento requerido en cada una de las etapas del proyecto descritas previamente, con el objetivo de implementar de manera efectiva el tratamiento propuesto.

## 7.2 Análisis de detalle

En la siguiente tabla se proporciona un resumen de los equipos involucrados, su denominación y función en el proceso productivo. Aquellos indicados como equipos auxiliares son los que complementan al tratamiento de efluentes, como bombas, tuberías, válvulas, etc.

*Tabla 7.2-1 - Detalle de requerimiento de equipos por etapas | Fuente - Autoría Propia*

ETAPA	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE EQUIPO	FUNCIÓN
Pretratamiento	<b>TE1</b>	Tamiz estático de malla	Separar sólidos finos, grasas y aceites y espumas
Tratamiento primario	<b>TA1</b>	Tanque de ajuste y homogeneización	Homogeneizar y ajustar pH
	<b>ME1</b>	Mezclador estático	Mezclar y desestabilizar coloides y emulsiones
	<b>CF1</b>	Celda de floculación	Dosificar floculante y agitar para mezclar
	<b>UF1</b>	Unidad de flotación por aire disuelto	Eliminar sólidos por barrido de fondo y grasas por barrido de superficie
Tratamiento secundario	<b>ME2</b>	Mezclador estático	Mezclar y desestabilizar coloides y emulsiones
	<b>RAN1</b>	Reactor anaerobio del tipo UASB	Remover de forma intensa la carga orgánica
	<b>IC1</b>	Intercambiador de calor	Ajustar la temperatura del RAN1
	<b>ME3</b>	Mezclador estático	Mezclar y desestabilizar coloides y emulsiones
	<b>RAE1</b>	Reactor aerobio del tipo fangos activados	Reducir la carga orgánica a su valor final
	<b>US1</b>	Unidad de sedimentación lamelar	Clarificar definitivamente mediante sedimentación
	<b>PA1</b>	Tanque de almacenamiento de lodos	Disponer temporalmente de los lodos con destino a tratamiento
Auxiliares	<b>S/E</b>	Bombas, válvulas, tuberías, otros.	Varias
Otros	<b>PC1</b>	Pulmón de contingencia	Disponer temporalmente el efluente mientras la planta no pueda operar

## 7.3 Pretratamiento – diseño de equipos

### 7.3.1 Pulmón de contingencia

Los parámetros de diseño que se tomarán se consideran para un período de contingencia de tres días y son los siguientes:

Tabla 7.3-1 - Parámetros de diseño del pulmón de contingencias | Fuente - Autoría Propia

<b>PARÁMETROS DE DISEÑO</b>			
Parámetro		Rango típico	Valor
$Q_d$ ( $m^3/h$ )	Caudal de diseño	-	23,75
$t_p$ (días)	Período máximo de contingencias	-	3,00
$h$ (m)	Altura del pulmón	3 – 6	3,00
$L/l$ (m)	Relación largo/ancho en la superficie	-	1,50
$b$ (m)	Ancho de la base	-	$l/2$
$B$ (m)	Longitud de la base	-	$L$

El volumen total de efluente acumulado en el periodo de contingencia es el siguiente:

$$V_{efluente} = Q_d \cdot t_p \cdot 24 = 1700 \text{ m}^3$$

La geometría del pulmón será la de un trapezoide invertido. Para determinar este volumen se utiliza la siguiente expresión.

$$V = \frac{h}{3} \cdot (L \cdot l + B \cdot b + \sqrt{L \cdot l \cdot B \cdot b})$$

Haciendo uso de ella y de las relaciones definidas con anterioridad calculamos las dimensiones. A continuación, se detallan las características del diseño.

Tabla 7.3-2 - Características del diseño del pulmón de contingencia | Fuente - Autoría Propia

<b>PULMÓN DE CONTINGENCIA</b>			
Parámetro		Ecuación	Valor
$V_P$ ( $m^3$ )	Volumen del pulmón	$V = \frac{h}{3} \cdot (L \cdot l + B \cdot b + \sqrt{L \cdot l \cdot B \cdot b})$	1706,00
$V_{AR}$ ( $m^3$ )	Volumen de arcilla	$V_{AR} = A_P \cdot 0,5$	357,00
$A_P$ ( $m^2$ )	Área del pulmón	$A_P = A_{base} + A_{paredes}$	714,00
$L$ (m)	Longitud en la superficie	$L = 1,5 \cdot l$	33,00
$l$ (m)	Ancho en la superficie	-	22,00
$B$ (m)	Longitud en la base	$B = 0,75 \cdot L$	25,00
$b$ (m)	Ancho en la base	$b = 0,75 \cdot l$	17,00

La base del pulmón se realizará con arcilla y por encima se recubrirá con membrana de HDPE. Para estimar el costo se tomará: 278,5 toneladas de arcilla

1. Precio de la tonelada de arcilla<sup>[AR]</sup> 9,0 U\$D/Tn

**El costo del volumen de arcilla será de US\$ 3213**

2. Precio del recubrimiento de HDPE <sup>[GM]</sup> – 0,05 U\$D/m<sup>2</sup>

**El costo del recubrimiento será de 36 US\$**

### 7.3.2 Tamiz estático

Los parámetros de diseño fijados para la selección del tamiz son los siguientes.

Tabla 7.3-3 - Parámetros de diseño del tamiz estático | Fuente - Autoría Propia

TAMIZ ESTÁTICO		
Parámetro		Valor
$Q_d$ (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de diseño	23,75
$a$ (mm)	luz de paso	1,00

Se tomará el modelo comercial TE12-600 <sup>[TE1]</sup> cuyas características se detallan a continuación.

MODELO	CAUDALES (m3/h)					
	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2
TES-12-600	16	23	28	32	37	43
TES-12-800	26	37	44	51	55	59
TES-12-1200	30	45	56	62	72	80
TES-15-600	22	31	38	44	51	58
TES-15-800	34	49	59	68	80	90
TES-15-1200	55	65	82	90	105	113
TES-20-975	48	68	82	96	112	130
TES-20-1500	74	105	126	147	172	185
TES-20-2000	96	137	164	191	224	240

Ilustración 7.3-1 - Especificaciones técnicas de los modelos de tamices estáticos | Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas

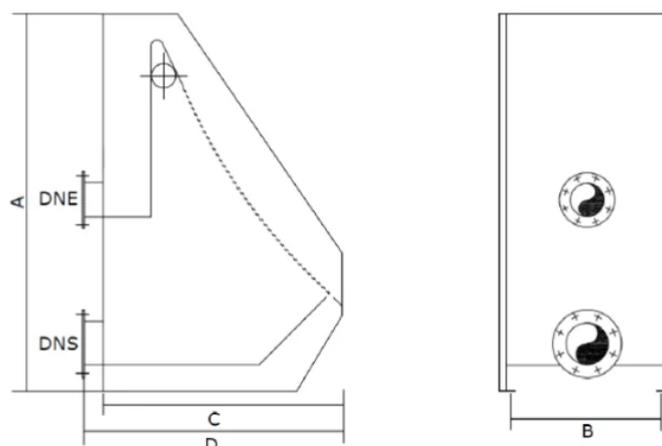


Ilustración .7.3-2 - Representación esquemática del tamiz estático | Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas

MODELO	A (mm)	B útil/total (mm)	C (mm)	D (mm)	Brida entrada DN	Brida salida DN	Peso (Kg)
TES-12-600	1220	600 / 690	960	1060	100	125	155
TES-12-800	1220	900 / 1040	960	1060	125	150	210
TES-12-1200	1220	1200 / 1260	960	1060	200	250	295
TES-15-600	1470	600 / 690	1176	1276	250	300	180
TES-15-800	1470	900 / 1040	1176	1276	250	350	247
TES-15-1200	1470	1200 / 1260	1176	1276	300	350	375
TES-20-975	1860	975 / 1040	1488	1588	400	400	375
TES-20-1500	1860	1500 / 1565	1488	1588	-	-	450
TES-20-2000	1860	1950 / 2015	1488	1588	-	-	570

Ilustración 7.3-3 - Indicación de las cotas para los distintos modelos de tamices estáticos | Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas

Este modelo posee una malla de rejilla con perforaciones triangulares de 1mm. Puede manejar un caudal máximo de 30 m<sup>3</sup>/h y sus dimensiones son 690 mm de largo, 1060 mm de ancho y 1220 mm de alto. La salida tiene un diámetro de 200 mm. Además, cuenta con una palanca para el ajuste del rascador de sólidos y una tolva donde se depositan estos.

El tamiz está constituido íntegramente en acero inoxidable AISI 304 (versión estándar) o AISI 316.

**El costo del equipo es de US\$ 5072**

## 7.4 Tratamiento primario – diseño de equipos

### 7.4.1 Tanque de acondicionamiento

El tanque que se diseñará para el sistema de acondicionamiento del efluente operará mediante dos sensores medidores de pH, uno en la entrada y otro en la salida. Todo el caudal de líquido a tratar circulará por el tanque y se homogeneizará mediante agitación.

El valor de pH se ajustará dosificando ácido sulfúrico al 98% continuamente y el tiempo de residencia será de dos horas. La dosificación se controlará mediante las sondas mencionadas, las cuales regularán el funcionamiento de la bomba dosificadora.

El flujo necesario de ácido es de 0,1 mL/h aproximadamente para disminuir el pH desde 9,26 a 6,5.

Para definir las dimensiones del tanque de acondicionamiento primeramente se seleccionan algunos parámetros de diseño.

*Tabla 7.4-1 - Parámetros de diseño del tanque de acondicionamiento | Fuente - Autoría Propia*

PARÁMETROS DE DISEÑO		
Parámetro		Valor
$Q_d$ ( $m^3/h$ )	Caudal de diseño	23,48
$t_R$ (h)	Tiempo de residencia	1,50

Con esta información se procede al diseño y se especifican los parámetros en la siguiente tabla.

Se va a considerar que la altura de líquido en el tanque es igual al diámetro.

$$L = D_{TA}$$

Además, la altura total del tanque será la altura del líquido más un extra de 0,2 m para dar lugar al proceso de agitación.

$$L_{TA} = L + 0,2 \text{ m}$$

En base al caudal de diseño y el tiempo de residencia se calcula la capacidad del tanque de homogeneización.

$$V = Q_d \cdot t_R = 23,48 \frac{m^3}{h} \cdot 1,5 \text{ h} = 35,22 \text{ m}^3$$

El diámetro del tanque se calcula a partir de la expresión matemática del volumen de un cilindro.

$$V = L \cdot \frac{\pi \cdot D_{TA}^2}{4}$$

Considerando que la altura de líquido en el tanque es igual al diámetro.

$$V = \frac{\pi \cdot D_{TA}^3}{4} \rightarrow D_{TA} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = 3,56 \text{ m} \approx 3,50$$

Se obtiene un diámetro de 3,50 m aproximadamente.

Por lo tanto, la altura del líquido en el tanque será también de 3,50 metros.

La altura del tanque será 0,2 m superior a la altura de líquido en el tanque, dándonos así:

$$L_{TA} = 3,70 \text{ m}$$

Por lo que el volumen real del tanque acondicionador será de 39,80 m<sup>3</sup>

La agitación se llevará a cabo mediante agitadores mecánicos. La potencia de agitación media requerida cuando se usan este tipo de dispositivos es de 0,04 - 0,06 kW/m<sup>3</sup> [21].

Escogiendo el factor de consumo más elevado de 0,06 kW/m<sup>3</sup>, la potencia de agitación necesaria será:

$$P = 0,06 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \cdot 23,48 \text{ m}^3 = 1,409 \text{ kW}$$

Tabla 7.4-2 - Características del diseño del tanque acondicionador | Fuente - Autoría Propia

TANQUE ACONDICIONADOR		
Parámetro		Valor
$V \text{ (m}^3\text{)}$	Volumen del tanque	39,80
$D_{TA} \text{ (m)}$	Diámetro del tanque acondicionador	3,50
$L_{TA} \text{ (m)}$	Altura del tanque acondicionador	3,70
$L \text{ (m)}$	Altura del líquido en el tanque	3,50
$P \text{ (kW/h)}$	Potencia de agitación	1,41

Se tomará el equipo que ofrece el vendedor [TE1] fabricado en acero inoxidable. Proporciona una capacidad de almacenamiento segura y eficiente para una amplia gama de líquidos y sustancias. Ya sean productos químicos, alimentos, combustibles, agua y otros.

**El costo del equipo es de US\$ 3000**

#### 7.4.2 Celda de coagulación

El proceso de coagulación se llevará a cabo en un mezclador estático utilizando como coagulante cloruro férrico al 38%.

El flujo de coagulante necesario para llevar a cabo el proceso, utilizando una dosis de 100 mg/L, se calculó en el apartado 6.4.3.2 y será de aproximadamente 4,10 L/h.

El flujo de NaOH necesario para mantener el pH durante el proceso de coagulación se calcula en el apartado 6.4.3.3 y será de 2,84 L/h.

### 7.4.3 Mezclador estático

Tabla 7.4-3 - Parámetros de diseño del mezclador estático | Fuente - Autoría Propia

PARÁMETROS DE DISEÑO		
Parámetro		Valor
$Q_d$ ( $m^3/h$ )	Caudal de diseño	23,48
$v$ ( $m/s$ )	Velocidad de paso	0,33

Para definir las dimensiones del mezclador estático primeramente se seleccionan algunos parámetros de diseño.

El flujo de agua residual llegará desde el tanque de homogeneización hasta el mezclador estático a través de una única tubería.

Teniendo en cuenta el caudal de diseño igual a 23,75 m<sup>3</sup>/h y una velocidad de paso por tubería de v=0,3 m/s, se calcula el diámetro del mezclador.

$$A_{ME} = \frac{Q_d}{v} = 0,022 \text{ m}^2$$

$$D_{ME} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 0,167 \text{ m}$$

El diámetro que se tomará será de 160 mm. Recalculando la velocidad de paso para esta tubería se obtiene:

$$v = 0,33 \text{ m/s}$$

El tipo de mezclador y el número de elementos internos se selecciona en función del régimen de flujo del fluido que lo atraviesa.

Se determina el régimen de flujo a partir del número de Reynolds suponiendo una viscosidad cinemática de 2,20E-6 m<sup>2</sup>/s.

$$Re = \frac{D_{ME} \cdot v}{\nu} = \frac{0,125 \text{ m} \cdot 0,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,20 \cdot 10^{-6}} = 16000$$

Esto indica que el flujo es turbulento. A partir de este y de los datos recogidos en la siguiente tabla se determina el número de elementos necesarios en el mezclador.

Flow Regime	Reynold's Number (Re)	No. of Element	Number of Elements to add if Viscosity ratio between fluids exceeds 1000:1	Number of Elements to add if Volumetric ratio between fluids exceeds 100:1
Laminar	<1	24	6	6
	1-10	18	6	6
	11-50	14	6	6
	51-100	12	6	6
	101-500	10	6	6
Transitional	501-1000	8	4	4
	1001-2000	6	4	4
Turbulent	2001-5000	4	2	2
	5001 +	2	2	2

Ilustración 7.4-1 - Número de elementos internos según tipo de flujo | Fuente - [12]

Como el Re es superior a 5001 solo son necesarios dos elementos en el mezclador estático.

La longitud del mezclador es de 820 mm para un tiempo de residencia de 2,5 s. Esto implica que el volumen del mezclador será:

$$V_{ME} = 0,0165 \text{ m}^3$$

El mezclador contará con 2 puertos de conexión, para la adición del coagulante y la base neutralizante.

Este tiempo de residencia se ha seleccionado para que cumpla con los tiempos mínimos requeridos para un mezclado rápido en un proceso de coagulación (1 – 3 s) [18].

Las características de diseño del equipo de mezcla estática se indican en la tabla a continuación.

Tabla 7.4-4 - Características de diseño del mezclador estático | Fuente - Autoría Propia

MEZCLADOR ESTÁTICO		
Parámetro		Valor
$D_{ME} (mm)$	Diámetro del mezclador	160,00
$L_{ME} (mm)$	Longitud del mezclador	820,00
$V_{ME} (m^3)$	Volumen del mezclador	0,016
$n$	número de elementos internos	2,00
$p$	número de puertos de conexión	2,00
$t_R$	tiempo de residencia	2,50

El fabricante <sup>[ME1] – [ME2] – [ME3]</sup> ofrece diversos modelos, entre ellos la serie FMX9200/FMX9400 cumple con un diámetro de 6”.

**El costo de los mezcladores es de 400US\$/equipo**

El costo total para los tres mezcladores será de 1200 US\$

#### 7.4.4 Celda de floculación

El flujo de polielectrolito al 4% necesario para el proceso se calcula en el apartado 6.4.3.4 y será de 1,88 L/h.

Para definir las dimensiones de la celda en cuestión se deben seleccionar previamente algunos parámetros de diseño. Estos se indican en la tabla a continuación.

*Tabla 7.4-5 - Parámetros de diseño de la celda de floculación | Fuente - Autoría Propia*

PARÁMETROS DE DISEÑO		
Parámetro		Valor
$Q_d$ ( $m^3/h$ )	Caudal de diseño	23,48
$t_R$ (h)	Tiempo de residencia	0,50

Se determina volumen de la cámara a partir del tiempo de retención y del caudal de diseño.

$$V_{CF} = Q_d \cdot t_R$$

El volumen de la cámara de floculación es de 11,74 m<sup>3</sup>.

Por seguridad se sobredimensiona el volumen de la cámara de floculación en un 15% del volumen teórico obtenido. Así, se obtiene un volumen para la cámara de floculación de 13,50 m<sup>3</sup>.

Se calcula el diámetro de la cámara a partir de la expresión para el volumen de un cilindro y se considerando que la altura de la cámara será 0,3 m más grande que el diámetro de esta.

$$V_{CF} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{CF}^3 + 0,3 \cdot D_{CF}^2)$$

Una vez más la altura de la cámara es superior para evitar salpicaduras debidas a la agitación del agua.

Se obtiene una altura aproximada y redondeada de 2,80 m y un diámetro aproximado de 2,50 m. Así el volumen final es de 13,75 m<sup>3</sup>.

La potencia necesaria para la agitación se calcula en función del gradiente de velocidad G, que para procesos de floculación toma valores en un rango entre 10 – 90 s<sup>-1</sup>.

La agitación precisará ser muy suave con el fin de no romper los flóculos formados. Se llevará a cabo mediante agitadores mecánicos de baja velocidad.

Para un valor intermedio, G= 50 s<sup>-1</sup>, podrá conocerse la potencia necesaria a partir de la siguiente expresión.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \rightarrow P = G^2 \mu V$$

Tomando una viscosidad dinámica del agua a T=20 °C igual a 0,001003 Kg/ms, se obtiene un valor de potencia de 58,88 W.

Las características del diseño de la celda de floculación son las siguientes.

Tabla 7.4-6 - Características de diseño de la celda de floculación | Fuente - Autoría Propia

CELDA DE FLOCULACIÓN		
Parámetro		Valor
$D_{CF} (mm)$	Diámetro de la celda de floculación	2,50
$H_{CF} (mm)$	Longitud de la celda de floculación	2,80
$V_{CF} (m^3)$	Volumen de la celda de floculación	13,75
$P$	Potencia de agitación	58,88

El vendedor [CF1] ofrece un modelo de tanque vertical con fondo plano hecho en polipropileno cuyo volumen es de 15000L.

**El costo del equipo es de 2355 US\$.**

#### 7.4.5 Unidad de flotación por aire disuelto (DAF)

Tabla 7.4-7 - Parámetros de diseño de la unidad de flotación | Fuente - Autoría Propia

PARÁMETROS DE DISEÑO			
Parámetros		Rango típico	Valor
$Q_d (m^3/h)$	Caudal de entrada	-	23,48
$t_R (min)$	Tiempo de residencia	20 - 60	25,00
$A/S$ (kg Aire/kg SST)	Relación aire/sólidos	0,005 - 0,06	0,012
$CH$ ( $m^3/m^2h$ )	Carga hidráulica	6 - 8	6,00
$P (atm)$	Presión	2 - 8	5,00
$X (cm^3/L)$	Solubilidad aire en agua	-	15,10

Para poder determinar las dimensiones de la cámara de flotación DAF primero deben fijarse algunos parámetros de diseño y realizarse una serie de cálculos que se indican a continuación.

Se determina la carga contaminante como sigue

$$m_{\text{contaminante}} = m_{SST} + m_{G\&A} + m_{Fe(OH)_3}$$

Según la distribución de cargas en la sección 6.4.6 los primeros dos términos de la ecuación anterior son:

- $m_{SST} = 34,12 \text{ kg/h}$
- $m_{G\&A} = 88,15 \text{ kg/h}$

La cantidad de  $Fe(OH)_3$  precipitado se calcula por estequiometría. Se supone que los moles del precipitado son iguales a los moles del coagulante. Estos ingresan a una tasa de 14,64 mol/h según se determinó en la sección 6.4.3.2.

$$m_{Fe(OH)_3} = 14,64 \frac{\text{mol}}{\text{h}} \cdot 106,87 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,56 \text{ kg/h}$$

La masa de contaminante será entonces.

$$m_{\text{contaminante}} = 124,18 \text{ kg}_{SST}/\text{h}$$

Dicha masa contaminante posee una gran cantidad de agua que será evaporada en las parcelas de secado que se diseñarán en secciones posteriores.

Se estima que el 4% de estos fangos son G&A y el resto es humedad. Luego del secado estas G&A se encontraría en un fango al 40% (se redujo su contenido de agua un 60%), esto indica:

$$G\&A_{\text{fango}} = 124,28 \frac{\text{kg}_{SST}}{\text{h}} \cdot (0,04) \approx 5,00 \frac{\text{kg}_{SST}}{\text{h}}$$

$$m_{\text{fangos}} = \frac{5,00 \frac{\text{kg}_{SST}}{\text{h}}}{0,40} = 12,5 \frac{\text{kg}_{\text{fango}}}{\text{h}}$$

Se calcula la necesidad de aire haciendo uso de la relación masa de aire/masa de SST (A/S) y de la carga contaminante podemos determinar la necesidad de aire como sigue.

$$A_T = \frac{A}{S} \cdot m_{\text{contaminante}} = \frac{0,012 \text{ kg}_{\text{aire}}}{\text{kg}_{SST}} \cdot 124,18 \frac{\text{kg}_{SST}}{\text{h}} \approx 1,50 \frac{\text{kg}_{\text{aire}}}{\text{h}}$$

Conociendo la densidad del aire como 1,2 kg/m<sup>3</sup> tendremos:

$$A_T = 1,25 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para dicho proceso de aireación el fabricante <sup>[CL]</sup> ofrece un compresor de lóbulos cuya capacidad es de 21 m<sup>3</sup>/h y, considerando una eficiencia de aireación del 30%, consume 25 kWh.

Se calcula la recirculación a partir del aire necesario calculado y de la solubilidad de este en agua a  $T_{(1atm)} = 20^{\circ}C$  presión de trabajo  $P = 5 atm$ .

Según la ley de Raoult tenemos:

$$X_S^p = P \cdot X_S^1$$

Siendo  $X_S^1 = 15,10 \text{ cm}^3/L$  cuando la temperatura es de  $20^{\circ}C$  y la presión atmosférica.

Se tiene en cuenta que el valor en agua residual será inferior al valor teórico. Proponemos que el valor real sea el 70% del valor teórico y así obtenemos

$$X_S^1 = 15,10 \frac{\text{cm}^3}{L} \cdot 0,70 = 10,57 \frac{\text{cm}^3}{L}$$

Sabiendo que la presión del trabajo del equipo se ha definido en 5 atm, se obtiene:

$$X_S^5 = 5 atm \cdot 10,57 \frac{\text{cm}^3}{L} = 52,85 \frac{\text{cm}^3 \text{ aire}}{L_{\text{agua}}}$$

Haciendo la conversión correspondiente tendremos una solubilidad de 0,3187 kg aire por cada  $\text{m}^3$  de agua cuando la presión de trabajo sea de 5 atmósferas y la densidad del aire aumenta a  $6,03 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

El caudal de recirculación será entonces:

$$R = \frac{A_T}{X_S^5} = \frac{1,25 \frac{\text{kg aire}}{h}}{0,3187 \frac{\text{kg aire}}{\text{m}^3 \text{ agua}}} \approx 3,90 \frac{\text{m}^3 \text{ agua}}{h}$$

El caudal de diseño para la cámara de flotación está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{UF} = Q_d + R = 23,48 \frac{\text{m}^3}{h} + 3,90 \frac{\text{m}^3}{h} = 27,38 \text{ m}^3/h$$

Se incrementa dicho volumen en un 15% para evitar derrames entonces el caudal de diseño final es aproximadamente igual a  $31,50 \text{ m}^3/h$ .

El área de flotación se obtiene haciendo uso de la siguiente expresión:

$$S = \frac{Q_{UF}}{CH} = \frac{31,50 \frac{\text{m}^3}{h}}{6 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 h}} = 5,25 \text{ m}^2$$

Se calcula el volumen de la cámara de flotación a partir del caudal de dicha unidad y el tiempo de residencia.

$$V_{UF} = Q_{UF} \cdot t_R = 31,50 \frac{m^3}{h} \cdot 25 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \approx 13,00 \text{ m}^3$$

Se calcula la altura de la cámara de flotación a partir del volumen de la cámara de flotación y la superficie de esta.

$$h = \frac{V_{UF}}{S_{UF}} \approx 2,5 \text{ m}$$

El vendedor <sup>[UF1]</sup> ofrece un modelo DAF YW-60 en acero al carbono y acero inoxidable con certificación ISO 9001 cuya capacidad de tratamiento alcanza los 60 m<sup>3</sup>/h.

**El costo del equipo es de 2400 US\$**

Tabla 7.4-8 - Características de diseño de la cámara de flotación | Fuente - Autoría Propia

CÁMARA DE FLOTACIÓN			
Parámetro		Ecuación	Valor
$m_{contaminante}$ (kg/h)	Carga contaminante	$m_{contaminante} = m_{SST} + m_{G\&A} + m_{Fe(OH)_3}$	124,18
$A_T$ (m <sup>3</sup> /h)	Necesidad de aire	$A_T = \frac{A/S \cdot m_{contaminante}}{\rho_{AIRE}}$	1,25
$X_S^5$ (kg/m <sup>3</sup> )	Solubilidad de aire en agua (T = 20 °C y P = 5 atm)	$X_S^5 = P \cdot X_S^1$	0,32
$R$ (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de recirculación	$R = \frac{A_T(m^3/h)}{X_S^5(kg/m^3)}$	3,90
$Q_D$ (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de diseño	$Q_D = Q_d + R$	27,38
$S$ (m <sup>2</sup> )	Área de flotación	$S = \frac{Q_D}{CH}$	5,25
$V$ (m <sup>3</sup> )	Volumen de la unidad de flotación	$V = Q_D \cdot t_R$	13,00
$h$ (m)	Altura de la unidad de flotación	$h = V/S$	2,50
$W$ (m)	Ancho de la unidad de flotación	(a partir del área de flotación)	1,90
$L$ (m)	Largo de la unidad de flotación	(a partir del área de flotación)	2,80

## 7.5 Tratamiento secundario – diseño de equipos

### 7.5.1 Reactor biológico anaerobio con lodos de flujo ascendente (UASB)

Para poder determinar las características del diseño del reactor anaerobio primero deben seleccionarse algunos parámetros.

Tabla 7.5-1 - Parámetros de diseño del reactor biológico anaerobio UASB | Fuente - Autoría Propia

PARÁMETROS DE DISEÑO			
	Parámetros	Rango típico	Valor
$Q_d$ ( $m^3/h$ )	Caudal de ingreso	-	22,82
$CV$ ( $kg\ DQO/m^3 \cdot d$ )	Carga orgánica volumétrica	4 – 12	12,00
$u$ ( $m/h$ )	Velocidad ascensional	0,06 – 0,5	0,50
$S_0$ ( $mg/L$ )	Concentración de DQO entrada	-	7288,20
$E$ (%)	Rendimiento de eliminación	75 – 96	96,00
$X$ ( $mg\ SSV/L$ )	Conc. SSV en el manto de lodos	-	-
$H_{GSL}$ ( $m$ )	Altura del separador GSL	2,5 – 3	2,50

Se calcula el volumen efectivo del reactor haciendo uso de la siguiente expresión:

$$V_E = \frac{Q_D \cdot S_0}{CV} \cdot \frac{24}{1000} = \frac{22,82 \frac{m^3}{h} \cdot 7288,20 \frac{mg}{L}}{12 \frac{kg\ DBO}{m^3 d}} \cdot \frac{24}{1000} \approx 333\ m^3$$

Se contempla este como el 85% del volumen total y se procede con el cálculo del volumen real a través de la siguiente expresión:

$$V_R = \frac{V_E}{0,85} \approx 390\ m^3$$

Se calcula el tiempo de retención hidráulico (TRH) o tiempo promedio que el agua o los líquidos permanecen en el reactor, haciendo uso de:

$$TRH = \frac{V_R}{Q_D} \approx 17,10\ horas \approx 0,71\ días$$

Se calcula la producción de lodos a través de la siguiente expresión:

$$P_X = Y \cdot Q_D \cdot (S_0 - S) \cdot \frac{24}{1000}$$

El valor de Y o **rendimiento celular** se halla cercano a 0,11 kg SSVLM/ kg DQO en algunos casos como lo es el del estudio realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México <sup>[14]</sup> y en otros casos cercano a 0,04 kg SSVLM/ kg DQO; se toma un valor promedio de 0,075 kg SSVLM/L.

$$P_X = 0,075 \frac{kg \text{ SSVLM}}{kg \text{ DQO}} 22,82 \frac{m^3}{h} \cdot \left( 6941,97 \frac{mg \text{ DQO}}{L} \right) \cdot \frac{24}{1000} \approx 286,00 \frac{kg}{día} \text{ o } 11,92 \frac{kg}{h}$$

Se calcula el caudal de purgas a través de la siguiente expresión:

$$Q_W = \frac{P_X}{X} \cdot \frac{1000}{24}$$

Como se desconoce la concentración de sólidos en el licor de mezcla (X) se asume que el caudal de purgas está compuesto por los fangos biológicos, tomados de la distribución de cargas en la sección 6.4.6, y de un 3 – 15% del caudal de entrada.

Se toma un 3% de la alimentación como purga, más los fangos biológicos y se define este parámetro.

$$Q_W = 0,30 \frac{m^3}{h} + 0,12 \cdot Q_d \approx 1,00 \frac{m^3}{h}$$

Entonces tendremos:

$$X = \frac{286,00 \frac{kg}{día} \cdot 1000}{1,00 m^3 \cdot 24} = 11916,67 \frac{mg \text{ SSV}}{L}$$

Se entiende que el valor sea elevado ya que se trata de un lodo.

Se calcula el tiempo de retención celular (TRC) o tiempo promedio que las células microbianas permanecen activas en el sistema antes de ser retiradas haciendo uso de la siguiente expresión:

$$TRC = \frac{V_E \cdot X}{P_X \cdot 1000} \approx 4,62 \text{ días}$$

El hecho de que TRC > TRH indica que el sistema está bien diseñado ya que mantiene microorganismos durante más tiempo del que tarda el líquido en pasar por el reactor.

Se calcula la relación alimento/microorganismos haciendo uso de:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q_D \cdot S_0}{V_E \cdot X} \cdot 24 \approx 3$$

Es razonable, aunque se encuentre en el extremo recomendado para la relación F/M. Los valores comunes están entre 1 y 3.

Se calcula el área transversal del reactor, tomando como velocidad ascensional 0,2 m/h. Este parámetro se recomienda entre 0,2 y 1,5 m/h.

$$A = \frac{Q_D}{u} = \frac{22,82 \frac{m^3}{h}}{0,5 \frac{m}{h}} \approx 46 m^2$$

Se calcula el diámetro del reactor suponiendo que su geometría es cilíndrica.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \approx 7,60 m$$

Se define la altura del reactor haciendo uso del su volumen real.

$$H = \frac{V_R}{A} \approx 8,5 m$$

La altura total del reactor incluye la altura del separador GSL, normalmente para estos diseños ese espesor ronda entre los 2,5 – 3m; para nuestro caso tendremos:

$$H_T = H + H_{GSL} = 11 m$$

El fabricante <sup>[RAN1]</sup> ofrece la posibilidad de fabricar el equipo a medida. El costo del equipo varía entre 5000 – 20000 US\$.

**Se tomará un promedio estimando que el reactor costará 12500 US\$.**

Tabla 7.5-2 - Características del diseño del reactor biológico anaerobio UASB | Fuente - Autoría Propia

<b>REACTOR UASB</b>			
Parámetro		Ecuación	Valor
$V_E (m^3)$	Volumen efectivo del reactor	$V_E = \frac{Q_D \cdot S_0}{CV}$	333,00
$V_R (m^3)$	Volumen real del reactor	$V_R = \frac{V_E}{0,85}$	390,00
$TRH (h)$	Tiempo de retención hidráulico	$TRH = \frac{V_R}{Q_D}$	17,00
$P_x (kg/d)$	Producción de microorganismos	$P_x = Y \cdot Q_D \cdot (S_0 - S)$	286,00
$Q_W (m^3/h)$	Caudal de purga	$Q_W = 0,15 \cdot Q_D$	3,00
$Q_R (m^3/h)$	Caudal de recirculación	$Q_R = 0,25 \cdot Q_D$	5,70
$TRC (h)$	Tiempo de retención celular	$TRC = \frac{V_E \cdot X}{P_x \cdot 1000}$	4,62
$\frac{F}{M} \left( \frac{kg DQO}{kg SSVLM \cdot d} \right)$	Relación alimento/microorganismos	$\frac{F}{M} = \frac{Q_D \cdot S_0}{V_E \cdot X}$	3,00
$A (m^2)$	Área transversal del reactor	$A = \frac{Q_D}{u}$	46,00
$D (m)$	Diámetro del reactor	$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$	7,60
$H (m)$	Altura efectiva del reactor	$H = \frac{V_R}{A}$	2,5 0
$H_T (m)$	Altura total del reactor	$H_T = H + H_{GSL}$	11,00

### 7.5.2 Intercambiador de calor de casco y tubos

Con la finalidad de seleccionar un modelo de equipo en el mercado se deben realizar una serie de cálculos preliminares.

Los parámetros de diseño que se fijarán para un condensador típico son los siguientes.

Tabla 7.5-3 - Parámetros de diseño del intercambiador | Fuente - Autoría Propia

PARÁMETROS DE DISEÑO			
Parámetro		Rango típico	Valor
$U_D$ ( $kW/m^2 \cdot K$ )	Coefficiente global de intercambio	1500 – 4000	1500,00
$q$ ( $kW$ )	Demanda térmica	-	927,22
$P$ ( $atm$ )	Presión de trabajo	-	1,00
$T_e$ ( $^{\circ}C$ )	Temperatura del agua de entrada	-	20,00
$T_s$ ( $^{\circ}C$ )	Temperatura del agua de salida	-	36,00

Para determinar el área de intercambio se debe conocer la diferencia media logarítmica de temperaturas.

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_{vap} - T_s) - (T_{vap} - T_e)}{\ln \frac{(T_{vap} - T_s)}{(T_{vap} - T_e)}} = 71,70 \text{ } ^{\circ}C$$

Para la demanda térmica fijada anteriormente y el coeficiente global de intercambio obtenemos la siguiente área de intercambio.

$$A = \frac{q}{\Delta T_{LM} \cdot U_D} \approx 8,50 \text{ } m^2$$

Esta área de intercambio implica que se necesitarán tantos tubos como se detalla en el siguiente cálculo.

$$n_t^{\circ} = \frac{A}{a_t} = \frac{8,50 \text{ } m^2}{0,0254 \text{ } m \cdot \pi \cdot 6 \text{ } m} \approx 18$$

Para un arreglo en triángulo y dos pasos de tubos por carcasa el número mínimo de tubos es de 22. Esto implica que el área de intercambio crecerá y el equipo estará sobredimensionado.

El diámetro de carcasas para el arreglo mencionado es de 8" o 203,20 mm.

Se tomará el modelo Casco y tubos – Serie HS – Precalentadores. DN200, AISI/SAE 316L que ofrece el fabricante <sup>[C1]</sup>.

**El precio de equipo es de US\$ 4500.**

Tabla 7.5-4 - Características de diseño del intercambiador de calor | Fuente - Autoría Propia

INTERCAMBIADOR DE CASCO Y TUBOS			
Parámetro		Rango típico	Valor
$\phi_c$ (mm)	Diámetro de carcasa	125 - 250	200,00
$n_t$	Número de tubos	-	22 ,00
$A_R$ (m <sup>2</sup> )	Área real de intercambio	-	10,53

### 7.5.3 Reactor biológico aerobio de lodos activados

Las características del diseño del reactor aerobio de lodos activados requieren primero de la selección de los parámetros de diseño.

Tabla 7.5-5 - Parámetros de diseño del reactor biológico aerobio de lodos activados | Fuente - Autoría Propia

PARÁMETROS DE DISEÑO			
Parámetros		Rango típico	Valor
$Q_d$ (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de ingreso	-	19,55
$CM$ ( $\frac{kg\ DQO}{kg\ SSVLM \cdot d}$ )	Carga másica	0,20 – 0,60*	0,60
$S_0$ (mg DQO/L)	Concentración de DQO entrada	-	340,23
$E$ (%)	Rendimiento de eliminación	80 – 95	88,00
$X$ (mg SSVLM/L)	Conc. SSVLM en el reactor	2500 – 4000*	3300,00
$X_w$ (mg SSVLM/L)	Conc. SSVLM en purgas	-	
$Y$ ( $\frac{kg\ SSLVM}{kg\ DQO\ eliminada}$ )	Rendimiento celular	0,40 – 0,80	0,60
$H$ (m)	Altura del reactor	-	4,00
$e$ (%)	Rendimiento de aireadores	20-35	30,00
$\rho_A$ (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad del aire	-	1,20
$\rho_L$ (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad de lodos	-	1005,00

\*Valores tomados de [12]

Se calcula el volumen efectivo del reactor haciendo uso de la siguiente expresión:

$$V_E = \frac{19,55 \frac{m^3}{h} \cdot 340,23 \frac{mg}{L}}{3300 \frac{mg\ SSV}{L} \cdot 0,6 \frac{kg\ DQO}{kg\ SSVLM \cdot d}} \cdot 24 \approx 81\ m^3$$

Se calcula el volumen real del reactor a través de la siguiente expresión:

$$V_R = \frac{V_E}{0,88} \approx 92 \text{ m}^3$$

Se calcula el ancho y largo del reactor, bajo la premisa de que su geometría es igual a la de un prisma.

$$V_R = H \cdot L \cdot W \quad \text{y} \quad L = 2 \cdot W$$

$$W = \sqrt{\frac{V_R}{2 \cdot H}} \approx 3,4 \text{ m}$$

$$L = 2 \cdot W = 6,8 \text{ m}$$

Se calcula la carga volumétrica del digestor, o cantidad de materia orgánica que se introduce al reactor por unidad de volumen y tiempo, haciendo uso de la siguiente expresión:

$$CV = \frac{Q_D \cdot S_0}{V_R} \cdot \frac{24}{1000} = 1,73 \frac{\text{kg DQO}}{\text{m}^3 \cdot \text{día}}$$

Entendemos que para digestores aerobios de mezcla completa este valor es aceptable ya que normalmente este parámetro se encuentra entre 0,80 y 1,92.

Se toma el valor de concentración del DQO del efluente según lo que indica la tabla G del balance de masas.

$$S = 40,86 \text{ mg/L}$$

Se calcula la producción de lodos a través de la siguiente expresión:

$$P_X = Y \cdot Q_D \cdot (S_0 - S) \cdot \frac{24}{1000}$$

Se ha considerado un rendimiento celular intermedio de modo que la producción de lodos no sea excesiva.

$$P_X = 0,60 \frac{\text{kg SSVLM}}{\text{L}} \cdot 19,55 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \left(299,37 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \cdot \frac{24}{1000} = 84,28 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \text{ o } 3,51 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Se calcula la demanda de oxígeno mediante:

$$R_0 = Q_D \cdot (S_0 - S) \cdot \frac{24}{1000} - 1,42 \cdot P_X = 20,79 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}$$

Esta cantidad de oxígeno contenida en metros cúbicos de aire se determina como sigue:

$$R_{\text{AIRE}} = \frac{100}{21 \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot e} \cdot R_0$$

Tomaremos una densidad del aire igual a 1,2 kg/m<sup>3</sup> y una eficiencia de los aireadores del 30%.

$$R_{AIRE} = 275,00 \frac{m^3}{día}$$

La potencia del proceso de aireación se calcula haciendo uso de la siguiente expresión

$$P_{aireación} = \frac{R_{AIRE} \cdot \Delta_P}{\eta_{compresor}}$$

La presión de compresión será levemente superior a la atmosférica, tomaremos 1,5 bar absolutos y la eficiencia del equipo de compresión se tomará de 0,80. Así tendremos:

$$P_{aireación} = \frac{11,46 \frac{m^3}{h} \cdot 0,5 \text{ bar}}{0,80} \cdot 3600 \frac{s}{h} \approx 25,00 \text{ kW/h}$$

El equipo que se encargará de suministrar esta cantidad de aire es el igual al que se emplea en el proceso de flotación [CL].

Los caudales de efluente que se vierten al cauce se purgan y se recirculan se determinan a continuación.

El caudal de efluente que se vuelve se toma de la sección 6.4.6 de distribución de cargas.

$$Q_E = 19,53 \frac{m^3}{h}$$

El caudal de purgas se obtiene por diferencia entre el caudal de diseño y este:

$$Q_W = 19,55 \frac{m^3}{h} - 19,53 \frac{m^3}{h} = 0,02 \frac{m^3}{h}$$

El caudal de reciclo o recirculación normalmente se encuentra entre 0,25 – 0,75 del caudal de alimentación. La relación de recirculación se tomará igual a 0,25.

$$\alpha = 0,25 = \frac{Q_R}{Q_D}$$

Esto implica que el caudal de reciclo es:

$$Q_R = 0,25 \cdot Q_D \approx 4,90 \frac{m^3}{h}$$

Para verificar esto calcularemos la concentración de SSVLM en la purga a partir de la siguiente expresión:

$$Q_R = \frac{Q_D \cdot X}{(X_W - X)}$$

Tendremos entonces:

$$X_w = \frac{19,55 \frac{m^3}{h} \cdot 3300 \frac{mg \text{ SSVLM}}{L}}{4,90 \frac{m^3}{h}} + 3300 \frac{mg \text{ SSVLM}}{L} = 16.466,33 \frac{mg \text{ SSVLM}}{L}$$

Lo cual, si bien parece un valor excesivamente alto, es razonable ya que se trata de un lodo de purga.

Se calcula el tiempo de retención hidráulico (TRH) o tiempo promedio que el agua o los líquidos permanecen en el reactor, haciendo uso de:

$$TRH = \frac{V_R}{Q_D} \approx 4,70 \text{ horas}$$

Se calcula el tiempo de retención celular.

$$TRC = \frac{V_R \cdot X}{P_X \cdot 1000} \approx 3,60 \text{ días}$$

El sistema cumple con mantener a los microorganismos durante más tiempo del que tarda el líquido en pasar por el reactor.

El fabricante <sup>[RAE1]</sup> ofrece equipos a medida.

**El precio del reactor es de US\$ 5000**

A continuación, se presentan las características de diseño del reactor aerobio.

Tabla 7.5-6 - Características de diseño del reactor biológico aerobio de lodos activados | Fuente - Autoría Propia

<b>REACTOR FANGOS ACTIVADOS</b>			
	<b>Parámetros</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Valor</b>
$V_E$ (m <sup>3</sup> )	Volumen efectivo del reactor	$\frac{Q_D \cdot S_0}{X \cdot CM} \cdot 24$	81,00
$V_R$ (m <sup>3</sup> )	Volumen real del reactor	$\frac{V_E}{0,85}$	92,00
$W$ (m)	Ancho del reactor	$\sqrt{V/2 \cdot H}$	3,40
$L$ (m)	Largo del reactor	$2 \cdot W$	6,80
$CV$ ( $\frac{kgDQO}{m^3 \cdot d}$ )	Carga volumétrica	$\frac{Q_D \cdot S_0}{V_R} \cdot \frac{24}{1000}$	1,73
$S$ (mg/L)	Concentración DQO en la salida	$S_0 \cdot \left(1 - \frac{E}{100}\right)$	40,86
$P_x$ (kg/día)	Producción de lodos diaria	$Y \cdot Q_D \cdot (S_0 - S) \cdot \frac{24}{1000}$	84,28
$R_0$ (kg O <sub>2</sub> /d)	Necesidad diaria de oxígeno	$Q_D \cdot (S_0 - S) \cdot \frac{24}{1000} - 1,42 \cdot P_x$	20,79
$R_{aire}$ (m <sup>3</sup> aire/d)	Necesidad diaria de aire	$\frac{100}{21 \cdot \rho_{aire} \cdot e} \cdot R_0$	275,00
$P_{aireación}$ (kW/h)	Potencia de aireación	$P_{aireación} = \frac{R_{AIRE} \cdot \Delta P}{\eta_{compresor}}$	25,00
$Q_E$ (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de vuelco	$Q_D - Q_W$	19,53
$Q_W$ (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de purga	$\frac{G_{entrada} - G_{salida}}{\rho_L}$	0,02
$Q_R$ (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de recicló	$0,25 \cdot Q_D$	4,90
$TRC$ (días)	Tiempo de retención celular	$\frac{V_R \cdot X}{P_x \cdot 1000}$	3,60

### 7.5.4 Unidad de sedimentación lamelar

Tabla 7.5-7 - Parámetros de diseño del sedimentador lamelar | Fuente - Autoría Propia

PARÁMETROS DE DISEÑO			
Parámetros		Rango típico	Valor
$Q_d$ ( $m^3/h$ )	Caudal de ingreso	-	19,53
$\theta$ ( $^\circ$ )	Inclinación de las láminas	45 – 60 [22]	60,00
$s$ (cm)	Separación entre las láminas	5 – 10 [22]	8,00
$l$ (m)	Longitud efectiva de las láminas	1 – 2 [23]	1,80
$w$ (m)	Ancho de las placas	-	1,00
$CSH$ ( $m^3/m^2 \cdot d$ )	Carga superficial hidráulica	60 – 100 [22]	80,00
$X$ (mg SSV/L)	Conc. SSV en el sedimentador	2000 – 4000 [24]	3000,00
$L$ (m)	Longitud del sedimentador	4 – 8 [23]	5,00
$TRH$ (h)	Tiempo de retención hidráulica	0,5 – 1,5 [25]	1,00

Con la finalidad de especificar las características del diseño del sedimentador primero se requiere seleccionar algunos parámetros de diseño.

El área proyectada en el plano horizontal para este tipo de sedimentadores se puede obtener a través del caudal y la carga hidráulica como se muestra a continuación.

$$A_{plano} = \frac{Q_d}{CSH} = \frac{19,53 \text{ m}^3/h \cdot 24}{80,00 \text{ m}^3/m^2 \cdot d} \approx 6,00 \text{ m}^2$$

El área efectiva requerida para el caudal indicado se puede calcular a través de:

$$A_{EF} = \frac{A_{plano}}{\cos(\theta)} = 6,00 \text{ m}^2 / \cos(60^\circ) = 12 \text{ m}^2$$

Para el área plana de sedimentación el ancho del equipo estará dado por:

$$W = \frac{A_{plano}}{L} \approx 1,20 \text{ m}$$

El volumen del tanque de sedimentación se obtiene a partir de:

$$V_s = TRH \cdot Q_d = 1 \text{ h} \cdot 19,53 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 20 \text{ m}^3$$

La altura promedio del sedimentador será:

$$H = \frac{V_s}{A_{plano}} \approx 3,30 \text{ m}$$

La altura de este tipo de sedimentadores incluye:

- Altura de sedimentación (1,5 – 3 m)
- Zona de acumulación de lodos (0,5 – 1 m)
- Zona de salida de agua clarificada (0,5 – 1 m)

Esto da como valores comunes o recomendados alturas promedio de 2,5 a 4 m. El valor obtenido se halla dentro de este rango <sup>[23]</sup>.

El número de láminas se puede obtener a partir de:

$$N = \frac{A_{EF}}{l \cdot s} \approx 84 \text{ láminas}$$

Se tomarán 84 placas dispuestas en 4 grupos de 21 placas.

La carga de sólidos en el sedimentador es un parámetro importante que debe corroborarse con los de referencia. Se calcula a través de:

$$C_s = \frac{Q_d \cdot X}{A_{plano}} = \frac{19,53 \frac{m^3}{h} \cdot 3000 \text{ SSV/L}}{6 \text{ m}^2} \cdot \frac{24}{1000} = 234,36 \text{ kg SSV/m}^2 \cdot d$$

Normalmente estos valores se hallan entre los 100 y 250 kg SSV/m<sup>2</sup>d lo cual concuerda con lo obtenido <sup>[12]</sup>.

La velocidad ascensional del agua se expresa a través de:

$$v_a = \frac{Q_d}{A_{plano}} = \frac{468,72 \text{ m}^3/d \cdot \frac{1 \text{ d}}{86400 \text{ s}}}{6 \text{ m}^2} = 9,04 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,90 \text{ mm/s}$$

Para este tipo de sedimentadores esta velocidad suele hallarse entre 1 y 3 mm/s. Entendemos que está apenas por debajo del límite inferior y lo tomamos como aceptable <sup>[22]</sup>.

Las características de diseño del sedimentador son las siguientes.

Tabla 7.5-8 - Características de diseño del sedimentador lamelar | Fuente - Autoría Propia

SEDIMENTADOR		
	Parámetro	Valor
<b>W (m)</b>	Ancho del sedimentador	1,20
<b>H (m)</b>	Altura del sedimentador	3,30
<b>L (m)</b>	Longitud del sedimentador	5,00
<b>n</b>	Número de láminas	84,00
<b>w (m)</b>	Ancho de las láminas	1,00
<b>V<sub>S</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	Volumen del sedimentador	20,00
<b>v<sub>a</sub> (mm/s)</b>	Velocidad ascensional del agua	0,90

El fabricante <sup>[US1]</sup> ofrece el modelo YIMEI – Lamella Clarifier fabricado en acero inoxidable AISI 304.

**El precio del equipo es de US\$ 2800**

### 7.5.5 Parcela de almacenamiento de lodos

Los parámetros de diseño para definir las dimensiones de las parcelas son los siguientes.

Tabla 7.5-9 - Parámetros de diseño de la parcela de almacenamiento de lodos | Fuente - Autoría Propia

PARÁMETROS DE DISEÑO			
	Parámetros	Rango típico	Valor
<b>Q<sub>L</sub> (m<sup>3</sup>/h)</b>	Caudal de lodos	-	0,64
<b><math>\frac{rw}{L}</math></b>	Relación ancho/largo	-	1,5:1
<b>n</b>	Número de parcelas	-	3,00
<b>e (m)</b>	Espesor de la capa de lodos	0,20 – 0,45	0,20

La tasa de producción diaria de lodos es:

$$V_L = Q_L \cdot 24 \approx 16 \text{ m}^3/\text{día}$$

Lo que implica que cada parcela tiene un volumen de 5,33 m<sup>3</sup> aproximadamente. La superficie de cada parcela se obtiene a través de la siguiente expresión.

$$A_p = \frac{V_p}{e} = \frac{5,33 \text{ m}^3}{0,20 \text{ m}} \approx 27 \text{ m}^2$$

Haciendo uso de la relación anterior obtenemos el ancho y largo de cada parcela.

$$A_p = L \cdot W = L \cdot 1,5L$$

Tendremos así:

$$L \approx 4,20 \text{ m} \quad W \approx 6,3 \text{ m}$$

Las características del diseño de las parcelas son las siguientes.

Tabla 7.5-10 - Características de diseño de la parcela de secado | Fuente - Autoría Propia

PARCELA DE SECADO		
Parámetro		Valor
$A_p \text{ (m}^2\text{)}$	Superficie de la parcela	27,00
$L \text{ (m)}$	Largo de la parcela	6,30
$W \text{ (m)}$	Ancho de la parcela	4,20
$h_B \text{ (m)}$	Altura del borde	0,35
$m \text{ (\%)}$	Pendiente de la parcela	3,00
$V_{AR} \text{ (m}^3\text{)}$	Volumen de arcilla	13,50

1. Precio de la tonelada de arcilla<sup>[AR]</sup> 9,0 US\$/Tn

**El costo del volumen de arcilla será de US\$ 95**

2. Precio del recubrimiento de HDPE <sup>[GM]</sup> – 0,05 US\$/m<sup>2</sup>

**El costo del recubrimiento será de 1,35 US\$**

**El costo total para las tres parcelas asciende US\$ 291**

## 7.6 Equipos auxiliares

### 7.6.1 Bombas

Entre los equipos auxiliares tenemos distintas bombas. La clasificación que se ha dado se basa en la aplicación de estas, teniendo en cuenta el fluido de trabajo.

Todas están por duplicado para que trabaje, en caso de fallo, la de respaldo.

#### 7.6.1.1 Bombas de alimentación (BA) revisar potencias

Están ubicadas en tres partes del proceso y se han clasificado según:

1. Este par de bombas se encuentra antes del tamiz estático e ingresa el efluente a la planta.

Se seleccionará la bomba con rotor tipo tornillo de acero inoxidable 316 para resistir la carga orgánica, de sólidos y el pH alcalino.



*Ilustración 7.6-1 - Bomba de alimentación tipo tornillo | Fuente - Fabricante [BA1]*

El fabricante <sup>[BA1]</sup> ofrece un modelo G65-1 cuya potencia es de 11 kWh y puede manejar hasta 30 m<sup>3</sup>/h. Entre las aplicaciones generales se destaca el transporte de aguas residuales, lodos y otros medios.

**El costo de este equipo es:**

$$550 \frac{US\$}{\text{equipo}} \geq 2 \text{ equipos}$$

En total se requieren 1100 US\$

2. Este par de bombas se encuentra luego del tamiz estático y lleva el efluente al tanque de acondicionamiento de pH y homogeneización.

Se seleccionará la bomba centrífuga con impulsor semiabierto en acero inoxidable 316 para resistir la corrosión.



*Ilustración 7.6-2 - Bomba de alimentación centrífuga | Fuente -Fabricante [BA2]*

El fabricante <sup>[BA2]</sup> ofrece un modelo BBO 150 - MT cuya potencia es de 1,12 kWh y puede manejar hasta 33 m<sup>3</sup>/h. Entre las aplicaciones generales se destaca el trasvase de líquidos con sólidos.

**El costo de este equipo es:**

$$788 \frac{US\$}{\text{equipo}}$$

En total se requieren 1576 US\$

3. Este par de bombas se encuentra entre el mezclador estático y el ingreso al reactor de lodos activados.

Se seleccionará la bomba centrífuga con impulsor cerrado en acero inoxidable 316.



*Ilustración 7.6-3 - Bomba de alimentación centrífuga | Fuente - Fabricante [BA3]*

El fabricante <sup>[BA3]</sup> ofrece un modelo BBI 65-50-125/3 T cuya potencia es de 3 kWh y puede manejar hasta 35 m<sup>3</sup>/h. Se emplea en la industria en general y también en el agro.

**El costo de este equipo es:**

$$2461 \frac{US\$}{equipo}$$

En total se requieren 4922 US\$

Se trata de bombas similares donde la diferencia está en el rotor debido principalmente a la carga de sólidos.

### 7.6.1.2 Bombas de dosificación

Están ubicadas junto a los tanques de almacenamiento de reactivos. Una vez más se han clasificado según el fluido de trabajo y se ordenan como sigue.

#### 1. Dosificación de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

Se seleccionará la bomba dosificadora de membrana. El material del cabezal dosificador es PP (Polipropileno) con una junta de estanqueidad fabricada en EPDM (Etileno Propileno Dieno).



*Ilustración 7.6-4 - Bomba de dosificación de membrana | Fuente - Fabricante [BD1]*

El fabricante <sup>[BD1]</sup> ofrece el modelo DDE 6-10 B-PP/E/C-X-31I003BG cuyo caudal máximo de trabajo es de 6 L/h con una potencia de 19 W.

**El costo de este equipo es:**

$$809 \frac{US\$}{equipo}$$

En total se requieren 1618 US\$

## 2. Dosificación de $\text{NH}_4\text{Cl}$

Se seleccionará también la bomba dosificadora de membrana. El material del cabezal dosificador es acero inoxidable 316L con una junta de estanqueidad fabricada en FKM (Caucho fluorado).



*Ilustración 7.6-5 - Bomba dosificadora de membrana | Fuente - Fabricante [BD2]*

El fabricante <sup>[BD2]</sup> ofrece el modelo B-SS/V/SS-F-31A1A1FG cuyo caudal máximo de trabajo es de 60 L/h con una potencia de 62 W.

**El costo de este equipo es:**

$$4682 \frac{\text{US\$}}{\text{equipo}}$$

En total se requieren 9364 US\$

## 3. Dosificación de NaOH

Se seleccionará la bomba dosificadora de membrana. El material del cabezal dosificador es PP (Polipropileno) con una junta de estanqueidad fabricada en EPDM (Etileno Propileno Dieno).



*Ilustración 7.6-6 - Bomba dosificadora de membrana | Fuente - Fabricante [BD3]*

El fabricante <sup>[BD3]</sup> ofrece el modelo DDE 6-10 B-PP/E/C-X-31I003BG cuyo caudal máximo de trabajo es de 6 L/h con una potencia de 19 W.

**El costo de este equipo es:**

$$809 \frac{US\$}{\text{equipo}}$$

En total se requieren 1618 US\$

4. Dosificación de FeCl<sub>3</sub>

Se seleccionará la bomba dosificadora de membrana. El material del cabezal dosificador es PP (Polipropileno) con una junta de estanqueidad fabricada en EPDM (Etileno Propileno Dieno).



*Ilustración 7.6-7 - Bomba dosificadora de membrana | Fuente - Fabricante [BD4]*

El fabricante <sup>[BD4]</sup> ofrece el modelo DDE 6-10 B-PP/E/C-X-311003BG cuyo caudal máximo de trabajo es de 6 L/h con una potencia de 19 W.

**El costo de este equipo es:**

$$809 \text{ US\$/equipo}$$

En total se requieren 1618 US\$

5. Dosificación de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Se seleccionará la bomba dosificadora de membrana. El material del cabezal dosificador es PVDF (Polifluoruro de vinilideno) con una junta de estanqueidad fabricada en EPDM (Etileno Propileno Dieno).



*Ilustración 7.6-8 - Bomba dosificadora de membrana | Fuente - Fabricante [BD5]*

El fabricante <sup>[BD5]</sup> ofrece el modelo DDA 60-10 AR-PV/E/C-F-31U3U3FG cuyo caudal máximo de trabajo es de 60 L/h con una potencia de 62 W.

**El costo de este equipo es:**

***6236 US\$/equipo***

En total se requieren 12472 US\$

#### 6. Dosificación de SIFLOC

Se seleccionará la bomba dosificadora de membrana. El material del cabezal dosificador es PP (Polipropileno) con una junta de estanqueidad fabricada en EPDM (Etileno Propileno Dieno).



*Ilustración 7.6-9 - Bomba dosificadora de membrana | Fuente - Fabricante [BD6]*

El fabricante <sup>[BD6]</sup> ofrece el modelo DDE 6-10 B-PP/E/C-X-31I003BG cuyo caudal máximo de trabajo es de 6 L/h con una potencia de 19 W.

**El costo de este equipo es:**

**809 US\$/equipo**

En total se requieren 1618 US\$

### **7.6.1.3 Bombas de recirculación**

Están ubicadas en tres partes del proceso y se han clasificado según:

1. Este par de bombas se encuentran a la salida de la unidad de flotación e ingresan el fluido junto con aire en el tanque aireador.

Se seleccionará la bomba centrífuga con impulsor cerrado en acero inoxidable 316 que se tomó en la sección 7.6.1.1 – 3.

El fabricante <sup>[BR1]</sup> ofrece el modelo BBI 50-32-200/5.5 T cuya potencia es de 4,1 kWh y puede manejar hasta 21,5 m<sup>3</sup>/h. Se emplea en la industria en general y también en el agro.

**El costo de este equipo es:**

**2350  $\frac{US\$}{equipo}$**

En total se requieren 4700 US\$

2. Este par de bombas se encuentran entre el reactor anaerobio y el intercambiador de calor.

Se seleccionará la bomba centrífuga con impulsor semiabierto en acero inoxidable 316 que se empleó en la sección 7.6.1.1 – 2.

El fabricante <sup>[BR2]</sup> ofrece el modelo BBO 100 M / T cuya potencia es de 0,75 kWh y puede manejar hasta 18 m<sup>3</sup>/h. Se emplea en la industria en general y también en el agro.

**El costo de este equipo es:**

**796  $\frac{US\$}{equipo}$**

En total se requieren 1592 US\$

3. Este par de bombas se encuentran en la salida del sedimentador y se encargan de recircular parte del lodo generado hacia el reactor de lodos activados.

Se seleccionará la bomba con rotor tipo tornillo de acero inoxidable 316 que se empleó en la sección 7.6.1.1 – 1.

El fabricante <sup>[BA1]</sup> ofrece un modelo G40-1 cuya potencia es de 3 kWh y puede manejar hasta 7 m<sup>3</sup>/h.

**El costo de este equipo es:**

$$550 \frac{US\$}{equipo} \geq 2 \text{ equipos}$$

En total se requieren 1100 US\$

#### **7.6.1.4 Bombas de vaciado**

Están ubicadas únicamente en la salida del reactor anaerobio.  
Se seleccionará la bomba con rotor tipo tornillo de acero inoxidable 316 que se empleó en la sección 7.6.1.1 – 1 y sección 7.6.1.1 – 3.

El fabricante <sup>[BV1]</sup> ofrece un modelo G35-1 cuya potencia es de 2,2 kWh y puede manejar hasta 5 m<sup>3</sup>/h.

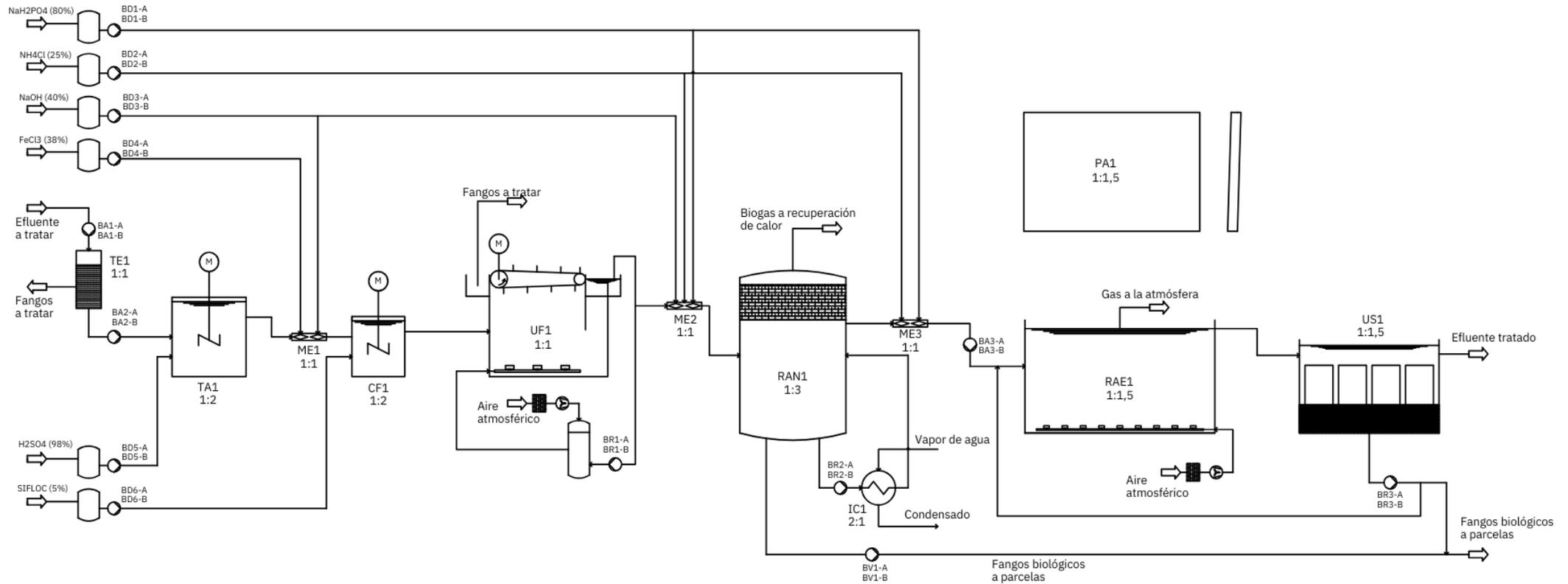
**El costo de este equipo es:**

$$550 \frac{US\$}{equipo} \geq 2 \text{ equipos}$$

En total se requieren 1100 US\$

### **7.7 Diagrama detallado**

Se presenta el diagrama detallado con cada uno de los equipos principales y los equipos secundarios o auxiliares.



 <b>UNCUYO</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO  FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA	Planta de tratamiento de efluentes	 
	Ingeniería Química - Orientación Medioambiente	
	Observaciones: medidas en metros	Escala
Proyecto final de carrera	Propietario: Cramero Luciano	Fecha: 22/02/2025

Ilustración 7.7-1 – Diagrama detallado de la planta de tratamiento de efluentes | Fuente - Autoría Propia

## **CAPITULO VIII - INGENIERIA DE GESTION**

## **8.1 Ingeniería de gestión**

Entendemos como empresa al conjunto recursos (personas y bienes) que trabajan en conjunto con un propósito común. En el presente proyecto ese propósito es obtener una ganancia económica a partir de la producción de bienes y servicios.

Para que esta actividad se desarrolle de forma eficiente y sostenible, es fundamental contar con una estructura organizativa bien definida. Esto implica que se deberán distribuir las tareas de manera efectiva y garantizar que cada función dentro de la empresa se lleve a cabo correctamente.

En este capítulo, se presenta la estructura interna de nuestra empresa, incluyendo su organigrama y los distintos niveles jerárquicos. Además, se detallan las funciones y requisitos de cada puesto de trabajo.

Por último, se analizará qué tipo de sociedad es más conveniente para el proyecto en cuestión, considerando las características de una sociedad anónima y una sociedad de responsabilidad limitada.

## **8.2 Principios de la organización**

La organización de la empresa tiene como objetivo asegurar que la gestión de sus actividades y recursos se desarrolle de forma eficiente, también tiene como alcance el facilitar una comunicación efectiva entre sus miembros. Para que esta organización funcione correctamente, es importante considerar algunos principios:

1. Definir funciones específicas dentro de la empresa para evitar confusiones.
2. Estructurar cada área de trabajo de forma lógica, asegurando que las responsabilidades estén bien definidas y que cada persona reciba instrucciones de un único superior.
3. Especificar claramente las tareas de dirección en todos los niveles jerárquicos para evitar ambigüedades o responsabilidades compartidas.
4. Delegar autoridad de manera adecuada, asegurando que cada miembro tenga el nivel de decisión acorde a su puesto.
5. Seleccionar a las personas más adecuadas para cada cargo, garantizando que cada puesto sea ocupado por quien mejor se ajuste a sus requerimientos.

## 8.3 Características de la organización

### 8.3.1 Construcción legal de la empresa

La Ley de Sociedades Comerciales de Argentina establece las diferentes formas jurídicas en las que una empresa puede constituirse, detallando sus beneficios y obligaciones. Entre las más utilizadas se encuentran la Sociedad Anónima (S.A.) y la Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.).

Según esta ley, una sociedad se forma cuando una o más personas acuerdan aportar capital con el propósito de producir o comercializar bienes y servicios, compartiendo las ganancias y asumiendo las pérdidas.

- **Sociedad Anónima (SA):** Se caracteriza por poseer un capital que está dividido en acciones y es aportado por los socios/accionistas, quienes no responden con su patrimonio personal por las deudas de la empresa.
- **Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL):** Tiene como particularidad un capital que se divide en cuotas y el número de socios no puede superar los 25. La responsabilidad de cada socio está limitada al monto que haya aportado.

Registrar legalmente una empresa ofrece múltiples ventajas; entre ellas le da reconocimiento oficial, facilita el acceso al crédito, permite emitir facturas y operar comercialmente sin restricciones.

Las **similitudes** entre una S.A. y una S.R.L. se detallan a continuación.

1. Cantidad de socios: Se requiere un mínimo de dos para que se constituya
2. Separación de patrimonio: Los bienes y deudas de la sociedad está separada respecto de los bienes y deudas de los socios
3. Constitución: Ambas se formalizan mediante escritura pública

La principales **diferencias** son las siguientes.

1. Estructura de gestión: Una S.R.L. se constituye por un grupo de socios que gestionan la organización a través de un gerente. En una S.A. la dirección recae en un directorio elegido por los accionistas.
2. Toma de decisiones: En una SA las decisiones pasan por una asamblea de accionistas, directorio y sindicatos, mientras que en una SRL las decisiones las toman los socios o el gerente.
3. Cantidad de socios: Una SRL puede tener hasta 25 socios y una SA no tiene límite establecido.
4. Aportes de capital: En una SRL se debe aportar al menos el 50% del capital al momento de constituirse, y el resto puede completarse en un plazo de hasta dos años. En una SA, los plazos y requisitos de capital pueden establecerse libremente en el estatuto.

5. Transferencia de participación: En una SRL, si hay cinco o menos socios, se requiere unanimidad para transferir cuotas; con más socios, basta con la aprobación de dos tercios. En una SA, las acciones pueden venderse libremente, aunque los accionistas existentes tienen derecho preferente de compra.

La elección entre una Sociedad Anónima o una Sociedad de Responsabilidad Limitada depende de varios factores.

- **Tamaño y Alcance:** Si se busca atraer un gran número de socios o acceder a inversión pública, una SA es la mejor opción. En cambio, para negocios más pequeños, como empresas familiares, suele ser más conveniente una SRL.
- **Compromiso de los Socios:** En ambas sociedades, los socios participan directamente en los beneficios. Además, la continuidad de la empresa está garantizada incluso si alguno de los socios fallece.
- **Estructura y Gestión:** Las SA requieren mayor formalidad y estructura administrativa en comparación con las SRL, que son más flexibles en su gestión.
- **Expansión y Financiamiento:** Una SA tiene más facilidades para crecer, ya que permite la cotización en bolsa, lo que facilita la obtención de financiamiento externo.

Teniendo en cuenta estos aspectos se ha optado por constituir el proyecto como una Sociedad Anónima.

Dado el creciente enfoque en la sostenibilidad y las regulaciones ambientales cada vez más estrictas, es previsible que una empresa dedicada al tratamiento de efluentes experimente un crecimiento sostenido en el tiempo y con ello cierta necesidad de financiamiento.

La **Sociedad Anónima – S.A.** es la opción más adecuada. No sólo permite atraer inversores, sino que también crea la posibilidad de acceder a créditos con mayor facilidad y expandirse sin complicaciones estructurales.

### **8.3.2 Razón social de la empresa**

En el marco del proyecto final, se ha desarrollado **Azulence S.A.**, una empresa enfocada en el diseño y fabricación de líneas de tratamiento de efluentes para distintos sectores industriales. Si bien el trabajo se ha centrado en el tratamiento de efluentes generados por la industria del biodiesel, la propuesta busca ofrecer soluciones eficientes para cualquier industria que necesite optimizar su gestión de efluentes.

La empresa tendrá su sede en el Parque Industrial de San Lorenzo, provincia de Santa Fe, y proyecta iniciar sus actividades en 2025 con el objetivo de consolidarse como un referente a nivel nacional.

### 8.3.3 Determinación del tamaño de la empresa

Para determinar el tamaño organizacional de la empresa, se tomará como referencia la clasificación establecida por el Banco Central de la República Argentina.

Se considerará como PyMEs, incluidas las personas humanas cuya evaluación crediticia se basa en el flujo de fondos generado por su actividad comercial, oficio y/o ejercicio profesional, sin distinción del destino de los fondos, a aquellas empresas cuyos valores de ventas totales anuales expresados en pesos, no superaren los montos máximos establecidos, según el sector de actividad al que pertenezca la empresa, conforme a la definición de actividades del “Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883”.

Categoría	Construcción	Servicios	Comercio	Industria y minería	Agropecuario
Micro	208.401.000	91.494.000	599.483.000	435.869.000	316.630.000
Pequeña	1.236.557.000	551.596.000	4.270.323.000	3.256.865.000	1.166.340.000
Mediana tramo 1	6.899.145.000	4.565.365.000	20.297.829.000	23.180.330.000	6.863.946.000
Mediana tramo 2	10.347.579.000	6.520.009.000	28.997.100.000	46.835.799.000	10.886.680.000

*Ilustración 8.3-1 - Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) - Banco de la Nación Argentina*

Previamente, deben definirse los ingresos para saber en qué categoría se encuentra la empresa.

#### 8.3.3.1 Tiempo promedio de operación y cantidad de proyectos anuales

Debido a la naturaleza de la empresa es que se vuelve necesario determinar la cantidad de proyectos que se llevarán a cabo en un año de trabajo. La investigación <sup>[32]</sup> ha concluido que los pequeños y medianos proyectos de líneas de tratamiento de efluentes pueden demorar desde 4,5 a 7 meses; se toma el caso de mayor demora.

Una duración promedio de 6 meses implica que se pueden lograr 2 proyectos anuales.

Se entiende que existen tiempos de demora como:

1. Diseño y aprobación
2. Compra y entrega de equipos
3. Instalación y pruebas

Esto implica que la empresa puede tomar proyectos en simultáneo durante las etapas de espera, como por ejemplo en la compra y entrega de equipos.

Se define entonces que la empresa puede trabajar hasta en 4 proyectos por año.

### 8.3.3.2 Costos e ingresos de los proyectos

Los costos de los proyectos se han dividido en cuatro categorías:

1. Costos de diseño e ingeniería
2. Costos de equipos
3. Costos de obras e instalaciones
4. Costos de puesta en marcha y pruebas

Para los dos tipos de proyectos cada costo que se ha estimado es diferente, pero se pueden reducir a los siguientes rangos:

1. Costos de diseño e ingeniería: 15000 – 20000 U\$D
2. Costos de equipos: 50000 – 90000 U\$D
3. Costos de obras e instalaciones: 22000 – 32000 U\$D
4. Costos de puesta en marcha y pruebas: 7000 – 9000 U\$D

Esto nos indica que el costo total para cada tipo de proyecto, pequeño y mediano ronda los siguientes valores:

$$CT_P = 94000 \frac{U\$D}{proyecto}$$

$$CT_M = 151000 \frac{U\$D}{proyecto}$$

Supondremos un margen de ganancia del 25% lo cual implicará que el precio de venta de cada proyecto rondará:

$$PV_P = 117500 \frac{U\$D}{proyecto}$$

$$PV_M = 188750 \frac{U\$D}{proyecto}$$

Supondremos los dos casos límites:

- a. La empresa toma 4 proyectos pequeños. Al cambio del día donde el dólar oficial es equivalente a 1044 ARS tendremos ingresos anuales por:

$$IA = 490.680.000 \text{ ARS}$$

- b. La empresa toma 4 proyectos medianos. Al cambio del día tendremos ingresos anuales por:

$$IA = 788.220.000 \text{ ARS}$$

Cualquiera de los dos casos implica que la empresa entra en la categoría MICRO para el sector.

## **8.4 Estructura organizacional**

La estructura organizacional de la empresa es el esquema que define la distribución formal de los puestos y las responsabilidades dentro de la organización. Este diseño establece una jerarquía clara, permitiendo que se asigne a cada puesto funciones específicas y determinando las relaciones de autoridad entre ellos.

La organización de la empresa es un aspecto clave para asegurar el desarrollo eficiente de los proyectos y el cumplimiento de los objetivos. Una estructura adecuada facilita la asignación y ejecución de tareas, permitiendo un flujo de trabajo organizado que optimiza los recursos disponibles. Para lograr una organización efectiva, es esencial cumplir con ciertos principios que aseguren el buen funcionamiento del equipo y la empresa en general.

Uno de los principios fundamentales es que la organización se basa en funciones y no en individuos. Es decir, las actividades se clasifican de acuerdo a su naturaleza y la relación entre ellas, no según las personas encargadas de realizarlas. Esto no solo permite aprovechar mejor el recurso humano, sino que también logra que los empleados puedan adaptarse y asumir diversas responsabilidades cuando sea necesario, promoviendo la flexibilidad organizacional frente a los cambios.

Es igualmente importante que la autoridad y las responsabilidades estén bien definidas para evitar que se produzcan superposiciones o conflictos de poder. Para ello se debe especificar claramente en el manual de organización los límites de cada función asegurando que cada miembro del equipo conozca su ámbito de responsabilidad y a quién debe reportar.

Es relevante destacar que, en el esquema organizacional de la empresa, se han tercerizado ciertos servicios como salud, limpieza, higiene y seguridad, y comedor. Esta decisión busca reducir costos operativos al delegar estas tareas a empresas especializadas en cada área.

Asimismo, el área de Valores Humanos no se encuentra integrada directamente en la estructura, ya que la selección de personal se delega a consultoras externas. Estas se encargan de encontrar los perfiles más adecuados para cada puesto de acuerdo con

las fichas de funciones, optimizando el proceso de contratación y garantizando que se cumplan los requisitos específicos de cada rol.

### **8.4.1 Organigrama**

El organigrama es una representación visual que muestra la estructura organizacional de la empresa, destacando las relaciones jerárquicas y funcionales entre los diferentes componentes. Esta herramienta permite una comprensión rápida de cómo se distribuyen las tareas, las responsabilidades y cómo fluye la comunicación interna dentro de la organización.

El organigrama debe reflejar los siguientes aspectos clave:

1. Niveles Jerárquicos - Representa la estructura de la organización a través de diferentes niveles jerárquicos, desde la dirección hasta los empleados.

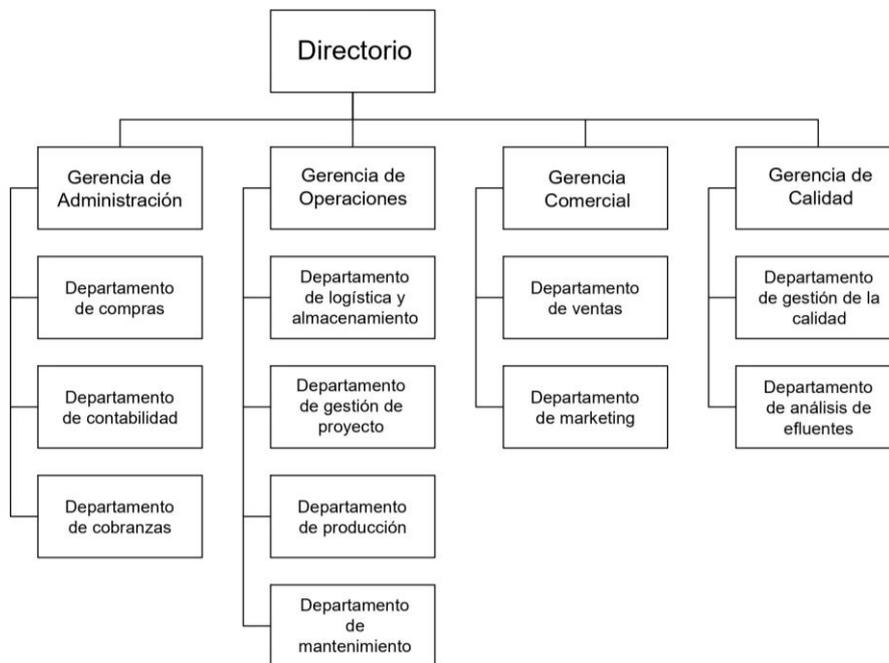
Muestra cómo fluye la autoridad y a quién debe reportar cada puesto dentro de la organización.

2. Departamentos y Unidades - Visualiza la agrupación de funciones y el establecimiento de departamentos y unidades dentro de la empresa.

Facilita la identificación de áreas específicas de trabajo.

3. Roles y Posiciones - Detalla las distintas posiciones dentro de la estructura organizacional y especifica los roles asociados a cada puesto.

Brinda claridad sobre las responsabilidades de cada miembro del equipo.



*Ilustración 8.4-1 - Organigrama de la organización ficticia Azulence S.A | Fuente - Autoría Propia*

### 8.4.1.1 Gerencia de Administración

- Departamento de Compras - Destinado a la adquisición de equipos, herramientas y materiales menores como repuestos y/o materiales específicos de cada proyecto.
- Departamento de Contabilidad – Encargado de gestionar ingresos y egresos de dinero, previsiones de flujo de caja y análisis de rentabilidad.
- Departamento de Cobranzas – Incluye un sistema de gestión de facturación por proyecto, dado que cada proyecto tendrá pagos por hitos o entregables, y gestiona la cobranza de los servicios que se han vendido/entregado.

#### **8.4.1.2 Gerencia de Operaciones**

- Departamento de Logística y Almacenamiento - Este lleva a cabo el almacenamiento y la distribución de equipos a las plantas en construcción. Además, posee un inventario de herramientas de operación.
- Departamento de Producción – Cuya finalidad es abarcar desde el diseño de las plantas y coordinación de proveedores de materiales específicos hasta el montaje de las plantas en sitio.
- Departamento de Gestión de Proyectos - Se encarga de coordinar y gestionar aspectos como la estimación de tiempos, costos, recursos necesarios y equipos de trabajo.
- Departamento de Mantenimiento: Incluye el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas y recursos empleados en la instalación y puesta en marcha de las líneas de tratamiento.

#### **8.4.1.3 Gerencia Comercial**

- Departamento de Ventas – No solo se encarga de encontrar nuevas oportunidades comerciales, sino también de gestionar relaciones con potenciales clientes y de realizar el seguimiento postventa para asegurar el cumplimiento de las necesidades de los clientes.
- Departamento de Marketing – Incluye el diseño y la materialización de estrategias promocionales, desde la presencia digital (web, redes sociales) hasta eventos del sector (ferias, congresos, etc).

#### **8.4.1.4 Gerencia de Control de Calidad**

- Departamento de Gestión de Calidad – Dedicado a la implementación de normas ISO de gestión de la calidad, gestión de la calidad de los proyectos, asegurando que cada fase del diseño, instalación y puesta en marcha cumpla con los requisitos del cliente.
- Departamento de Análisis de Laboratorio de Efluentes – Se encargar del análisis físico-químico de los efluentes para poder caracterizarlos correctamente y, a partir de allí, definir el tipo de tratamiento necesario. Fundamental para ofrecer una propuesta adecuada y funcional para los clientes.

### **8.4.2 Fichas de función**

Las fichas de función, también conocidas como fichas de descripción de puestos, son documentos que detallan las responsabilidades, deberes, competencias y requisitos de una posición específica dentro de una organización. Estas fichas son fundamentales para la gestión de los recursos humanos, ya que brindan claridad tanto a los empleados como a los empleadores sobre el rol de cada persona y las expectativas asociadas a su desempeño.

Las fichas de función incluyen los siguientes elementos:

- Título del puesto: Nombre oficial de la posición.
- Resumen del puesto: Descripción general de las responsabilidades y objetivos del cargo.
- Requisitos: Calificaciones necesarias, como formación académica, experiencia, habilidades y competencias.
- Condiciones de trabajo: Información sobre el entorno laboral, jornada laboral y cualquier otra condición relevante.
- Relaciones jerárquicas: Indicación de a quién reporta el puesto y qué roles dependen de él.

Para el proyecto en cuestión, la ficha de función seguirá esta estructura general para describir cada uno de los puestos definidos en el organigrama previamente presentado.

Tabla 8.4-1 - Ficha de función del Gerente General | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Directorio
SECTOR	Directorio
ROL	<b>Gerente General</b>
SUPERVISADO POR	Gerentes de: Administración, Operaciones, Comercial y Gestión de Calidad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	-
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Supervisar la gestión financiera de la empresa, incluyendo presupuestos, informes contables y financieros.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de las políticas y procedimientos establecidos para el personal y las operaciones diarias, asegurando el cumplimiento de todos los requisitos legales y reglamentarios.</p> <p>Dirigir y coordinar los distintos departamentos, promoviendo el cumplimiento de los objetivos de la empresa y fomentando una cultura de trabajo orientada a los resultados.</p> <p>Identificar nuevas oportunidades de negocio y establecer alianzas estratégicas con proveedores que contribuyan al crecimiento y desarrollo del equipo.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Formación universitaria en Administración de Empresas, Finanzas, Contaduría Pública, Ingeniería Industrial o carreras afines.</p> <p>Experiencia mínima de 8 años en roles gerenciales o posiciones de liderazgo.</p> <p>Capacidad de liderazgo para gestionar equipos multidisciplinares en distintos niveles organizacionales.</p> <p>Excelentes habilidades comunicativas, incluyendo oratoria y relaciones interpersonales efectivas.</p> <p>Sólida experiencia en gestión financiera, elaboración de presupuestos y supervisión de informes contables y financieros.</p> <p>Habilidad para la toma de decisiones en entornos de alta presión.</p> <p>Valores de compromiso, calidad e integridad.</p>	

Tabla 8.4-2 - Ficha de función del Gerente de Administración | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Administración
SECTOR	Gerencia de Administración
ROL	<b>Gerente de Administración</b>
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Jefes de Departamentos: Compras, Contabilidad y Cobranzas. Auxiliares de Departamentos: Compras, Contabilidad y Cobranzas.
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Diseñar, planificar y supervisar las políticas financieras de la empresa.</p> <p>Gestionar la tesorería, asegurando el cumplimiento de los objetivos de liquidez y rentabilidad.</p> <p>Coordinar y supervisar la elaboración del presupuesto anual.</p> <p>Realizar análisis financieros y económicos para respaldar la toma de decisiones estratégicas.</p> <p>Planificar y controlar la gestión de los recursos financieros a corto y largo plazo.</p> <p>Identificar y evaluar los riesgos financieros y económicos que puedan afectar a la empresa.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de las obligaciones fiscales y normativas vigentes.</p> <p>Coordinar y supervisar la elaboración de informes financieros para la alta dirección y otros stakeholders.</p> <p>Desarrollar y fortalecer relaciones con entidades financieras y actores clave del sector económico.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Formación universitaria como Contador, Economista o Licenciado en Administración de Empresas, con al menos 7 años de experiencia en puestos similares dentro de la industria química o sectores afines.</p> <p>Capacidad de liderazgo para gestionar equipos multidisciplinarios en distintos niveles organizacionales.</p> <p>Excelentes habilidades interpersonales de comunicación, oratoria y capacidad para desenvolverse en el mercado.</p> <p>Experiencia comprobable en toma de decisiones en gestión financiera, elaboración de presupuestos y supervisión de informes contables y financieros, con aptitud para actuar bajo presión.</p> <p>Conocimientos técnicos en el manejo de herramientas básicas de informática; conocimientos en programación, deseable.</p> <p>Valores clave: Compromiso, calidad, transparencia e integridad.</p>	

Tabla 8.4-3 - Ficha de función del Gerente de Compras | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
UNIDAD	Gerencia de Administración
SECTOR	Departamento de Compras
ROL	<b>Jefe de Compras</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Administración
SUPERVISA A	Auxiliares de Compras
REPORTA A	Gerente de Administración
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Identificar las necesidades de adquisición de la empresa y definir los requisitos necesarios.</p> <p>Gestionar el proceso de selección de proveedores, negociando los términos y condiciones de compra</p> <p>Coordinar el proceso de orden de compra y asegurar el seguimiento adecuado de la entrega de bienes y servicios.</p> <p>Supervisar la recepción de facturas y garantizar el pago oportuno a los proveedores.</p> <p>Mantener actualizada la base de datos de proveedores y los precios de referencia.</p> <p>Controlar y optimizar el presupuesto asignado al área de compras.</p> <p>Evaluar de manera continua la calidad y el desempeño de los proveedores.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Formación universitaria en Administración de Empresas, Ingeniería Industrial o carreras afines.</p> <p>Al menos 5 años de experiencia en roles similares.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación y capacidad para establecer relaciones interpersonales efectivas.</p> <p>Conocimiento en herramientas informáticas básicas.</p> <p>Compromiso con la calidad, la integridad y la mejora continua.</p> <p>Disponibilidad horaria para adaptarse a las necesidades de la empresa.</p>	

Tabla 8.4-4 - Ficha de función del Auxiliar de Compras | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
UNIDAD	Gerencia de Administración
SECTOR	Departamento de Compras
ROL	<b>Auxiliar de Compras</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Administración y Jefe de Compras
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Compras
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Gestionar solicitudes de compra y cotizaciones con proveedores.</p> <p>Mantener actualizada la base de datos de proveedores y condiciones de compra.</p> <p>Realizar el seguimiento de pedidos y tiempos de entrega.</p> <p>Apoyar en la evaluación de proveedores según criterios de calidad y costo.</p> <p>Controlar y registrar facturas y órdenes de compra en el sistema.</p> <p>Colaborar en la optimización de costos de adquisición de materiales.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Formación universitaria en Administración, Logística o carreras afines.</p> <p>Experiencia mínima y comprobable de 1 año en gestión de compras o puestos similares.</p> <p>Conocimientos en procesos de adquisición y gestión de proveedores.</p> <p>Manejo de sistemas ERP y herramientas de gestión de compras.</p> <p>Capacidad de negociación, organización y análisis.</p>	

Tabla 8.4-5 - Ficha de función del Jefe de Contabilidad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Administración
SECTOR	Departamento de Contabilidad
ROL	<b>Jefe de Contabilidad</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Administración
SUPERVISA A	Auxiliares Contables
REPORTA A	Gerente de Administración
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Supervisar y coordinar la elaboración de los estados financieros y otros informes contables.</p> <p>Establecer y mantener políticas y procedimientos contables en línea con las mejores prácticas.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de los estándares contables y financieros, así como las leyes y disposiciones fiscales vigentes.</p> <p>Coordinar y supervisar los procesos de auditoría interna y externa para asegurar la transparencia y conformidad.</p> <p>Implementar y mantener un sistema de control interno eficiente que garantice la integridad y precisión de los registros financieros.</p> <p>Asegurar que todos los pagos, incluidos impuestos, salarios y facturas de proveedores, se realicen de manera oportuna y correcta.</p> <p>Gestionar relaciones con instituciones financieras y otras entidades clave.</p> <p>Mantener una comunicación fluida que asegure la precisión de la información contable y financiera.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Formación universitaria en Contabilidad, Finanzas o carreras afines.</p> <p>Mínimo 5 años de experiencia comprobable en contabilidad y supervisión de personal.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales.</p> <p>Conocimiento en herramientas informáticas básicas.</p> <p>Compromiso con la calidad, la integridad y la mejora continua.</p> <p>Disponibilidad horaria para adaptarse a las necesidades operativas.</p>	

Tabla 8.4-6 - Ficha de función del Auxiliar Contable | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Administración
SECTOR	Departamento de Contabilidad
ROL	<b>Auxiliar Contable</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Administración y Jefe de Contabilidad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Contabilidad
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Registrar y verificar la documentación contable en el sistema.</p> <p>Realizar conciliaciones bancarias y reportar diferencias.</p> <p>Asistir en la elaboración de estados financieros.</p> <p>Mantener actualizados los libros contables y registros de la empresa.</p> <p>Colaborar en la preparación de informes contables y fiscales.</p> <p>Apoyar en auditorías internas y externas proporcionando la documentación necesaria.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Formación universitaria en Contabilidad, Administración o carreras afines.</p> <p>Experiencia mínima de 2 años en puestos similares.</p> <p>Conocimientos en normativa contable y fiscal vigente.</p> <p>Manejo de herramientas informáticas y sistemas contables.</p> <p>Capacidad de análisis, organización y trabajo en equipo.</p>	

Tabla 8.4-7 - Ficha de función del Jefe de Cobranzas | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Administración
SECTOR	Departamento de Cobranzas
ROL	<b>Jefe de Cobranzas</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Administración
SUPERVISA A	Auxiliares de Cobranzas
REPORTA A	Gerente de Administración
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Desarrollar y ejecutar estrategias y planes de cobranza enfocados en la recuperación de la cartera de la empresa.</p> <p>Establecer y supervisar los procesos de seguimiento y control de las cuentas por cobrar para asegurar su gestión eficiente.</p> <p>Analizar e identificar posibles riesgos de incumplimiento de pago y tomar acciones preventivas.</p> <p>Evaluar, optimizar y actualizar los procesos de facturación y cobranza para mejorar la eficiencia y efectividad en la recuperación de deudas.</p> <p>Coordinar y liderar al equipo de trabajo a su cargo, asegurando el cumplimiento de los objetivos y metas establecidos en los planes de cobranza.</p> <p>Generar informes y reportes de gestión para evaluar los resultados y tomar medidas correctivas cuando sea necesario.</p> <p>Colaborar con otras áreas de la empresa para optimizar los procesos de cobranza.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Formación académica en áreas relacionadas como Administración de Empresas, Finanzas o similar.</p> <p>Experiencia comprobable en puestos de dirección de cobranzas.</p> <p>Conocimientos sólidos en técnicas y estrategias de cobranza.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales.</p> <p>Capacidad para trabajar bajo presión y manejar situaciones conflictivas con eficacia.</p> <p>Conocimiento en herramientas informáticas básicas.</p> <p>Compromiso con la calidad, la integridad y la mejora continua.</p> <p>Disponibilidad horaria para adaptarse a las necesidades de la empresa.</p>	

Tabla 8.4-8 - Ficha de función del Auxiliar de Cobranzas | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
UNIDAD	Gerencia de Administración
SECTOR	Departamento de Cobranzas
ROL	<b>Auxiliar de Cobranzas</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Administración y Jefe de Cobranzas
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Cobranzas
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Realizar gestión de cobranza a clientes, asegurando cumplimiento de plazos.</p> <p>Registrar y conciliar pagos recibidos en el sistema contable.</p> <p>Preparar reportes de cartera de clientes y seguimiento de cuentas por cobrar.</p> <p>Contactar clientes para recordatorios de pago y negociación de plazos.</p> <p>Apoyar en la resolución de disputas o inconsistencias en facturación.</p> <p>Mantener actualizada la información de clientes y condiciones de pago.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Formación académica en Administración, Contabilidad o carreras afines.</p> <p>Experiencia de al menos 2 años en gestión de cobranzas.</p> <p>Conocimientos en facturación, cuentas por cobrar y normativa financiera.</p> <p>Manejo de sistemas contables y ERP.</p> <p>Habilidades de comunicación, negociación y resolución de conflictos.</p>	

Tabla 8.4-9 - Ficha de función del Gerente de Operaciones | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Gerencia de Operaciones
ROL	<b>Gerente de Operaciones</b>
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Jefes de Departamentos: Logística y Almacenamiento, Gestión de Proyectos, Producción y Mantenimiento Auxiliar de Logística, Encargado de Almacén, Asistente de Proyectos, Operario de Producción y Técnico de Mantenimiento
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Monitorear el desempeño operativo.</p> <p>Realizar el seguimiento de los indicadores clave de desempeño (KPIs).</p> <p>Elaborar informes detallados y periódicos sobre el rendimiento del área para presentarlos a la alta dirección.</p> <p>Promover un entorno de trabajo colaborativo y multidisciplinario.</p> <p>Facilitar la comunicación entre las áreas de la organización y con los respectivos jefes.</p> <p>Contribuir con el cumplimiento de los objetivos globales de la empresa.</p> <p>Supervisar y gestionar el presupuesto asignado al área.</p> <p>Evaluar su ejecución y realizar ajustes.</p> <p>Fomentar el uso adecuado de los recursos disponibles.</p> <p>Controlar los costos operativos.</p> <p>Velar por la coherencia entre las inversiones y los objetivos de productividad y rentabilidad de la unidad.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Título universitario en Ingenierías Orientadas a Procesos o en Administración de Empresas con al menos 7 años de experiencia en puestos similares.</p> <p>Capacidad para dirigir y coordinar equipos de trabajo multidisciplinarios. Habilidad para promover un ambiente de trabajo colaborativo y eficiente.</p> <p>Habilidades excepcionales en comunicación verbal y escrita, con una destacada capacidad de oratoria y manejo de relaciones interpersonales.</p> <p>Capacidad para tomar decisiones rápidas y efectivas en situaciones de alta presión.</p> <p>Experiencia comprobable en la gestión de presupuestos, supervisión de informes financieros y contables y en la toma de decisiones estratégicas.</p> <p>Valores clave: Compromiso con los estándares de calidad, integridad, ética y profesionalismo.</p>	

Tabla 8.4-10 - Ficha de función del Jefe de Logística y Almacenamiento | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Logística y Almacenamiento
ROL	<b>Jefe de Logística y Almacenamiento</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	Auxiliar de Logística y Encargado de Almacén
REPORTA A	Gerente de Operaciones
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Desarrollar y realizar el análisis de stock de suministros para asegurar la continuidad de la capacidad productiva de la planta.</p> <p>Establecer y mantener relaciones con proveedores y clientes para garantizar una gestión eficiente de los suministros y las entregas.</p> <p>Elaborar informes y realizar un relevamiento detallado del área a su cargo para llevar a cabo evaluaciones de desempeño del personal.</p> <p>Asegurar que todo el personal bajo su responsabilidad cumpla con los requisitos establecidos en el área de higiene y seguridad.</p> <p>Colaborar activamente con el gerente de operaciones en la exploración de nuevas alternativas de negocio y en el análisis del mercado proveedor en general.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Graduado universitario en Ingeniería Química, Industrial, o afines.</p> <p>Licenciados o Técnicos en Administración de Empresas o carreras afines a Logística.</p> <p>Experiencia mínima de 3 años en puestos similares.</p> <p>Habilidad para liderar grupos de empleados de diversos departamentos y niveles.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales.</p> <p>Excelente oratoria y liderazgo.</p> <p>Habilidad en la toma de decisiones bajo ambientes de presión, experiencia en gestión financiera y preparación de presupuestos, y supervisión de informes financieros y contables.</p> <p>Conocimiento de herramientas básicas de informática, y programación (deseable).</p> <p>Uso de programas de Gestión Logística deseable.</p> <p>Compromiso, Calidad e Integridad.</p>	

Tabla 8.4-11 - Ficha de función del Auxiliar de Logística | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
<b>UNIDAD</b>	Gerencia de Operaciones
<b>SECTOR</b>	Departamento de Logística y Almacenamiento
<b>ROL</b>	<b>Auxiliar de Logística</b>
<b>SUPERVISADO POR</b>	Gerente de Operaciones y Jefe de Logística y Almacenamiento
<b>SUPERVISA A</b>	-
<b>REPORTA A</b>	Jefe de Logística y Almacenamiento
<b>CATEGORÍA</b>	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Coordinar el movimiento y distribución de materiales.</p> <p>Realizar seguimiento de pedidos y tiempos de entrega.</p> <p>Mantener actualizados los registros de inventario.</p> <p>Apoyar en la recepción y despacho de mercancía.</p> <p>Colaborar con proveedores y transportistas en la logística de entrega.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Estudios en Logística, Administración o carrera afín.</p> <p>Experiencia mínima de 1 año en logística o distribución.</p> <p>Conocimientos en gestión de inventarios y sistemas ERP.</p> <p>Capacidad organizativa y trabajo en equipo.</p>	

Tabla 8.4-12 - Ficha de función del Encargado de Almacén | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Logística y Almacenamiento
ROL	<b>Encargado de Almacén</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones y Jefe de Logística y Almacenamiento
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Logística y Almacenamiento
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Supervisar la correcta recepción, almacenamiento y distribución de materiales.</p> <p>Controlar el stock y asegurar la precisión de inventarios.</p> <p>Coordinar con logística el abastecimiento de materiales.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de normas de seguridad en almacén.</p> <p>Optimizar el espacio de almacenamiento y mejorar los procesos internos.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Estudios en carreras afines a Logística y Administración.</p> <p>Experiencia mínima de 3 años en gestión de almacenes.</p> <p>Manejo de sistemas de inventario y logística.</p> <p>Habilidades de liderazgo y gestión de equipos.</p>	

Tabla 8.4-13 - Ficha de función del Jefe de Gestión de Proyectos | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Gestión de Proyectos
ROL	<b>Jefe de Gestión de Proyectos</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	Asistente de Proyectos
REPORTA A	Gerente de Operaciones
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Desarrollar y liderar proyectos asegurando que se cumplan los plazos, presupuestos y estándares de calidad establecidos.</p> <p>Coordinar y supervisar los equipos de trabajo involucrados en cada proyecto. Asegurar la correcta asignación de recursos y la resolución de problemas.</p> <p>Gestionar la relación con los clientes, proveedores y otras partes interesadas.</p> <p>Realizar el seguimiento del proyecto, ajustando planes y estrategias según sea necesario para garantizar el cumplimiento de los objetivos.</p> <p>Identificar y actuar sobre los riesgos asociados al proyecto.</p> <p>Gestionar los recursos del proyecto, asegurando una correcta utilización de tiempo, presupuesto y personal.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Título universitario en Ingeniería Industrial, Administración de Empresas o áreas afines.</p> <p>Experiencia mínima de 5 años en gestión de proyectos, preferentemente en entornos industriales.</p> <p>Habilidades de liderazgo y capacidad para gestionar equipos multidisciplinarios.</p> <p>Experiencia en gestión de recursos.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación y negociación, tanto con equipos internos como con clientes y proveedores.</p> <p>Conocimiento en herramientas de gestión de proyectos.</p> <p>Compromiso con la calidad, mejora continua, cumplimiento de los objetivos del proyecto y satisfacción del cliente.</p> <p>Disponibilidad para viajar y adaptabilidad a relocalizaciones temporales.</p> <p>Orientación al detalle, capacidad de organización y habilidades analíticas.</p>	

Tabla 8.4-14 - Ficha de función del Asistente de Proyectos | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Gestión de Proyectos
ROL	<b>Asistente de Proyectos</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones y Jefe de Gestión de Proyectos
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Gestión de Proyectos
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p style="text-align: center;">Apoyar en la planificación y seguimiento de proyectos.</p> <p style="text-align: center;">Elaborar informes y documentación técnica.</p> <p style="text-align: center;">Coordinar reuniones y realizar seguimiento de tareas.</p> <p style="text-align: center;">Colaborar en la gestión de costos y cronogramas de proyectos.</p> <p style="text-align: center;">Asegurar el cumplimiento de normas y procedimientos en proyectos.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p style="text-align: center;">Estudios universitarios en Ingenierías o carreras afines.</p> <p style="text-align: center;">Experiencia mínima de 2 años en gestión de proyectos.</p> <p style="text-align: center;">Manejo de herramientas de gestión de proyectos (MS Project, ERP).</p> <p style="text-align: center;">Habilidades organizativas y trabajo en equipo.</p>	

Tabla 8.4-15 - Ficha de función del Jefe de Producción | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Producción
ROL	<b>Jefe de Producción</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Gerente de Operaciones
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Planificar la producción.</p> <p>Alinearla con los requerimientos de la empresa y la demanda del mercado.</p> <p>Coordinar el trabajo del personal de producción y de las áreas vinculadas.</p> <p>Asegurar el flujo eficiente de las operaciones.</p> <p>Identificar oportunidades de mejora en los procesos y en el entorno de trabajo. Proponer soluciones para optimizar la producción.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de los requerimientos de Higiene y Seguridad en todas las etapas del proceso productivo.</p> <p>Coordinar con el área de mantenimiento en la ejecución de los distintos tipos de mantenimiento. Contribuir en la planificación de la parada anual de fábrica.</p> <p>Elaborar y presentar informes diarios sobre la producción y el desempeño.</p> <p>Intervenir en la gestión de los inventarios de materiales y productos destinados al área de almacén y logística, asegurando su disponibilidad y correcto manejo.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Título universitario en Ingeniería Química o Ingeniería Industrial.</p> <p>Experiencia mínima de 3 años en puestos similares.</p> <p>Capacidad para liderar equipos multidisciplinares en distintos niveles organizacionales.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación, oratoria y liderazgo.</p> <p>Capacidad para tomar decisiones efectivas en entornos de alta presión.</p> <p>Conocimientos en herramientas básicas de informática.</p> <p>Disponibilidad horaria.</p> <p>Conocimiento de normas de calidad y seguridad en el trabajo.</p> <p>Compromiso, enfoque en la calidad e integridad profesional.</p>	

Tabla 8.4-16 - Ficha de función del Operario de Producción | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
<b>UNIDAD</b>	Gerencia de Operaciones
<b>SECTOR</b>	Departamento de Producción
<b>ROL</b>	<b>Operario de Producción</b>
<b>SUPERVISADO POR</b>	Gerente de Operaciones y Jefe de Producción
<b>SUPERVISA A</b>	-
<b>REPORTA A</b>	Jefe de Producción
<b>CATEGORÍA</b>	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Operar maquinaria y equipos en la línea de producción.</p> <p>Cumplir con los estándares de calidad y seguridad.</p> <p>Realizar mantenimiento básico a los equipos.</p> <p>Colaborar en la optimización de procesos productivos.</p> <p>Registrar datos de producción y reportar incidencias.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Formación técnica en mecánica, electricidad o tecnicaturas afines.</p> <p>Experiencia mínima de 1 año en procesos productivos.</p> <p>Conocimientos en operación de maquinaria industrial del sector.</p> <p>Capacidad de trabajo en equipo y cumplimiento de normas.</p>	

Tabla 8.4-17 - Ficha de función del Jefe de Mantenimiento | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Mantenimiento
ROL	<b>Jefe de Mantenimiento</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	Técnico de Mantenimiento
REPORTA A	Gerente de Operaciones
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Planificar y coordinar el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos y maquinarias, en función de los programas de producción y las necesidades operativas de la empresa.</p> <p>Supervisar y gestionar al equipo de técnicos de mantenimiento, asegurando que dispongan de los recursos necesarios para desempeñar su labor de manera eficiente.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente en el área de mantenimiento.</p> <p>Analizar y diagnosticar fallas, implementando medidas correctivas y preventivas para minimizar su recurrencia.</p> <p>Coordinar con el departamento de compras la adquisición de repuestos y materiales necesarios para el mantenimiento.</p> <p>Elaborar informes y reportes sobre la gestión del mantenimiento, proporcionando datos clave para la toma de decisiones a nivel directivo.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Título universitario en Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Industrial o carreras afines.</p> <p>Experiencia mínima de 3 años en posiciones similares.</p> <p>Conocimientos técnicos en mantenimiento preventivo y correctivo de equipos industriales.</p> <p>Gestión de repuestos y planificación de mantenimiento.</p> <p>Conocimiento comprobable en normas de seguridad e higiene industrial.</p> <p>Habilidades de liderazgo y gestión de equipos de trabajo.</p> <p>Capacidad para gestionar costos y presupuestos de mantenimiento.</p> <p>Capacidad para tomar de decisiones bajo presión.</p> <p>Análisis y resolución de problemas.</p> <p>Comunicación efectiva y trabajo en equipo.</p> <p>Manejo de herramientas de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) y conocimientos en MS Office. Se valorará experiencia en automatización.</p> <p>Flexibilidad para atender emergencias y coordinar paradas programadas de mantenimiento.</p>	

Tabla 8.4-18 - Ficha de función del Técnico de Mantenimiento | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Mantenimiento
ROL	<b>Técnico de Mantenimiento</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones y Jefe de Departamento de Mantenimiento
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Departamento de Mantenimiento
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de equipos.</p> <p>Diagnosticar y solucionar fallas mecánicas y eléctricas.</p> <p>Documentar y reportar actividades de mantenimiento.</p> <p>Cumplir con los protocolos de seguridad industrial.</p> <p>Optimizar la disponibilidad y eficiencia de los equipos.</p> <p>Velar por el cuidado de los equipos.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Formación técnica en Electromecánica, Electricidad o afines.</p> <p>Experiencia mínima de 2 años en mantenimiento industrial y reparación de equipos del sector.</p> <p>Conocimientos en sistemas eléctricos, neumáticos e hidráulicos.</p> <p>Capacidad de resolución de problemas y trabajo en equipo.</p>	

Tabla 8.4-19 - Ficha de función del Gerente Comercial | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia Comercial
SECTOR	Gerencia Comercial
ROL	<b>Gerente Comercial</b>
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Jefes de Departamentos: Ventas y Marketing Ejecutivo de Ventas y Community Manager
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Planificar y ejecutar las estrategias de ventas y marketing de la empresa.</p> <p>Gestionar el presupuesto del departamento de ventas y marketing.</p> <p>Dirigir y motivar a los equipos a cargo.</p> <p>Asegurar el cumplimiento de los objetivos.</p> <p>Establecer y mantener relaciones comerciales con clientes, proveedores y socios estratégicos.</p> <p>Reportar al director general de la empresa los resultados de las operaciones comerciales.</p> <p>Proponer acciones para mejorar el desempeño.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Formación universitaria como Ingeniero Industrial, Licenciado en Administración de Empresas o roles similares.</p> <p>Experiencia mínima de 5 años en industrias de manufactura o similares.</p> <p>Habilidad para liderar grupos multidisciplinarios.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales</p> <p>Excelente oratoria y liderazgo.</p> <p>Habilidad para desarrollarse en el mercado.</p> <p>Experiencia comprobable en gestión financiera y preparación de presupuestos.</p> <p>Conocimiento de herramientas básicas de informática.</p> <p>Compromiso, calidad e Integridad.</p>	

Tabla 8.4-20 - Ficha de función del Jefe de Ventas | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia Comercial
SECTOR	Departamento de Ventas
ROL	<b>Jefe de Ventas</b>
SUPERVISADO POR	Gerente Comercial
SUPERVISA A	Ejecutivo de Ventas
REPORTA A	Gerente Comercial
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Identificar y desarrollar oportunidades de negocio y ventas.</p> <p>Analizar y comprender las necesidades y requerimientos de los clientes.</p> <p>Promocionar y comercializar los productos y servicios de la empresa.</p> <p>Establecer y fortalecer relaciones a largo plazo con clientes actuales y potenciales.</p> <p>Elaborar propuestas, cotizaciones y presentaciones adaptadas a cada cliente.</p> <p>Establecer comunicación con los departamentos correspondientes para asegurar la viabilidad de los proyectos.</p> <p>Negociar acuerdos y concretar ventas, asegurando el cumplimiento de los objetivos comerciales.</p> <p>Colaborar con el equipo de marketing en la planificación y ejecución de estrategias comerciales.</p> <p>Elaborar y presentar informes de ventas periódicos a la dirección.</p> <p>Representar a la empresa en eventos del sector y actividades involucradas en la generación de nuevas oportunidades de negocio.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Formación universitaria en Administración de Empresas, Comercialización, Marketing, Economía, Ingeniería Industrial o afines.</p> <p>Experiencia comprobable en ventas y negociación.</p> <p>Fuertes habilidades interpersonales y de comunicación.</p> <p>Capacidad para trabajar de manera independiente y en equipo.</p> <p>Fuerte orientación a resultados y capacidades para cumplir y superar los objetivos de ventas establecidos.</p> <p>Conocimiento de la industria y los productos/servicios de la empresa.</p> <p>Habilidad para construir relaciones a largo plazo con los clientes.</p> <p>Conocimientos informáticos y habilidades de presentación efectiva.</p>	

Tabla 8.4-21 - Ficha de función del Ejecutivo de Ventas| Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
UNIDAD	Gerencia Comercial
SECTOR	Departamento de Ventas
ROL	<b>Ejecutivo de Ventas</b>
SUPERVISADO POR	Gerente Comercial y Jefe de Ventas
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Ventas
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Gestionar la cartera de clientes y generar nuevas oportunidades de negocio.</p> <p>Elaborar propuestas comerciales y cotizaciones.</p> <p>Realizar seguimiento a clientes y coordinar visitas comerciales.</p> <p>Cumplir con los objetivos de ventas establecidos.</p> <p>Colaborar con el equipo de marketing en estrategias comerciales.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Estudios en Administración, Comercialización o carreras afines.</p> <p>Experiencia mínima de 2 años en ventas B2B.</p> <p>Habilidades de negociación y cierre de ventas.</p> <p>Manejo de herramientas CRM y de gestión comercial.</p>	

Tabla 8.4-22 - Ficha de función del Jefe de Marketing | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia Comercial
SECTOR	Departamento de Marketing
ROL	<b>Jefe de Marketing</b>
SUPERVISADO POR	Gerente Comercial
SUPERVISA A	Community Manager
REPORTA A	Gerente Comercial
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Desarrollar e implementar planes de marketing para los productos y servicios de la empresa.</p> <p>Realizar investigaciones de mercado para identificar oportunidades de crecimiento y entender las necesidades de los clientes.</p> <p>Gestionar campañas publicitarias, promociones y eventos de marketing.</p> <p>Analizar datos de ventas y de mercado para evaluar el impacto de las estrategias de marketing y proponer mejoras.</p> <p>Administrar el presupuesto del área de marketing, optimizando el uso de los recursos disponibles.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Formación universitaria en Marketing, Comercialización o carreras afines.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales.</p> <p>Creatividad y capacidad para desarrollar estrategias innovadoras que maximicen el alcance del producto.</p> <p>Capacidad analítica para interpretar datos y tomar decisiones basadas en resultados.</p> <p>Manejo de herramientas básicas de informática y software de marketing digital.</p> <p>Se valorará experiencia en gestión de redes sociales y análisis de datos.</p> <p>Compromiso, enfoque en la calidad e integridad profesional.</p> <p>Disponibilidad horaria para adaptarse a eventos y campañas estratégicas.</p>	

Tabla 8.4-23 - Ficha de función del Community Manager | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
UNIDAD	Gerencia Comercial
SECTOR	Departamento de Marketing
ROL	<b>Community Manager</b>
SUPERVISADO POR	Gerente Comercial y Jefe de Marketing
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Marketing
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Gestionar y crear contenido para redes sociales y sitio web.</p> <p>Monitorear y responder interacciones en plataformas digitales.</p> <p>Planificar y ejecutar estrategias de marketing digital.</p> <p>Analizar métricas y elaborar informes de desempeño.</p> <p>Colaborar en la organización de eventos y campañas publicitarias.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Estudios en Marketing, Comunicación o carreras afines.</p> <p>Experiencia mínima de 1 año en gestión de redes sociales.</p> <p>Manejo de herramientas de diseño y gestión de contenido.</p> <p>Habilidades de comunicación y creatividad.</p>	

Tabla 8.4-24 - Ficha de función del Gerente de Control de Calidad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Control de Calidad
SECTOR	Gerencia de Control de Calidad
ROL	<b>Gerente de Control de Calidad</b>
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Jefes de Departamentos: Control de Calidad y Análisis de efluentes Asistente de Calidad, Analista de Procesos y Técnico de Laboratorio
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Desarrollar, implementar y supervisar los sistemas de gestión de calidad en los procesos productivos.</p> <p>Asegurar el cumplimiento de normativas y estándares de calidad aplicables a los productos y servicios.</p> <p style="padding-left: 40px;">Coordinar y supervisar al equipo de control de calidad en la inspección de equipos, procesos y productos terminados.</p> <p>Gestionar auditorías internas y externas, asegurando la preparación y cumplimiento de los requisitos exigidos.</p> <p>Identificar oportunidades de mejora en los procesos de producción para garantizar productos con alta calidad.</p> <p style="padding-left: 40px;">Elaborar informes de calidad y reportar indicadores clave a la dirección.</p> <p>Coordinar capacitaciones para el personal en buenas prácticas de manufactura y control de calidad.</p>	
JOB PROFILE	
<p style="text-align: center;">Título universitario en Ingenierías.</p> <p>Experiencia mínima de 3 años en gestión de calidad en industrias manufactureras o de servicios.</p> <p style="padding-left: 40px;">Experiencia comprobable en auditorías de calidad y certificaciones.</p> <p style="padding-left: 40px;">Conocimientos comprobables en Normas de calidad (ISO 9001, ISO 14001 e ISO 22000).</p> <p style="padding-left: 40px;">Capacidad de gestión de equipos y resolución de problemas.</p> <p style="padding-left: 40px;">Comunicación efectiva y toma de decisiones.</p>	

Tabla 8.4-25 - Ficha de función del Jefe de Gestión de Calidad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Control de Calidad
SECTOR	Departamento de Gestión de Calidad
ROL	<b>Jefe de Gestión de Calidad</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Control de Calidad
SUPERVISA A	Asistente de Calidad y Analista de Procesos
REPORTA A	Gerente de Control de Calidad
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Supervisar y coordinar el análisis de los efluentes industriales recibidos.</p> <p>Planificar, coordinar y ejecutar muestreos y análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes, asegurando la confiabilidad de los resultados.</p> <p>Contribuir con la mejoras en los sistemas de tratamiento de efluentes ofrecidos, optimizando procesos y costos.</p> <p>Garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por organismos regulatorios y normativas ambientales dentro del laboratorio.</p> <p>Elaborar informes técnicos para la organización solicitante.</p> <p>Capacitar al personal sobre buenas prácticas en la gestión de efluentes y normativas ambientales.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Título universitario en Ingeniería Química, Ingeniería Ambiental, Licenciatura en Ciencias Ambientales o carreras afines.</p> <p>Experiencia mínima de 3 años en análisis y tratamiento de efluentes en industrias.</p> <p>Conocimiento en manipulación de legislaciones ambiental y normativa sobre vertidos industriales.</p> <p>Conocimiento comprobable en técnicas de muestreo y análisis de efluentes.</p> <p>Conocimiento en sistemas de tratamiento de aguas residuales y residuos industriales.</p> <p>Análisis de datos de laboratorio</p> <p>Capacidad para trabajar en equipo y coordinar con otras áreas.</p> <p>Elaboración de reportes técnicos.</p> <p>Disponibilidad para inspecciones, muestreos y emergencias ambientales.</p>	

Tabla 8.4-26 - Ficha de función del Asistente de Calidad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Control de Calidad
SECTOR	Departamento de Gestión de Calidad
ROL	<b>Asistente de Calidad</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Control de Calidad y Jefe de Gestión de Calidad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Gestión de Calidad
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
- CORE DUTIES	
<p>Apoyar en la implementación y mantenimiento de sistemas de calidad.</p> <p>Realizar inspecciones y auditorías internas.</p> <p>Colaborar en la elaboración de informes de calidad.</p> <p>Verificar el cumplimiento de normativas y procedimientos.</p> <p>- Participar en la gestión documental de calidad.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Título universitario en Ingeniería Industrial, Química o carreras afines.</p> <p>Experiencia mínima de 2 años en control de calidad.</p> <p>Conocimientos en normativas ISO y auditorías internas.</p> <p>- Capacidad de análisis y trabajo en equipo.</p>	

Tabla 8.4-27 - Ficha de función del Analista de Procesos | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Control de Calidad
SECTOR	Departamento de Gestión de Calidad
ROL	<b>Analista de Procesos</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Control de Calidad y Jefe de Gestión de Calidad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Gestión de Calidad
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
- CORE DUTIES	
<p style="text-align: center;">Analizar y optimizar procesos productivos y administrativos.</p> <p style="text-align: center;">Elaborar y actualizar procedimientos operativos.</p> <p style="text-align: center;">Identificar oportunidades de mejora continua.</p> <p style="text-align: center;">Participar en la implementación de metodologías de gestión de calidad.</p> <p style="text-align: center;">Colaborar con distintos departamentos para estandarización de procesos.</p>	
JOB PROFILE	
<p style="text-align: center;">Título universitario en Ingeniería Industrial, de Procesos o carreras afines.</p> <p style="text-align: center;">Experiencia mínima de 2 años en análisis de procesos.</p> <p style="text-align: center;">Conocimientos en Lean Manufacturing y metodologías de mejora continua.</p> <p style="text-align: center;">Capacidad de resolución de problemas y análisis de datos.</p>	

Tabla 8.4-28 - Ficha de función del Jefe de Análisis de Laboratorio | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE	
UNIDAD	Gerencia de Control de Calidad
SECTOR	Departamento de Análisis de Efluentes
ROL	<b>Jefe de Análisis de Efluente</b>
SUPERVISADO POR	Gerente de Control de Calidad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Gerente de Control de Calidad
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
<p>Diseñar, implementar y mantener el sistema de gestión de calidad en toda la organización, asegurando lineamientos aplicables al tratamiento de efluentes y procesos industriales.</p> <p>Supervisar y liderar los departamentos de Control de Calidad y Análisis de Efluentes, garantizando la precisión y confiabilidad de los resultados y la conformidad con los estándares establecidos.</p> <p>Coordinar y colaborar con otros departamentos para asegurar el cumplimiento efectivo de las políticas y procedimientos de calidad en todas las operaciones.</p> <p>Implementar planes de mejora continua para optimizar la eficiencia operativa y garantizar por sobre todo la satisfacción del cliente.</p> <p>Asegurar el cumplimiento de normativas y regulaciones ambientales y de calidad aplicables al sector.</p> <p>Realizar auditorías internas y externas para evaluar el desempeño del sistema de gestión de calidad y proponer mejoras en su eficacia y eficiencia.</p>	
JOB PROFILE	
<p>Título universitario en Ingeniería Química, Ambiental o Industrial, con al menos 5 años de experiencia en posiciones similares.</p> <p>Capacidad para liderar equipos en los departamentos de Control de Calidad y Análisis de efluentes, asegurando la alineación con normativas y estándares de la industria.</p> <p>Excelentes habilidades de comunicación, liderazgo y trabajo en equipo, con capacidad para interactuar con distintos niveles de la organización.</p> <p>Experiencia en la implementación, mantenimiento y supervisión de sistemas de gestión de calidad en organizaciones del sector.</p> <p>Sólidos conocimientos de normativas y regulaciones aplicables a la calidad y los efluentes industriales.</p> <p>Compromiso con la satisfacción del cliente, mejora continua, excelencia operativa y cumplimiento normativo.</p>	

Tabla 8.4-29 - Ficha de función del Técnico de Laboratorio | Fuente - Autoría propia

<b>FICHA DE FUNCIÓN - AZULENCE</b>	
<b>UNIDAD</b>	Gerencia de Control de Calidad
<b>SECTOR</b>	Departamento de Análisis de Efluentes
<b>ROL</b>	<b>Técnico de Laboratorio</b>
<b>SUPERVISADO POR</b>	Gerente de Control de Calidad y Jefe de Análisis de Efluentes
<b>SUPERVISA A</b>	-
<b>REPORTA A</b>	Jefe de Análisis de Efluentes
<b>CATEGORÍA</b>	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
<b>CORE DUTIES</b>	
<p>Realizar análisis de muestras de efluentes y agua.</p> <p>Registrar y reportar resultados de pruebas de laboratorio.</p> <p>Mantener en óptimas condiciones los equipos de laboratorio.</p> <p>Asegurar el cumplimiento de normativas ambientales.</p> <p>Colaborar en estudios de calidad de efluentes.</p>	
<b>JOB PROFILE</b>	
<p>Formación técnica en Química, Procesos Industriales, Gestión Ambiental o afines.</p> <p>Experiencia mínima de 2 años en análisis de laboratorio.</p> <p>Conocimientos en técnicas analíticas y normativas ambientales.</p> <p>Capacidad de precisión y cumplimiento de protocolos.</p>	

### 8.4.3 Categorización del personal

Para el análisis de la escala salarial, se tomó como referencia el Convenio Colectivo de Trabajo **UNIÓN EMPLEADOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y AFINES DE LA REPUBLICA ARGENTINA (U.E.C.A.R.A.)**

Dicho CCT se definió a partir del informe presentado por el ARCA donde, en su Nomenclatura de Actividades Económicas, se encuentran:

- Los servicios de arquitectura e ingeniería y servicios técnicos no categorizados previamente
- Los servicios relacionados con la construcción (incluye los servicios prestados por ingenieros, arquitectos y técnicos)
- Instalación de maquinaria y equipos industriales

La clasificación del personal, según se presenta en el CCT 660/13, es la siguiente:

#### 8.4.3.1 Departamento de Compras

##### a. Jefe de Compras – **1ra Categoría: Analista administrativo** según CCT

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por sus amplios conocimientos en las mismas le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría, sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista de Recursos Humanos
- Analista de Finanzas y Administración
- Analista de Compras
- Analista de Obra

El salario para este puesto asciende a \$1.049.146

##### b. Auxiliar de Compras – **2da Categoría: Auxiliar administrativo** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliares de Recursos Humanos
- Liquidadores de sueldos y jornales
- Auxiliares de Finanzas y/o Administración
- Auxiliares de Compras
- Auxiliares de Obra
- Recepcionistas Senior
- Cobradores

El salario para este puesto asciende a \$968.527

#### **8.4.3.2 Departamento de Contabilidad**

##### **c. Jefe de Contabilidad – 1ra Categoría: Analista administrativo según CCT**

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por sus amplios conocimientos en las mismas le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría, sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista de Recursos Humanos
- Analista de Finanzas y Administración
- Analista de Compras
- Analista de Obra

El salario para este puesto asciende a \$1.049.146

##### **d. Auxiliar Contable – 2da Categoría: Auxiliar administrativo según CCT**

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliares de Recursos Humanos
- Liquidadores de sueldos y jornales

- Auxiliares de Finanzas y/o Administración
- Auxiliares de Compras
- Auxiliares de Obra
- Recepcionistas Senior
- Cobradores

El salario para este puesto asciende a \$968.527

#### **8.4.3.3 Departamento de Cobranzas**

##### **e. Jefe de Cobranzas – 1ra Categoría: Analista administrativo según CCT**

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por sus amplios conocimientos en las mismas le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría, sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista de Recursos Humanos
- Analista de Finanzas y Administración
- Analista de Compras
- Analista de Obra

El salario para este puesto asciende a \$1.049.146

##### **f. Auxiliar de Cobranzas – 2da Categoría: Auxiliar administrativo según CCT**

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliares de Recursos Humanos
- Liquidadores de sueldos y jornales
- Auxiliares de Finanzas y/o Administración
- Auxiliares de Compras

- Auxiliares de Obra
- Recepcionistas Senior
- Cobradores

El salario para este puesto asciende a \$968.527

#### **8.4.3.4 Departamento de Logística y Almacenamiento**

g. Jefe de Logística y Almacenamiento – **1ra. Categoría: Analista Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por poseer amplios conocimientos le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista Técnico de Obra
- Analista Técnica de Compras y/o Activador de Compras
- Analista Técnico de Verificación de Materiales y Equipos
- Sobrestante de Obra
- Analista Técnica de Servicios Generales y Logística
- Analista Técnica de Almacenes
- Analista Técnico de Laboratorio
- Analista Técnico de Medicina Laboral
- Analista Técnico de Topografía
- Dibujante proyectista Senior
- Calculista de costos Senior
- Técnico calculista Senior
- Técnicos en Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente
- Técnico computista Senior

El salario para este puesto asciende a \$1.147.156

h. Auxiliar en Logística – **2da. Categoría: Auxiliar Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliar Técnico de Obra,
- Auxiliar Técnico de Laboratorio
- Auxiliar de oficina técnica
- Auxiliar de costos
- Dibujante Semi-Senior
- Computista Semi-Senior
- Calculista Semi-Senior
- Presupuestista Semi-Senior
- Auxiliar Técnico de Logística
- Auxiliares Técnicos de Almacenamiento
- Auxiliares Técnicos de Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente

El salario para este puesto asciende a \$1.062.849

i. Encargado de Almacén - **2da. Categoría: Auxiliar Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliar Técnico de Obra,
- Auxiliar Técnico de Laboratorio
- Auxiliar de oficina técnica
- Auxiliar de costos

- Dibujante Semi-Senior
- Computista Semi-Senior
- Calculista Semi-Senior
- Presupuestista Semi-Senior
- Auxiliar Técnico de Logística
- Auxiliares Técnicos de Almacenamiento
- Auxiliares Técnicos de Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente

El salario para este puesto asciende a \$1.062.849

#### **8.4.3.5 Departamento de Gestión de Proyectos**

##### **j. Jefe de Gestión de Proyectos – 1ra. Categoría: Analista Técnico según CCT**

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por poseer amplios conocimientos le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista Técnico de Obra
- Analista Técnica de Compras y/o Activador de Compras
- Analista Técnico de Verificación de Materiales y Equipos
- Sobrestante de Obra
- Analista Técnica de Servicios Generales y Logística
- Analista Técnica de Almacenes
- Analista Técnico de Laboratorio
- Analista Técnico de Medicina Laboral
- Analista Técnico de Topografía
- Dibujante proyectista Senior
- Calculista de costos Senior

- Técnico calculista Senior
- Técnicos en Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente
- Técnico computista Senior

El salario para este puesto asciende a \$1.147.156

k. Asistente de Proyectos – **2da. Categoría: Auxiliar Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliar Técnico de Obra,
- Auxiliar Técnico de Laboratorio
- Auxiliar de oficina técnica
- Auxiliar de costos
- Dibujante Semi-Senior
- Computista Semi-Senior
- Calculista Semi-Senior
- Presupuestista Semi-Senior
- Auxiliar Técnico de Logística
- Auxiliares Técnicos de Almacenamiento
- Auxiliares Técnicos de Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente

El salario para este puesto asciende a \$1.062.849

#### **8.4.3.6 Departamento de Producción**

I. Jefe de Producción – 1ra Categoría: Capataz de Obra según CCT

Debe saber interpretar planos (generales y de detalle) de los trabajos a realizar y se encuentra al frente de una obra o tiene la función de orientar a 2 o más capataces de Tarea, Fase o Especialidad según corresponda.

Se incluyen en esta categoría la función de:

- Capataz de obra

El salario para este puesto asciende a \$1.331.086

m. Operarios de Producción - 2da. Categoría : Capataz de Tarea, Fase o Especialidad según CCT

También debe saber interpretar planos (generales y de detalle) y tener conocimientos completos de su especialidad.

Se incluyen en esta categoría a los:

- Capataces de Tareas, Fases o Especialidades de las distintas etapas de la Obra

El salario para este puesto asciende a \$1.211.614

#### **8.4.3.7 Departamento de Mantenimiento**

n. Jefe de Mantenimiento **2da. Categoría: Auxiliar Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliar Técnico de Obra,
- Auxiliar Técnico de Laboratorio
- Auxiliar de oficina técnica
- Auxiliar de costos
- Dibujante Semi-Senior
- Computista Semi-Senior
- Calculista Semi-Senior
- Presupuestista Semi-Senior
- Auxiliar Técnico de Logística
- Auxiliares Técnicos de Almacenamiento

- Auxiliares Técnicos de Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente

El salario para este puesto asciende a \$1.062.849

o. Técnico en Mantenimiento – **3ra. Categoría: Ayudante Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas que requieren práctica y criterio propio.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Dibujante Junior
- Archivista Técnico

El salario para este puesto asciende a \$976.064

#### **8.4.3.8 Departamento de Ventas**

p. Jefe de Ventas – **1ra Categoría: Analista administrativo** según CCT

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por sus amplios conocimientos en las mismas le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría, sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista de Recursos Humanos
- Analista de Finanzas y Administración
- Analista de Compras
- Analista de Obra

El salario para este puesto asciende a \$1.049.146

q. Ejecutivo de Ventas – **2da Categoría: Auxiliar administrativo** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliares de Recursos Humanos

- Liquidadores de sueldos y jornales
- Auxiliares de Finanzas y/o Administración
- Auxiliares de Compras
- Auxiliares de Obra
- Recepcionistas Senior
- Cobradores

El salario para este puesto asciende a \$968.527

#### **8.4.3.9 Departamento de Marketing**

##### **r. Jefe de Marketing – 1ra Categoría: Analista administrativo según CCT**

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por sus amplios conocimientos en las mismas le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría, sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista de Recursos Humanos
- Analista de Finanzas y Administración
- Analista de Compras
- Analista de Obra

El salario para este puesto asciende a \$1.049.146

##### **s. Community Manager – 2da Categoría: Auxiliar administrativo según CCT**

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliares de Recursos Humanos
- Liquidadores de sueldos y jornales
- Auxiliares de Finanzas y/o Administración
- Auxiliares de Compras

- Auxiliares de Obra
- Recepcionistas Senior
- Cobradores

El salario para este puesto asciende a \$968.527

#### **8.4.3.10 Departamento de Gestión de Calidad**

##### **t. Jefe de Gestión de Calidad Almacenamiento – 1ra. Categoría: Analista Técnico según CCT**

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por poseer amplios conocimientos le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista Técnico de Obra
- Analista Técnica de Compras y/o Activador de Compras
- Analista Técnico de Verificación de Materiales y Equipos
- Sobrestante de Obra
- Analista Técnica de Servicios Generales y Logística
- Analista Técnica de Almacenes
- Analista Técnico de Laboratorio
- Analista Técnico de Medicina Laboral
- Analista Técnico de Topografía
- Dibujante proyectista Senior
- Calculista de costos Senior
- Técnico calculista Senior
- Técnicos en Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente
- Técnico computista Senior

El salario para este puesto asciende a \$1.147.156

u. Analista de Procesos – **2da. Categoría: Auxiliar Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliar Técnico de Obra,
- Auxiliar Técnico de Laboratorio
- Auxiliar de oficina técnica
- Auxiliar de costos
- Dibujante Semi-Senior
- Computista Semi-Senior
- Calculista Semi-Senior
- Presupuestista Semi-Senior
- Auxiliar Técnico de Logística
- Auxiliares Técnicos de Almacenamiento
- Auxiliares Técnicos de Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente

El salario para este puesto asciende a \$1.062.849

v. Asistente de Calidad – **2da. Categoría: Auxiliar Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliar Técnico de Obra,
- Auxiliar Técnico de Laboratorio
- Auxiliar de oficina técnica

- Auxiliar de costos
- Dibujante Semi-Senior
- Computista Semi-Senior
- Calculista Semi-Senior
- Presupuestista Semi-Senior
- Auxiliar Técnico de Logística
- Auxiliares Técnicos de Almacenamiento
- Auxiliares Técnicos de Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente

El salario para este puesto asciende a \$1.062.849

#### **8.4.3.11 Departamento de Análisis de Efluentes**

w. Jefe de Análisis de Efluentes – **1ra. Categoría: Analista Técnico** según CCT

Es aquel empleado/a que desempeña tareas de responsabilidad y que por poseer amplios conocimientos le permite organizar y/u orientar las tareas de la sección.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Analista Técnico de Obra
- Analista Técnica de Compras y/o Activador de Compras
- Analista Técnico de Verificación de Materiales y Equipos
- Sobrestante de Obra
- Analista Técnica de Servicios Generales y Logística
- Analista Técnica de Almacenes
- Analista Técnico de Laboratorio
- Analista Técnico de Medicina Laboral
- Analista Técnico de Topografía
- Dibujante proyectista Senior

- Calculista de costos Senior
- Técnico calculista Senior
- Técnicos en Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente
- Técnico computista Senior

El salario para este puesto asciende a \$1.147.156

x. Técnico de – 2da. Categoría: Auxiliar Técnico según CCT

Es aquel empleado/a que realiza tareas de responsabilidad y posee conocimientos generales de los trabajos que se efectúan en la sección en que actúa.

Se incluyen en esta categoría sin que sea taxativo ni limitativo, las funciones que se nombran a continuación:

- Auxiliar Técnico de Obra,
- Auxiliar Técnico de Laboratorio
- Auxiliar de oficina técnica
- Auxiliar de costos
- Dibujante Semi-Senior
- Computista Semi-Senior
- Calculista Semi-Senior
- Presupuestista Semi-Senior
- Auxiliar Técnico de Logística
- Auxiliares Técnicos de Almacenamiento
- Auxiliares Técnicos de Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente

El salario para este puesto asciende a \$1.062.84

## **8.5 Planificación y turnos de trabajo**

A continuación, se presenta el relevamiento de los puestos a cubrir y la demanda inicial de trabajadores requerida para el inicio del plan de producción.

Se ha establecido un cronograma de trabajo donde los turnos son de 6 horas diarias, de mañana, para los cargos gerenciales y jefes de departamentos mientras que el personal auxiliar y operativo operará en dos turnos de 4 horas, uno de mañana y otro de tarde.

Bajo esta distribución, los cargos gerenciales y la mayoría de los cargos administrativos tienen un solo turno de trabajo mientras que las áreas operativas como producción, logística, gestión de proyectos y otras poseen dos turnos de trabajo para asegurar la continuidad de la operación.

Tabla 8.5-1 - Planificación y turnos de trabajo. Azulence S.A. | Fuente - Autoría Propia

Rol	Puestos a cubrir	Turnos	Trabajadores Necesarios
<b>Directorio</b>			
Gerente General	1	1	1
<b>Gerencia de Administración</b>			
Gerente de Administración	1	1	1
<b>Departamento de Compras</b>			
Jefe de Compras	1	1	1
Auxiliar de Compras	1	2	1
Auxiliar de Contabilidad	1	2	1
Auxiliar de Cobranzas	1	2	1
<b>Gerencia de Operaciones</b>			
Gerente de Operaciones	1	1	1
<b>Departamento de Operaciones</b>			
Jefe de Producción	1	1	1
Operario de Producción	3	2	6
<b>Departamento de Logística y Almacenamiento</b>			
Jefe de Logística y Almacenamiento	1	1	1
Auxiliar de Logística	1	2	1
Encargado de Almacén	1	2	1
<b>Departamento de Gestión de Proyectos</b>			
Jefe de Gestión de Proyectos	1	1	1
Asistente de Proyectos	2	2	2
<b>Departamento de Mantenimiento</b>			
Jefe de Mantenimiento	1	1	1
Técnico de Mantenimiento	2	2	2
<b>Gerencia Comercial</b>			
Gerente Comercial	1	1	1
<b>Departamento de Ventas</b>			
Jefe de Ventas	1	1	1
Ejecutivo de Ventas	2	2	2
<b>Departamento de Marketing</b>			
Jefe de Marketing	1	1	1
Community Manager	1	2	1
<b>Gerencia de Control de Calidad</b>			
Gerente de Control de Calidad	1	1	1
<b>Departamento de Gestión de Calidad</b>			
Jefe de Gestión de Calidad	1	1	1
Asistente de Calidad	1	2	1
Analista de Procesos	1	2	1
<b>Departamento de Análisis de Efluentes</b>			
Jefe de Análisis de Efluentes	1	1	1
Técnico de Laboratorio	1	2	1
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>35</b>

# **CAPÍTULO IX – DISEÑO Y DISTRIBUCION DE PLANTA**

## 9.1 Diseño y distribución de planta

El diseño y distribución de la planta permiten establecer una disposición eficiente de los actores intervinientes, con el objetivo de optimizar tiempos y minimizar las distancias de recorrido dentro de la empresa. Una menor distancia de traslado entre sectores se traduce en una mayor eficiencia operativa y en una mejor integración de los distintos procesos.

En este capítulo se definirán las áreas ocupadas por cada sector de la planta, considerando las necesidades específicas de una empresa dedicada al diseño y fabricación de plantas de tratamiento de efluentes para diversas industrias. A partir de estas áreas parciales, se determinará el espacio total requerido para la instalación.

La distribución de la planta contempla los siguientes sectores:

- **Recepción de equipos y otros**
- **Producción**
- **Almacenamiento de equipos y otros**
- **Área de despacho y expedición**
- **Laboratorio de Análisis**
- **Mantenimiento**
- **Oficinas administrativas**
- **Espacio de descanso**
- **Sanitarios y vestuarios**
- **Estacionamiento**

*Tabla 9.1-1 - Diseño y distribución de la planta Azulence S.A. | Fuente - Autoría Propia*

<b>EDIFICIOS E INSTALACIONES</b>	<b>DIMENSIONES (m<sup>2</sup>)</b>
Recepción de equipos y otros	1200
Producción	900
Almacenamiento de equipos y otros	705
Área de despacho y expedición	720
Laboratorio de análisis	300
Mantenimiento	380
Oficinas administrativas	600
Espacio de descanso	300
Sanitarios y vestuarios	702
Estacionamiento	595

Si bien algunos servicios, como los vinculados a recursos humanos, salud, higiene y seguridad, limpieza y comedor, han sido tercerizados y no forman parte del organigrama de la empresa, se ha previsto la infraestructura necesaria para su funcionamiento dentro de la planta.

## **9.2 Recepción de equipos y materiales**

Este sector se destina a la recepción de estructuras metálicas, componentes hidráulicos, eléctricos y demás equipos requeridos.

Debe contar con una zona de descarga con acceso adecuado para camiones y equipos de carga. Se requiere un área de 1200 m<sup>2</sup> para almacenamiento temporal de materiales entrantes.

## **9.3 Producción**

En este sector se lleva a cabo la adecuación, integración y prueba de los sistemas de tratamiento antes de su almacenamiento y posterior envío.

Se estima el área en función del tamaño de los equipos y el espacio requerido para la instalación, operación y pruebas de los mismos. Además, se deben considerar accesos amplios y pasillos de circulación para maniobras seguras.

Se recomienda una superficie de 900 m<sup>2</sup>.

## **9.4 Almacenamiento de equipos terminados**

La ubicación del almacén estará dentro del predio de la empresa, próximo a la zona de producción y frente al área de despacho.

Debe contar con los elementos necesarios para evitar daños en los equipos almacenados.

Se estima una superficie de 700 m<sup>2</sup> para almacenamiento.

## **9.5 Área de despacho y expedición**

Espacio destinado a la carga y preparación de los equipos para su envío a los clientes. Debe contar con acceso adecuado para camiones y zonas de carga seguras.

Se recomienda una superficie de 300 m<sup>2</sup>.

## **9.6 Laboratorio de análisis**

Área destinada al análisis de efluentes para determinar el tratamiento adecuado. Se debe garantizar el acceso a servicios como agua, electricidad, ventilación adecuada y eliminación de residuos.

Se recomienda un área de 200 m<sup>2</sup>.

### **9.7 Mantenimiento**

Espacio destinado al almacenamiento de herramientas y repuestos, así como a la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. Debe contar con estaciones de trabajo adecuadas para la reparación y mantenimiento de equipos.

Se recomienda una superficie de 200 m<sup>2</sup>.

### **9.8 Oficinas administrativas**

Sector destinado a la gestión operativa, comercial y técnica de la empresa. Debe ubicarse en un área de fácil acceso, separada del área de producción.

Se recomienda una superficie de 200 m<sup>2</sup>.

### **9.9 Espacio de descanso**

Zona habilitada para que los empleados puedan tomar pausas durante la jornada laboral.

Se recomienda una superficie de 80 m<sup>2</sup>.

### **9.10 Sanitarios y vestuarios**

Área destinada a cumplir con los requisitos de higiene y seguridad industrial. Se debe considerar un espacio adecuado para el número de operarios.

Se recomienda una superficie de 100 m<sup>2</sup>.

### **9.11 Estacionamiento**

Zona destinada al estacionamiento de vehículos del personal, clientes y proveedores.

Se considera un espacio para 25 vehículos con medidas de 6 m por 3 m por cada cajón de estacionamiento.

Se recomienda una superficie de 500 m<sup>2</sup>.

La superficie total es de 8164 m<sup>2</sup>



*Ilustración 9.11-1 - Diagrama de la distribución de planta | Fuente - Autoría Propia*

## **CAPITULO X – ASPECTOS JURIDICOS**

## **10.1 Aspectos jurídicos**

La viabilidad de un proyecto industrial no se limita únicamente a su factibilidad técnica y económica, sino que también debe garantizar el cumplimiento de los requisitos legales aplicables en cada una de sus etapas. En el caso de una empresa dedicada a proveer soluciones relacionadas al tratamiento de efluentes para la industria en general, resulta fundamental analizar el marco normativo que rige tanto la actividad productiva como la gestión de los residuos líquidos generados por los establecimientos a los que se presta servicio en las localidades donde se encuentran estos instalados.

En este capítulo se abordarán los aspectos jurídicos e impositivos más relevantes que influyen en la viabilidad del proyecto, con especial énfasis en aquellas disposiciones aplicables a la instalación y operación de sistemas de tratamiento de efluentes en la Provincia de Santa Fe.

## **10.2 Marco legal**

A continuación, se presenta un esquema con las principales normativas, a nivel país, aplicables a los proyectos industriales.

Seguido de esto se realiza un análisis detallado de aquellas leyes y regulaciones que resultan particularmente relevantes para la implementación de sistemas de tratamiento de efluentes en establecimientos industriales localizados en la Provincia de Santa Fe.

Tabla 10.2-1 - Marco legal aplicable | Fuente - Autoría Propia

NORMA	TITULO/DESCRIPCION
<p>TRATADOS INTERNACIONALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONFERENCIA DE ESTOCOLMO (1972)  Establece como problema global que tanto los estados industriales como los que se encuentran en vía de desarrollo tienen problemas ambientales y que se debe tratar de disminuir la diferencia económica y tecnológica entre ambos</li> <li>• CONFERENCIA SOBRE MEDIO AMBIENTE DE RIO DE JANEIRO (1992)  Establece la <b>AGENDA 21</b>, un programa de acción basado en el desarrollo sustentable para la solución de problemas ecológicos, desaparición de especies nativas, efecto invernadero y cambio climático.</li> <li>• PROTOCOLO DE KYOTO (1997 – entró en vigencia en el 2005)  Establece que para el 2012 se reduzcan las emisiones gaseosas del efecto invernadero.</li> </ul>
<p>CONSTITUCION NACIONAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Art. 41 de la reforma (1994)  Reconoce el derecho de todo habitante de la Nación a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano.</li> </ul>
<p>LEY NACIONAL 25.675</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LEY GENERAL DE AMBIENTE (2002)  Establece los puntos mínimos para lograr una gestión sustentable y adecuada del ambiente, preservar y proteger la diversidad biológica e implementar el desarrollo sustentable.  Establece los objetivos de la política ambiental (preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de los recursos ambientales), promueve el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.</li> </ul>
<p>LEY NACIONAL 24.051</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos peligrosos (1991)</li> </ul>
<p>LEY NACIONAL 25.612</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión integral de residuos industriales (2002)</li> </ul>

LEY NACIONAL 19.857	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Nacional de Higiene y Seguridad (1972)</li> </ul>
LEY PROVINCIAL 13.959	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión integral de residuos peligrosos (2020)</li> </ul>
LEY PROVINCIAL 11.220	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestación y regulación de los servicios sanitarios (1994)</li> </ul>
REGLAMENTO PROVINCIAL 1.089	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento para el control del vertimiento de líquidos residuales (1982)</li> </ul>
REGLAMENTO PROVINCIAL 1.844	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento para la gestión de residuos peligrosos (2002)</li> </ul>

### 10.3 Legislación nacional

En Argentina, la legislación ambiental establece derechos y responsabilidades tanto para los ciudadanos como para las actividades industriales, con el objetivo de garantizar la protección del medio ambiente y el desarrollo sustentable. A nivel constitucional y legal, se fijan los principios y mecanismos de control que regulan el impacto ambiental de las industrias.

#### 10.3.1 Constitución nacional

- Artículo 41: Reconoce el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano. Asimismo, impone el deber de preservarlo y establece que las autoridades deben garantizar la protección de este derecho mediante la utilización racional de los recursos naturales y la conservación del patrimonio y la biodiversidad. Además, dispone que quien genere un daño ambiental deberá recomponerlo y que la Nación dictará leyes de presupuestos mínimos de protección, mientras que las provincias podrán complementarlas en función de sus realidades.
- Artículo 42: Garantiza la protección de los consumidores y usuarios de bienes y servicios, asegurando el acceso a información adecuada y veraz, lo que resulta clave en materia de gestión ambiental y control de emisiones industriales.
- Artículo 43: Permite la presentación de acciones de amparo en cuestiones ambientales, posibilitando la defensa colectiva de derechos relacionados con el medio ambiente.

Estos artículos establecen las bases para la regulación de actividades productivas y promueven el desarrollo de políticas que minimicen el impacto ambiental.

### **10.3.2 Ley 25.675 – Ley general del ambiente**

La Ley General del Ambiente establece los presupuestos mínimos para la gestión y protección del ambiente en Argentina. Su objetivo es garantizar el desarrollo sustentable y preservar la diversidad biológica, estableciendo principios como la prevención, la equidad intergeneracional, la responsabilidad y la educación ambiental. Además, regula la evaluación de impacto ambiental y la participación ciudadana en la toma de decisiones.

### **10.3.3 Ley 24.051 – Residuos peligrosos**

Esta ley regula la gestión de residuos peligrosos en el país para minimizar los riesgos asociados a la contaminación ambiental y la salud pública.

- **Definición de residuo peligroso:** Son aquellos residuos que, por sus características físicas, químicas o biológicas, pueden representar un riesgo para la salud o el ambiente.
- **Responsabilidades:** Establece obligaciones para generadores, transportistas y operadores de residuos peligrosos, además de designar a las autoridades de aplicación.
- **Registro y autorización:** Todo generador de residuos peligrosos debe inscribirse en un registro oficial y obtener la correspondiente autorización.
- **Transporte:** Fija condiciones específicas para el traslado seguro de estos residuos.
- **Tratamiento y disposición final:** Regula su correcta gestión para evitar impactos negativos.

En el marco de este trabajo, el cumplimiento de estas normativas es fundamental para asegurar que las actividades industriales cumplan con los estándares ambientales vigentes y minimicen su impacto en el entorno.

En el caso de la empresa productora de líneas de tratamiento de efluentes (Azulence) se pueden encontrar los siguientes residuos peligrosos:

- Y6 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos (tareas de laboratorio)
- Y8 Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados (tareas de mantenimiento)
- Y9 Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua (tareas de laboratorio)
- Y21 Compuestos de cromo hexavalente (tareas de laboratorio)
- Y29 Mercurio, compuestos de mercurio (tareas de laboratorio)

- Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida (tareas de laboratorio)
- Y36 Asbestos (polvo y fibras) (tareas de laboratorio)
- Y40 Éteres (tareas de laboratorio)
- Y42 Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados (tareas de laboratorio)
- H5.1 – Oxidantes (tareas de laboratorio)
- H3 – Líquidos inflamables (tareas de laboratorio)

#### **10.3.4 Ley 25.612 – Gestión de residuos industriales**

Esta ley establece los requisitos mínimos para la gestión de residuos industriales y de actividades de servicio con el objetivo de prevenir la contaminación, fomentar la reutilización y reciclaje de materiales y asegurar una disposición final adecuada.

Regula todas las etapas del ciclo de vida de los residuos industriales, desde su generación hasta su tratamiento y disposición final, asignando responsabilidades tanto a los generadores como a los operadores de residuos.

Se considerarán como residuos industriales a:

- los líquidos residuales producidos por de la planta de biodiesel
- los fangos residuales de los procesos de digestión y sedimentación producidos por de la planta de biodiesel
- los sólidos del área de embalaje, adecuación, mantenimiento y laboratorio producidos por la empresa Azulence

Según lo establece:

Artículo 2° - Se entiende por residuo industrial a cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio, o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad, incluyendo eventuales emergencias o accidentes, del cual su poseedor productor o generador no pueda utilizarlo, se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo.

#### **10.3.5 Ley 19.857 – Higiene y Seguridad en el Trabajo**

Constituye el marco normativo fundamental para la regulación de la higiene y seguridad laboral en Argentina. Esta ley establece las condiciones y medidas imprescindibles para salvaguardar la salud y seguridad de los trabajadores en todos los entornos laborales, abordando aspectos tales como la identificación, prevención y control de riesgos laborales.

En el contexto del proyecto, la aplicación de esta normativa será de vital importancia, ya que se busca no solo cumplir con los requisitos legales en materia de seguridad, sino también contribuir a la creación de un ambiente laboral que promueva la salud y el bienestar de los operarios involucrados en las actividades. En el capítulo correspondiente, se detallarán las medidas específicas de higiene y seguridad que se implementarán, alineadas con los principios establecidos por esta ley.

### **10.3.6 Ley 13.959 – Gestión integral de residuos peligrosos**

Establece el marco normativo para la gestión integral de residuos peligrosos en la provincia de Santa Fe, con el objetivo de regular el manejo de estos residuos desde su generación hasta su disposición final. La ley contempla la identificación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición de los residuos peligrosos, priorizando la minimización de los mismos y la protección del medio ambiente. Además, impone responsabilidades tanto a generadores como a operadores de residuos peligrosos, incluyendo la obligación de contar con planes de gestión y autorización para su manejo.

### **10.3.7 Ley 11.220 - Prestación y Regulación de los Servicios Sanitarios**

Regula la prestación de los servicios sanitarios en la provincia de Santa Fe, estableciendo las bases para la organización, gestión y control de estos servicios.

A través de esta ley se busca garantizar el acceso a servicios básicos como el agua potable y el tratamiento de aguas residuales, asegurando que las condiciones sean adecuadas y que no representen riesgos para la salud pública.

Esta ley sienta las bases para la creación de reglamentaciones más específicas, como el **Reglamento 1089/82**, que regula específicamente el vertimiento de líquidos residuales en el entorno. Además, a través de ella, se gestionan los residuos cloacales producidos tanto en la planta de biodiesel como en la empresa Azulence.

### **10.3.8 Reglamento 1089/82 – Reglamento para el control del vertimiento de líquidos residuales**

El Reglamento 1089/82 establece las normativas específicas para el control del vertimiento de líquidos residuales en la provincia de Santa Fe. El reglamento dice:

“Todos los inmuebles ubicados en el territorio de la Provincia de Santa Fe, destinados total o parcialmente a usos industriales (fábricas, talleres, etc.), a usos comerciales (hoteles, restaurantes, estaciones de servicio, etc.), o a usos especiales (hospitales, escuelas, clubes, etc.) deben cumplir con los siguientes parámetros de vuelco.”

#### **10.3.8.1 Santa Fe – Parámetros de vuelco**

Título C – Desagüe a conducto pluvial abierto o a curso de agua superficial

Los efluentes que se vuelquen a conducto pluvial abierto o directamente a curso de agua superficial, con excepción de cuenca cerrada, deberán cumplir con los siguientes límites de volcamiento.

1. Temperatura: Deberá ser inferior a 45° C.
2. Sedimentables en 10 minutos de naturaleza compacta: Su cantidad deberá ser inferior a 0,5 mg/L.
3. Solidos sedimentables en 2 horas: Su cantidad deberá ser inferior a 1 mg/L.
4. pH: Deberá estar comprendido entre el 5,5 y 10,0.
5. Demanda bioquímica de oxígeno :

A. Cuando la distancia a las instalaciones de toma (D) sea menor de 8 Km.: su valor deberá ser inferior a 50 mg/l.

B. Cuando la distancia a las instalaciones de toma (D) sea igual o superior a 8 Km.: su valor deberá ser inferior a los siguientes valores límites indicados en el cuadro, según dilución (d)

Menor de 360; D.B.O.: 50 (mg/L)

Entre 361 y 1300; D.B.O.: 125 (mg/L)

Entre 1301 y 5000; D.B.O.: 180 (mg/L)

Entre 5001 y 20.000; D.B.O.: 275 (mg/L)

Mayor de 20.000; D.B.O.: 400 (mg/L)

6. DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO:

A. Cuando la distancia a las instalaciones de toma (D) sea menor de 8 Km.: su valor deberá ser inferior a 75 mg/l.

B. Cuando la distancia a las instalaciones de toma (D) sea igual o mayor de 8 Km.: su valor deberá ser inferior a los siguientes valores límites indicados en el cuadro, según la DILUCION (d)

DILUCION (d)

Menor de 360; D.Q.O.: 75 (mg/L)

Entre 361 y 1300; D.Q.O.: 190 (mg/L)

Entre 1300 y 5000; D.Q.O.: 270 (mg/L)

Entre 5001 y 20.000; D.Q.O.: 410 (mg/L)

Mayor de 20.000; D.Q.O.: 600(mg/l)

7. Sustancias solubles en frío en éter etílico: 100 mg/l

A. Sustancias grasas polares: Su concentración deberá ser inferior a 100 mg/l.

B. Aceites minerales: Su concentración deberá ser inferior a 10 mg/l.

Para poder comparar las características del efluente que se va a volcar con los parámetros de vuelco indicados en la presente norma se debe cumplir que las técnicas analíticas sean las mismas. A continuación, se indican estas según figuran en el reglamento.

#### **10.3.8.1.1 ANEXO IV – Parámetro, metodología y técnica analítica**

##### **1) Temperatura**

Método:

Sensibilidad:

Técnica analítica:

Bibliografía:

##### **2) pH**

Método: Método electrométrico

Sensibilidad:

Técnica analítica:

Bibliografía: Std. Methods. (14<sup>th</sup> edition)

##### **3) Mat. En suspensión**

Método: gravimétrico

a) Filtración a través de crisoles de Gooch con asbesto.

b) Centrifugación

Sensibilidad:

Técnica analítica: O.S.N. B-XIV 1975 AFNOR

Bibliografía: NFT 90105

##### **4) Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O)**

Método:

Sensibilidad:

Técnica analítica:

Bibliografía: Std. Methods. (14<sup>th</sup> edition)

### 5) Demanda química de oxígeno (D.Q.O)

Método: Método del dicromato

Sensibilidad:

Técnica analítica: titulometría

Bibliografía: Std. Methods. (14<sup>th</sup> edition)

### 6) Sustancias solubles en éter etílicos (grasas totales)

Método: gravimétrico

Sensibilidad: 5 ug/L

Técnica analítica: APNOR 90203/79

Bibliografía: Std. Methods. (14<sup>th</sup> edition)

En función a los casos anteriormente expuestos se definen las condiciones de vuelco tomando los valores luego de realizar un análisis lógico a modo de lograr un balance entre cumplimentar con la legislación y poder aplicar el tratamiento sin que el costo vuelva al proyecto inviable desde el punto de vista económico.

## 10.3.8.2 Parámetros de vuelco permitidos – planta de tratamiento de efluentes para la industria del biodiesel

Tabla 10.3-1 - Parámetros de vuelco permitidos según reglamento 1089/82 | Fuente - Autoría Propia

Parámetro	Cond. Pluvial o cuerpo de agua superficial
Temperatura	< 45 °C
Sol. SED (10min)	0,5 mg/L
Sol. SED (2hs)	< 1,0 ml/L
pH	5,5 – 10,0
DBO <sub>5</sub>	< 50 mg/L
DQO	< 75 mg/L
Sólidos solubles en frio en éter etílico	< 10 mg/L

El parámetro de sólidos suspendidos totales (SST) se fijará en 10 mg/L ya que no se ha especificado en el reglamento presente.

### **10.3.9 Reglamento 1844/02 – Reglamento para la gestión de residuos peligrosos**

Este reglamento regula la gestión de residuos peligrosos en la provincia de Santa Fe, alineándose con la Ley 13.959. En él se detallan los procedimientos operativos para la clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos, exigiendo que los generadores de dichos residuos cuenten con los permisos y autorizaciones pertinentes. Además, establece las obligaciones de las empresas en cuanto a la seguridad laboral y ambiental durante la manipulación de residuos peligrosos y determina las sanciones por el incumplimiento de las normativas.

## **10.4 Marco impositivo**

En Argentina, el sistema de recaudación impositiva está compuesto por diferentes niveles de gobierno: nacional, provincial y municipal. Cada uno tiene competencia en la aplicación de impuestos sobre ganancias, activos y consumo, para financiar el funcionamiento del Estado y sus políticas públicas.

### **10.4.1 Nivel nacional**

A nivel nacional, la recaudación de impuestos está a cargo de la Agente de Recaudación y Control Aduanero (ARCA), que actúa como un ente autónomo, reportando directamente al Ministerio de Economía.

ARCA es responsable de la cobranza, la fiscalización y la supervisión de los tributos nacionales. Los principales impuestos nacionales son:

- Impuesto a las Ganancias
- Impuesto al Valor Agregado (IVA)
- Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta
- Impuestos Especiales
- Impuesto a los Bienes Personales
- Impuesto sobre los Débitos y Créditos Bancarios y Otras Operatorias
- Contribuciones a la Seguridad Social
- Impuesto PAIS

### **10.4.2 Nivel provincial**

En cada provincia, los principales impuestos, son cobrados por los organismos recaudadores fiscales de cada provincia.

- Impuesto sobre los Ingresos Brutos

- Impuesto de Sellos
- Impuesto Inmobiliario

### **10.4.3 Nivel municipal**

Las municipalidades, por su parte, recaudan ingresos principalmente a través de tasas y contribuciones especiales, que pueden incluir impuestos sobre la propiedad, servicios municipales (como la recolección de residuos) y otras actividades comerciales y civiles dentro de la jurisdicción local.

## **CAPITULO XI – ASPECTOS NORMATIVOS**

## **11.1 Aspectos normativos**

Este capítulo se desarrollará para detallar las normativas vigentes en Argentina y los requisitos necesarios para que la empresa, Azulence, dedicada a la producción de líneas de tratamiento de efluentes, pueda ingresar y mantenerse en el mercado de manera competitiva.

Algunas de estas normativas se implementan como decisiones estratégicas de la empresa, con el fin de reflejar el compromiso con una política de calidad. Certificar un producto, como los procesos de desarrollo de líneas de tratamiento de efluentes, genera una mayor confianza en el mercado, lo que a su vez justifica un aumento en el precio de venta.

Al existir en el país diversos proyectos comparables en términos de producción de soluciones avanzadas para el tratamiento de efluentes, en Azulence nos enfocamos en garantizar que nuestros clientes confíen en los servicios que ofrecemos.

La empresa se compromete a emplear procesos de producción adecuados, enfocándose en la mejora continua, lo que lleva a la entrega de productos y servicios de calidad destacable.

Con este compromiso buscamos posicionarnos como un competidor destacado, asegurando que nuestras soluciones sean no solo competitivas, sino que logren satisfacer al cliente.

Los productos fabricados bajo normas estrictas de calidad son más aptos, más seguros y de mejor desempeño, lo que genera una lista de beneficios. Algunos de ellos son:

- Mejora en la calidad de los productos y servicios
- Fortalecimiento en la gestión e imagen empresarial
- Facilidad en el acceso a nuevos mercados y clientes
- Adaptación a nuevas normativas
- Protección de los trabajadores

## **11.2 Normas a certificar**

En la República Argentina existen diversas normativas que establecen los requisitos para la fabricación e implementación de equipos y tecnologías para el tratamiento de efluentes. Entre las más relevantes se encuentran las normas ISO y ASTM, aunque existen otras.

En algunos casos, su cumplimiento es un requisito obligatorio para la comercialización de productos, mientras que en otros, su certificación es una decisión estratégica de la empresa. La adopción de estándares, de forma voluntaria, no solo mejora la eficiencia

en la gestión organizacional, sino que también otorga un valor agregado al producto final, logrando que este se diferencie dentro del mercado.

La implementación y certificación de estas normativas requiere una inversión inicial en capital económico, además de recursos humanos y financieros para su mantenimiento a largo plazo. No se trata de una inversión puntual, sino de un proceso continuo que demanda actualizaciones y auditorías periódicas

Sin embargo, con la práctica se ha demostrado que la correcta aplicación de un sistema de gestión de la calidad puede incrementar significativamente la rentabilidad de la empresa. Esto se debe al aumento de la satisfacción del cliente mediante la estandarización de la calidad del producto o servicio, optimización de los tiempos productivos, reducción de costos asociados a reprocesos y transporte, la mejora en la distribución del espacio de trabajo, etc.

La adopción de normativas de calidad no solo garantiza la conformidad del producto con los estándares exigidos, sino que también mejora su competitividad en el mercado, permitiendo que pueda posicionarse frente a otros fabricantes a nivel no solo nacional sino también internacional.

### **11.2.1 Normas ISO**

Las normas ISO son un conjunto de estándares internacionales que cumplen requisitos, especificaciones, directrices o características para garantizar la calidad, seguridad, eficiencia y eficacia de productos, servicios y procesos en diversas áreas, como la tecnología, la salud, la alimentación, el medio ambiente, entre otras.

Estas normas son desarrolladas y actualizadas por expertos en cada campo y se utilizan en todo el mundo para establecer las mejores prácticas y la estandarización de procesos y productos.

Las Normas ISO son reconocidas y aceptadas globalmente, y ayudan a mejorar la calidad de los productos y servicios, la seguridad del consumidor y la eficiencia de los procesos en empresas y organizaciones de todo tipo.

La adopción de un sistema de gestión de calidad debería de ser una decisión estratégica de la organización, el diseño y la implementación del sistema de gestión de la calidad de una organización están influenciados por:

- El entorno de la organización, los cambios en ese entorno y los riesgos asociados con ese entorno
- Sus necesidades cambiantes
- Sus objetivos particulares
- Los productos que proporciona
- Los procesos que emplea
- Su tamaño y la estructura de la organización

Esta Norma Internacional promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la

calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.

El modelo de gestión muestra al cliente que juega un rol significativo para definir los requisitos como elemento de entrada, el seguimiento de la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente acerca de si la organización ha entendido y cumplido sus requisitos.

De manera adicional a la norma se puede aplicar la metodología de “Planificar, Hacer, Verificar; Actuar”, o PHVA, que se describe como:

- **Planificar:** establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización
- **Hacer:** implementar los procesos
- **Verificar:** realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos

### **11.2.2 ISO 9000: Sistemas de Gestión de Calidad**

La norma ISO 9000 establece un conjunto de directrices internacionales destinadas a fortalecer los requisitos para un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) efectivo. Su enfoque principal es la mejora de la satisfacción del cliente mediante el aseguramiento de que los productos y servicios cumplen con los requisitos establecidos por los clientes, así como con las normativas legales y reglamentarias aplicables.

La implementación de un SGC basado en ISO 9000 permite a las empresas optimizar sus procesos, reducir costos, identificar oportunidades de mejora y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad. Dentro de esta familia de normas, se destacan:

- ISO 9001: Sistemas de Gestión de Calidad – Requisitos

Define los requisitos mínimos que debe cumplir un SGC, aplicable tanto a nivel interno como para certificación o fines contractuales. La certificación en ISO 9001 no garantiza la perfección en los productos o servicios, sino que evidencia la existencia de un sistema de gestión de calidad estructurado y orientado a la mejora continua.

- ISO 9004: Directrices para la mejora del desempeño

Proporciona orientación para mejorar el rendimiento del sistema de calidad más allá de los requisitos de ISO 9001, promoviendo una cultura organizacional de mejora continua.

### **11.2.3 ISO 14000: Sistema de Gestión Ambiental**

La serie ISO 14000 establece estándares internacionales para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) que minimice el impacto ambiental de las actividades industriales. Su objetivo es estandarizar procesos productivos y operativos que reduzcan efectos adversos sobre el medio ambiente, fomentando la prevención de la contaminación y el uso eficiente de los recursos.

- La implementación de un SGA basado en ISO 14000 permite:
- Identificar y gestionar los aspectos ambientales significativos de los procesos productivos
- Evaluar el impacto ambiental de las actividades de la organización
- Definir objetivos y metas ambientales alineadas con normativas vigentes
- Implementar programas de mejora continua en desempeño ambiental

Dentro de la norma ISO 14000, se destacan los siguientes estándares:

- ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental – Requisitos

Establece los lineamientos para el diseño, implementación y mantenimiento de un SGA efectivo, con certificación voluntaria otorgada por organismos independientes. La certificación en ISO 14001 no implica que una empresa sea ambientalmente perfecta, sino que dispone de un sistema estructurado para la gestión y mejora de su impacto ambiental.

- ISO 14004: Directrices para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental

Proporciona orientación técnica para la integración de un SGA en la estructura organizacional.

- ISO 14006: Directrices para la integración del diseño ambiental en productos y servicios facilita la adopción de criterios ambientales en el desarrollo de nuevos productos y procesos.

### **11.2.4 ISO 26000: Responsabilidad Social Empresarial**

La norma ISO 26000 establece un marco de referencia para que organizaciones públicas y privadas implementen principios de Responsabilidad Social Empresarial (RSE). Esto hace referencia al compromiso voluntario que asumen las empresas para gestionar sus operaciones de manera ética y sostenible, considerando no solo su rentabilidad, sino también su impacto en la sociedad y el medio ambiente.

A diferencia de las normas ISO anteriores, esta no es certificable, solamente proporciona directrices para promover el desarrollo sostenible mediante la adopción de prácticas socialmente responsables.

Este estándar enfatiza la necesidad de que las organizaciones vayan más allá del cumplimiento normativo, asumiendo un rol proactivo en el bienestar social y ambiental.

La integración de estos estándares dentro de un modelo de gestión permite a las empresas diferenciarse en el mercado mediante la mejora continua de sus procesos, la optimización de sus recursos y la adopción de prácticas comprometidas con el bienestar del ambiente.

### **11.2.5 Normas IRAM**

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (originalmente Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, de allí IRAM) es el organismo responsable de la normalización y certificación en Argentina. Su función principal es desarrollar normas técnicas nacionales y actuar como representante de las normas internacionales ISO en el país.

Las principales actividades que desarrolla el IRAM incluyen:

- **Normalización:** Elaboración de normas técnicas para garantizar calidad, seguridad y eficiencia en productos y procesos.
- **Certificación:** Evaluación y validación del cumplimiento de normas por parte de empresas y organizaciones.
- **Capacitación:** Formación de profesionales en la implementación y gestión de normas.
- **Documentación:** Generación y divulgación de información técnica y normativa.

La adopción de normas IRAM mejora la calidad y eficiencia de los procesos, optimiza costos y facilita el acceso a mercados internacionales al cumplir con estándares globales. Además, garantiza el cumplimiento de regulaciones locales, fortalece la confianza de clientes y proveedores, y contribuye a la seguridad laboral y la sustentabilidad, permitiendo a las empresas ser más competitivas y sostenibles.

### **11.2.6 Normas OHSAS 18000: Seguridad y Salud Ocupacional**

Las normas OHSAS 18000 (Occupational Health and Safety Assessment Series, por su nombre en inglés) establecen un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional diseñado para identificar, evaluar y controlar riesgos laborales, asegurando condiciones de trabajo seguras y saludables.

El objetivo de estas normas es proporcionar un marco estructurado para que las organizaciones gestionen de manera eficiente los riesgos laborales, en cumplimiento con la legislación vigente. Su aplicación permite:

- Identificar y evaluar peligros en el entorno de trabajo
- Implementar medidas de prevención y control de riesgos
- Reducir la tasa de accidentes y enfermedades laborales

- Mejorar el desempeño en seguridad y salud ocupacional mediante un enfoque de mejora continua

Las normas OHSAS 18000 han sido diseñadas para ser compatibles con los estándares ISO 9000 e ISO 14000, facilitando la integración de los sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad laboral dentro de una organización. Estos sistemas comparten principios comunes, como la mejora continua, el compromiso de la alta dirección y el cumplimiento de normativas legales aplicables.

Su implementación no solo contribuye a un entorno laboral más seguro, sino que también reduce costos operativos asociados a accidentes y enfermedades laborales, mejora la reputación de la empresa y refuerza su compromiso con la responsabilidad social corporativa.

## **CAPITULO XII – ASPECTOS AMBIENTALES**

## **12.1 Aspectos ambientales**

La correcta gestión ambiental es un pilar fundamental en el desarrollo de cualquier proyecto, ya que su viabilidad no solo depende de aspectos técnicos y económicos, sino también del cumplimiento de normativas ambientales y de su aceptación social. En este caso, al tratarse de una empresa dedicada a la producción de líneas de tratamiento de efluentes, su compromiso con el cuidado del medio ambiente no solo es un pilar fundamental de su actividad, sino también una ventaja estratégica. Sin embargo, esta misma naturaleza la sitúa en una posición especialmente crítica, ya que cualquier incumplimiento o deficiencia en la gestión ambiental podría afectar su credibilidad y generar cuestionamientos que comprometan su aceptación social. Por ello, garantizar el cumplimiento riguroso de las normativas ambientales no es solo una obligación legal, sino una condición indispensable para sostener la confianza en su propuesta y consolidar su legitimidad dentro del sector.

Para garantizar un desarrollo sustentable, es esencial encontrar un equilibrio entre el beneficio económico, la protección ambiental y el consenso social. No se trata únicamente de minimizar el impacto ambiental, sino de generar confianza en la comunidad mediante prácticas responsables y transparentes que aseguren una producción alineada con las exigencias regulatorias y las expectativas sociales.

El impacto ambiental de un proyecto se define como cualquier alteración en el medio, ya sea positiva o negativa, derivada de sus actividades. Su evaluación constituye un proceso técnico-administrativo clave para identificar, prevenir y mitigar posibles efectos adversos sobre el entorno. Este análisis no solo permite anticipar consecuencias, sino también optimizar tecnologías y estrategias operativas que minimicen riesgos y potencien beneficios.

En este capítulo, se llevará a cabo un estudio preliminar de los impactos potenciales en cada etapa del proyecto: construcción, operación, mantenimiento y cierre. Este análisis servirá como una guía inicial, aunque deberá complementarse con estudios específicos sobre la generación y gestión de residuos y efluentes, así como su tratamiento. Dichos aspectos, si bien fundamentales, exceden el alcance de este documento y deberán abordarse en mayor profundidad en futuras etapas del estudio.

## **12.2 Estructura de la evaluación de impacto ambiental**

La evaluación de impacto ambiental comprende los siguientes ítems:

- Determinación de la línea de base ambiental o línea cero – constituye la descripción general del entorno donde se situaría el proyecto
- Identificación y valoración de impactos ambientales
- Plan de gestión ambiental

### **12.2.1 Determinación de la línea de base ambiental o base cero**

Es aquí donde se describen las características del entorno en donde se emplazará el proyecto, considerando distintos aspectos ambientales como el medio natural, cultural, antrópico y otros involucrados.

#### **12.2.1.1 Medio físico**

##### **Región fitogeográfica y relieve**

San Lorenzo se encuentra en la provincia fitogeográfica del Espinal, la cual se extiende en forma de arco desde el centro de la provincia de Corrientes, pasando por el centro de Santa Fe y Córdoba hasta llegar al sur de Buenos Aires; característica por poseer una gran diversidad de ambientes y especies de flora y fauna. El relieve es predominantemente llano, con una ligera pendiente hacia el este, facilitando el drenaje natural hacia el río Paraná.

##### **Clima**

El clima de San Lorenzo se define como subtropical serrano con estación seca, que se extiende entre abril y octubre. Los días son templados y las noches agradablemente frescas.

Al encontrarse dentro de la región climática templado-húmeda, típica de la llanura pampeana, la temperatura media anual varía entre 17 °C y 20 °C, con diferencias marcadas entre estaciones:

- Veranos (diciembre a marzo): Las temperaturas máximas pueden superar los 35 °C, con alta humedad relativa, lo que intensifica la sensación térmica. Durante estos meses, es frecuente la ocurrencia de tormentas eléctricas y lluvias intensas.
- Inviernos (junio a agosto): Suaves y más secos, con temperaturas mínimas que pueden descender hasta los 5 °C en algunas ocasiones, aunque raramente se registran heladas severas.
- Primavera y otoño: Son estaciones de transición con temperaturas moderadas y precipitaciones intermitentes, siendo el otoño más estable y la primavera más inestable con la aparición de tormentas.

El régimen de vientos predominante en la región incluye vientos del noreste y del sureste, que influyen en la temperatura y la humedad. El viento pampero, proveniente del suroeste, es característico de la zona y se asocia con el ingreso de masas de aire frío y seco que pueden generar descensos bruscos de temperatura en pocas horas.

##### **Precipitaciones**

La precipitación media anual en San Lorenzo es de aproximadamente 1.000 mm, con una distribución relativamente uniforme a lo largo del año, aunque con picos marcados en la primavera y el verano. Estos valores de precipitación permiten el desarrollo de una vegetación abundante y favorecen la actividad agroindustrial de la región.

Durante el verano, las lluvias suelen presentarse en forma de tormentas convectivas, con eventos de alta intensidad en cortos periodos de tiempo, lo que puede generar anegamientos en ciertas zonas de baja permeabilidad o con escaso drenaje superficial. En invierno, las precipitaciones son menos frecuentes y de menor intensidad, lo que, combinado con temperaturas más bajas, puede dar lugar a períodos de déficit hídrico temporal en los suelos.

### **Humedad Relativa**

La humedad relativa promedio anual es del 70%, con valores más altos en los meses de verano debido a la proximidad del río Paraná y otros cuerpos de agua.

Con la estacionalidad esta varía y se puede encontrar:

1. Verano (diciembre - marzo): La humedad relativa aumenta ligeramente, con valores promedio de 80%-85% durante el día. Sin embargo, en jornadas calurosas y sin viento, la sensación térmica puede aumentar significativamente, superando los 40°C debido a la combinación de altas temperaturas y humedad elevada.
2. Invierno (junio - agosto): Es la estación con valores un poco más bajos de humedad relativa, alcanzando el 65%-75% en las primeras horas del día. Esto se debe a la menor evaporación causada por las temperaturas más bajas y a la frecuente presencia de neblinas matinales.
3. Primavera y otoño: Presentan valores intermedios, con una humedad relativa promedio de 70%-78%, dependiendo de la actividad de los frentes húmedos provenientes del noreste.

### **Suelos**

Los suelos de la región corresponden principalmente al grupo de los molisoles, caracterizados por su alta fertilidad, buen contenido de materia orgánica y estructura granular favorable para el desarrollo de cultivos y vegetación nativa. Estos suelos presentan un horizonte superficial oscuro y profundo, con una notable capacidad de retención de humedad, lo que los hace ideales para la producción agrícola. Sin embargo, debido a la intensa actividad agrícola e industrial de la zona, algunos sectores pueden mostrar signos de compactación o erosión, especialmente en áreas donde la cobertura vegetal ha sido reducida.

En la zona del Parque Industrial de San Lorenzo, es común encontrar suelos con una proporción variable de limo, arcilla y arena, lo que influye en su capacidad de drenaje y en la infiltración de agua. En ciertas áreas cercanas al río Paraná, el sustrato puede presentar características sedimentarias, con una mayor presencia de suelos aluviales depositados por el río a lo largo del tiempo.

### **Aire**

La calidad del aire en la región de San Lorenzo, dentro de la provincia de Santa Fe, está influenciada por múltiples factores, incluyendo la actividad industrial, las condiciones meteorológicas y la circulación atmosférica. Si bien en términos generales los niveles de contaminación se mantienen dentro de los valores permitidos por las

normativas ambientales, la presencia del cordón industrial genera la necesidad de un monitoreo constante para garantizar que los contaminantes no alcancen niveles perjudiciales para la salud y el ambiente.

El área se encuentra expuesta a emisiones de diversas fuentes, entre ellas industrias químicas, refinerías, terminales portuarias y transporte pesado. Esto puede contribuir a la presencia de compuestos como material particulado en suspensión (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV<sub>s</sub>).

Las condiciones climáticas de la zona, con vientos predominantes del sector norte y noreste, pueden favorecer la dispersión de contaminantes en determinadas épocas del año. Sin embargo, en situaciones de estabilidad atmosférica, como en invierno o en días de escaso viento, es posible que se produzca una acumulación temporal de contaminantes, lo que puede afectar la calidad del aire, especialmente en zonas cercanas a los principales focos emisores.

Los monitoreos realizados en la zona indican que la calidad del aire varía dentro de rangos aceptables para la mayor parte del tiempo, aunque en ocasiones pueden presentarse episodios de concentración elevada de material particulado o gases industriales, en especial en horarios de alta actividad productiva. Estos picos pueden generar molestias o afectar a personas con enfermedades respiratorias preexistentes.

### **Medio biótico**

El proyecto se emplazará dentro del Parque Industrial San Lorenzo el cual se encuentra al noroeste de la ciudad de San Lorenzo, en la provincia de Santa Fe, Argentina, en la intersección de la autopista Rosario-Santa Fe y la Ruta Provincial 25 (anteriormente Ruta Provincial 10).

La urbanización y el desarrollo industrial han modificado significativamente las condiciones del medio físico natural. La transformación del terreno, la construcción de infraestructura y la actividad industrial han alterado el ecosistema original, reduciendo la presencia de la biota autóctona.

### **Flora**

La región, que históricamente formaba parte de la ecorregión del Espinal, era reconocida por bosques de espinillos, algarrobos y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*). Sin embargo, gran parte de la vegetación original ha sido reemplazada por especies introducidas y espacios verdes planificados. En áreas no urbanizadas cercanas, aún es posible encontrar ejemplares de la flora nativa, como el espinillo (*Acacia caven*) y el algarrobo blanco (*Prosopis alba*).

### **Fauna**

La fauna original de la zona ha sido desplazada en gran medida por la urbanización y la actividad industrial. No obstante, algunas especies de aves se han adaptado al entorno urbano y pueden observarse en el área, incluyendo:

- Zorzal colorado (*Turdus rufiventris*): conocido por su canto melodioso y su adaptabilidad a entornos urbanos.

- Hornero (*Furnarius rufus*): ave nacional de Argentina, reconocida por sus nidos de barro con forma de horno.
- Benteveo común (*Pitangus sulphuratus*): fácilmente identificable por su característico llamado y su plumaje amarillo brillante.

Además, en espacios verdes y áreas menos intervenidas, es posible encontrar pequeñas especies de mamíferos, reptiles y una variedad de insectos que forman parte del ecosistema local.

### **12.2.1.2 Medio antrópico**

El Parque Industrial de San Lorenzo se localiza en la provincia de Santa Fe, en el centro del corredor bioceánico, a una latitud de aproximadamente 32° 56' Sur y longitud 60° 44' Oeste. Se encuentra a una altitud de 25 metros sobre el nivel del mar y ocupa una superficie de aproximadamente 25 km<sup>2</sup>. El parque está estratégicamente ubicado a 15 km al norte de la ciudad de Rosario y a 300 km de la Ciudad de Buenos Aires, lo que le otorga una excelente accesibilidad tanto por vías terrestres como fluviales.

El Parque Industrial de San Lorenzo se ha consolidado como un polo productivo de gran relevancia en la región, especialmente en sectores como la industria química, petroquímica, metalúrgica, alimentaria y de logística. En el área operan empresas de renombre nacional e internacional, destacándose nombres como YPF, Glencore, Ternium Argentina, y Acindar, entre otras, que aprovechan la proximidad al puerto de San Lorenzo, uno de los más importantes de la región, para la exportación de productos y la importación de insumos.

San Lorenzo es conocido por su fuerte presencia industrial, particularmente en el sector petroquímico, siendo el parque un nodo clave en la cadena productiva de refinerías, producción de fertilizantes, plásticos y productos químicos. La zona cuenta con una infraestructura de excelente calidad en términos de transporte terrestre, ferroviario y fluvial, facilitando una logística eficiente para la distribución de productos tanto en el mercado interno como para la exportación.

En cuanto a la importancia económica del parque, este contribuye significativamente a la generación de empleo directo e indirecto, con miles de trabajadores ocupados en las distintas industrias presentes. La infraestructura del parque también ha permitido el desarrollo de empresas de servicios especializados, como proveedores de insumos, mantenimiento industrial y transporte, lo que ha fomentado un entorno de sostenibilidad económica a nivel local y regional.

El puerto de San Lorenzo es uno de los principales del país en términos de volumen de exportaciones, especialmente de productos derivados de la industria agroquímica, aceites, cereales y otros productos de la industria alimentaria. Esto lo convierte en un punto neurálgico de la economía santafesina, generando una alta recaudación fiscal y consolidándose como uno de los principales motores del desarrollo económico de la provincia.

### **12.2.2 Identificación y valoración de impactos ambientales**

El concepto de que los recursos naturales son inagotables ha quedado obsoleto, y hoy en día se reconoce la necesidad de gestionar de manera responsable los impactos ambientales derivados de las actividades industriales. En el caso del proyecto de instalación de una planta de tratamiento de efluentes en el Parque Industrial de San Lorenzo, es crucial evaluar los posibles impactos que dicho proyecto pueda generar sobre el medio ambiente, desde su etapa de construcción pasando por su operación y llegando abandono.

El estudio de impacto ambiental incluirá la identificación de las actividades más relevantes en la fase de construcción y operación, como la construcción de la planta, el manejo de residuos, y las emisiones durante el proceso de tratamiento de efluentes.

Para determinar los impactos, se elaboraron dos matrices: una para la identificación de los impactos y otra para la valoración de los impactos previamente identificados. En esta segunda matriz, se aplicó una metodología propuesta por D. Vicente Conesa Fernández en su "Guía metodológica para la evaluación de impactos ambientales" [27], la cual fue adaptada con el fin de valorizar cuantitativamente los impactos.

### **12.2.3 Etapas del proyecto**

A continuación, se citan se citan las actividades que se espera que sucedan durante todo el desarrollo del proyecto, incluyendo su abandono. Entre ellas tenemos el acondicionamiento de los terrenos y accesos, tareas previas a la construcción del proyecto, instalación de la planta de tratamiento de efluentes en sí, operación de la misma y posteriormente su abandono.

#### **12.2.3.1 Construcción**

##### **A1 - Transporte de maquinaria pesada, y construcción de accesos viales**

Se movilizarán equipos pesados como excavadoras y niveladoras para adecuar el terreno removiendo así vegetación, suelo y otros elementos que puedan interferir en la construcción de la planta.

Luego del desmonte se realizarán los accesos viales necesarios.

##### **A2 - Montaje de obradores, transporte de materiales y equipos**

Se instalarán estructuras, tales como sanitarios, depósitos y áreas de almacenamiento para herramientas, materiales y equipos, así como zonas de descanso para el personal involucrado en las tareas constructivas.

Se transportan los materiales y equipos necesarios para las obras civiles.

### **A3-Limpieza de la zona, excavaciones y otros movimientos de tierra**

Implica la remoción de materiales presentes en el terreno, como vegetación, sólidos y otros utilizando maquinaria pesada. También se llevan a cabo excavaciones en el suelo para habilitar las áreas destinadas a la instalación del dique pulmón, los aforos los pozos de monitoreo del agua subterránea.

### **A4 - Obras civiles**

Comprende la construcción de las estructuras permanentes de la planta, incluyendo pulmones de contingencia, sistemas de tuberías, estaciones de bombeo y aforos.

### **A5 - Instalación y montaje de equipos**

Una vez finalizadas las obras civiles, se procederá con la instalación de los equipos necesarios para el tratamiento de efluentes, tales como reactores, tamices, bombas, tanques y otros equipos.

### **A6 - Gestión de residuos de construcción**

Durante la construcción, se generarán residuos de diversos tipos, como escombros, materiales sobrantes y desechos de construcción. Estos residuos serán gestionados adecuadamente, transportados y dispuestos según su naturaleza.

## **12.2.3.2 Operación**

### **A7 - Puesta en marcha**

Durante la puesta en marcha se ingresa efluente real al sistema y se realizan ajustes de las variables de tratamiento para alcanzar los parámetros de vuelco establecidos.

### **A8 - Operación de la planta**

Durante esta fase se llevarán a cabo las actividades propias del proceso de tratamiento de efluentes, que incluyen la recepción de aguas residuales, el tratamiento propiamente dicho y el acondicionamiento de lodos para su posterior despacho.

### **A9 - Mantenimiento de las instalaciones**

Se llevarán a cabo tareas de mantenimiento de los equipos e instalaciones de la planta, asegurando su óptimo funcionamiento.

### **A10 - Gestión de lodos**

A lo largo de las fases de operación y mantenimiento, se generarán residuos derivados del tratamiento de efluentes, como lodos y materiales filtrantes. Estos residuos serán gestionados, tratados y dispuestos de acuerdo con la normativa ambiental vigente para minimizar impactos negativos.

### **12.2.3.3 Abandono**

#### **A10 - Vaciado y limpieza de instalaciones**

Se drenarán y limpiarán los tanques de almacenamiento, reactores, tuberías y demás eliminando cualquier residuo contaminante.

#### **A11 - Gestión de residuos finales**

Se aplicarán procedimientos de neutralización si es necesario.

Se clasificará y dispondrá adecuadamente de los residuos generados en la fase de cierre, como lodos remanentes, productos químicos almacenados y materiales obsoletos.

#### **A12 - Desmontaje de equipos e infraestructura**

Se desmontarán equipos y estructuras que puedan ser reutilizados, vendidos o reciclados.

#### **A13 - Remediación del sitio, gestión documental y cierre legal**

Se evaluará la calidad del suelo y las aguas subterráneas para detectar posibles contaminaciones.

En caso de afectaciones ambientales, se aplicarán medidas de remediación.

Se notificará a las autoridades ambientales sobre el cierre de la planta y se presentará la documentación requerida.

Se tramitarán permisos y certificaciones para garantizar que el abandono se realizó bajo conformidad.

### **12.2.4 Parámetros Evaluados**

En la matriz incluida en la evaluación de prefactibilidad de este proyecto, se realiza un análisis parcial del impacto generado por cada una de las actividades detalladas sobre distintos factores del entorno en el que se desarrollará el proyecto.

Los parámetros ambientales considerados para evaluar la afectación de estas actividades son los siguientes:

### **Medio físico**

- 1) Aire
  - a) Calidad fisicoquímica
  - b) Nivel de material particulado
  - c) Nivel sonoro
- 2) Agua
  - a) Calidad fisicoquímica del agua superficial
  - b) Calidad fisicoquímica del agua subterránea
- 3) Suelo
  - a) Calidad fisicoquímica
  - b) Calidad edafológica
  - c) Geomorfología

### **Medio biótico**

- 1) Flora
  - a) Autóctona
  - b) Introducida
- 2) Fauna
  - a) Autóctona
  - b) Introducida

### **Medio socioeconómico**

- 1) Población
  - a) Calidad de vida y salud
- 2) Desarrollo urbano
  - a) Infraestructura y accesos

- b) Servicios
- 3) Economía
  - a) Nivel de empleo

### **12.2.5 Matriz de impacto ambiental – Método Conesa modificado**

Un impacto se define como el cambio que provoca una alteración, ya sea positiva o negativa, en la calidad de vida del ser humano y en el entorno natural.

El Método Conesa es una metodología de valoración cuantitativa ampliamente utilizada, que permite asignar un valor al impacto generado mediante la evaluación de distintos factores en relación con un valor de referencia preestablecido.

La Matriz de Impacto Ambiental es una herramienta analítica que permite asignar un grado de importancia (I) a cada impacto ambiental derivado de la ejecución de un proyecto en sus distintas etapas. <sup>[27]</sup>

#### **12.2.5.1 Cálculo de la Importancia (I) de un Impacto Ambiental**

La ecuación utilizada para determinar la importancia del impacto ambiental es la siguiente:

$$I = \pm[3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Donde:

- $\pm$  indica Naturaleza del impacto (positivo o negativo).
- I indica la importancia del impacto.
- i indica la intensidad o grado probable de destrucción.
- EX indica la extensión o área de influencia del impacto.
- MO indica el momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto.
- PE indica la persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto.
- RV indica la reversibilidad del impacto por efecto del mismo entorno
- SI indica la sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples.
- AC indica si existe acumulación o efecto de incremento progresivo.
- EF indica el tipo de efecto (directo o indirecto).
- PR indica la periodicidad del impacto.

- MC indica la recuperabilidad o grado de reconstrucción por medios humanos

### 12.2.5.2 Tipología de impactos

A continuación, se describen los distintos tipos de impactos ambientales según el método de valoración mencionado anteriormente.

#### 0. Según la variación de la calidad ambiental **(CA)**

- Positivo: Genera un efecto beneficioso que puede ser aceptado por la comunidad técnica, científica y la población en general.
- Negativo: Provoca la pérdida de un valor natural, estético, cultural o paisajístico, así como contaminación, erosión, degradación, entre otros efectos adversos.

#### 1. Según la intensidad o grado de destrucción **(IN)**

- Mínimo o Bajo: Provoca una modificación poco significativa en el factor ambiental considerado.
- Medio-Alto: Genera alteraciones en algunos factores del medio ambiente.
- Muy Alto: Ocasiona modificaciones severas en el medio y en los recursos naturales, con repercusiones apreciables e incluso una destrucción casi total del factor ambiental afectado.

#### 2. Según la extensión del impacto **(EX)**

- Puntual: La acción impactante afecta un área muy localizada.
- Parcial: Su efecto se percibe en una parte significativa del medio.
- Total: Su impacto se extiende de manera generalizada en el entorno considerado.

#### 3. Según el momento en que se manifiesta **(MO)**

- Latente: Puede presentarse en el corto, mediano o largo plazo, generalmente debido a la acumulación o sinergia de efectos. Ejemplo: contaminación del suelo por acumulación de productos químicos agrícolas.
- Inmediato: El impacto se manifiesta de forma instantánea tras la acción que lo genera, asimilándose a un impacto de corto plazo.

4. Según su persistencia en el tiempo **(PE)**

- Permanente: Sus efectos se mantienen indefinidamente, con una duración superior a diez años (ej. construcción de carreteras).
- Temporal: No es permanente y puede clasificarse en:
  - Fugaz: Impacto de duración inferior a un año.
  - Temporal: Impacto con duración de uno a tres años.
  - Persistente: Impacto que perdura entre cuatro y diez años (ej. reforestación de desmontes).

5. Según su capacidad de recuperación **(MC)** y reversibilidad **(RV)**

- Recuperable: Puede eliminarse mediante medidas correctoras en el corto o mediano plazo (ej. restauración de vegetación y fauna).
- Mitigable: Puede atenuarse con medidas correctoras.
- Irrecuperable: La pérdida del medio es imposible de reparar (ej. infraestructuras de hormigón).
- Irreversible: No es posible retornar al estado original por medios naturales (ej. desertificación).
- Reversible: El entorno puede recuperar su estado original gracias a mecanismos de auto depuración ambiental (ej. desmontes para carreteras).

6. Según la acumulación e interrelación de efectos **(AC)**

- Simple: Afecta únicamente a un componente ambiental específico (ej. construcción de caminos que incrementa el tránsito).
- Acumulativo: Su impacto se agrava con el tiempo debido a la falta de mecanismos de eliminación natural (ej. construcción de un área recreativa junto a un camino forestal).

7. Según la relación causa-efecto **(EF)**

- Directo: Impacta inmediatamente sobre un factor ambiental (ej. tala de árboles en una zona boscosa).
- Indirecto o Secundario: Afecta a un factor ambiental en relación con otro (ej. degradación de la vegetación debido a la lluvia ácida).

8. Según su periodicidad (PR)

- Continuo: Su efecto se mantiene de manera permanente o regular (ej. actividad de canteras).
- Discontinuo: Se presenta de forma irregular (ej. industrias que eventualmente emiten contaminantes).
- Periódico: Se manifiesta de manera intermitente pero constante (ej. incendios forestales estacionales).

<b>POR VARIACION EN CALIDAD</b>		<b>INTENSIDAD (IN)</b>	
Impacto positivo	+	Baja	1
Impacto negativo	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
<b>EXTENSION (EX)</b> (Area de influencia)		<b>MOMENTO (MO)</b> (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	(+4)
Critica	(+4)		
<b>PERSISTENCIA (PE)</b> (Permanencia del efecto)		<b>REVERSIBILIDAD (RV)</b> (Por medidas naturales)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
<b>RECUPERABILIDAD (MC)</b> (Reconstrucción por medios humanos)		<b>ACUMULACIÓN (AC)</b> (Incremento progresivo)	
Recuperable de manera inmediata	1	Simple	1
Recuperable a medio plazo	2	Acumulativo	4
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		
<b>EFFECTO (EF)</b> (Relación causa-efecto)		<b>PERIODICIDAD (PR)</b> (Regularidad de la manifestación)	
Indirecto	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
<b>IMPORTANCIA (I)</b>			
$( I ) = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$			

Ilustración 12.2-1 - Valoración de impactos ambientales | Fuente - [27]

La imagen anterior indica la valoración de los impactos. Con la aplicación de este método, se puede calcular la importancia del impacto generado, clasificándolo según el valor obtenido.

A continuación, se indica la clasificación y su significado.

Valor I (13 y 100)	Calificación	Significado
< 25	BAJO	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión
25 ≥ < 50	MODERADO	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
50 ≥ < 75	SEVERO	La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado
≥ 75	CRITICO	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO hay posibilidad de recuperación alguna.

*Ilustración 12.2-2 - Valoración de impactos ambientales | Fuente - [27]*

Acciones Medios	Factores	Subfactores	CONSTRUCCION						OPERACIÓN					ABANDONO			
			Transporte de maquinaria pesada y construcción de accesos viales	Montaje de obradores, transporte de materiales y equipos	Limpieza de la zona, excavaciones y otros movimientos de tierra	Obras civiles	Instalación y montaje de equipos	Gestión de residuos de construcción	Puesta en marcha	Operación de la planta	Mantenimiento de las instalaciones	Gestión de lodos	Vaciado y limpieza de instalaciones	Gestión de residuos finales	Desmontaje de equipos e infraestructura	Remediación del sitio, gestión documental y cierre legal	
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	
Medio físico	Aire	Calidad fisicoquímica	F1	Posible contaminación por emisión de gases	Posible contaminación por emisión de gases de combustión	No aplica	No aplica	No aplica	Posible contaminación por emisión de gases (según origen del	No aplica	Posible contaminación por emisión de gases de higrónesis	Posible contaminación por emisión de gases de higrónesis	Riesgo de contaminación por descomposición	Posible contaminación por emisión de gases de higrónesis	Posible contaminación por inadecuado manejo	No aplica	Reducción en la posibilidad de alteración por cese de actividades
		Nivel de material particulado	F2	Incremento en el nivel de material particulado	Incremento en el nivel de material particulado	Incremento en el nivel de material particulado	Incremento en el nivel de material particulado	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Incremento en el nivel de material particulado	Reducción en la posibilidad de alteración por cese de actividades
		Nivel sonoro	F3	Incremento en el nivel de ruido ambiental (uso de maquinaria pesada)	Incremento en el nivel de ruido ambiental (actividades de	Aumento del ruido debido a operación de vehículos	Generación de ruido por actividades de construcción	Incremento del ruido por uso de herramientas y montaje de	No aplica	Incremento temporal en el nivel de ruido ambiental (trabajo de equipos)	No aplica	Generación de ruido por actividades de mantenimiento	No aplica	Posible generación de ruido	No aplica	Incremento en el nivel de ruido ambiental (actividades de	Reducción en la posibilidad de alteración por cese de actividades
	Agua	Calidad fisicoquímica del agua superficial	F4	Posible contaminación por derrames de aceites y	No aplica	Posible alteración de cuerpos de agua cercanos por escorrentía	No aplica	No aplica	Posible contaminación por arrastre	Posible contaminación por vuelco de efluentes fuera de parámetros	Mejora en la calidad del agua destinada a vuelco	Posible contaminación por residuos de limpieza de equipos	Riesgo de contaminación por escape de lixiviados	Posible contaminación por arrastre residuos remanentes	Posible contaminación por disposición inadecuada	No aplica	disminución en la disponibilidad de recurso tratado importante
		Calidad fisicoquímica del agua subterránea	F5	No aplica	No aplica	Posible infiltración de sedimentos y/o contaminantes al perforar	Posible de contaminación al realizar los pozos	No aplica	Posible contaminación por lixiviación	Posible contaminación por infiltración de efluente cuyos	Reducción en la posible contaminación de los recursos	Posible lixiviación de contaminantes	No aplica	Posible contaminación por infiltración de residuos remanentes	No aplica	No aplica	disminución en el riesgo de contaminación por
	Suelo	Calidad fisicoquímica	F6	Alteración de la composición del suelo por remoción y compactación	Parcialmente alterado por compactación de la zona	Parcialmente alterado por remoción profunda	No aplica	No aplica	Posible contaminación por inadecuada disposición	Posible afección local por derrame	Posible acumulación de lodos	Posible contaminación del suelo por disposición inadecuada de desechos	Riesgo de contaminación por acumulación	Posible alteración por disposición final de residuos sólidos y químicos	Posible contaminación por inadecuada disposición	Parcialmente alterado por acumulación de escombros y materiales	Recuperación debido al cese de actividades
		Calidad edafológica	F7	Pérdida parcial del horizonte fértil	No aplica	Leve afección sobre la capacidad de retención de agua	No aplica	No aplica	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	No aplica	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	No aplica	Recuperación debido al cese de actividades
		Geomorfología	F8	Alteración del perfil superficial del suelo por nivelación y excavaciones	No aplica	Cambios en la estructura del terreno debido a la remoción de material	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Medio biótico	Flora	Autoctona	F9	No aplica	No aplica	Reducción de cobertura vegetal por desmonte	No aplica	No aplica	Posible afección por incorrecta gestión	Posible afectación indirecta por descarga de efluentes fuera de norma	No aplica	Posible afección por incorrecta gestión	No aplica	No aplica	No aplica	Recuperación progresiva debido al cese de actividades	
		Introducida	F10	No aplica	No aplica	Reducción de cobertura vegetal por desmonte	No aplica	No aplica	Posible afección por incorrecta gestión	Posible afectación indirecta por descarga de efluentes fuera de norma	No aplica	Posible afección por incorrecta gestión	No aplica	No aplica	No aplica	Recuperación progresiva debido al cese de actividades	
	Fauna	Autoctona	F11	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración parcial de hábitat Pérdida de individuos	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración de dinámica y comportamiento	Posible afección por incorrecta gestión	Posible afectación por derrame de efluentes fuera de norma	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	No aplica	No aplica	No aplica	Alteración de dinámica y comportamiento	Restablecimiento progresivo debido al cese de actividades
		Introducida	F12	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración parcial de hábitat Pérdida de individuos	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración de dinámica y comportamiento	Posible afección por incorrecta gestión	Posible afectación por derrame de efluentes fuera de norma	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Posible alteración por contacto con residuos/contaminantes	No aplica	No aplica	No aplica	Alteración de dinámica y comportamiento	Restablecimiento progresivo debido al cese de actividades
Medio socioeconómico	Población	Calidad de vida y salud	F13	Posibilidad de accidentes Compromiso en la seguridad vial	Posibilidad de accidentes	afectaciones por ruido y polvo en comunidades	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Beneficio por tratamiento adecuado de efluentes	No aplica	Posible impacto por gestión inadecuada	No aplica	Reducción del riesgo sanitario bajo correcta disposición	Posibilidad de accidentes	Reducción en la disponibilidad de recurso hídrico para consumir
	Desarrollo urbano	Infraestructura y accesos	F14	Mejora en la conectividad dentro del parque por construcción de	No aplica	Posible daños en las rutas	No aplica	No aplica	Posible interrupción por incorrecta gestión	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
		Servicios	F15	Posible interrupción en el suministro de los servicios existentes	Posible interrupción en el suministro de los servicios existentes	No aplica	Posible interrupción en el suministro de los servicios existentes	Posible interrupción en el suministro de los servicios existentes	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Posible interrupción en el suministro de los servicios existentes	No aplica
	Economía	Nivel de empleo	F16	Requerimiento de personal	Requerimiento de personal	Requerimiento de personal	Requerimiento de personal	Requerimiento de personal	No aplica	Posible requerimiento de mano de obra especializada	Generación de empleo permanente en operación de la planta	No aplica	Incremento en la demanda de terceros dedicados a la gestión de	No aplica	No aplica	Requerimiento de personal	Incremento en la tasa de desempleo

Ilustración 12.2-3 - Matriz de identificación de impactos ambientales | Fuente - Autoría propia

Acciones Medios	Factores	Subfactores	CONSTRUCCION							OPERACIÓN				ABANDONO			
			Transporte de maquinaria pesada, y construcción de accesos viales	Montaje de obradores, transporte de materiales y equipos	Limpieza de la zona, excavaciones y otros movimientos de tierra	Obras civiles	Instalación y montaje de equipos	Gestión de residuos de construcción	Puesta en marcha	Operación de la planta	Mantenimiento de las instalaciones	Gestión de residuos	Vaciado y limpieza de instalaciones	Gestión de residuos finales	Desmontaje de equipos e infraestructura	Remediación del sitio, gestión documental y cierre legal	
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	
Medio físico	Aire	Calidad fisicoquímica	F1														
		Nivel de material particulado	F2														
		Nivel sonoro	F3														
	Agua	Calidad fisicoquímica del agua superficial	F4														
		Calidad fisicoquímica del agua subterránea	F5														
	Suelo	Calidad fisicoquímica	F6														
		Calidad edafológica	F7														
		Geomorfología	F8														
Medio biótico	Flora	Autoctona	F9														
		Introducida	F10														
	Fauna	Autoctona	F11														
		Introducida	F12														
Medio socioeconómico	Poblacion	Calidad de vida y salud	F13														
	Desarrollo urbano	Infraestructura y accesos	F14														
		Servicios	F15														
	Economía	Nivel de empleo	F16														

Ilustración 12.2-4 - Matriz de valoración de impactos ambientales | Fuente - Autoría propia

- Naranja oscuro – representan impactos negativos
- Naranja – representa impactos levemente negativos
- Amarillo – representa impactos neutros
- Verde claro – representa impactos ligeramente positivos
- Verde oscuro – representa impactos positivos

### **12.3 Plan de gestión ambiental**

El presente Plan de Gestión Ambiental (PGA) tiene como objetivo establecer medidas para prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales negativos identificados en el desarrollo del proyecto. Dichos impactos afectan diversos factores del medio, incluyendo el aire, agua, suelo, flora, fauna y aspectos socioeconómicos.

Dichas medidas mencionadas se pueden clasificar en tres categorías:

- Medidas preventivas: Evitan la aparición de impactos mediante la elección de aspectos que se consideran fundamentales del proyecto, como el diseño, la selección de materiales, la localización, etc.
- Medidas correctivas: Se aplican para minimizar o revertir los impactos una vez que ya han ocurrido.

Pueden incluir modificaciones en los procesos, implementación de tecnologías alternativas y otros.

- Medidas compensatorias: Estas se aplican cuando se trata de impactos irreversibles o inevitables mediante acciones que compensen, de alguna manera, el efecto generado el/los medios afectadas.

A partir del análisis de la matriz de identificación y valoración de impactos, se han propuesto estrategias específicas para cada etapa del proyecto.

#### **12.3.1 Medio Físico**

##### **Aire**

Se propone:

1. Evitar las emisiones de gases de biogénesis utilizándolo como combustible en procesos térmicos como generación de vapor para calefaccionar el biodigestor.
2. Reducir la emisión de material particulado y polvo estableciendo límites de velocidad dentro de la zona de obra.
3. Programar las actividades ruidosas en horarios de menor impacto.

##### **Agua**

Se propone:

1. Implementar bases de contención para los depósitos de sustancias químicas con la finalidad de coleccionar derrames accidentales, luego serán recogidos y dispuestos según corresponda.
2. Colocar dos aforos, uno antes del ingreso a la planta y otro antes del punto de vuelco para la toma de muestra y posterior control fisicoquímico

3. Realizar pozos de monitoreo en los alrededores de la planta de tratamiento para controlar la calidad del acuífero.
4. Utilizar el pulmón de contingencias para almacenar los líquidos fuera de especificación generados durante la puesta en marcha para posterior tratamiento.
5. Implementar un sistema de alcantarillado alrededor de la planta para dirigir los fluidos que puedan derramarse a un depósito y posteriormente tratarlos adecuadamente o tercerizar el servicio.

### **Suelo**

Se propone

1. Promover técnicas correctivas inmediatas como control de derrames con materiales absorbentes para evitar la infiltración.
2. Remover y disponer las capas superficiales de suelo contaminadas con líquidos varios para posterior tratamiento.
3. Disponer de recipientes para colocar los residuos de las actividades anteriores.

### **12.3.2 Medio Biótico**

#### **Flora y Fauna**

Se propone:

1. Definir zonas de compensación para reinsertar especies autóctonas e introducidas que han sido afectadas/removidas.
2. Implementar y desarrollar un espacio verde con diversas especies
3. Coordinar tareas educativas con el personal en dichos espacios verdes

### **12.3.3 Medio Socioeconómico**

#### **Población y Calidad de Vida**

Se propone:

1. Implementar un plan de manejo de residuos con separación, reciclaje y posterior disposición.
2. Desarrollar planes de seguridad y salud ocupacional.

3. Señalizar debidamente el sector para evitar accidentes de tránsitos u otros.
4. Promover vivistas educativas para la población local

### **Economía y Desarrollo Urbano**

Se propone

1. Promocionar el empleo local y formar a los trabajadores en prácticas ambientales.

El Plan de Gestión Ambiental desarrollado establece una serie de prácticas destinadas a prevenir, en primer plano, mitigar y corregir, en segundo plano, los impactos ambientales identificados.

A través de estrategias específicas dirigidas principalmente a los medios físico, biótico y socioeconómico, se busca minimizar el efecto de las actividades sobre el entorno.

Las acciones propuestas abarcan desde la reducción de emisiones contaminantes y la implementación de sistemas de monitoreo hasta la restauración de áreas afectadas y la promoción de prácticas seguras y responsables.

Se pone énfasis en la educación ambiental, la participación de la comunidad y el fortalecimiento del empleo local, fomentando el vínculo entre la actividad productiva, la participación del entorno y el cuidado del ambiente.

## **CAPITULO XIII - HIGIENE Y SEGURIDAD**

### **13.1 Higiene y seguridad**

Cualquier industria que busque mantenerse competitiva debe cumplir con las normativas existentes referidas a la prevención y reducción de riesgos y accidentes laborales, con el objetivo de garantizar un entorno de trabajo seguro.

La aplicación de normas de higiene y seguridad es esencial, ya que permite identificar los peligros asociados a cada actividad y establecer medidas de control que minimicen la ocurrencia de incidentes. Esto no solo protege la salud y la integridad de los trabajadores, sino que también contribuye a mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos derivados de accidentes laborales. Un ambiente de trabajo seguro favorece el desempeño del personal y la estabilidad en los procesos productivos.

Cada país cuenta con un marco regulatorio que establece las condiciones de seguridad, higiene y salud ocupacional, definiendo los riesgos y las acciones preventivas según el tipo de actividad desarrollada.

En Argentina, la legislación en esta materia está contemplada en la Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, su decreto reglamentario 351/79, y la Ley 24.557 sobre Riesgos del Trabajo, que establecen las obligaciones tanto de empleadores como de trabajadores en la prevención de riesgos laborales.

#### **13.1.1 Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo - Decreto Reglamentario 351/79**

La Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo y su Decreto Reglamentario 351/79 establecen los requisitos y condiciones de seguridad que deben cumplir todas las actividades industriales en el territorio de la República Argentina.

El marco normativo de higiene y seguridad en el trabajo abarca un conjunto de normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias y de protección, cuyo propósito es:

- Proteger la vida y preservar la integridad psicofísica de los trabajadores
- Prevenir, reducir, eliminar o controlar los riesgos asociados a los distintos entornos laborales
- Fomentar una cultura de prevención mediante la concientización y el desarrollo de actitudes proactivas para evitar accidentes y enfermedades laborales

#### **13.1.2 Decreto Reglamentario 351/79 – Características constructivas**

Establece los requisitos que deben cumplir las edificaciones destinadas a actividades laborales para garantizar la seguridad e higiene de los trabajadores.

### **13.1.2.1 Condiciones Generales Sanitarias y de Construcción**

La construcción, modificación y mantenimiento de los establecimientos industriales deben ajustarse a las normativas urbanísticas y de edificación vigentes. Los pisos deberán ser sólidos, no resbaladizos y, en caso de manipulación de sustancias tóxicas, deberán ser resistentes a dichas sustancias, impermeables y no porosos.

Los pasillos y áreas de trabajo deben mantenerse libres de obstáculos para garantizar un tránsito seguro, especialmente en situaciones de emergencia. Asimismo, los espacios entre máquinas y equipos deberán ser lo suficientemente amplios para permitir el movimiento del personal sin riesgo de accidentes.

Las instalaciones deberán diseñarse cumpliendo con la normativa urbanística vigente, asegurando condiciones adecuadas para que los trabajadores desempeñen sus tareas con seguridad y comodidad. Se dispondrán corredores que faciliten la movilidad del personal, siendo estos de un ancho mínimo de 2 metros en las áreas de producción.

### **13.1.2.2 Ruidos**

El nivel de ruido en los establecimientos debe ser monitoreado mediante mediciones en las distintas fuentes sonoras. Con base en estos resultados, se determinará si los valores obtenidos superan los límites reglamentarios, y en caso afirmativo, se implementarán las medidas correctivas necesarias.

Si los niveles son inferiores a 85 dB de Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE), se realizarán controles periódicos para verificar su estabilidad y detectar posibles variaciones debidas a la incorporación de nuevos equipos, modificaciones en los sistemas de ventilación o extracción, o falta de mantenimiento.

En caso de superar los 85 dB, se deberá minimizar el ruido desde la fuente emisora, señalar adecuadamente el área con carteles que indiquen la obligatoriedad del uso de protección auditiva y proveer al personal con los elementos de protección correspondientes.

Dado que la exposición prolongada a niveles sonoros elevados, incluso de baja intensidad, puede generar efectos adversos, es fundamental garantizar el acceso a estos elementos para todo el personal en planta.

### **13.1.2.3 Ventilación**

Los espacios de trabajo deberán contar con un sistema de ventilación que asegure condiciones ambientales adecuadas, evitando riesgos para la salud de los trabajadores. La ventilación natural será prioritaria, garantizando una adecuada circulación de aire dentro de los ambientes cerrados.

En aquellas áreas cubiertas, la distribución del equipamiento deberá permitir el libre flujo del aire, favoreciendo la renovación y evitando la acumulación de contaminantes en el ambiente laboral.

### 13.1.2.4 Iluminación

De acuerdo con la normativa vigente, la iluminación en los puestos de trabajo debe cumplir con ciertos requisitos mínimos para garantizar condiciones óptimas de visibilidad y seguridad.

La composición espectral de la luz debe ser adecuada a la tarea a desarrollar, permitiendo la correcta percepción de los colores cuando sea necesario y evitando el efecto estroboscópico, que puede generar riesgos en determinadas actividades.

El nivel de iluminación deberá ser apropiado para la tarea a realizar, asegurando una iluminación uniforme y suficiente para minimizar la fatiga visual y mejorar la precisión en los procesos productivos.

Los valores de intensidad de iluminación requeridos para la industria según el tipo de edificio y tarea se basan en la norma IRAM-AADL J 20-06 y son expresados en Lux, de acuerdo con lo establecido en la legislación correspondiente, en la tabla 69.

*Tabla 13.1-1 - Intensidad de iluminación requerida para el trabajo en la industria | Fuente - Norma IRAM AADL J 20-06*

<b>Sector</b>	<b>Lux</b>
<b>Planta de procesamiento</b>	
Circulación general	100
Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
<b>Depósito, almacenes y salas de empaque</b>	
Piezas grandes	100
Piezas pequeñas	200
Expedición de mercadería	300
<b>Talleres de montaje</b>	
Trabajo grueso: montaje de máquinas pesadas	200
Trabajo fino: iluminación localizada	1200
<b>Máquinas, herramientas y bancos de trabajo</b>	
Iluminación general	300
Trabajo de piezas pequeñas en banco o máquina, rectificación de piezas medianas, fabricación de herramientas, ajuste de máquinas	500
Soldadura	300
Trabajos superficiales sobre metales	300
<b>Laboratorio de ensayos y control</b>	
Iluminación general	400
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
<b>Oficinas</b>	
Contaduría, lectura, trabajos especiales, etc.	500 - 700

### 13.1.3 Elementos de protección personal

El uso de elementos de protección personal (EPP) constituye una medida fundamental para resguardar la integridad del trabajador ante riesgos inherentes a su actividad laboral. Estos pueden clasificarse en:

- Riesgos físicos de origen mecánico, térmico, acústico, eléctrico, entre otros.

- Riesgos químicos cuando existe exposición a sustancias tóxicas o corrosivas
- Riesgos biológicos cuyos originadores son agentes patógenos físicos, químicos o biológicos.

El objetivo principal de los EPP es, en primera instancia, evitar el impacto de estos factores sobre el trabajador. De no ser posible estos buscan reducir o minimizar dichos impactos. En cualquiera caso se busca anular/reducir el riesgo de lesiones o enfermedades ocupacionales.

Es responsabilidad del empleador proporcionar los elementos de protección adecuados y garantizar su correcto uso. Entre los equipos de protección requeridos se incluyen: calzado de seguridad, indumentaria ajustada y cómoda, casco, lentes de seguridad y, cuando corresponda, protectores auditivos.

### **13.1.4 Elementos de protección industrial**

Las máquinas y herramientas utilizadas en la industria deben cumplir con condiciones de seguridad que minimicen el riesgo de accidentes. Para ello, se establecen los siguientes requisitos:

**Seguridad en el diseño:** las máquinas y herramientas deben ser intrínsecamente seguras y, en caso de representar un riesgo, contar con dispositivos de protección adecuados.

**Aislamiento de motores:** los motores que puedan generar riesgos deben estar aislados y disponer de un sistema de parada de emergencia accesible desde un lugar seguro.

**Protección de partes móviles:** los elementos móviles accesibles a los trabajadores deben contar con resguardos o aislamientos adecuados.

**Protección en transmisiones:** mecanismos como árboles de transmisión, acoplamientos, poleas, correas, engranajes y sistemas de fricción deben contar con resguardos específicos según el riesgo asociado.

**Dispositivos de seguridad adicionales:** en aquellas partes de las máquinas que impliquen riesgos mecánicos y no requieran intervención del operario, deben instalarse protecciones eficaces como cubiertas, pantallas y barandas.

En cualquier caso, las protecciones de los distintos equipos deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

1. Estas diseñadas para ser eficaces en la mitigación del riesgo
2. Ser construida con materiales resistentes
3. Permitir el desplazamiento para ajustar y reparar, si es necesario
4. Permitir la supervisión y el mantenimiento de la maquinaria sin comprometer la seguridad del operario

5. Impedir el movimiento no accidental, ya sea en su operación o en caso de desmontaje si existe movimiento de la misma debe ser intencional.

### **13.2 Manipulación de equipos y elementos de protección – Información de seguridad**

Es importante leer y comprender los manuales de instalación, operación y mantenimiento proporcionados por el fabricante para cualquiera de los equipo involucrados en la producción de líneas de tratamiento de efluentes y pertenecientes a la misma. En caso de no contar con dichos manuales, se puede utilizar un programa de guía para asegurar una manipulación segura.

Se deben prestar atención a los avisos de advertencia y cuidado, ya que los primeros señalan condiciones potencialmente peligrosas para la salud del personal, mientras que los segundos indican situaciones que podrían dañar el equipo utilizado en la producción.

Para la protección personal, se deben seguir ciertas directrices cuya finalidad es evitar accidentes.

1. Los operadores no deben llevar ningún artículo suelto como cadenas o anillos y en caso de tener el pelo largo, deben asegurarse de tenerlo recogido.
2. Es recomendable que los operadores usen guantes especiales y mantengan cerca del área de producción un equipo de primeros auxilios y un extintor de incendios adecuado.
3. La maquinaria debe ser operada sólo por personal autorizado por la empresa y debidamente capacitado para realizar las tareas necesarias.
4. Es importante evitar que personal no especializado se acerque al área de producción durante el funcionamiento de la maquinaria.
5. Evitar exponerse durante un tiempo prolongado a máquinas con alto nivel de ruido y en caso contrario hacer uso de los EPP correspondientes.

Para la protección de los equipos también existe una serie de lineamientos que no solo aseguran el correcto funcionamiento y prolongan su vida útil, sino que además reducen la tasa de accidentes laborales.

1. Si el operador no es técnico, no debe tratar de reparar el equipo en caso de fallas o desperfectos, sino que debe acudir a personal especializado para su reparación.
2. Se debe asegurar que todo el cableado se encuentre en perfectas condiciones, se deben aislar los contactos de las cintas calefactoras y verificar las conexiones a tierra. Se deben señalizar los canales de cableado eléctrico y colocar letreros o afiches de precaución para indicar lugares de alta tensión.

3. Tener sumo cuidado durante el manejo, levantamiento, instalación, operación y mantenimiento de equipos y hacer uso de los procedimientos correspondientes.
4. Nunca eliminar los guardas de seguridad, ni obstruir los mecanismos de seguridad mientras la máquina está en funcionamiento.
5. No encender las máquinas si previamente no se ha certificado que el cableado de corriente de la misma esté en perfectas condiciones.

Estas son algunas de las prácticas comunes a la mayoría de las industrias, listarlas todas se volvería imposible ya que dependen de cada línea de procesos, equipos involucrados y actividades a desarrollar por el operario. El responsable en seguridad e higiene debe poder reconocer los riesgos laborales y sugerir un plan de prevención, acción y mitigación.

### **13.3 Equipos extintores, señalización y sistema de alarmas**

La normativa establece que la cantidad de extintores requeridos en los lugares de trabajo debe determinarse en función de las características y dimensiones del área, el nivel de riesgo, la carga de fuego, las clases de incendios involucrados y la distancia a recorrer para acceder a ellos.

Las clases de fuego se categorizan de la siguiente manera:

- Clase A: Incendios en materiales sólidos combustibles, como madera, papel, telas, caucho y plásticos.
- Clase B: Incendios en líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras y gases.
- Clase C: Incendios en materiales, instalaciones o equipos sometidos a corriente eléctrica.
- Clase D: Incendios en metales combustibles, como magnesio, titanio, potasio y sodio.

Debe instalarse al menos un extintor cada 200 m<sup>2</sup> de superficie protegida y dependiendo del caso de incendio la distancia máxima para acceder a un extintor no debe superar:

- 20 metros en el caso de incendios de Clase A
- 15 metros para los de Clase B

La señalización de los extintores también está normalizada y se indica de la siguiente manera:

- Debe realizarse mediante una chapa baliza con franjas inclinadas en 45° respecto de la horizontal
- Las franjas deben ser de color blanco y rojo de 10 cm de ancho.

- La parte superior de la señalización debe ubicarse a una altura de entre 1,20 y 1,50 metros sobre el nivel del piso.

En cuanto al sistema de alarmas, la planta contará con señales acústicas diferenciadas para alertar sobre distintos tipos de riesgos. Esta diferenciación resulta fundamental, dado que los incidentes pueden tener alcances variables según la naturaleza de la industria. Ante la activación de una alarma, se implementará el protocolo de seguridad correspondiente.

Toda persona que acceda a la planta deberá contar con la capacitación necesaria para reconocer las distintas señales de alarma y cómo proceder en cada caso.

### **13.4 Manejo de reactivos**

El manejo de reactivos en la planta debe realizarse bajo los protocolos de seguridad correspondientes. Se debe considerar sus propiedades químicas, los riesgos asociados y las medidas correspondientes de manipulación para evitar incidentes.

#### **13.4.1 Identificación de riesgos**

- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 98%
  - Toxicidad: Es altamente corrosivo y puede causar daños graves en los tejidos.
  - Contacto dérmico: Posee alta reactividad frente al agua, generando gran desprendimiento de calor por disolución provocando así quemaduras severas en la piel
  - Inhalación: Al inhalarlo irrita y corroe las vías respiratorias pudiendo causar edemas pulmonares.
  - Ingestión: Puede causar perforaciones en el tracto digestivo al entrar en contacto con este.
  - Incendio y explosiones: No es una sustancia inflamable, pero reacciona violentamente con el agua pudiendo generar proyecciones.
  - Impacto ambiental: Es altamente perjudicial para cuerpos de agua y suelos, ya que los acidifica y produce daños en los organismos acuáticos.
- Cloruro férrico ( $FeCl_3$ ) al 38%
  - Toxicidad: Es una sustancia moderadamente tóxica en elevadas concentraciones.
  - Contacto dérmico: Es irritante y puede causar enrojecimiento y quemaduras.

- Inhalación: Los vapores emitidos pueden producir irritación en las vías respiratorias.
  - Ingestión: Al entrar en contacto con el sistema digestivo puede ocasionar irritación gastrointestinal severa.
  - Incendio y explosiones: No es inflamable ni explosivo.
  - Impacto ambiental: En elevadas concentraciones se considera contaminante para cuerpos de agua, alterando el pH y pudiendo generar toxicidad en la vida acuática.
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 40%
- Toxicidad: Es altamente corrosivo, destruyendo los tejidos al entrar en contacto.
  - Contacto dérmico: Posee alta reactividad con la piel causando quemaduras graves e incluso necrosis de los tejidos.
  - Inhalación: Es muy irritante, pudiendo causar daño pulmonar por exposición prolongada.
  - Ingestión: Es extremadamente peligroso y puede causar la perforación del esófago y estómago.
  - Incendio y explosiones: No inflamable, pero reacciona violentamente con ácidos y metales emitiendo proyecciones.
  - Impacto ambiental: Puede alterar significativamente el pH del agua y suelo, afectando ecosistemas acuáticos.
- SIFLOC 1080D al 5%
- Toxicidad: Baja toxicidad en las concentraciones utilizadas.
  - Contacto dérmico: Puede causar irritación leve en la piel.
  - Inhalación: Es poco irritante, pudiendo causar irritación leve en las vías respiratorias cuando se prolonga la exposición a él.
  - Ingestión: No se considera peligroso, aunque su ingestión puede causar malestar.
  - Incendio y explosiones: No es inflamable ni explosivo.
  - Impacto ambiental: En las concentraciones empleado no representa una amenaza para el entorno.

- Cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) al 25%
  - Toxicidad: Se considera moderadamente tóxico cuando se emplea en concentraciones elevadas.
  - Contacto dérmico: Puede causar irritación y dermatitis leve.
  - Inhalación: Es poco irritante en las condiciones utilizadas, pero puede irritar las vías respiratorias mediante la liberación de vapores de amoníaco.
  - Ingestión: Puede causar náuseas, vómitos y alteraciones metabólicas.
  - Incendio y explosiones: No es inflamable ni explosivo, pero en caso de incendio pueden desprenderse gases tóxicos e irritantes.
  - Impacto ambiental: Dependiendo de la concentración y el tiempo de contacto puede contribuir a la eutrofización de cuerpos de agua.
  
- Fosfato monobásico de sodio ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) al 80%
  - Toxicidad: Se considera levemente tóxico en las concentraciones empleadas.
  - Contacto dérmico: Puede causar irritación leve.
  - Inhalación: Es poco irritante en las condiciones utilizadas, pudiendo causar irritación leve en mucosas respiratorias.
  - Ingestión: Al ingerirlo en grandes cantidades puede causar desbalances electrolíticos.
  - Incendio y explosiones: No es inflamable ni explosivo.
  - Impacto ambiental: Puede contribuir a la eutrofización de cuerpos de agua.

### **13.4.2 Manipulación y almacenamiento**

- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) al 98%

Manipular en áreas ventiladas o bajo campana. Los elementos básicos son guantes de neopreno o nitrilo, gafas de seguridad, delantal de PVC, botas de

seguridad y en caso de no contar con buena ventilación también debe incluirse un filtro para no aspirar vapores de ácido.

Debe ser almacenado en contenedores de **polietileno de alta densidad** o acero revestido. No puede estar cerca de fuentes de calor o bases fuertes (reacciones exotérmicas) y es necesario evitar el contacto con agua o metales.

- Cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) al 38%

Manipular con precaución para evitar salpicaduras. Los elementos básicos son guantes de nitrilo o neopreno, gafas de seguridad, delantal de PVC y botas de seguridad.

Se debe almacenar en recipientes de plástico o vidrio resistentes a la corrosión, en un área bien ventilada. En las concentraciones utilizado no representa un peligro frente a otras sustancias, pero se recomienda mantenerlo alejado de bases fuertes y metales reactivos como Al y Zn.

- Hidróxido de sodio (NaOH) al 40%

Manipular con cuidado evitando el contacto con piel y ojos. Normalmente es recomendable hacerlo bajo campana o en áreas bien ventiladas. Los elementos básicos son guantes de neopreno o PVC, gafas de seguridad, delantal de polietileno o PVC, botas de seguridad y en caso de no contar con buena ventilación incluir filtro para no aspirar vapores alcalinos.

Almacenar en envases de polietileno, PVC o acero inoxidable, lejos de ácidos fuertes y aluminio u otro metal reactivo.

- SIFLOC 1080D al 5%

Manipular con guantes y evitar contacto prolongado con la piel. Los elementos recomendados son guantes de nitrilo y gafas de seguridad.

Se recomienda realizar almacenarlo en envases de plástico bien sellados, lejos de materiales orgánicos y oxidantes (posible reacción fuertemente exotérmica).

- Cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) al 25%

Manipular en áreas bien ventiladas en caso de desprendimiento de  $\text{NH}_3$ . Los elementos recomendados son guantes de nitrilo y gafas de seguridad.

Su almacenamiento se realiza en envases de plástico herméticos para evitar absorción de humedad. Se recomienda colocarlo lejos de fuentes de calor, NaOH y oxidantes fuertes (posible reacción exotérmica).

- Fosfato monobásico de sodio ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) al 80%

Manipular evitando la inhalación, se recomienda un lugar ventilado. Los elementos apropiados para su manejo son guantes de nitrilo y gafas de seguridad.

El almacenamiento se realiza en envases de vidrio o de plástico bien cerrados, en un lugar seco, ventilado y evitando exponerlo directamente a luz solar. Se recomienda mantenerlo alejado de ácidos y oxidantes fuertes.

### **13.4.3 Procedimiento en caso de derrames**

- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) al 98%

Ante un derrame, se debe alejar cualquier fuente de calor y ventilar el área. Antes de intervenir, es fundamental utilizar el equipo de protección personal completo.

Para contener el derrame, se recomienda neutralizarlo con carbonato de sodio o bicarbonato de sodio, asegurando que la reacción sea controlada para evitar salpicaduras peligrosas. Luego, se debe absorber el líquido con un material inerte como arena seca.

Finalmente, los residuos deben ser recogidos y dispuestos correctamente.

- Cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) al 38%

En caso de derrame, se debe evitar el contacto del producto con metales y bases, ya que pueden generar reacciones no deseadas.

Para su contención, se debe absorber con material inerte como arena y lavar la zona con abundante agua.

El material recogido debe almacenarse en contenedores adecuados y ser dispuesto correctamente.

- Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) al 40%

En caso de derrame es esencial ventilar el área y evitar el contacto del producto con la piel y los ojos.

Para neutralizarlo, se recomienda el uso de ácido acético diluido o ácido cítrico, asegurando una reacción controlada. Luego, el líquido debe ser absorbido con un material inerte como arena.

Los residuos generados deben ser gestionados como residuos peligrosos según las normativas locales vigentes.

- SIFLOC 1080D al 5%

En caso de derrame el líquido debe ser absorbido con material inerte, y la zona afectada debe limpiarse con agua para eliminar cualquier residuo.

El residuo debe recogerse y ser dispuesto adecuadamente.

- Cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) al 25%

Ante un derrame, se debe ventilar la zona y evitar la inhalación de vapores que puedan liberarse. Se recomienda regar en forma de lluvia con agua para retener los vapores emitidos.

El líquido se debe absorber con un material inerte y posteriormente lavar la zona con abundante agua.

Los residuos recogidos deben almacenarse en contenedores adecuados y ser gestionados según corresponda

- Fosfato monobásico de sodio ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) al 80%

En caso de derrame, se debe evitar dispersión en el aire. El producto debe recogerse en seco y evitar su liberación en cuerpos de agua o desagües.

El material recuperado debe disponerse como residuo industrial según las normativas ambientales locales.

### **13.5 Conclusión**

Para cerrar el capítulo concluimos que el manejo de reactivos en la planta requiere una gestión rigurosa basada en la identificación de riesgos, medidas de almacenamiento y protocolos de respuesta ante incidentes. Cada sustancia utilizada presenta características particulares que demandan precauciones específicas tanto en su manipulación como en su disposición final, minimizando así el impacto en la seguridad del personal y el medioambiente.

Para mitigar estos riesgos, se debe implementar un plan de contingencia estructurado, que contemple procedimientos de emergencia en caso de derrames, contacto accidental o liberación de vapores nocivos. Dicho plan debe incluir la capacitación del personal en el uso de equipos de protección personal (EPP) adecuados según cada reactivo, la correcta segregación de sustancias incompatibles y la disposición de materiales absorbentes para contención de derrames.

Asimismo, la planta debe contar con un sistema eficiente de ventilación, estaciones de lavado de emergencia y protocolos claros para el manejo de residuos peligrosos. La implementación y actualización periódica de este plan garantizarán no solo el cumplimiento normativo, sino también la reducción de riesgos operativos, reforzando un entorno de trabajo seguro y responsable.

## **CAPITULO XIV – EVALUACION ECONOMICA**

## 14.1 Evaluación económica

En este capítulo se desarrolla el análisis económico del proyecto con el objetivo de evaluar su factibilidad financiera. Para ello, se emplea el método de valoración basado en dos indicadores clave: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Si bien aquellos proyectos de infraestructura cuya vida útil es más prolongada, como las plantas de tratamiento de efluentes, poseen horizontes de análisis cercanos a los 20 años se hará uso de la resolución 175/2004 de la Secretaría de Política Económica. Esta establece que las proyecciones deben realizarse hasta un máximo de 10 años.

Estos indicadores permiten determinar la rentabilidad del proyecto al incorporar el valor temporal del dinero en los flujos de caja estimados. En términos de decisión, el proyecto será económicamente viable si el VAN es positivo y la TIR supera la tasa de descuento calculada.

La evaluación incluirá el cálculo de la tasa de descuento, la estructura de costos y el flujo de caja, además del análisis del VAN y la TIR, entre otros aspectos relevantes. Asimismo, se determinará el capital requerido para su ejecución, los costos operativos de la planta y otros indicadores que fundamentarán la evaluación económica final. En capítulos posteriores, el estudio se complementará con un análisis de riesgos y sensibilidad, a fin de establecer el impacto de variaciones en las principales variables del modelo y definir los límites dentro de los cuales el proyecto sigue siendo rentable o podría alcanzar rentabilidad.

El análisis se realizará en dólares estadounidenses (USD) para minimizar distorsiones derivadas de la inflación. A la fecha, se considera un tipo de cambio de \$1052,50/USD, según información del Banco de la Nación Argentina (BNA).

## 14.2 Tasa de descuento

Conceptualmente, la tasa de descuento ( $r$ ), o costo de capital, es un parámetro financiero utilizado para determinar el valor presente de un flujo de fondos futuros. Para llevar a cabo el análisis económico del proyecto, es fundamental establecer este valor previamente.

Para ello, se emplea el método CAPM (Capital Asset Pricing Model), un modelo basado en la teoría de valoración de activos de capital. A partir del cálculo de la tasa de descuento, será posible actualizar y capitalizar los montos, permitiendo su comparación en un mismo periodo de tiempo.

La tasa de descuento se determina mediante la siguiente fórmula:

$$r = R_f + (R_m - R_f) \cdot \beta + R_p$$

Donde:

- Tasa libre de riesgo ( $R_f$ ): Se estima a partir del rendimiento de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos (T-Bonds) con un plazo equivalente a la vida útil del activo a evaluar. Para un horizonte de 15 años, se adopta un valor del 5%.
- Tasa de rentabilidad del mercado ( $R_m$ ): Representa la rentabilidad promedio observada en el mercado de EE.UU., abarcando todos los sectores de la economía. Se considera un valor del 10%.
- Sensibilidad del proyecto ( $\beta$ ): Relaciona el riesgo del proyecto con el riesgo del mercado. Se emplea un coeficiente beta de 0,92, correspondiente al sector “Environmental & Waste Services”, según los valores de referencia disponibles en Stern NYU.
- Riesgo país ( $R_p$ ): Se incorpora el riesgo asociado a la inversión en Argentina. Según [www.ambito.com](http://www.ambito.com), para marzo del 2025, este valor es de 762 puntos básicos.

Tendremos así:

$$r = 5 + (10 - 5) \cdot 0,92 + 7,62 = \mathbf{17,22}$$

Los resultados obtenidos en este capítulo proporcionan la base para evaluar la rentabilidad del proyecto, estableciendo las herramientas para poder comparar los costos de las alternativas.

## 14.3 Estructura de costos

### 14.3.1 Inversión inicial

Los costos de inversión inicial abarcan todas las erogaciones necesarias antes de que la planta entre en operación. Representan la mayor parte del desembolso económico de un proyecto de estas características, dado que incluyen todos los recursos destinados a viabilizar su puesta en marcha.

El análisis de estas inversiones normalmente se clasifica en tres categorías:

1. Costos diferidos – Donde se agrupan inversiones en servicios esenciales para la habilitación y funcionamiento de la planta, tales como patentes, permisos, gastos notariales y sellos, planificación, supervisión y administración del proyecto y entre otros.
2. Activos de capital – Los que incluyen bienes tangibles e intangibles adquiridos para la ejecución y funcionamiento del proyecto, tales como terrenos, maquinaria, infraestructura, obras civiles, software, patentes, etc.
3. Costo del servicio – Corresponde al desembolso que debe realizar quien adquiere la planta de tratamiento de efluentes, en concepto de pago por el servicio recibido.

Estos tres componentes son fundamentales para la constitución y operatividad de la planta, representando una inversión significativa destinada a garantizar su correcto funcionamiento desde el inicio.

La inversión inicial, teniendo en cuenta los costos diferidos y los activos de capital asciende a **US\$ 540.403,27**.

### **14.3.1.1 Costos diferidos**

#### **14.3.1.1.1 Habilitaciones y requisitos normativos**

Como se detallará más adelante la adquisición del terreno puede generar o no un desembolso inicial. Sea el caso o no, siempre sucederá que para poder disponer del mismo se deben cumplir ciertos requisitos administrativos y regulatorios.

Dichos requisitos implican costos como los asociados a permisos, habilitaciones y cumplimiento normativo y deben ser considerados dentro de la inversión requerida para la instalación y puesta en marcha de la planta.

Entre ellos tendremos:

- Declaración de impacto ambiental: Requiere la evaluación del impacto del proyecto y la implementación de medidas de mitigación.

Si bien es lógico que la EIA para la planta de tratamiento de efluente se incluya en el EIA para la planta de biodiesel, sus costos se diferenciarán ya que es pertinente detallarlo en el proyecto presente.

Para determinar este costo se ha hecho uso y adaptado el presupuesto propuesto en la cátedra Estudio y Auditorías Ambientales – 2024.

- Licencia de funcionamiento: Autoriza la operación de la planta y debe renovarse anualmente. Su costo también depende de factores legales y de tamaño.
- Inspecciones de seguridad y salud laboral: Son requeridas por ley para garantizar condiciones de trabajo seguras. Su costo depende del tamaño de la empresa y la normativa vigente.
- Pago de impuestos, tasas municipales y permisos de vuelco: Las obligaciones impositivas y tasas municipales pueden variar según la ubicación y dimensiones de la propiedad.

Se estimará que estos, excluyendo la DIA, representan un 4% del activo total del proyecto. Dentro del activo total no se contemplarán inmuebles y rodados.

Dicho valor se ha tomado de la Tabla 4 – **Typical percentages of fixed-capital investment values for direct and indirect cost segments for multipurpose plants or large additions to existing facilities** <sup>[28]</sup>.

### 14.3.1.1.2 Servicios esenciales

Se llama así a aquellas inversiones que, constituidas por servicios, no considerados permisos o habilitaciones, necesarios para el funcionamiento del proyecto. Consideramos a los siguientes ítems como servicios esenciales.

- Planeación e integración del proyecto: esta se estima como un 0,3% de la inversión total en activos de capital.
- Ingeniería del proyecto: posee un costo equivalente al 0,35% del costo total de los equipos de planta.
- Supervisión del proyecto: en ella se debe invertir un 0,15% del capital invertido en activos de capital.
- Administración del proyecto: en particular tiene un costo equivalente al 0,5% de la inversión en activos de capital.
- Puesta en marcha: tiene un costo igual al 2% del costo de los equipos de la planta.

El valor del activo total del proyecto, habiendo hecho las exclusiones pertinentes es:

*Tabla 14.3-1 - Activos totales del proyecto | Fuente - Autoría Propia*

ACTIVO TOTAL DEL PROYECTO	
Item	Valor (US\$)
Terreno	\$ 158.580,00
Edificio e instalaciones	\$ 39.960,00
Equipos y accesorios instalados	\$ 212.149,30
Depósitos instalados	\$ 21.566,91
<b>Total</b>	<b>\$ 432.256,21</b>

*Tabla 14.3-2 - Costos diferidos del proyecto | Fuente - Autoría Propia*

COSTOS DIFERIDOS		
Adquisición (US\$)	Cantidad	Total (US\$)
Estudio de Impacto Ambiental	1	\$ 10.774,00
Impuestos y otros	5,00%	\$ 21.612,81
Planeación e integración del proyecto	0,30%	\$ 1.484,47
Ingeniería del proyecto	0,35%	\$ 818,01
Supervisión del proyecto	0,15%	\$ 742,23
Administración del proyecto	0,50%	\$ 2.474,12
Puesta en marcha del proyecto	2,00%	\$ 4.674,32
<b>Total</b>	-	<b>\$ 42.579,96</b>

Finalmente, la inversión en **costos diferidos** será de **US\$ 42.579,96**.

### **14.3.1.2 Activos de capital**

Una parte importante en la ejecución del proyecto es la asignación de recursos en dos etapas principales:

1. Instalación y montaje: Incluye todas las actividades necesarias para la construcción, ensamblaje y puesta en marcha de la planta.
2. Operación y funcionamiento: Corresponde a la fase en la que la planta entra en actividad y se inicia la producción.

La estimación del valor de los activos necesarios para determinar la inversión total se basa en diversos factores, como la distribución de la planta, las dimensiones y el rendimiento de la maquinaria, así como los costos asociados a edificios, equipos complementarios y otros elementos esenciales para su correcto funcionamiento.

#### **14.3.1.2.1 Terreno**

De acuerdo con el análisis de localización, la planta de producción se instalará en la ciudad de San Lorenzo – Santa Fe, dentro del parque industrial de la localidad.

La adquisición del terreno no será un factor que se contemple en este proyecto cuando el cliente posea superficie disponible para instalar la planta. En tal caso, se considerará incluido dentro del proyecto que involucra la planta de producción de biodiesel.

Sin embargo, puede darse la situación donde el cliente no disponga de espacio y debe invertir en él. En este contexto pueden darse dos situaciones:

- a. La adquisición del terreno no implica un costo directo, ya que forma parte de los incentivos provinciales para nuevos proyectos de inversión.
- b. La adquisición del terreno implica un costo directo y debe ser contemplado dentro del proyecto que se está desarrollando.

Supondremos que se trata del caso b) y se evaluará este aspecto dentro del análisis económico.

La superficie necesaria depende del tipo de diseño de la planta (compacto, convencional, extensivo) y de la superficie de los equipos involucrados. Según Metcalf & Eddy <sup>[12]</sup> para las plantas convencionales, nuestro caso, la superficie requerida se encuentra entre 2 y 2,5 veces la superficie total de los equipos.

La superficie total de los equipos asciende a 881 m<sup>2</sup> incluyendo el pulmón de contingencia y las parcelas de secado de fangos.

Asumiendo un factor de 2 la superficie total es de 1762 m<sup>2</sup>.

Tabla 14.3-3 - Costo del terreno | Fuente - Autoría Propia

TERRENOS		
Costo (US\$/m <sup>2</sup> )	Cantidad (m <sup>2</sup> )	Total (US\$)
90	1762	\$ 158.580,00

Existen terrenos disponibles en el lugar donde se emplazaría el proyecto y estos tienen un costo promedio de 90 US\$/m<sup>2</sup>.

#### 14.3.1.2.2 Edificios e instalaciones

Se ha contemplado, para la correcta operación de la planta, una oficina o espacio físico para el control de la misma y otros trabajos que deban realizarse por parte de las personas a cargo de la operación de la planta.

Se estima que dicho espacio requiere de 30 m<sup>2</sup> de superficie donde se colocará la tecnología y muebles necesarios. Ver sección “Muebles, tecnología y rodados” más adelante para más detalles.

Además, entre otro tipo de instalaciones, se ha previsto un espacio físico para la disposición de las sustancias químicas o reactivos necesarios en la operación.

En particular los depósitos requieren de, aproximadamente, 15 m<sup>2</sup> de superficie. Haciendo uso del mismo factor (2), empleado anteriormente en la determinación del terreno, para contemplar los espacios libres y necesarios para moverse, esta superficie asciende a los 30 m<sup>2</sup>.

Tabla 14.3-4 - Costos de edificios e instalaciones | Fuente - Autoría Propia

EDIFICIOS E INSTALACIONES			
Item	Costo (US\$/m <sup>2</sup> )	Cantidad (m <sup>2</sup> )	Total (US\$)
Almacenamiento de reactivos	600	30	\$ 18.000,00
Oficina de operación	600	30	\$ 18.000,00
Instalación eléctrica	-	-	\$ 3.960,00
<b>Total</b>	-	-	<b>\$ 39.960,00</b>

Como se logra ver se ha incluido el costo de la instalación eléctrica haciendo uso del factor tomado para este tipo de industrias. Ver sección “Equipos, accesorios e instalaciones” más adelante para más detalles.

#### 14.3.1.2.3 Equipos, accesorios y adecuaciones

El costo de maquinaria y equipos es uno de los componentes más significativos de la inversión en capital fijo. Este costo implica la compra de los equipos necesarios para el funcionamiento de la planta, la cual se realiza bajo la modalidad "libre a bordo", lo que significa que el comprador se encarga del transporte del producto desde el punto de venta. El costo de este envío estará determinado por varios factores, como el tamaño

y peso del equipo, el medio de transporte utilizado, las distancias de traslado, entre otros. La inversión necesaria en maquinaria y equipos ya se ha definido previamente en las secciones 7.3 – 7.6.

En adición a esto, se debe determinar la inversión necesaria para las instalaciones esenciales de la planta de tratamiento de efluentes; dicha inversión se obtiene a partir de factores propuestos por “Peter & Timmerhaus” en su metodología para el diseño y evaluación económica para ingenieros químicos.

Estos factores permiten hacer ajustes en función del tipo de planta y la inclusión de servicios auxiliares, tales como tuberías, electricidad, y otros elementos necesarios, los cuales suponen un porcentaje adicional sobre la inversión inicial destinada a la compra de equipos.

A continuación, se presenta la tabla con los índices de corrección sugeridos para este análisis. Entre ellos se encuentra:

- Factor de costo de instalación de equipos
- Factor de costo de instalación de tuberías
- Factor de costo de instalación eléctrica
- Factor de costo de instrumentación y control
- Factor de costo de adecuaciones del terreno

Estos se han tomado de la Tabla 17 - **Ratio factors for estimating capital-investment items based on delivered equipment cost** <sup>[28]</sup>

En este caso, se ha considerado una planta de procesamiento de fluidos.

*Tabla 14.3-5 - Factores de estimación basados en el costo del equipo entregado | Fuente - [28]*

FACTOR	PLANTA DE PROCESAMIENTO DE FLUIDOS (%)
Costo de instalación de equipos	47
Costo de instalación de tuberías	66
Costo de instalación eléctrica	11
Costo de instrumentación y control	18
Costo de adecuación del terreno	10

A continuación, se presenta el detalle de los costos en equipos, accesorios y adecuaciones necesarias.

Tabla 14.3-6 - Equipos, accesorios y su instalación | Fuente - Autoría Propia

EQUIPOS, ACCESORIOS E INSTALACIÓN					
Especificación	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)	Costo instalado (US\$)	
<b>EQUIPOS PRINCIPALES</b>	TE1	1	\$ 5.072,00	\$ 5.072,00	\$ 7.455,84
	TA1	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00	\$ 4.410,00
	ME1	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 588,00
	CF1	1	\$ 2.355,00	\$ 2.355,00	\$ 3.461,85
	UF1	1	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 3.528,00
	ME2	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 588,00
	RAN1	1	\$ 12.500,00	\$ 12.500,00	\$ 18.375,00
	IC1	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 6.615,00
	ME3	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 588,00
	RAE1	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 7.350,00
	US1	1	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00	\$ 4.116,00
	PA1	3	\$ 97,00	\$ 291,00	\$ 427,77
	PC1	1	\$ 3.249,00	\$ 3.249,00	\$ 4.776,03
<b>EQUIPOS AUXILIARES</b>	CL1	1	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 735,00
	CL2	1	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 735,00
	BA1	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00	\$ 1.470,00
	BA2	2	\$ 788,00	\$ 1.576,00	\$ 2.316,72
	BA3	2	\$ 2.461,00	\$ 4.922,00	\$ 7.235,34
	BD1	2	\$ 809,00	\$ 1.618,00	\$ 2.378,46
	BD2	2	\$ 4.682,00	\$ 9.364,00	\$ 13.765,08
	BD3	2	\$ 809,00	\$ 1.618,00	\$ 2.378,46
	BD4	2	\$ 809,00	\$ 1.618,00	\$ 2.378,46
	BD5	2	\$ 6.236,00	\$ 12.472,00	\$ 18.333,84
	BD6	2	\$ 809,00	\$ 1.618,00	\$ 2.378,46
	BR1	2	\$ 2.350,00	\$ 4.700,00	\$ 6.909,00
	BR2	2	\$ 796,00	\$ 1.592,00	\$ 2.340,24
	BR3	2	\$ 550,00	\$ 1.100,00	\$ 1.617,00
	BV1	2	\$ 550,00	\$ 1.100,00	\$ 1.617,00
	S/E (válvulas y otros)	-	\$		\$ 15.779,70
	Tuberías e instalación	-	\$		\$ 57.858,90
Instalación eléctrica	-	\$		\$ 9.643,15	
<b>OTROS</b>	Adecuación terreno	-	\$		\$ 8.766,50
<b>TOTAL</b>	Todos	-		\$ 212.149,30	

#### 14.3.1.2.4 Muebles, tecnología y rodados

Se va a tener en cuenta:

- a. Un rodado en caso de que el predio sea muy grande

Este se comprará al siguiente fabricante <sup>[NF<sub>4x2</sub>]</sup> y su costo es de *US\$ 36542,00*

- b. Un auto elevador para el movimiento de reactivos

Este se comprará al siguiente fabricante <sup>[AE<sub>ck</sub>]</sup> y su costo es de *US\$18.634,00*

- c. Los respectivos depósitos para cada uno de los reactivos empleados.

En este caso tendremos:

- Tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico fabricado en HDPE <sup>[AS]</sup>  
El costo de este equipo es de *US\$ 238*
- Tanque de almacenamiento de cloruro férrico fabricado en PRFV <sup>[CF]</sup>  
El costo de este equipo es de *US\$ 5236*
- Tanque de almacenamiento de hidróxido de sodio fabricado en HDPE <sup>[HS]</sup>  
El costo de este equipo es de *US\$ 238*
- Tanque de almacenamiento de SIFLOC 1080D fabricado en HDPE <sup>[SF]</sup>  
El costo de este equipo es de *US\$ 1630*
- Tanque de almacenamiento de cloruro de amonio fabricado en HDPE <sup>[CF]</sup>  
El costo de este equipo es de *US\$ 1630*
- Tanque de almacenamiento de fosfato de sodio fabricado en HDPE <sup>[FS]</sup>  
El costo de este equipo es de *US\$ 9781*

El resto de los equipos consiste en escritorios, ordenadores, sillas, mesas, armarios y otros. Téngase en cuenta que el valor de estos elementos no se ha detallado y se ha tomado el valor promedio de cada uno en el mercado.

A continuación, se indican los costos estimados.

*Tabla 14.3-7 - Costo de rodados | Fuente - Autoría Propia*

<b>RODADOS</b>			
Item	Cantidad	Costo unitario (US\$/unidad)	Costo total (US\$)
Camionetas	1	\$ 36.542,00	\$ 36.542,00
Auto elevadores	1	\$ 18.634,00	\$ 18.634,00
<b>Total</b>			\$ 55.176,00

*Tabla 14.3-8 - Costos de muebles, tecnología, depósitos y otros | Fuente - Autoría Propia*

<b>MUEBLES, TECNOLOGÍA, DEPÓSITOS Y OTROS</b>			
Item	Cantidad	Costo unitario (US\$/unidad)	Costo total (US\$)
Depósito de ácido sulfúrico	1	\$ 238,00	\$ 238,00
Depósito de cloruro férrico	1	\$ 5.236,00	\$ 5.236,00
Depósito de hidróxido de sodio	1	\$ 1.630,00	\$ 1.630,00
Depósito de SIFLOC 1080D	1	\$ 238,00	\$ 238,00
Depósito cloruro de amonio	1	\$ 9.781,00	\$ 9.781,00
Depósito de fosfato de sodio	1	\$ 1.630,00	\$ 1.630,00
Instalación	-	-	\$ 8.813,91
Escritorio	2	\$ 149,00	\$ 298,00
Ordenador	2	\$ 932,00	\$ 1.864,00
Silla	4	\$ 235,00	\$ 940,00
Mesa	1	\$ 440,00	\$ 440,00
Armario	2	\$ 320,00	\$ 640,00
Otros	5%	-	\$ 209,10
<b>Total</b>			\$ 31.958,01

Finalmente, la inversión en **activos de capital** será de **US\$ 491.843,31**.

Tabla 14.3-9 - Activos de capital | Fuente - Autoría Propia

ACTIVOS DE CAPITAL		
Total (US\$)	\$	497.823,31

### 14.3.1.3 Costo del servicio

Para poder determinar el costo del servicio, utilidad sobre costos o markup se tiene en cuenta el sector en el cual se está desarrollando el proyecto, los costos internos que debe afrontar la empresa que lleva a cabo dicho proyecto, etc.

Según se indica en la sección 8.3.3 el valor de venta de un proyecto de mediana envergadura es de **US\$ 188.750**.

Tabla 14.3-10 – Costos del servicio de alquiler | Fuente – Autoría Propia

COSTO DEL SERVICIO		
Total (US\$)	\$	188.750,00

### 14.3.1.4 Inversión inicial total

La inversión necesaria para llevar a cabo un proyecto de esta envergadura corresponde a la suma de los **costos fijos y variables** de inversión. Esta combinación da como resultado una inversión total estimada como se presenta a continuación.

Tabla 14.3-11 – Inversión total | Fuente – Autoría Propia

<b>COSTOS FIJOS DE INVERSION</b>	\$	718.960,12
<b>COSTOS VARIABLES DE INVERSION</b>	\$	10.193,15
<b>INVERSION TOTAL</b>	\$	729.153,27

En la siguiente tabla se presenta la categorización de los costos según condición de fijos y variables.

Tabla 14.3-12 – Categorización de los costos de inversión | Fuente – Autoría Propia

CATEGORIZACION DE LOS COSTOS DE INVERSION	
Item	Categoría
Estudio de Impacto Ambiental	Fijo
Impuestos y otros	Fijo
Planeación e integración del proyecto	Variable
Ingeniería del proyecto	Variable
Supervisión del proyecto	Variable
Administración del proyecto	Variable
Puesta en marcha del proyecto	Variable
Terreno	Fijo
Edificios e instalaciones	Fijo
Equipos	Fijo
Rodados	Fijo
Muebles y depósitos	Fijo
Costo del servicio	Fijo

### 14.3.2 Cronograma de inversiones

El cronograma de inversiones consiste en la distribución temporal de las inversiones necesarias para el proyecto, detalladas por cada uno de los conceptos básicos y totalizadas por unidad de tiempo, en este caso, años. Esta herramienta permite visualizar con claridad los momentos clave en los que se realizarán los desembolsos y evaluar su impacto financiero.

Dado el tipo de industria y las características particulares del proceso productivo, se considera óptimo que la inversión total requerida para la puesta en marcha se realice durante los primeros seis meses.

La planificación detallada es la siguiente:

– Mes 1

La adquisición del terreno se da durante el primer mes.

Gran parte de los costos diferidos se invierten en este mes. En particular los costos de puesta en marcha se desembolsarán durante el último mes.

– Mes 2 a 5

La construcción de la edificación e instalaciones se da durante estos meses con desembolsos de igual valor en cada uno de estos.

La adquisición de equipos también se llevará a cabo durante estos meses y de la misma forma.

- Mes 6

La inversión en muebles, depósitos de reactivos, rodados, puesta en marcha y pago del servicio adquirido se lleva a cabo durante este mes.

Dado que la inversión total se efectúa en diferentes momentos a lo largo de la primera mitad del año, es necesario calcular su valor presente al momento cero del proyecto. Para ello, se procede a la actualización de cada uno de los desembolsos mensuales, aplicando una tasa de descuento acorde al tiempo en que se realiza cada inversión.

El primer paso para este cálculo consiste en determinar la tasa de descuento mensual equivalente, a partir de la tasa de descuento anual establecida para el proyecto.

Esta se obtiene mediante:

$$i_m = (1 + r)^{1/12} - 1 = 0,013 \text{ o } 1,33\% \text{ mensual}$$

Con la tasa mensual equivalente determinada, se procede a actualizar las inversiones programadas en cada mes del cronograma. De este modo, es posible calcular el valor

presente de la inversión total al momento cero del proyecto, considerando el momento específico en que se realiza cada desembolso.

**Obtenemos así un valor de inversión de US\$ 766.000,89.**

Tabla 14.3-13 - Cronograma de inversiones | Fuente - Autoría Propia

INVERSIONES		MES						TOTAL
Item	Costos (US\$/mes)	1	2	3	4	5	6	-
Terreno	\$ 158.580,00	\$ 158.580,00	-	-	-	-	-	-
Edificios e instalaciones	\$ 39.960,00	-	\$ 9.990,00	\$ 9.990,00	\$ 9.990,00	\$ 9.990,00	-	-
Equipos	\$ 212.149,30	-	\$ 53.037,33	\$ 53.037,33	\$ 53.037,33	\$ 53.037,33	-	-
Rodados	\$ 55.176,00	-	-	-	-	-	\$ 55.176,00	-
Muebles y depósitos	\$ 31.958,01	-	-	-	-	-	\$ 31.958,01	-
Costos diferidos	\$ 37.905,64	\$ 37.905,64	-	-	-	-	-	-
Puesta en marcha	\$ 4.674,32	-	-	-	-	-	\$ 4.674,32	-
Costo del servicio	\$ 188.750,00	-	-	-	-	-	\$ 188.750,00	-
Flujo de caja	-	\$ 196.485,64	\$ 63.027,33	\$ 63.027,33	\$ 63.027,33	\$ 63.027,33	\$ 280.558,33	\$ 729.153,27
Flujo de caja real	-	\$ 199.039,95	\$ 64.676,69	\$ 65.517,48	\$ 66.369,21	\$ 67.232,01	\$ 303.165,54	\$ 766.000,89

### 14.3.3 Costos fijos

#### 14.3.3.1 Costos fijos por depreciaciones y amortizaciones

Tanto la depreciación como la amortización representan mecanismos contables que reflejan la pérdida de valor económico de los activos a lo largo del tiempo. La principal distinción entre ambos conceptos radica en la naturaleza del bien: mientras que la depreciación se aplica a activos tangibles, la amortización corresponde a activos intangibles. En cada caso, los porcentajes aplicables están regulados normativamente, en función del tipo de bien considerado.

Se considera un horizonte de evaluación de 15 años. Esto se ha determinado así según las siguientes recomendaciones.

- Para plantas modulares, pensadas como soluciones transitorias o futuros cambios, los horizontes de evaluación suelen ser de 10 años.
- Para plantas de gran escala, donde los costos de inversión son mucho más grandes, se estiman horizontes de 20 años.

Tabla 14.3-14 - Depreciaciones | Fuente - Autoría Propia

DEPRECIACIONES					
Item	Valor (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación anual (US\$/año)	Depreciación total (US\$/15 años)	Valor residual (US\$)
Edificios e instalaciones	\$ 39.960,00	25	\$ 1.598,40	\$ 23.976,00	\$ 15.984,00
Equipos	\$ 212.149,30	10	\$ 21.214,93	\$ 212.149,30	\$ -
Rodados	\$ 55.176,00	5	\$ 11.035,20	\$ 55.176,00	\$ -
Muebles y otros	\$ 31.958,01	3	\$ 10.652,67	\$ 31.958,01	\$ -
<b>Total</b>	<b>\$ 339.243,31</b>	<b>-</b>	<b>\$ 44.501,20</b>	<b>\$ 323.259,31</b>	<b>\$ 15.984,00</b>

Tabla 14.3-15 - Amortizaciones | Fuente - Autoría Propia

AMORTIZACIONES					
Item	Valor (US\$)	Períodos (años)	Amortización anual (US\$/año)	Amortización total (US\$/3 años)	Valor residual (US\$)
Cargos diferidos	\$ 37.905,64	3	\$ 12.635,21	\$ 37.905,64	\$ -
<b>Total</b>	<b>\$ 37.905,64</b>	<b>-</b>	<b>\$ 12.635,21</b>	<b>\$ 37.905,64</b>	<b>\$ -</b>

#### 14.3.3.1.1 Valor residual

Si bien en las tablas anteriores se indica un valor de desecho por la suma de US\$ 15.984,00, a los fines de la evaluación se ha considerado dicho valor nulo; esto se ha planteado desde un punto de vista conservador.

#### 14.3.3.2 Costos fijos de mano de obra

Los costos de mano de obra fija están constituidos por el salario de los operarios y ya se han indicado con anterioridad, en la sección 8.4.3.

Se detallará a continuación sólo su valor neto anual, este es de **US\$ 96.698,88**.

#### 14.3.3.3 Costos fijos de servicios

Se considera dentro de este grupo a todos los servicios que demandará la operación de la planta.

En él se detallarán los gastos de librería, agua potable, telefonía e internet, seguros, patentes y combustible de los rodados y servicios de limpieza.

*Tabla 14.3-16 - Costos fijos de servicios | Fuente - Autoría Propia*

SERVICIOS		
Item	Costo anual (US\$/año)	Total anual (US\$/año)
Gastos de librería	\$ 200,00	\$ 5.836,00
Agua potable	\$ 288,00	
Telefonía e internet	\$ 1.320,00	
Seguros e impuestos de rodados	\$ 1.100,00	
Servicio de limpieza	\$ 1.200,00	
Combustible	\$ 1.728,00	

### 14.3.3.4 Resumen de costos fijos

Tabla 14.3-17 - Resumen de costos fijos | Fuente - Autoría Propia

RESUMEN DE COSTOS FIJOS (US\$/AÑO)	
Mano de obra	\$ 96.698,88
Servicios	\$ 5.836,00
Erogables	\$ 102.534,88
Depreciaciones y amortizaciones	\$ 57.136,41
No erogables	\$ 57.136,41
<b>Total</b>	<b>\$ 159.671,30</b>
Costo fijo unitario (US\$/m <sup>3</sup> )	\$ 0,84

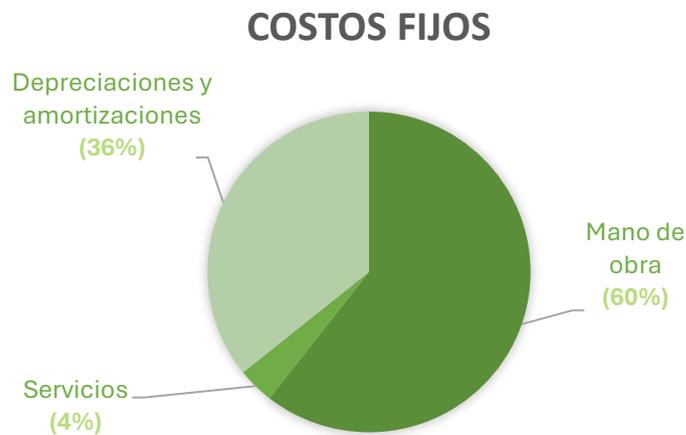


Ilustración 14.3-1 - Representación gráfica de costos fijos | Fuente - Autoría Propia

### 14.3.4 Costos variables

Para calcular el costo total de operación de la planta, es fundamental considerar los costos variables, los cuales dependen directamente del nivel de operación.

Es conveniente que la mayor proporción de los costos se mantenga dentro de esta categoría, ya que el escenario es más favorable cuando la producción cae.

#### 14.3.4.1 Costos variables de reactivos

Los reactivos empleados se han determinado en la sección 6.4. La demanda anual para cada uno de ellos, su precio y vendedor se detalla a continuación.

- Ácido sulfúrico (98%) 3573 L/año – US\$/L 13,30 [AS98]
- Cloruro férrico (38%) 32638 L/año – US\$/L 9,06 [CF38]

- Hidróxido de sodio (99%) 9521 kg/año – 10,26 US\$/kg <sup>[HS99]</sup>
- SIFLOC 1080 D (puro) 756 kg/año – 143,02 US\$/kg <sup>[SF100]</sup>
- Cloruro de amonio (99,5%) 83214 kg/año – 0,13 US\$/kg <sup>[CA99,5]</sup>
- Fosfato de sodio (99%) 16883 kg/año – 0,4 US\$/kg <sup>[FS99]</sup>

El detalle de los costos variables en reactivos empleados en la operación de la planta es el siguiente.

Tabla 14.3-18 - Costos variables de reactivos | Fuente - Autoría Propia

REACTIVOS			
Item	Cantidad (L o kg/año)	Costo unitario (US\$/kg o L)	Costo total (US\$/año)
Ácido sulfúrico (98%)	2.573,00	\$ 13,30	\$ 34.220,00
Cloruro férrico (38%)	32.638,00	\$ 0,34	\$ 11.096,92
Hidróxido de sodio (99%)	9.521,00	\$ 0,35	\$ 3.332,35
SIFLOC 1080D	756,00	\$ 143,02	\$ 108.123,12
Cloruro de amonio (99,5%)	83.214,00	\$ 0,13	\$ 10.817,82
Fosfato de sodio (99%)	16.883,00	\$ 0,40	\$ 6.753,20
<b>Total</b>			<b>\$ 174.344,31</b>

El costo anual en reactivos es de **US\$ 174.343,51**.

#### 14.3.4.2 Costos variables de energía

La energía necesaria depende principalmente de los procesos de aireación y de los equipos de bombeo.

Según la empresa provincial de la energía de Santa Fe, para aquellos considerados grandes usuarios, el cuadro tarifario del mes de marzo del corriente año indica los siguientes costos:

- Cargo comercial (US\$/mes): 45,99
- Cargo por potencia adquirida (US\$/kW-mes): 0,77
- Cargo promedio energía (US\$/kWh): 0,17

El detalle siguiente se estima la demanda energética de cada equipo y el costo energético anual de la planta.

El costo anual energético es de **US\$ 106.610,40**.

Tabla 14.3-19 - Demanda energética de equipos | Fuente - Autoría Propia

<b>DEMANDA ENERGETICA</b>				
Item	Factor de carga	Cantidad (kWh)	Costo unitario (US\$/kWh)	Costo mensual (US\$/mes)
UF1	0,8	11,00	\$ 0,17	\$ 1.092,74
CL1	0,8	25,00	\$ 0,17	\$ 2.483,50
CL2	0,8	25,00	\$ 0,17	\$ 2.483,50
BA1	0,8	11,00	\$ 0,17	\$ 1.092,74
BA2	0,8	1,12	\$ 0,17	\$ 111,26
BA3	0,8	3,00	\$ 0,17	\$ 298,02
BD1	0,8	0,02	\$ 0,17	\$ 1,89
BD2	0,8	0,06	\$ 0,17	\$ 6,16
BD3	0,8	0,02	\$ 0,17	\$ 1,89
BD4	0,8	0,02	\$ 0,17	\$ 1,89
BD5	0,8	0,06	\$ 0,17	\$ 6,16
BD6	0,8	0,02	\$ 0,17	\$ 1,89
BR1	0,8	4,10	\$ 0,17	\$ 407,29
BR2	0,8	0,75	\$ 0,17	\$ 74,51
BR3	0,8	3,00	\$ 0,17	\$ 298,02
BV1	0,8	2,20	\$ 0,17	\$ 218,55
Otros	-	0,50	\$ 0,17	\$ 49,67
Cargo por potencia adquirida (US\$/kW-mes)	-			\$ 47,70
Cargo comercial (US\$/kW-mes)	-			\$45,99
Total (US\$/mes)				\$ 8.741,94
Total (US\$/mes)				\$ 104.903,32

En la categoría "Otros" se han los costos relaciones a la iluminación tanto pública como de las oficinas, los consumos de los equipos de oficina, y otros.

#### 14.3.4.3 Costos variables de mantenimiento

El detalle de los costos variables de mantenimiento de la operación de la planta es el siguiente.

*Tabla 14.3-20 - Costos variables de mantenimiento | Fuente - Autoría Propia*

COSTOS DE MANTENIMIENTO		
Item	Costo unitario (US\$/m <sup>3</sup> )	Total anual (US\$)
Mantenimiento general	\$ 0,53	\$ 101.182,30

Dicho costo se ha obtenido a partir del análisis de la información presentada por el CILC en la sección 14.3.4.5.1.

#### 14.3.4.4 Costos variables de gestión de fangos

Tanto los fangos biológicos de los procesos de descomposición como los fangos aceitosos de los procesos de tamizado y aireación son residuos que se tercerizarán.

Como cada uno posee sus características pueden existir distintas alternativas y, por ende, distintos costos. Aun así, se ha definido el mismo destino para ambos casos y el costo aproximado del mismo.

- **Fangos biológicos**

El compostaje y la aplicación agrícola, tras un tratamiento adecuado, son opciones viables. En tal caso, el tratamiento adecuado implicar eliminar los posibles patógenos. Es debido a esto que se opta por la segunda posibilidad.

La segunda posibilidad implica secar e incinerar dichos lodos. Estos tratamientos también son efectivos, pero conllevan mayores costos.

El **costo de secado** se halla entre US\$ 37,80 – 75,53

El **costo de incinerado** se halla entre US\$ 13,73 – 41,20

La cantidad total a tratar por año se ha tomado de la sección 7.5.1 y 7.5.3, específicamente de la producción horaria de lodos.

- **Fangos aceitosos**

La incineración puede ser adecuada si se manejan las emisiones correctamente.

El compostaje presenta desafíos debido a la naturaleza de los residuos y la aplicación agrícola tampoco es recomendable.

La eliminación en vertedero es una alternativa posible pero no es un destino ideal y puede estar limitada por regulaciones.

Se recomienda el mismo tratamiento que para los fangos biológicos.

La cantidad total a tratar por año se ha tomado de la sección 7.4.5, específicamente en el cálculo de la masa de fangos.

El detalle de los costos variables en la gestión de fangos de la operación de la planta es el siguiente.

*Tabla 14.3-21 - Costos variables de gestión de fangos | Fuente - Autoría Propia*

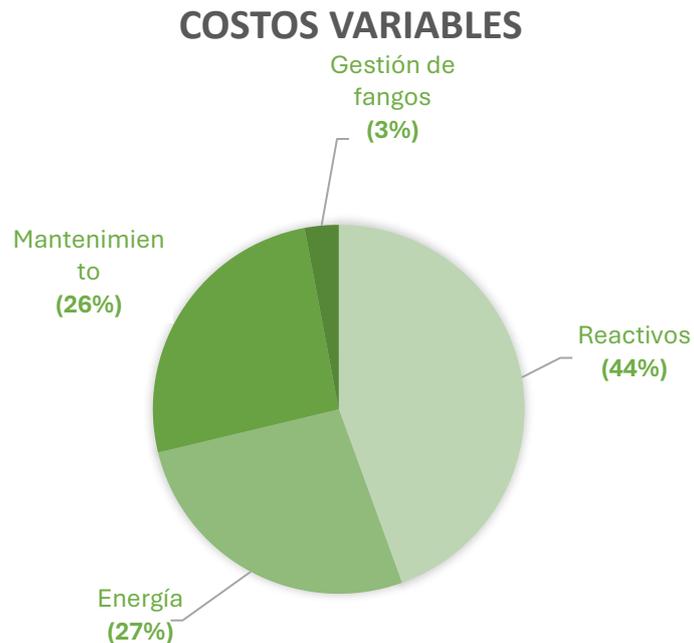
<b>COSTO DE GESTION DE FANGOS</b>				
Item	Costo unitario de secado (US\$/ton)	Costo unitario de incineración (US\$/ton)	Cantidad a tratar (ton/año)	Costo anual (US\$/año)
Fangos biológicos	\$ 37,80	\$ 13,73	124,06	\$ 6.392,12
Fangos aceitosos	\$ 37,80	\$ 13,73	100,50	\$ 5.178,76
<b>Total</b>				<b>\$ 11.570,88</b>

El costo anual de la gestión de fangos es de **US\$ 11. 570, 88**.

#### **14.3.4.5 Resumen de costos variables**

*Tabla 14.3-22 – Resumen de costos variables | Fuente – Autoría Propia*

<b>RESUMEN DE COSTOS VARIABLES (US\$/AÑO)</b>	
Reactivos	\$ 174.343,51
Energía	\$ 106.610,40
Mantenimiento	\$ 101.182,30
Gestión de fangos	\$ 11.570,88
<b>Total</b>	<b>\$ 392.000,81</b>
Costo variable unitario (US\$/m3)	\$ 2,05



*Ilustración 14.3-2 - Representación gráfica de costos variables | Fuente - Autoría Propia*

#### **14.3.4.5.1 Costos de operación (CILC) – análisis comparativo**

A modo de análisis comparativo se ha estudiado el costo de operación del CILC (Complejo Industrial Lujan de Cuyo), o más bien conocido como la refinería de Luján de Cuyo – Mendoza, Argentina, haciendo uso de la información proporcionada por ellos.

Dicha refinería posee una planta de tratamiento de efluentes propia, capaz de procesar aproximadamente 420 m<sup>3</sup>/h de efluente líquido y cuyas características fisicoquímicas no difieren mucho de las que posee el efluente para el cual estamos desarrollando este proyecto.

El tratamiento empleado en el complejo es muy similar al que se ha propuesto en este estudio, incluyendo etapas de coagulación, flotación, degradación de materia orgánica y otras, por nombrar algunas.

Entre los costos de operación (OPEX según la designación que le ha dado la refinería) se encuentran los siguientes.

Tabla 14.3-23 - Costos anuales de tratamiento de efluentes (CILC) | Fuente - CILC, Refinería Luján de Cuyo

<b>COSTOS ANUAL - TRATAMIENTO EFLUENTES (CILC)</b>			
Item	Costo mensual (US\$/mes)	Costo anual (US\$/año)	Total anual (US\$/año)
Reactivos	\$ 25.000,00	\$ 300.000,00	\$ 2.220.000,00
Mantenimiento	\$ 160.000,00	\$ 1.920.000,00	
Costo unitario (US\$/m <sup>3</sup> )			\$ 0,612

Entendemos que el costo operativo estimado para el tratamiento de efluentes líquidos provenientes del refinamiento de hidrocarburos asciende a 0,612 US\$/m<sup>3</sup>, suponiendo que se operan las 24 horas del día y 360 días al año.

Realizamos el mismo análisis para el caso de estudio. Tenemos en cuenta que se tratan **190910 m<sup>3</sup>/año** y que los costos de reactivos y mantenimiento ascienden a **275.527,61 US\$/año**.

Dicho análisis económico arroja como resultado un costo de tratamiento de **1,44 US\$/m<sup>3</sup>**.

Se concluye que el costo de operación es superior por diversos factores:

- Inclusión del tratamiento de lodos
- Limitado acceso a reactivos más económicos
- Menor volumen de efluentes tratados

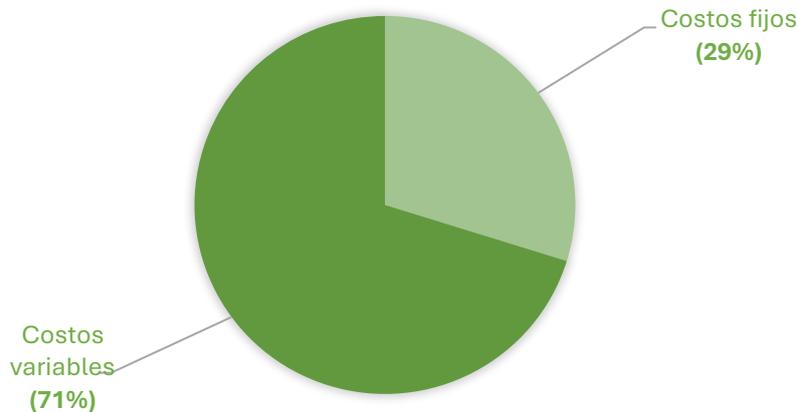
Aun así se entiende que el valor obtenido es razonable.

### 14.3.5 Costos totales

El costo total de la empresa para el plan de operación propuesta está dado por la suma de los costos variables y los costos fijos calculados para dicha operación.

Se presenta a continuación en formato tabla y gráfico para una mejor apreciación.

## COSTOS TOTALES



*Ilustración 14.3-3 - Representación gráfica de costos totales | Fuente - Autoría Propia*

En el gráfico se observa una mayor proporción de costos variables frente a los costos fijos, lo cual se había indicado anteriormente como favorable para la planta de tratamiento.

Esto significa que, ante una eventual reducción del caudal a tratar o de la frecuencia de operación, los costos también disminuirían. Este perfil de costos resalta la importancia de optimizar los procesos operativos para reducir los costos variables, lo cual conduce a la necesidad de desarrollo de una gestión más eficiente del sistema.

### 14.4 Flujo de caja

Dado que el tratamiento de efluentes no genera ingresos per se, el análisis económico se enfoca exclusivamente en los egresos proyectados a lo largo del horizonte de evaluación.

El flujo de caja, en este contexto, representa la proyección de los costos asociados a cada una de las alternativas evaluadas.

Las alternativas propuestas son:

- El desarrollo y operación de una planta propia
- El alquiler y operación de una planta modular

El objetivo es determinar cuál de las dos opciones implica el menor costo durante los 15 años considerados. A continuación, se presenta el flujo de caja estimado para cada alternativa.

### 14.4.1 Flujo de caja del proyecto en sí – Alternativa A

En este apartado se presenta el flujo de caja del proyecto que contempla todo el proceso de diseño, instalación y operación de la planta de tratamiento de efluentes que Azulence S.A. lleva a cabo para la empresa que solicita tal servicio.

Los indicadores económicos para dicha alternativa se presentan en la siguiente tabla.

*Tabla 14.4-1 - Indicadores económicos (A) | Fuente - Autoría Propia*

<b>INDICADORES ECONÓMICOS – ALTERNATIVA A</b>	
<b>VAC</b>	\$ 3.587.796,48
<b>CAE</b>	\$ 680.605,55
<b>Costo del tratamiento (US\$/m3)</b>	\$ 3,57

Tabla 14.4-2 - Flujo de caja (A) | Fuente - Autoría Propia

FLUJO DE CAJA – ALTERNATIVA A							
RUBRO	AÑO						
	0	1	2	3	4	5	6
Costos variables de operación	-	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81
Costos fijos de operación	-	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88
Depreciaciones	-	-\$ 70.511,33	-\$ 70.511,33	-\$ 70.511,33	-\$ 35.446,93	-\$ 35.446,93	-\$ 22.813,33
Amortizaciones	-	-\$ 12.635,21	-\$ 12.635,21	-\$ 12.635,21	-	-	-
Inversión inicial	-\$ 540.403,27	-	-	-	-	-	-
Costos del servicio	-\$ 188.750,00	-	-	-	-	-	-
Valor de deshecho	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de caja del proyecto	-\$ 729.153,27	-\$ 577.682,24	-\$ 577.682,24	-\$ 577.682,24	-\$ 529.982,62	-\$ 529.982,62	-\$ 517.349,02

FLUJO DE CAJA – ALTERNATIVA A								
AÑO								
7	8	9	10	11	12	13	14	15
-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81	-\$ 392.000,81
-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88
-\$ 22.813,33	-\$ 22.813,33	-\$ 22.813,33	-\$ 22.813,33	-\$ 1.598,40	-\$ 1.598,40	-\$ 1.598,40	-\$ 1.598,40	-\$ 1.598,40
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-\$ 501.577,83	-\$ 501.577,83	-\$ 501.577,83	-\$ 501.577,83	-\$ 480.362,90	-\$ 480.362,90	-\$ 480.362,90	-\$ 480.362,90	-\$ 480.362,90

#### **14.4.2 Flujo de caja del alquiler de una planta modular – Alternativa B**

En este apartado se presenta el flujo de caja de aquella alternativa que implica alquilar y operar una planta de tratamiento de efluentes compuesta por módulos, asumiendo un costo extra por percibir dicho servicio.

##### **14.4.2.1 Costo del alquiler de la planta modular**

A este valor se le debe aplicar un margen de ganancia en función del volumen tratado, infraestructura especializada, variabilidad esperada de la carga contaminante y otros factores.

Algunos de ellos se detallan brevemente a continuación.

- Variabilidad de la carga contaminante

Aquellos efluente cuyas características fluctúen con mucha frecuencia implican un incremento en el margen de ganancia ya que afectan al consumo de reactivos y la eficiencia de tratamiento, implicando mayores costos operativos.

- Infraestructura especializada

El tratamiento de este tipo de efluentes involucra tecnologías específicas y normalmente equipamiento robusto. El mantenimiento y su amortización es algo que se debe contemplar al momento de definir el margen.

- Volumen a tratar

El precio puede ajustarse en función al volumen a tratar contratado.

En los casos donde el volumen es elevado se puede negociar un margen más bajo.

Lo anterior se debe tener en cuenta al momento de definir el precio final estimado del alquiler de los módulos.

##### **14.4.2.1.1 Referencias para el análisis comparativo**

Se ha encontrado una tarifa orientativa <sup>[29]</sup> que sugiere un costo de  $2,24 \text{ US\$/m}^3$  como costo del servicio de tratamiento de flowback de fractura en los yacimientos hidrocarburíferos.

Este representa el 155% del costo de tratamiento definido en la sección 14.3.4.5.1.

Se define un porcentaje del 40% por encima del costo de tratamiento y esto da, aproximadamente, un costo del servicio de alquiler de  $2,00 \text{ US\$/m}^3$ .

Hay que tener presente que este costo, además de ser estimado, supone el alquiler y cualquier mantenimiento eventual que puedan requerir los módulos. Esto quiere decir que el costo de operación, aquel que incluye reactivos, mano de obra y energía, no está incluido y debe ser asumido por el generador de los efluentes.

Los indicadores económicos para dicha alternativa se presentan en la siguiente tabla.

*Tabla 14.4-3 - Indicadores económicos (B) | Fuente - Autoría Propia*

<b>INDICADORES ECONÓMICOS – ALTERNATIVA B</b>	
<b>VAC</b>	-\$ 4.086.308,67
<b>CAE</b>	-\$ 775.173,39
<b>Costo del tratamiento (US\$/m3)</b>	-\$ 4,06

Tabla 14.4-4 - Flujo de caja (B) | Fuente - Autoría Propia

FLUJO DE CAJA – ALTERNATIVA B							
RUBRO	AÑO						
	0	1	2	3	4	5	6
Costo del alquiler	\$ -	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00
Costos variables de operación	\$ -	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51
Costos fijos de operación	\$ -	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88
Flujo de caja del proyecto	\$ -	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39

FLUJO DE CAJA – ALTERNATIVA B								
AÑO								
7	8	9	10	11	12	13	14	15
-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00	-\$ 381.820,00
-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51	-\$ 290.818,51
-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88	-\$ 102.534,88
-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39	-\$ 775.173,39

## **14.5 Alternativa recomendada**

Se concluye que la opción más conveniente, suponiendo que el proyecto se lleva a cabo en un período de 15 años y no existe motivo alguno para cesar con la operación de la planta durante el horizonte previsto, es la alternativa A.

Se detallan a continuación los criterios evaluados.

### **14.5.1 Criterio económico**

Este se basa en comparar los costos totales actualizados.

El VAC es la herramienta que utilizamos y la que consideramos más clara para este tipo de decisiones ya que nos muestra cuánto cuesta hoy en día cada alternativa, teniendo en cuenta el tiempo y el valor del dinero.

Según este criterio, la Alternativa A es **US\$ 498. 512, 19** más económica que la Alternativa B.

### **14.5.2 Criterio de riesgo tecnológico y operativo**

Este criterio se basa en la incertidumbre asociada a la adopción, operación y sostenibilidad de una determinada tecnología dentro de la operación de un proceso.

En la alternativa A se asume más riesgo y responsabilidad, pero se gana control y autonomía ya que el diseño de los equipos, las tecnologías que se utilizarán y la operación es decisión nuestra.

En la alternativa B, existe menor responsabilidad operativa directa ya que el diseño y mantenimiento están a cargo del proveedor.

Esto puede generar una situación de menor flexibilidad operativa ya que la imposibilidad de elegir la tecnología puede dar como resultados procesos más rígidos o estructurados y difíciles de adaptar. Existe también cierto grado de dependencia con el proveedor y sus plazos de mantenimiento, renovación de contratos y otras casuísticas.

### **14.5.3 Criterio de flexibilidad ante incertidumbre**

Este criterio se basa en la flexibilidad que presenta cada alternativa frente a la posibilidad de que el proyecto cese antes de lo previsto.

En este caso la alternativa A se encuentra en una posición menos favorable, ya que implica una elevada inversión inicial en infraestructura fija que podría quedar inutilizada en el peor de los casos.

Para la alternativa B este escenario es más conveniente ya que se puede responder con rapidez sin comprometer capital fijo en activos, lo que reduce los riesgos asociados al proyecto.

## **14.6 Conclusión**

A partir del análisis comparativo entre las dos alternativas evaluadas —la construcción de una planta de tratamiento de efluentes (Alternativa A) y el alquiler de una planta modular (Alternativa B)— se concluye que la opción más conveniente, bajo el supuesto de un horizonte de 15 años sin interrupciones en la operación, es la Alternativa A.

Esta decisión se fundamenta principalmente en el criterio económico, ya que presenta un Valor Actualizado de los Costos significativamente menor, resultando en un ahorro total de US\$ 498.512,19.

Si bien esta opción conlleva mayores riesgos operativos y tecnológicos, especialmente en escenarios de alta incertidumbre o posible cese anticipado del proyecto —donde la alternativa B podría resultar más ventajosa al no requerir inversión en activos fijos y permitir una rápida desvinculación—, también ofrece mayor autonomía, control sobre el proceso y capacidad de adaptación.

En definitiva, la elección de la alternativa óptima dependerá en gran medida de la proyección de continuidad del proyecto. Bajo el supuesto planteado, la construcción propia se perfila como la opción más eficiente y sustentable en el tiempo.

## **CAPITULO XV – ANALISIS DE RIESGOS**

## **15.1 Análisis de riesgos**

Este capítulo tiene por finalidad identificar los riesgos con mayor incidencia potencial en el proyecto, a fin de aportar a una evaluación de prefactibilidad lo más precisa posible. Para ello, se estima la probabilidad de ocurrencia y se determina la importancia relativa de cada riesgo, lo que permite dimensionar su posible influencia.

De este análisis surgen las variables a sensibilizar en las simulaciones del flujo de caja del proyecto. De esta forma es que se analiza la variabilidad del costo de la alternativa en distintos escenarios.

Con base en este estudio es que se proponen medidas orientadas a su mitigación, compensación o contención.

## **15.2 Riesgos identificados**

Se identificaron y analizaron las variables más relevantes y significativas para este tipo de industria. Esta estrategia responde a la necesidad de focalizar el análisis, dado que una enumeración exhaustiva de todos los riesgos asociados requeriría un nivel de detalle que excede el alcance de un estudio de prefactibilidad.

### **15.2.1 Aspectos tecnológicos**

Dentro de los aspectos tecnológicos identificamos los siguientes riesgos.

#### **15.2.1.1 Ineficiencia en el tratamiento**

El proceso puede no alcanzar los parámetros de vertido exigidos, especialmente en la puesta en marcha o ante cambios en la composición del efluente. Esto se traduce como un incremento de costos operativos ya que se vuelve necesario recircular o reprocesar el efluente y hasta quizá se puede incurrir en sanciones por incumplimiento con la normativa en lo que respecta a parámetros de vuelco

Las medidas de mitigación que se proponen son las siguientes:

- Proponer la incorporación de tecnologías en la línea de tratamiento cuya capacidad de adaptación o flexibilidad sea mayor para poder aplicar correcciones sin necesidad de modificar sustancialmente la planta diseñada.
- Investigar sobre la posibilidad de realizar un convenio con una planta de tratamiento de efluentes similar y externa para poder derivar las cargas de efluente en caso de que existan fallas respecto a la eficiencia de operación.
- Hacer uso del pulmón de contingencias a modo de almacén de líquidos para crear un sistema de recirculación temporal cuando el efluente no cumpla con los parámetros de vuelco.

### **15.2.1.2 Falla de equipos críticos**

Puede suceder la situación donde equipos como bombas, aireadores, sistemas de dosificación, sopladores, reactores y otros dejen de funcionar por rotura o requieran de mantenimiento correctivo. Esto generaría paradas de planta no previstas, acumulación de efluente sin tratar, posible vuelco de este efluente y otras; todo esto se traduce en un costo extra de operación.

Las medidas de mitigación que se proponen son las siguientes:

- Realizar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo y aplicarlo según se diseñó.
- Disponer de un inventario de repuestos para equipos críticos, que permita reducir los tiempos de parada en caso de fallas operativas.
- Definir, como en el caso de las bombas, qué equipos requiere redundancia a lo largo del proceso y generar la conexión con los correspondientes.

### **15.2.1.3 Variabilidad del efluente**

Los cambios bruscos en la composición química del efluente que ingresa pueden generar cambios en la operación de la planta. Además pueden generarse residuos, cuyas características sean distintas a las que se espera. Esto da como resultado un aumento en los costos de operación

Las medidas de mitigación que se proponen son las siguientes:

- Hacer uso del pulmón de contingencia para almacenar dicho efluente e incorporarlo al tratamiento paulatinamente.
- Establecer un acuerdo con el área generadora de los líquidos con la finalidad de mantener sus condiciones lo más estable posible. Esto puede traducirse como colaborar con el área de lavado de biodiesel para que generen sus procedimientos de operación.

## **15.2.2 Aspectos económicos**

Dentro de los aspectos económicos identificamos los siguientes riesgos.

### **15.2.2.1 Aumento en costos de insumos y servicios**

Ya sea por un incremento en el precio de los reactivos químicos y/o en su consumo, por aumentos en los costos de disposición de los residuos generados o por otro motivo, el aumento en los costos operativos puede verse afectado.

Las medidas de mitigación que se proponen son las siguientes:

- Realizar un seguimiento de la dosificación de reactivos y cómo estos afectan la eficiencia de los procesos.
- Evaluar periódicamente la posibilidad de establecer relaciones comerciales con otros proveedores de insumos y de servicios.

### **15.2.3 Siniestros e imprevistos**

Dentro de los aspectos de seguridad e higiene identificamos los siguientes riesgos.

#### **15.2.3.1 Accidentes laborales**

La manipulación de reactivos químicos, los trabajos en altura o en espacios confinados y otras actividades pueden ser fuentes de accidentes laborales los cuales no solo comprometen al personal sino que también pueden afectar a las instalaciones.

Las medidas de prevención y mitigación que se proponen son las siguientes:

- Implementar un programa de identificación de riesgos y accidentes laborales por parte de un higienista.
- Informar y capacitar al personal sobre los riesgos y accidentes identificados, a los cuales están expuestos, y sobre los procedimientos de acción en tales casos.
- Brindar los EPP correspondientes a todo el personal.

#### **15.2.3.2 Incendios en general**

Estos pueden ser provocados por desperfectos en la red eléctrica o por reacciones exotérmicas entre los reactivos químicos y otras sustancias cuando no se las manipula correctamente, según se ha indicado anteriormente en la sección 13.4, cualquiera de los dos escenarios afecta a las instalaciones y la operación per se de la planta.

Las medidas que se proponen respecto a estos riesgos son:

- Almacenamiento y sectorización adecuada de los reactivos químicos.
- Disponibilidad de equipos extintores, con su respectivo control, en las zonas correspondientes según indique el higienista.

Se indican, a continuación y en forma de tabla, los riesgos identificados, su temporalidad, magnitud, probabilidad de ocurrencia, impacto y plan de acción correspondiente.

Tabla 15.2-1 - Matriz de riesgos del proyecto | Fuente - Autoría Propia

MATRIZ DE RIESGOS DEL PROYECTO						
Aspecto	Riesgo identificado	Temporalidad	Magnitud	Probabilidad de ocurrencia	Impacto	Plan de acción
Tecnológico	Ineficiencia en el tratamiento	Permanente	Alta	Media	Medio - Alto	Incorporar tecnologías más flexibles Utilizar el pulmón de contingencias
	Falla de equipos críticos	No permanente	Alta	Bajo	Medio	Disponer de un inventario de repuestos Realizar el mantenimiento correspondiente Definir e instalar los equipos redundantes
	Variabilidad del efluente	No permanente	Media	Media	Medio	Establecer acuerdos con el generador de efluentes
Económico	Aumento en los costos de insumos y servicios	Permanente	Media	Media	Medio	Controlar la dosificación Buscar nuevos proveedores
Siniestros e imprevistos	Accidentes laborales	No permanente	Media	Baja	Medio - Bajo	Brindar EPP Definir procedimientos y capacitar al personal
	Incendios en general	No permanente	Alta	Baja	Medio	Almacenar reactivos correctamente Definir procedimientos y capacitar al personal

### **15.3 Conclusión**

El análisis de riesgos realizado ha permitido identificar las principales amenazas que podrían comprometer la viabilidad del proyecto.

Entre los aspectos tecnológicos, se destacan la posible ineficiencia en el tratamiento de efluentes, la falla de equipos críticos y la variabilidad en la composición del efluente, para los cuales se han propuesto medidas concretas de mitigación y contingencia.

En cuanto a los aspectos económicos, se ha considerado el impacto de un eventual aumento en los costos en los insumos y servicios, planteando estrategias de control y evaluación continua.

Finalmente, se abordaron riesgos asociados a siniestros e imprevistos, con foco en la seguridad laboral y la prevención de incendios.

Dicho estudio nos ha permitido identificar cuál es el riesgo que podría comprometer la viabilidad, no sólo técnica sino también económica; se trata de la **ineficiencia en el tratamiento**. Se detallará en el siguiente capítulo cómo afecta esta situación al proyecto en sí.

## **CAPITULO XVI – ANALISIS DE SENSIBILIDAD**

## 16.1 Análisis de sensibilidad

Este capítulo tiene como objetivo evaluar cómo se comporta el proyecto frente a variaciones en determinados parámetros.

El análisis de sensibilidad se utiliza como complemento a la evaluación económica y el análisis de riesgos detallados en los capítulos anteriores. La finalidad es evaluar hasta qué punto se mantiene la elección de la alternativa A y en qué momento comienza a ser más conveniente la alternativa B.

Para ello, se recurre a un modelo unidimensional de sensibilización del Valor Actual de los Costos (VAC), en nuestro caso, el cual requiere de modificar una única variable y mantiene constantes las demás.

Se propone sensibilizar los costos de la operación y evaluar hasta qué punto pueden estos aumentar antes de que la alternativa A deje de ser preferible frente a la alternativa B.

### 16.1.1 Sensibilización de los costos variables de operación

La propuesta consiste en incrementar los costos variables de la operación de forma porcentual respecto al básico y a partir de allí recalcular el VAC para la alternativa A.

A continuación, se despliega el análisis en forma de tabla.

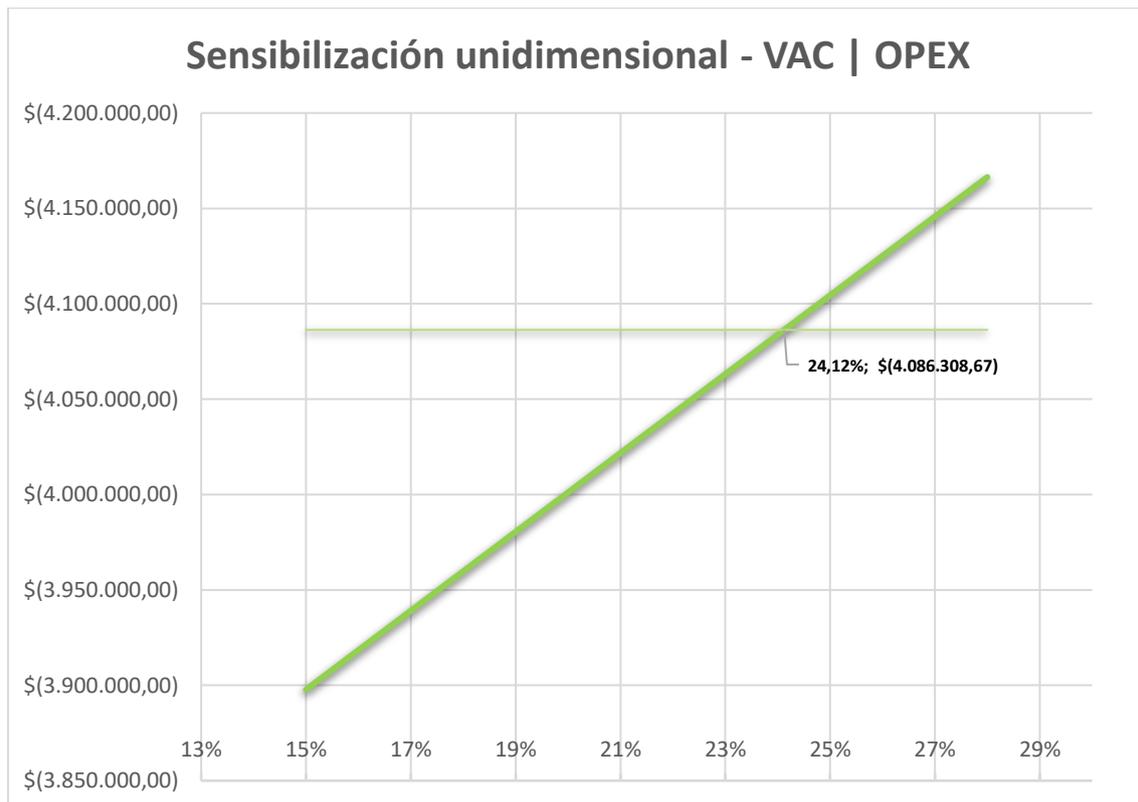
Tabla 16.1-1 - Sensibilización del VAC a través de los Costos de Operación | Fuente - Autoría Propia

<b>SENSIBILIZACIÓN DEL VAC RESPECTO A LOS COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN</b>				
Costos operativos base	Porcentaje	Incremento porcentual anual	Costos operativos anuales incrementados	VAC
-\$ 392.000,81	15%	-\$ 58.800,12	-\$ 450.800,93	-\$ 3.897.759,96
	16%	-\$ 62.720,13	-\$ 454.720,94	-\$ 3.918.424,20
	17%	-\$ 66.640,14	-\$ 458.640,95	-\$ 3.939.088,43
	18%	-\$ 70.560,15	-\$ 462.560,96	-\$ 3.959.752,66
	19%	-\$ 74.480,15	-\$ 466.480,96	-\$ 3.980.416,89
	20%	-\$ 78.400,16	-\$ 470.400,97	-\$ 4.001.081,13
	21%	-\$ 82.320,17	-\$ 474.320,98	-\$ 4.021.745,36
	22%	-\$ 86.240,18	-\$ 478.240,99	-\$ 4.042.409,59
	23%	-\$ 90.160,19	-\$ 482.161,00	-\$ 4.063.073,82
	24%	-\$ 94.080,19	-\$ 486.081,00	-\$ 4.083.738,06
	24,12%	-\$ 94.567,84	-\$ 486.568,65	-\$ 4.086.308,67
	25%	-\$ 98.000,20	-\$ 490.001,01	-\$ 4.104.402,29

Como puede observarse, a medida que aumentan los costos variables de operación — como los asociados a reactivos, energía, mantenimiento y otros insumos — la diferencia entre el valor actual de los costos de ambas alternativas tiende a reducirse.

Específicamente, con un incremento del 24,12% respecto del costo original, la alternativa A se iguala económicamente a la alternativa B.

Gráficamente esto se puede visualizar de la siguiente manera.



*Ilustración 16.1-1 - Representación gráfica de la sensibilización unidimensional del VAC a través de los Costos Operacionales | Fuente - Autoría Propia*

### 16.1.2 Factores atribuibles al incremento

El análisis de sensibilidad realizado permite identificar el punto a partir del cual la alternativa A deja de ser económicamente preferible frente a la alternativa B. Resulta pertinente, entonces, considerar qué factores concretos podrían conducir a ese aumento en los costos operativos.

Entre las posibles causas se encuentran situaciones asociadas a la ineficiencia del sistema de tratamiento biológico, como podría ser la presencia de patógenos microbiológicos competitivos que afectan la estabilidad y rendimiento de los módulos, generando así una mayor demanda de energía, insumos o intervenciones correctivas.

Asimismo, pueden presentarse faltas u omisiones en los procedimientos estandarizados de medición y dosificación, lo que derivaría en un uso excesivo e innecesario de reactivos, aditivos o productos químicos, encareciendo el costo por metro cúbico de efluente tratado.

Otro aspecto no menor está vinculado a una gestión inadecuada de inventarios de insumos productivos, lo cual puede traducirse en pérdidas por mermas, vencimiento de productos de baja rotación, sobredimensionamiento de compras o, en el otro extremo, faltantes que obliguen a realizar adquisiciones de urgencia a mayores precios.

En conjunto, estos factores inciden directamente sobre los costos variables de operación y pueden alterar la conveniencia económica relativa entre ambas alternativas.

## **16.2 Conclusión**

El análisis realizado permitió identificar el grado de sensibilidad del proyecto frente a variaciones en los costos variables de operación, como los asociados a reactivos, energía, mantenimiento e insumos diversos. A través de un modelo unidimensional, se determinó que un incremento del 24,12% en dichos costos haría económicamente equivalente la alternativa A respecto a la alternativa B, invirtiendo potencialmente la elección inicial.

Este umbral de variación no debe considerarse improbable, ya que pueden existir múltiples causas que lo propicien. Entre ellas, se destacan fallas en la eficiencia de los módulos de tratamiento debido a contaminación por patógenos competitivos, deficiencias en la estandarización de procedimientos de medición que derivan en un uso excesivo de insumos, o una gestión inadecuada de inventarios que conduce a pérdidas, vencimientos y baja rotación de productos.

En conjunto, estos factores inciden directamente sobre los costos variables de operación y pueden modificar sustancialmente la conveniencia económica entre ambas alternativas. Por ello, resulta fundamental no solo realizar un monitoreo constante de los costos operativos, sino también establecer medidas de control y mejora continua que permitan mitigar estos riesgos y sostener la viabilidad económica de la alternativa seleccionada.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 17.1 Técnica y teórica

- [1] – De Boni, et al. (2007) Tratamiento físico-químico da água de lavagem proveniente da purificação do biodiesel. Physical chemistry treatment of wastewater from biodiesel purification. *Periódico Tchê Química*, 4, 41 – 50.
- [2] – Srirangsan, A. (2009). Treatment of biodiesel wastewater by electrocoagulation process. *Environment Asia*, 2, 15 – 19.
- [3] – Phukingngam, D., et al. (2011). Anaerobic baffled reactor treatment of biodiesel processing wastewater with high strength of methanol and glycerol: reactor performance and biogas production. *Chemical Papers*, 65, 644 – 651.
- [4] – Patiño K., et al. (2012). Oxidación Electroquímica y Ozonización Aplicadas al Tratamiento de Aguas de Lavado de la Producción de Biodiesel. *Información tecnológica*, 23, 41 – 52.
- [5] – Ramírez X., et al. (2012). Wastewater treatment from biodiesel production via a coupled photo-Fenton–aerobic sequential batch reactor (SBR) system. *Water Sci Technol*, 66, 24 – 30.
- [6] – Salcedo Serra, S. (Febrero de 2006). Caracterización de biodiesel: principales parámetros. [www.biooil-2006.com](http://www.biooil-2006.com)
- [7] – Sawain, A., et al. (2011). Enhanced efficiency of dissolved air flotation for biodiesel wastewater treatment by acidification and coagulation processes – *Desalination - ELSEVIER*, 280, 370 – 377.
- [8] – Unión Europea, Gobierno de España, Ministerio de Ambiente y Medio Rural y Marino. (2003). Serie prevención y control Integrado de la Contaminación (IPPC) – Mejores técnicas disponibles de referencia Europea “Sistema de Gestión y Tratamiento de Aguas y Gases Residuales en el Sector Químico”. *Documento BREF*.
- [9] – Ramalho, R. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. Quebec, Canadá: Reverté.
- [10] – España, Madrid, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Departamento de Energía. Biomasa: Digestores anaerobios. *BESEL*.
- [11] – Noyola A., et al. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas. *Instituto de Ingeniería*, 1, 1 – 140.
- [12] – Metcalf & Eddy Inc., (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. (3ª ed.). New York: McGraw-Hill.
- [13] – Ilham, Z., et al. (2015). Biological Treatment of Wastewater Discharged for Small-Scale Biodiesel Plant. *ScienceOpen Posters*, 1, 1 – 1.

- [14] López, A., et al. (2019) Tratamiento de un agua residual industrial a temperatura psicrófila con un reactor UASB. *Rev. Int. Contam. Amb.* 35, 905 – 915.
- [15] México, Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Iztaapalapa. Baron, O. y Macairie, H. (1998). Efecto de la velocidad ascensional sobre la granulación de los lodos de los reactores UASB tratando las aguas residuales de la quesería "La Caperucita".
- [16] Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Efecto de la velocidad ascensional en la granulación del lodo en reactores UASB. *Revista de la Facultad de Ingeniería.*
- [17] Salazar, E. y Daniel, E. (2001). Desarrollo de simulador de lodos activados en estado estacionario. *Universidad Central de Venezuela.*
- [18] Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems.* (1ª ed.). New York: McGraw-Hill.
- [19] Kawamura, S. (2000). *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities* (2ª ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [20] Mimbela, J. (2017). Remoción de material particulado para disminuir la carga orgánica de las aguas residuales en Trujillo Metropolitano
- [21] Eckenfelder, W. (2000). *Industrial Water Quality* (4ª ed.). New York: McGraw-Hill.
- [22] Rincón, A., et al. (2013). Esquema para el dimensionamiento de unidades de sedimentación de alta tasa de flujo ascendente. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 16, 29 – 40.
- [23] Sardinias Aguilar, J. (2013). Diseño de un sedimentador a lamelas para tratamiento de agua residual de ingenio minero "noques" - Modalidad de graduación (Investigación Aplicada). Bolivia: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
- [24] Ramos Velandia, C. (2017). Evaluación de un sistema de tratamiento de lodos activados para la remoción de carga orgánica en las aguas residuales domesticas generadas en el colegio San Viator - Modalidad de graduación (Investigación Aplicada). Bogotá: Fundación Universidad de América - Facultad de Ingenierías.
- [25] Gutiérrez Menéndez, C. (2022). La sedimentación secundaria en los tratamientos biológicos de aguas residuales. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 43, 24 – 33.
- [26] Sánchez, J. (17 de enero de 2025). Licitada la construcción de una depuradora en el Polígono Valle del Cinca en Barbastro. <https://cadenaser.com/aragon/2025/01/07/el-ayuntamiento-de-barbastro-abre-el-plazo-de-presentacion-de-ofertas-para-la-instalacion-de-la-depuradora-en-el-poligono-valle-del-cinca-ser-aragon-oriental/>
- [27] Conesa Fernández - Vitoria, V. (1997). *Guía metodológica para la evaluación de impactos ambientales* (2ª ed.). Madrid: MUNDI-PRENSA.
- [28] Timmerhaus D., & Peters, M. (2003). *Plant design and economics for chemical engineers* (4ª ed.). New York: McGraw – Hill.

[29] Márquez, Y. (2018). Estudio de prefactibilidad del tratamiento de flowback de fractura por electrocoagulación – UNCuyo - Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria.

## 17.2 Comercial

### 17.2.1 Equipos principales

[TE1]

- Fabricante: <https://aquaenergy.es/>
- Vendedor: <https://aquaenergy.es/producto/tamiz-estatico/>

[TA1]

- Fabricante: [https://ace-chn.mx/product/tanque-de-almacenamiento-industrial/?srsId=AfmBOoc5OytwiY8bM4utT2d2NQUow6O-81Sr1YxPmaf2\\_3l\\_HKxTcmwl7M](https://ace-chn.mx/product/tanque-de-almacenamiento-industrial/?srsId=AfmBOoc5OytwiY8bM4utT2d2NQUow6O-81Sr1YxPmaf2_3l_HKxTcmwl7M)
- Vendedor: [https://ace-chn.mx/product/tanque-de-almacenamiento-industrial/?srsId=AfmBOoc5OytwiY8bM4utT2d2NQUow6O-81Sr1YxPmaf2\\_3l\\_HKxTcmwl7M](https://ace-chn.mx/product/tanque-de-almacenamiento-industrial/?srsId=AfmBOoc5OytwiY8bM4utT2d2NQUow6O-81Sr1YxPmaf2_3l_HKxTcmwl7M)

[BE]

- Fabricante: <https://www.tradewheel.com/co/hebei-ranyu-trade-co-ltd-729755/>
- Vendedor: [https://www.alibaba.com/product-detail/Raw-Material-Mineral-Attapulgate-Clay-Mixed\\_1601057733398.html?spm=a2700.galleryofferlist.topad\\_classic.d\\_image\\_c93b13a015dwPF](https://www.alibaba.com/product-detail/Raw-Material-Mineral-Attapulgate-Clay-Mixed_1601057733398.html?spm=a2700.galleryofferlist.topad_classic.d_image_c93b13a015dwPF)

[GM]

- Fabricante: [https://www.aconstructoras.com/product\\_info.php?products\\_id=4969&utm\\_source=chatgpt.com](https://www.aconstructoras.com/product_info.php?products_id=4969&utm_source=chatgpt.com)
- Vendedor: [https://www.aconstructoras.com/product\\_info.php?products\\_id=4969&utm\\_source=chatgpt.com](https://www.aconstructoras.com/product_info.php?products_id=4969&utm_source=chatgpt.com)

[ME1], [ME2] y [ME3]

- Fabricante: <https://es.omega.com/pptst/FMX.html#order>
- Vendedor: <https://es.omega.com/pptst/FMX.html#order>

[CF1]

- Fabricante: <https://www.infinityrotomolding.com/>
- Vendedor: <https://www.infinityrotomolding.com/shop/tanque-fondo-plano-15000l-443?search=15000#attr=1538>

[RAN1]

- Fabricante: <https://www.sewagewaters.com/wastewater-treatment-plant/anaerobic-reactor/uasb-reactor.html>
- Vendedor: <https://qiankunhb.en.made-in-china.com/product/OZAtqrwuldRh/China-Uasb-Anaerobic-Wastewater-Treatment-IC-Anaerobic-Composite-Bed-Reactor.html>

[IC1]

- Fabricante: <https://www.hs-cooler.com/products/safety-heat-exchanger/>
- Vendedor: <https://flowproen.com/productos/intercambiadores-de-calor/cascoytubos/#1517325869536-24116215-0b3dbc51-93ec>

[RAE1]

- Fabricante: [https://mgpurewater.m.en.alibaba.com/index.html?wx\\_navbar\\_transparent=true&tracelog=sns\\_minisite&fbclid=IwY2xjawlxwjpleHRuA2FibQIxMAABHSXaFFB8dl8lWd-Qvtbr8W0xlA-q-OrvKbeMwgDGR77boz8\\_4grv3G1dvQ\\_aem\\_Jtby6CpeztbBgFXus8D3eq](https://mgpurewater.m.en.alibaba.com/index.html?wx_navbar_transparent=true&tracelog=sns_minisite&fbclid=IwY2xjawlxwjpleHRuA2FibQIxMAABHSXaFFB8dl8lWd-Qvtbr8W0xlA-q-OrvKbeMwgDGR77boz8_4grv3G1dvQ_aem_Jtby6CpeztbBgFXus8D3eq)
- Vendedor: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Biological-Wastewater-Treatment-System-with-Activated-1601294165091.html?spm=a2700.7724857.0.0.6c8c4c36C0sJNu>

[US1]

- Fabricante: <https://www.ccyimei.com/>
- Vendedor: <https://gdyimei.en.made-in-china.com/product/DEvYUoVMbHRC/China-Lamella-Clarifier-Plant-for-Electroplating-Coal-Station-Mining-Dyeing-Tannery-Chemical-Sewage-Treatment.html>

## 17.2.2 Equipos auxiliares

[CL1], [CL2]

- Fabricante: <https://www.zhanerblower.com/rotaryvanetypeblower>
- Vendedor: <https://zhanerblower.en.made-in-china.com/product/RQVUFPxuVKYp/China-High-Pressure-Double-Oil-Tanks-Rotary-Lobe-Air-Blower-for-Sewage-Treatment.html>

[BA1]

- Fabricante: <https://ace-chn.mx/product/bomba-rotativa-de-tornillo/?srsId=AfmBOorpaqWTrNYdEg8ef2olnHgJTpcXGd6cWia18sSdsqZ0CPwdRa8SqTc>
- Vendedor: [https://www.alibaba.com/product-detail/11Kw-Industrial-Customizable-Size-4-Inch-11000015077630.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.56ab13a0doQpIH](https://www.alibaba.com/product-detail/11Kw-Industrial-Customizable-Size-4-Inch-11000015077630.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.56ab13a0doQpIH)

[BA2]

- Fabricante: <https://www.tiendaoficialmotorarg.com.ar/>
- Vendedor: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1146169156-bomba-centrifuga-imp-abierto-de-ac-inox-bk150d-mono-mec-JM?matt\\_tool=38087446&utm\\_source=google\\_shopping&utm\\_medium=organic](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1146169156-bomba-centrifuga-imp-abierto-de-ac-inox-bk150d-mono-mec-JM?matt_tool=38087446&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic)

[BA3]

- Fabricante: <https://www.tiendaoficialmotorarg.com.ar/>
- Vendedor: [https://www.mercadolibre.com.ar/bomba-centrifuga-bbi-80-65-125-4-trifasica-4-hp-color-azul/p/MLA38037245?pdp\\_filters=seller\\_id%3A549806862#polycard\\_client=search-arch-nordic&searchVariation=MLA38037245&wid=MLA1839161386&position=19&search\\_layout=grid&type=product&tracking\\_id=b770f67a-40d5-46eb-b76f-ffad23a398e0&sid=search](https://www.mercadolibre.com.ar/bomba-centrifuga-bbi-80-65-125-4-trifasica-4-hp-color-azul/p/MLA38037245?pdp_filters=seller_id%3A549806862#polycard_client=search-arch-nordic&searchVariation=MLA38037245&wid=MLA1839161386&position=19&search_layout=grid&type=product&tracking_id=b770f67a-40d5-46eb-b76f-ffad23a398e0&sid=search)

[BD1], [BD3], [BD4] y [BD6]

- Fabricante y vendedor: <https://product-selection.grundfos.com/es/products/dosing-pumps-digital/dde/dde-6-10-97721052?pumpsystemid=2601942907&tab=variant-specifications>

[BD2]

- Fabricante y vendedor: <https://product-selection.grundfos.com/es/products/dosing-pumps-digital/dde/dde-60-10-99159333?pumpssystemid=2601945420&tab=variant-specifications>

[BD5]

- Fabricante y vendedor: <https://product-selection.grundfos.com/es/products/dosing-pumps-digital/dda/dda-60-10-99159372?pumpssystemid=2601941997&tab=variant-specifications>

[BR1]

- Fabricante: <https://www.tiendaoficialmotorarg.com.ar/>
- Vendedor: [https://casafernandez.com.ar/product/bomba-centrifuga-motorarg-bbi-50-32-10-3-t-3-hp-acero-inoxidable/?srsltid=AfmBOopqI\\_i-zMRj5oGrm-uQfua4ZZf1ZNYtqSZP0cYz-liajat8alHN-ks](https://casafernandez.com.ar/product/bomba-centrifuga-motorarg-bbi-50-32-10-3-t-3-hp-acero-inoxidable/?srsltid=AfmBOopqI_i-zMRj5oGrm-uQfua4ZZf1ZNYtqSZP0cYz-liajat8alHN-ks)

[BR2]

- Fabricante: <https://www.tiendaoficialmotorarg.com.ar/>
- Vendedor: <https://www.cer.com.ar/shop/c-bo-2-0010-m-bomba-centrifuga-impulsor-abierto-motorarg-modelo-bbo-100-1-hp-eleva-8-mts-220v-18735?srsltid=AfmBOorml1SJpxQRtHIVROVeaLHxDIqjWqjs5hwXIPT0B3cyd4L9zah96c#attr=1916,1917,8271,6365>

[BR3]

- Fabricante: <https://ace-chn.mx/product/bomba-rotativa-de-tornillo/?srsltid=AfmBOorpaqWTrNYdEg8ef2oInHqJTpcXGd6cWia18sSdsqZ0CPwdRa8SqTc>
- Vendedor: [https://www.alibaba.com/product-detail/11Kw-Industrial-Customizable-Size-4-Inch\\_11000015077630.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.56ab13a0doQpIH](https://www.alibaba.com/product-detail/11Kw-Industrial-Customizable-Size-4-Inch_11000015077630.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.56ab13a0doQpIH)

[BV1]

- Fabricante: <https://ace-chn.mx/product/bomba-rotativa-de-tornillo/?srsltid=AfmBOorpaqWTrNYdEg8ef2oInHqJTpcXGd6cWia18sSdsqZ0CPwdRa8SqTc>
- Vendedor: [https://www.alibaba.com/product-detail/11Kw-Industrial-Customizable-Size-4-Inch\\_11000015077630.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.56ab13a0doQpIH](https://www.alibaba.com/product-detail/11Kw-Industrial-Customizable-Size-4-Inch_11000015077630.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.56ab13a0doQpIH)

[CF]

- Fabricante: <https://polisantafe.com.ar/tanques-cisternas-de-plastico/?shared=false>
- Vendedor: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1942273372-tanque-5000-lts-reforzado-para-acido-clorhidrico-sulfurico-JM?searchVariation=182016257578#polycard\\_client=search-nordic&searchVariation=182016257578&position=17&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=3d6bffd-cde89-405d-aef4-e47bd329d89c](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1942273372-tanque-5000-lts-reforzado-para-acido-clorhidrico-sulfurico-JM?searchVariation=182016257578#polycard_client=search-nordic&searchVariation=182016257578&position=17&search_layout=stack&type=item&tracking_id=3d6bffd-cde89-405d-aef4-e47bd329d89c)

### 17.2.3 Rodados

[NF<sub>4x4</sub>]

- Fabricante: [https://www.nissan.com.ar/vehiculos/nuevos/frontier.html#C402\\_cmp\\_feature\\_9f5a-modal](https://www.nissan.com.ar/vehiculos/nuevos/frontier.html#C402_cmp_feature_9f5a-modal)
- Vendedor: [https://www.nissan.com.ar/vehiculos/nuevos/frontier.html#C402\\_cmp\\_feature\\_9f5a-modal](https://www.nissan.com.ar/vehiculos/nuevos/frontier.html#C402_cmp_feature_9f5a-modal)

[AE<sub>ck</sub>]

- Fabricante: <https://www.brumby.com.ar/product-page/autoelevadores>
- Vendedor: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1479148331-auto-elevador-diesel-brumby-25-tn-torre-45mts-JM#polycard\\_client=search-nordic&position=2&search\\_layout=grid&type=item&tracking\\_id=88d7b29f-a5d4-44c6-beee-20b4536df135](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1479148331-auto-elevador-diesel-brumby-25-tn-torre-45mts-JM#polycard_client=search-nordic&position=2&search_layout=grid&type=item&tracking_id=88d7b29f-a5d4-44c6-beee-20b4536df135)

### 17.2.4 Reactivos

[AS98]

- Vendedor: [https://www.onelab.com.ar/acido-sulfurico-solucion-x-1000-ml?srsId=AfmBOor1nDT2dYwyDAEB4gM-pnLlhvYBtS\\_vbO8l88BLoRVCAj9yhjBkPA](https://www.onelab.com.ar/acido-sulfurico-solucion-x-1000-ml?srsId=AfmBOor1nDT2dYwyDAEB4gM-pnLlhvYBtS_vbO8l88BLoRVCAj9yhjBkPA)

[CF38]

- Vendedor: <https://fizachem.en.made-in-china.com/product/WxlUSYQdZBkN/China-Water-Treatment-Liquid-Ferric-Chloride-40-Min.html>

[HS99]

- Vendedor: <https://sjzxlwchem.en.made-in-china.com/product/SEpUQvOgZocC/China-Quality-Caustic-Soda-Pearls-99-Sodium-Hydroxide-Pearls-Price.html>

[SF100]

- Vendedor: No se han hallado precios en el mercado.

El valor obtenido se ha tomado del costo mensual en floculante que ha provisto el personal a cargo de la operación de la planta de tratamiento de efluentes de la refinería Luján de Cuyo (CILC – YPF).

Luego de realizar los cálculos se ha llegado a que el costo del kilogramo de floculante es de 143,02 US\$.

[CA99,5]

- Vendedor: <https://gdeverchemical.en.made-in-china.com/product/UBIJYrquORRw/China-China-Tech-Grade-Ammonium-Chloride-with-Anti-Caking.html>

[FS99]

- Vendedor: [https://honghaichemical.en.made-in-china.com/product/oQEURapAtLrY/China-Sodium-Dihydrogen-Phosphate-Dihydrate-Msp-Monosodium-Phosphate.html?pv\\_id=1iovrqcg496&faw\\_id=1iovft564972](https://honghaichemical.en.made-in-china.com/product/oQEURapAtLrY/China-Sodium-Dihydrogen-Phosphate-Dihydrate-Msp-Monosodium-Phosphate.html?pv_id=1iovrqcg496&faw_id=1iovft564972)

[AR]

- Vendedor: Los precios en el mercado online no son representativos. Se contactó a Roberto Valencia a través de Teruya Jorgelina Tsuneko, Jefa del Dpto. de Protección Ambiental del Recurso Hídrico en la subdelegación “Río Diamante” del Departamento General de Irrigación. Roberto trabaja en la explotación de minerales no metalíferos en la Villa 25 de Mayo, San Rafael – Mendoza. Él nos proporcionó información respecto a costos de arcilla por metro cúbico.