

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

Proyecto Final

**Estudio de prefactibilidad para la producción de
cloruro férrico mediante cloración de chatarra en
proceso tipo batch**

Autores: Encinas, Lorena Denise y Cramero, Luciano Emanuel

Título al que se aspira: Ingeniera/o Química/o

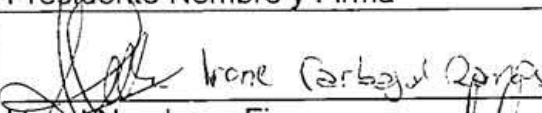
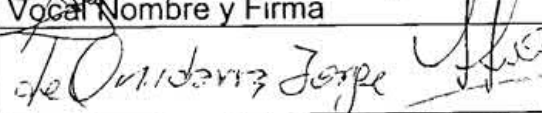
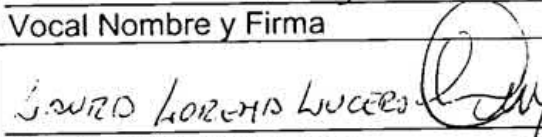
Directora del Proyecto Final: Lucero, Laura Lorena, Mgter. Ing.

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

San Rafael, Mendoza, 2025

Estudio de prefactibilidad para la producción de cloruro férrico mediante cloración de chatarra en proceso tipo batch

Autores: Encinas, Lorena Denise y Cramero, Luciano Emanuel
Título al que se aspira: Ingeniera/o Química/o
Directora del Proyecto Final: Lucero, Laura Lorena, Mgter. Ing.
Co-directora: Guajardo Adriana Beatriz, Mgter. Ing.

Presidente Nombre y Firma	Fecha
 Irene Carbajal Lopez	24/07/2025 - 15:55
Vocal Nombre y Firma	Fecha
 de Oñatividad Jorge	24/07/2025
Vocal Nombre y Firma	Fecha
 Laura Lorena Lucero	24/07/2025
Director Nombre y Firma	Fecha

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA

San Rafael, Mendoza, 2025

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto representa no solo nuestro esfuerzo, sino también el apoyo de quienes nos acompañaron en cada etapa. A todos ellos, gracias.

A nuestra familia, por su apoyo constante y su amor incondicional. Nos impulsaron siempre a seguir, confiaron en nosotros incluso cuando dudamos, y fueron el sostén que nos mantuvo firmes en cada paso. Nos enseñaron, con el ejemplo, la verdadera fortaleza y nos guiaron en el arte de crecer juntos, cultivando vínculos que hoy nos sostienen y nos definen.

A nosotros, por haber perseverado a lo largo de esta carrera, por avanzar con templanza y resiliencia, y por no haber soltado nunca nuestros sueños. Compartimos risas, debates, desafíos y aprendizajes que dejaron huella. Fue nuestro compañerismo lo que convirtió este recorrido en algo mucho más valioso.

A nuestros compañeros de carrera, por haber sido parte de este recorrido, compartiendo mates, apuntes, consejos y vivencias. Gracias por convertirlo en una experiencia única, colmada de momentos que atesoramos con profundo cariño.

A todos los profesores que nos acompañaron desde el primer día. Su dedicación, paciencia y compromiso fueron fundamentales para nuestra formación académica y profesional. En especial, a Laura Lucero, a quien tuvimos el privilegio de tener desde nuestros primeros pasos en la carrera y que, con el mismo compromiso, hoy nos acompaña hasta el final. Su excelencia y entrega son un ejemplo que siempre recordaremos.

Finalmente, agradecemos la colaboración técnica de las siguientes instituciones: FERROCLOR S.A., Metalúrgica Pilar S.A. y Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria (FCAI - UNCuyo).

Tabla de contenidos

CAPITULO I – GENERALIDADES	10
1.1 Justificación	11
1.2 Enfoque y alcance del proyecto	11
1.3 Definición y estructura	12
1.4 Marco teórico	12
1.4.1 Análisis de materias primas	12
1.4.2 Procesos de obtención	13
CAPITULO II – ESTUDIO DE MERCADO	15
2.1 Introducción al estudio de mercado	16
2.2 Mercado consumidor	16
2.2.1 Demanda global y nacional	16
2.2.2 Aplicaciones clave	17
2.2.3 Panorama general de las exportaciones e importaciones	18
2.3 Mercado proveedor	22
2.3.1 Proveedores de chatarra metálica	22
2.3.2 Proveedores de ácido clorhídrico	22
2.3.3 Proveedores de cloro gaseoso	24
2.4 Mercado competidor	26
2.4.1 Proveedores actuales	26
2.4.2 Análisis de importaciones	26
2.4.3 Oportunidades de producción local	27
CAPITULO III – SELECCIÓN DE TECNOLOGIA	29
3.1 Proceso de obtención	30
3.1.1 Ruta tecnológica asociada	30
3.2 Relevamiento de tecnologías disponibles	33
3.2.1 Carga de sólidos: Canasto sumergible	33
3.2.2 Cloración primaria: Reactor batch de mezcla completa	34
3.2.3 Filtrado de no reaccionantes	35
3.2.4 Precalentador: Intercambiador de calor de casco y tubos	36
3.2.5 Separador ciclónico	37
3.2.6 Cloración secundaria: Reactor batch de mezcla perfecta	37
3.2.7 Recirculación de gases: Eyector tipo Venturi	38
3.2.8 Ajuste de concentración: Tanque agitado batch	39
3.2.9 Envasado: Llenadora volumétrica	39
CAPITULO IV – TAMAÑO	41
4.1 Determinación del tamaño	42

4.2	Factores que determinan el tamaño del proyecto	42
4.2.1	Relación Tamaño – Financiamiento	42
4.2.2	Relación Tamaño - Mercado consumidor	42
4.2.3	Relación Tamaño - Tecnología	43
4.3	Determinación del tamaño para instalación	43
4.4	Programa de operación	44
CAPÍTULO V – LOCALIZACIÓN		46
5.1	Determinación de la localización	47
5.2	Factores determinantes	47
5.3	Localización de la planta	48
5.4	Macrolocalización	48
5.5	Microlocalización	49
5.5.1	Análisis de zonas estratégicas	50
5.5.2	Método de selección – Método de ponderaciones	50
5.5.3	Matriz de ponderación	51
CAPÍTULO VI – INGENIERÍA DE PROCESO		53
6.1	Ingeniería de proceso	54
6.1.1	Características del proceso	54
6.1.2	Diagrama del proceso	56
6.2	Descripción del proceso y reacciones químicas	57
6.2.1	Acondicionamiento de la materia prima sólida	57
6.2.2	Proceso de carga de sólidos	57
6.2.3	Llenado con HCl	57
6.2.4	Disolución ácida de los sólidos	57
6.2.5	Filtrado del producto intermedio	58
6.2.6	Calentamiento y separación primaria	58
6.2.7	Separación secundaria	58
6.2.8	Concentración	58
6.2.9	Oxidación secundaria	59
6.2.10	Recirculación de gases	59
6.2.11	Ajuste de concentración	59
6.2.12	Envasado y despacho	59
6.3	Balances de materia	59
6.3.1	Carga de sólidos	59
6.3.2	Volumen de ácido	60
6.3.3	Producción de FeCl_2	60
6.3.4	Producción de H_2	60
6.3.5	Producción de residuos sólidos	60
6.3.6	Separación primaria de HCl	61

6.3.7	Separación secundaria.....	62
6.3.8	Recuperación de ácido clorhídrico	63
6.3.9	Concentración	63
6.3.10	Vapor de stripping	63
6.3.11	Volumen de Cl ₂	64
6.3.12	Recirculación de gas cloro	64
6.3.13	Ajuste de concentración	64
6.3.14	Producción diaria.....	65
6.4	Balances de energía	65
6.4.1	Calefacción primaria.....	65
6.4.2	Calefacción secundaria	66
CAPÍTULO VII – INGENIERÍA DE DETALLE		67
7.1	Ingeniería de detalle	68
7.2	Análisis de detalle.....	68
7.3	Diseño de equipos.....	69
7.3.1	Cloración primaria	69
7.3.2	Recuperación primaria de ácido.....	71
7.3.3	Recuperación secundaria de ácido	73
7.3.4	Concentración	76
7.3.5	Cloración secundaria.....	77
7.3.6	Ajuste y envasado	78
CAPÍTULO VIII – INGENIERÍA DE GESTIÓN		81
8.1	Introducción a la Ingeniería de Gestión.....	82
8.2	Principios de la organización.....	82
8.3	Características de la organización	83
8.3.1	Construcción legal de la empresa	83
8.3.2	Determinación del tamaño de la empresa.....	85
8.4	Estructura organizacional.....	86
8.4.1	Organigrama.....	87
8.4.2	Fichas de función	89
8.4.3	Categorización del personal	115
8.5	Planificación y turnos de trabajo	120
CAPÍTULO IX – DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA		122
9.1	Diseño y distribución de planta	123
9.1.1	Recepción de materia prima	124
9.1.2	Área de Producción	124
9.1.3	Inventario de productos	124
9.1.4	Área de despacho	124
9.1.5	Laboratorio de control de calidad	124

9.1.6	Mantenimiento	125
9.1.7	Oficinas administrativas.....	125
9.1.8	Espacio de descanso	125
9.1.9	Sanitarios y vestuarios	125
9.1.10	Estacionamiento	125
9.2	Diagrama simplificado de distribución de planta	126
CAPÍTULO X – ASPECTOS JURÍDICOS		127
10.1	Aspectos jurídicos	128
10.2	Marco legal	128
10.3	Legislación nacional	130
10.3.1	Constitución nacional	130
10.3.2	Ley 25.675 – Ley general del ambiente	131
10.3.3	Ley 24.051 – Residuos peligrosos	131
10.3.4	Ley 25.612 – Gestión de residuos industriales	132
10.3.5	Ley 19.857 – Higiene y Seguridad en el Trabajo	132
10.3.6	Convenio 77 – Convenio colectivo de trabajo FESTIQyPRA	133
10.3.7	Ordenanza provincial 7.288 – Habilitación industrial	133
10.3.8	Ordenanza provincial 5.245 – Protección ecológica, planes de manejo y responsabilidad municipal	133
10.4	Marco impositivo.....	133
10.4.1	Nivel nacional	133
10.4.2	Nivel provincial	134
10.4.3	Nivel municipal	134
CAPÍTULO XI – ASPECTOS NORMATIVOS		135
11.1	Aspectos normativos	136
11.2	Normas a certificar	137
11.2.1	Normas ISO.....	137
11.2.2	Normas IRAM	140
11.2.3	Normas OHSAS 18000: Seguridad y Salud Ocupacional.....	141
11.2.4	Normativas de la Provincia de Buenos Aires	141
CAPÍTULO XII – ASPECTOS AMBIENTALES.....		144
12.1	Aspectos ambientales	145
12.2	Responsabilidad social ambiental en la industria	145
12.3	Estructura de la evaluación de impacto ambiental.....	146
12.3.1	Determinación de la línea de base ambiental o base cero	146
12.3.2	Identificación y valoración de impactos ambientales	149
12.3.3	Parámetros Evaluados	151
12.3.4	Matriz de impacto ambiental	152
12.3.5	Matriz de impacto ambiental por Método Conesa Modificado	155

12.4	Plan de Gestión Ambiental	159
CAPÍTULO XIII – HIGIENE Y SEGURIDAD		162
13.1	Higiene y seguridad	163
13.1.1	Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo - Decreto Reglamentario 351/79	163
13.1.2	Decreto Reglamentario 351/79 – Características constructivas	163
13.1.3	Elementos de protección personal	165
13.1.4	Elementos de protección industrial	166
13.2	Manipulación de equipos y elementos de protección – Información de seguridad	167
13.3	Equipos extintores, señalización y sistema de alarmas	168
13.4	Manejo de reactivos	169
13.4.1	Identificación de riesgos	169
13.4.2	Manipulación y almacenamiento	171
13.4.3	Procedimiento en caso de derrames	171
13.5	Conclusión	172
CAPÍTULO XIV – EVALUACIÓN ECONÓMICA		173
14.1	Evaluación económica	174
14.2	Tasa de descuento	174
14.3	Estructura de costos	175
14.3.1	Inversión inicial	175
14.3.2	Cronograma de inversiones	183
14.3.3	Costos fijos	184
14.3.4	Costos variables	186
14.3.5	Costos totales	189
14.4	Inversión en capital de trabajo	190
14.4.1	Métodos de Cálculo	190
14.5	Flujo de caja	191
14.5.1	Flujo de caja del proyecto en sí	191
CAPÍTULO XV – ANÁLISIS DE RIESGOS		193
15.1	Análisis de Riesgos	194
15.2	Riesgos identificados	194
15.2.1	Aspectos tecnológicos	194
15.2.2	Aspectos económicos	196
15.2.3	Siniestros e imprevistos	197
CAPÍTULO XVI – ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD		200
16.1	Análisis de sensibilidad	201
16.1.1	Sensibilización de los costos variables de operación	201
16.1.2	Factores atribuibles a la reducción	202
16.2	Conclusión	202

BIBLIOGRAFÍA.....	203
16.3 Técnica y teórica	204
16.4 Comercial	205
16.4.1 Reactivos	205
16.4.2 Equipos principales	206
16.4.3 Rodados	208
16.4.4 Equipos secundarios	209

Lista de tablas

Tabla 2.2-1 - Evolución histórica de las importaciones y exportaciones de FeCl ₃ en Argentina (2014 - 2024) Fuente - [5]	19
Tabla 2.4-1 - Países importadores de FeCl ₃ Fuente - [5]	27
Tabla 4.4-1 - Desglose del programa de producción Fuente - Autoría Propia	44
Tabla 5.4-1 - Industrias productoras de FeCl ₃ y materias primas necesarias para su producción Fuente - Elaboración propia	49
Tabla 5.5-1 - Localizaciones de los polos o parques tentativos de ubicación Fuente - Elaboración propia	50
Tabla 5.5-2 - Matriz de ponderación para la selección de la microlocalización Fuente - Autoría Propia	52
Tabla 7.2-1 - Detalle de requerimiento de equipos por etapas Fuente - Autoría Propia	68
Tabla 8.4-1 - Ficha de función del Gerente General Fuente - Autoría propia	90
Tabla 8.4-2 - Ficha de función del Gerente de Operaciones Fuente - Autoría propia	91
Tabla 8.4-3 - Ficha de función del Jefe de Logística y Almacenamiento Fuente - Autoría propia	92
Tabla 8.4-4 - Ficha de función del Auxiliar de Logística Fuente - Autoría propia	93
Tabla 8.4-5 - Ficha de función del Encargado de Almacén Fuente - Autoría propia	94
Tabla 8.4-6 - Ficha de función del Jefe de Producción Fuente - Autoría propia	95
Tabla 8.4-7 - Ficha de función del Operario de Producción Fuente - Autoría propia	96
Tabla 8.4-8 - Ficha de función del Jefe de Mantenimiento Fuente - Autoría propia	97
Tabla 8.4-9 - Ficha de función del Técnico de Mantenimiento Fuente - Autoría propia	98
Tabla 8.4-10 - Ficha de función del Técnico de Higiene y Seguridad Fuente - Autoría propia	99
Tabla 8.4-11 - Ficha de función del Gerente Comercial y de Calidad Fuente - Autoría propia	100
Tabla 8.4-12 - Ficha de función del Jefe de Comercial y Marketing Fuente - Autoría propia	101
Tabla 8.4-13 - Ficha de función del Ejecutivo de Ventas Fuente - Autoría propia	102
Tabla 8.4-14 - Ficha de función del Analista de Marketing Fuente - Autoría propia	103
Tabla 8.4-15 - Ficha de función del Community Manager Fuente - Autoría propia	104
Tabla 8.4-16 - Ficha de función del Jefe de Gestión de la Calidad Fuente - Autoría propia	105
Tabla 8.4-17 - Ficha de función del Técnico de Control de Calidad Fuente - Autoría propia	106
Tabla 9.1-1 - Diseño y distribución de la planta METCLOR S.A. Fuente - Autoría Propia	123
Tabla 10.2-1 - Marco legal aplicable Fuente - Autoría Propia	129
Tabla 13.1-1 - Intensidad de iluminación requerida para el trabajo en la industria Fuente - Norma IRAM AADL J 20-06	165
Tabla 14.3-1 - Activos totales del proyecto Fuente - Autoría Propia	177
Tabla 14.3-2 - Costos diferidos del proyecto Fuente - Autoría Propia	177
Tabla 14.3-3 - Costos de edificios e instalaciones Fuente - Autoría Propia	178
Tabla 14.3-4 - Factores de estimación basados en el costo del equipo entregado Fuente - [12]	179
Tabla 14.3-5 - Equipos, accesorios y su instalación Fuente - Autoría Propia	180
Tabla 14.3-6 - Costo de rodados Fuente - Autoría Propia	181
Tabla 14.3-7 - Costos de muebles, tecnología, depósitos y otros Fuente - Autoría Propia	182
Tabla 14.3-8 - Activos de capital Fuente - Autoría Propia	182
Tabla 14.3-9 - Inversión total Fuente - Autoría Propia	182
Tabla 14.3-10 - Categorización de los costos de inversión Fuente - Autoría Propia	183
Tabla 14.3-11 - Depreciaciones Fuente - Autoría Propia	184
Tabla 14.3-12 - Amortizaciones Fuente - Autoría Propia	185
Tabla 14.3-13 - Costos fijos de servicios Fuente - Autoría Propia	185
Tabla 14.3-14 - Resumen de costos fijos Fuente - Autoría Propia	186
Tabla 14.3-15 - Costos variables de reactivos Fuente - Autoría Propia	187
Tabla 14.3-16 - Demanda energética de equipos Fuente - Autoría Propia	188
Tabla 14.3-17 - Resumen de costos variables Fuente - Autoría Propia	188
Tabla 14.5-1 - Indicadores económicos (A) Fuente - Autoría Propia	191
Tabla 15.2-1 - Matriz de riesgos del proyecto Fuente - Autoría Propia	199
Tabla 16.1-1 - Sensibilización del VAN a través de los Costos de Operación del Cl ₂ Fuente - Autoría Propia	201

Lista de ilustraciones

Ilustración 2.2-1 - Crecimiento proyectado del mercado de coagulantes y floculantes para el tratamiento de agua Fuente - [3].....	16
Ilustración 2.2-2 - Exportaciones de FeCl ₃ realizadas desde 2012 a 2035 según Modelo de crecimiento progresivo Fuente - Autoría propia	20
Ilustración 2.2-3 - Exportaciones de FeCl ₃ realizadas desde 2012 a 2035 según Modelo de crecimiento acelerado Fuente - Autoría propia	21
Ilustración 2.4-1 - Porcentaje de participación de países importadores de FeCl ₃ Fuente - [5]	27
Ilustración 3.2-1 - Canasto sumergible para carga de sólidos en acero Hastelloy Fuente - Autoría propia	34
Ilustración 3.2-2 - Reactor batch de mezcla completa de PRFV con canasto Fuente - Autoría propia	35
Ilustración 3.2-3 - Criba curva tipo "parabolic screen" Fuente - ScreenSystems	36
Ilustración 3.2-4 - Intercambiador de calor de casco y tubos Fuente - Transferencia de Calor y Masa, Yunus Cengel	36
Ilustración 3.2-5 - Separador ciclónico Fuente - [8].....	37
Ilustración 3.2-6 - Reactor batch de mezcla completa Fuente - Autoría Propia	38
Ilustración 3.2-7 - Eyector tipo Venturi Fuente - [7]	38
Ilustración 3.2-8 - Tanque agitado batch Fuente - [9].....	39
Ilustración 3.2-9 - Envasadora volumétrica Fuente - [6].....	40
Ilustración 4.4-1 - Gráfico del plan de producción Fuente: Autoría Propia	45
Ilustración 6.1-1 - Diagrama simplificado del proceso de obtención de FeCl ₃ Fuente - Autoría Propia....	56
Ilustración 7.3-1 - Especificaciones técnicas de los modelos de tamices estáticos Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas	70
Ilustración 7.3-2 - Representación esquemática del tamiz estático Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas	71
Ilustración 7.3-3 - Indicación de las cotas para los distintos modelos de tamices estáticos Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas.....	71
Ilustración 7.4-1 - Diagrama detallado de la planta de cloruro férrico Fuente - Autoría Propia.....	80
Ilustración 8.3-1 - Límites de ventas totales anuales expresados en PESOS (\$) Fuente - "Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883", Banco de la Nación Argentina	85
Ilustración 8.3-2 - Límites de personal ocupado Fuente - "Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883", Banco de la Nación Argentina.....	85
Ilustración 8.3-3 - Límite de activos expresados en pesos (\$) Fuente - "Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883", Banco de la Nación Argentina	85
Ilustración 8.4-1 - Organigrama de funciones METCLOR S.A. Fuente - Autoría propia	89
Ilustración 9.2-1 - Diagrama de la distribución de planta Fuente - Autoría Propia	126
Ilustración 12.3-1 - Matriz de identificación de impactos ambientales Fuente - Autoría propia.....	153
Ilustración 12.3-2 - Matriz de valoración de impactos ambientales Fuente - Autoría propia	154
Ilustración 12.3-3 - Valoración de Impacto Ambiental Fuente - Autoría propia	155
Ilustración 12.3-4 - Valoración de Impacto Ambiental Conesa Fuente - Aspectos Ambientales	158
Ilustración 12.3-5 - Tipificación de Impactos por Conesa Fuente - Aspectos Ambientales	159
Ilustración 14.3-1 - Representación gráfica de costos fijos Fuente - Autoría Propia.....	186
Ilustración 14.3-2 - Representación gráfica de costos variables Fuente - Autoría Propia.....	189
Ilustración 14.3-3 - Representación gráfica de costos totales Fuente - Autoría Propia.....	189
Ilustración 14.5-1 - Flujo de caja del proyecto en sí Fuente - Autoría Propia.....	192
Ilustración 16.1-1 - Representación gráfica de la sensibilización unidimensional del VAN a través de los Costos Operacionales Fuente - Autoría Propia.....	202

RESUMEN

El cloruro férrico (FeCl_3) es una sal inorgánica de hierro, cuyo color es marrón oscuro y altamente soluble en agua. Se presenta usualmente en forma de solución acuosa al 40%, aunque también se comercializa en estado sólido, en escamas o polvo. Es un compuesto ampliamente utilizado en la industria por sus propiedades coagulantes, oxidantes y su capacidad para eliminar impurezas, metales y partículas suspendidas.

Su aplicación es clave en procesos como el tratamiento de aguas residuales, la fabricación de circuitos impresos en la industria electrónica, la formulación de fertilizantes, el tratamiento de efluentes industriales y otros.

El presente proyecto plantea un estudio de prefactibilidad para la producción de cloruro férrico a partir de chatarra metálica, utilizando un proceso de cloración tipo batch. La propuesta busca ofrecer una alternativa sustentable para la valorización de residuos metálicos, mediante una tecnología accesible y eficiente.

El proceso productivo consta de dos etapas principales que buscan clorar la materia prima ferrosa. Además, el diseño contempla la incorporación de sistemas de purificación, recuperación y almacenamiento acordes a las características del producto final.

PALABRAS CLAVE: Cloruro férrico, chatarra metálica, proceso batch, análisis de prefactibilidad.

CAPITULO I – GENERALIDADES

1.1 Justificación

El cloruro férrico (FeCl_3) es un compuesto químico de gran relevancia industrial, ampliamente utilizado como coagulante en el tratamiento de aguas residuales y potables, así como en procesos de grabado en la industria electrónica, en la formulación de fertilizantes y en el tratamiento de efluentes industriales. Su alta eficiencia en la remoción de contaminantes, junto con su disponibilidad comercial en distintas formas, lo convierten en un insumo esencial para diversos sectores productivos.

Actualmente, gran parte del cloruro férrico disponible en el mercado nacional es importado, lo que genera dependencia externa, costos elevados y limitaciones logísticas. Frente a este contexto, se vuelve estratégica la exploración de alternativas locales de producción que permitan abastecer la demanda interna de manera sustentable, eficiente y económica.

El presente proyecto se justifica en la necesidad de aprovechar residuos industriales, en particular chatarra metálica, como materia prima para la obtención de un producto de alto valor agregado. La propuesta no solo contribuye a la economía circular mediante la valorización de residuos, sino que también se alinea con las tendencias actuales en sostenibilidad industrial.

Realizar un estudio de prefactibilidad para la producción de cloruro férrico mediante un proceso de cloración tipo batch permite evaluar la viabilidad técnica de la propuesta, sentando las bases para un posible desarrollo a escala piloto o industrial. Este enfoque apunta a fortalecer la industria química local y reducir el impacto ambiental asociado tanto al descarte de metales como a la importación de productos químicos.

1.2 Enfoque y alcance del proyecto

Este trabajo se enfoca en el desarrollo de un estudio de prefactibilidad para la producción de cloruro férrico (FeCl_3) a partir de chatarra metálica, empleando un proceso de cloración tipo batch. La propuesta se orienta a ofrecer una alternativa local y sustentable que permita valorizar residuos ferrosos mediante una tecnología viable y reproducible a nivel industrial.

El proyecto comprende la caracterización técnica del proceso de obtención, el análisis de las materias primas involucradas, la elaboración de balances de materia y energía, y el diseño conceptual de la planta, con una primera selección de equipos y estimaciones preliminares de las condiciones operativas. También se consideran aspectos vinculados a la seguridad, el impacto ambiental y la normativa aplicable.

Se prevé además la realización de un análisis económico que permita evaluar la viabilidad del proyecto, el cual será desarrollado en las etapas posteriores del trabajo. Esta evaluación integrará los aspectos técnicos previamente definidos con criterios de inversión, costos operativos y rentabilidad estimada.

1.3 Definición y estructura

Descripción general del cloruro férrico:

- *Fórmula química*

El cloruro férrico tiene como fórmula FeCl_3 , lo que indica que una molécula está compuesta por un átomo de hierro (Fe) y tres átomos de cloro (Cl). Se trata de una sal formada por la reacción entre hierro y cloro molecular o algún agente clorante.

- *Estado físico y apariencia*

A temperatura ambiente, se presenta comúnmente en forma sólida cristalina de color marrón oscuro a negro. También puede encontrarse en solución acuosa, donde adquiere una coloración amarilla a marrón dependiendo de la concentración. Es higroscópico, lo que significa que absorbe humedad del ambiente con facilidad.

- *Estructura química*

En estado sólido, adopta una estructura cristalina que depende de las condiciones de formación. La forma anhidra presenta una estructura cristalina monoclinica. El hierro está en estado de oxidación +3 y cada ion Fe^{3+} se coordina con tres iones Cl^- , formando un compuesto iónico.

- *Presentación comercial (líquida, sólida, concentración, etc.)*

Se comercializa principalmente en dos formas:

- Sólido anhidro: utilizado en síntesis químicas y tratamiento de aguas, generalmente en escamas o polvo.
- Solución acuosa: con concentraciones típicas del 35 al 40 % en masa, utilizada principalmente en plantas de tratamiento de aguas como coagulante.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Análisis de materias primas

1.4.1.1 Chatarra férrica

La chatarra férrica es un residuo sólido compuesto mayoritariamente por hierro metálico (Fe^0), proveniente de desechos industriales, restos de construcción o aparatos en desuso. Se clasifica en función de su tamaño, grado de oxidación y presencia de impurezas. Es una materia prima económicamente accesible y abundante, clave en procesos de economía circular por su potencial de valorización. Su aprovechamiento en síntesis química requiere pretratamientos para remover contaminantes como aceites, pinturas o materiales no ferrosos.

1.4.1.2 Ácido clorhídrico (HCl)

Es un ácido fuerte, altamente corrosivo, que se emplea en diversas reacciones químicas, incluyendo la disolución de metales. En soluciones acuosas concentradas (30-37%), libera iones H^+ y Cl^- , lo cual lo convierte en un agente clorante eficaz en combinación con hierro metálico. En el contexto de este proceso, puede ser utilizado como reactivo para obtener cloruro férrico en condiciones controladas, aunque genera subproductos gaseosos como hidrógeno, que deben ser gestionados adecuadamente.

1.4.1.3 Cloro gaseoso (Cl_2)

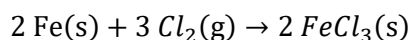
Es un halógeno diatómico de alta reactividad, utilizado en reacciones de cloración directa. Su uso requiere estrictas medidas de seguridad debido a su toxicidad y capacidad oxidante. En procesos a escala industrial, el Cl_2 puede reaccionar con hierro metálico para formar directamente $FeCl_3$, liberando energía en forma de calor. Su aplicación permite obtener productos de mayor pureza, aunque implica mayores exigencias operativas en cuanto a contención y control de emisiones.

1.4.2 Procesos de obtención

- *Reacciones químicas involucradas*

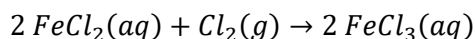
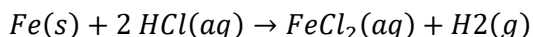
La síntesis de cloruro férrico puede realizarse mediante diferentes rutas químicas, según los reactivos disponibles y el nivel de pureza deseado. Las principales reacciones involucradas son:

→ Reacción directa entre hierro metálico y cloro gaseoso:



Es una reacción exotérmica que produce cloruro férrico de alta pureza. Se requiere controlar cuidadosamente la temperatura y la dosificación del cloro para evitar reacciones secundarias y garantizar la seguridad operativa.

→ Reacción entre hierro y ácido clorhídrico (vía indirecta):



Esta vía se utiliza cuando se dispone de ácido clorhídrico como subproducto industrial. Se forma inicialmente cloruro ferroso ($FeCl_2$), el cual se oxida posteriormente a cloruro férrico mediante la adición de cloro gaseoso.

- *Alternativas de síntesis*

Existen varios enfoques industriales para la obtención de $FeCl_3$:

→ Proceso seco: basado en la cloración directa de hierro metálico o chatarra en reactores cerrados. Produce cloruro férrico anhidro en forma sólida.

- Proceso húmedo: utiliza soluciones de HCl y Cl_2 para producir FeCl_3 en medio acuoso. Es común en plantas de tratamiento de aguas y galvanoplastia.
- Procesos mixtos: combinan etapas de disolución ácida y oxidación gaseosa, adaptados a disponibilidad de materias primas y requerimientos del producto final.

La elección del método depende de factores como la escala de producción, disponibilidad de insumos, requisitos ambientales y costos operativos.

- ***Selección del proceso tipo batch***

Para este estudio, se selecciona un proceso de cloración tipo batch por las siguientes razones:

- Mayor simplicidad operativa y control en procesos a pequeña escala.
- Flexibilidad para trabajar con distintas calidades de chatarra.
- Permite ajustes por lote según las condiciones del material y los requerimientos del producto.
- Menor inversión inicial en comparación con sistemas continuos.

El proceso batch es particularmente adecuado en etapas de prefactibilidad, ya que facilita la experimentación y el análisis técnico-económico antes de pasar a escalas mayores.

CAPITULO II – ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Introducción al estudio de mercado

El estudio de mercado tiene como propósito contextualizar la producción de cloruro férrico dentro del panorama económico actual, identificando las oportunidades y limitaciones para su inserción competitiva en el ámbito nacional. Comprender las dinámicas de oferta y demanda, las aplicaciones industriales y los actores relevantes permite evaluar la viabilidad comercial del proyecto y sustentar su desarrollo técnico con una base realista y actualizada.

Este análisis abarca tanto los sectores consumidores del compuesto como la competencia presente en el mercado, incluyendo proveedores locales y flujos de importación. Asimismo, se consideran las aplicaciones estratégicas del cloruro férrico en diversas industrias clave y se estima el consumo aparente en el país, como indicador del espacio potencial de inserción para una nueva fuente de producción.

La información recabada permitirá identificar nichos de mercado desatendidos, justificar la localización del proyecto y proyectar escenarios de comercialización sustentables en función de la demanda efectiva.

2.2 Mercado consumidor

2.2.1 Demanda global y nacional

A nivel global, el mercado de cloruro férrico ha experimentado un crecimiento sostenido, impulsado principalmente por su uso en el tratamiento de aguas residuales y potables. Según un informe de Data Bridge Market Research [1], el mercado mundial de cloruro férrico fue valorado en USD 7.78 mil millones en 2024 y se espera que alcance los USD 11.94 mil millones para 2032, creciendo a una tasa compuesta anual (CAGR) del 5.5% durante el período 2025 – 2032.

Este crecimiento no solo se le atribuye a la creciente demanda de soluciones de tratamiento de agua, sino también a la fabricación de placas de circuitos impresos (PCB), pigmentos y suplementos nutricionales para animales, entre otros.

En América Latina, se anticipa un crecimiento significativo del mercado de cloruro férrico, impulsado por iniciativas gubernamentales que buscan incrementar el acceso al agua potable y promover el tratamiento de aguas residuales.



Ilustración 2.2-1 - Crecimiento proyectado del mercado de coagulantes y floculantes para el tratamiento de agua | Fuente - [3]

En particular, se espera que el mercado de productos químicos para el tratamiento de agua en América del Sur crezca a una tasa compuesta anual de alrededor del 3,5% durante el período previsto [2]. Por ejemplo, el "Nuevo Marco Legal de Saneamiento" en Brasil, lanzado en julio de 2020, busca garantizar el acceso al agua limpia para más del 99% de la población y asegurar que el 90% tenga acceso a servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales para 2033.

En Argentina, aunque no se dispone de datos públicos específicos sobre la producción local de cloruro férrico, existen diversas empresas, como Ferroclor S.A., que se dedican a la producción y comercialización de cloruro férrico para diversas aplicaciones, incluyendo el tratamiento de aguas y procesos industriales. En particular, Ferroclor S.A. posee una capacidad de producción de 50.000 toneladas anuales [4].

Por otro lado, la industria del petróleo y el gas representa actualmente la fracción dominante del mercado entre las industrias de usuarios finales y se espera que continúe su dominio durante el período previsto. Esto se debe a que dichos sectores experimentan un crecimiento notable debido a cambios en las regulaciones económicas a nivel país.

Este panorama sugiere una oportunidad concreta para el desarrollo de una fuente local de producción que permita sustituir parte de las importaciones y asegurar el abastecimiento interno con estándares de calidad y sustentabilidad.

2.2.2 Aplicaciones clave

El cloruro férrico es un compuesto versátil con múltiples aplicaciones industriales. Su capacidad como agente coagulante, oxidante y su compatibilidad con diversos procesos químicos lo posicionan como un insumo estratégico en distintas actividades productivas.

A continuación, se describen las principales áreas de aplicación:

- *Tratamiento de aguas*
Es la aplicación más extendida a nivel mundial. El cloruro férrico se utiliza como coagulante químico en plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas, industriales y potables. Su acción permite desestabilizar partículas coloidales y favorecer la formación de flóculos que luego son eliminados por decantación o filtrado. Su eficacia en la remoción de fósforo y materia orgánica lo convierte en un insumo clave para cumplir con normativas ambientales. En Argentina, su uso está muy difundido en cooperativas y plantas de saneamiento municipales.
- *Industria energética y petrolera*
Se utiliza en la neutralización de aguas de producción y en el tratamiento de efluentes contaminados con metales pesados. En refinerías, también puede participar en procesos de oxidación selectiva. Dado que muchas instalaciones energéticas están ubicadas en zonas alejadas, disponer de proveedores

nacionales de FeCl_3 permite reducir costos logísticos y asegurar un abastecimiento continuo.

- *Electrónica (PCB)*

En la industria electrónica, el cloruro férrico se emplea como agente corrosivo para el revelado de placas de circuito impreso (Printed Circuit Boards - PCB). Su capacidad para disolver cobre de manera controlada lo convierte en un producto esencial en laboratorios, pymes electrónicas y centros de prototipado. Aunque esta aplicación representa un menor volumen en comparación con el tratamiento de aguas, agrega valor por su exigencia en cuanto a pureza y presentación del producto.

- *Agricultura*

Aunque en menor escala, el cloruro férrico puede ser utilizado en el sector agrícola como enmienda para corregir deficiencias de hierro en suelos alcalinos y también en ciertos procesos de compostaje industrial, donde actúa como agente controlador de olores y estabilizador de materia orgánica.

- *Otros usos*

- Producción de pigmentos y tintas.
- Agente oxidante en síntesis química orgánica.
- En laboratorios para análisis cualitativos.

La diversidad de usos del cloruro férrico no solo fortalece su demanda, sino que también reduce el riesgo comercial para un nuevo productor, ya que permite acceder a múltiples nichos del mercado industrial y tecnológico.

2.2.3 Panorama general de las exportaciones e importaciones

Durante la última década, el comercio exterior de cloruro férrico en Argentina ha mostrado una evolución dinámica, marcada por el crecimiento sostenido de las exportaciones y una notable variabilidad en las importaciones.

En términos generales, las exportaciones han aumentado de forma considerable desde 2014, pasando de volúmenes modestos (75,6 toneladas anuales) a más de 5400 toneladas en 2024. Esta tendencia refleja no solo una mejora en la capacidad productiva local, sino también una creciente inserción en mercados regionales e internacionales. El crecimiento exportador parece haberse acelerado particularmente a partir de 2016, con incrementos interanuales notables, posicionando al cloruro férrico como un producto químico con creciente proyección comercial.

Por otro lado, las importaciones muestran un comportamiento mucho más errático y discontinuo. Si bien hubo años con volúmenes significativos —como en 2017 y 2019—, en otros períodos las compras externas fueron marginales. Este patrón sugiere que las importaciones responden, en gran medida, a situaciones puntuales de abastecimiento o interrupciones en la producción interna, más que a una dependencia estructural del producto importado.

El contraste entre ambas curvas evidencia una progresiva sustitución de importaciones y una orientación exportadora cada vez más marcada del sector, que permite pensar

en la viabilidad de proyectos industriales con capacidad de producción competitiva a nivel internacional.

En la siguiente tabla se presenta el detalle de la evolución de importaciones y exportaciones para la última década:

Tabla 2.2-1 - Evolución histórica de las importaciones y exportaciones de FeCl₃ en Argentina (2014 - 2024) | Fuente - [5]

Año	I (Tn)	E (Tn)
2014	18,33	75,58
2015	34,93	55,22
2016	132,7	515,95
2017	229,53	1336,14
2018	56,52	620,00
2019	193,00	1882,00
2020	6,39	2168,00
2021	60,47	3279,00
2022	12,58	2001,00
2023	25,15	2496,00
2024	404,51	5405,00

Resulta entonces razonable orientar el estudio hacia el abastecimiento de la demanda internacional, con el objetivo de que, a futuro, la empresa forme parte del grupo de exportadores argentinos de cloruro férrico.

2.2.3.1 Proyección futura de las exportaciones

Con el objetivo de anticipar la evolución futura del comercio exterior de cloruro férrico, se procedió al análisis de la serie histórica de exportaciones entre los años 2014 y 2024.

2.2.3.2 Descripción del enfoque de proyección

Para ello, se exploraron distintos modelos de ajuste, entre los cuales se destacaron el modelo polinómico de segundo grado (cuadrático) y el modelo polinómico de tercer grado (cúbico), ambos construidos sobre la variable tiempo, utilizando el año como parámetro independiente sin centrar.

Cada modelo fue ajustado mediante mínimos cuadrados y evaluado en términos de su capacidad de representar la tendencia observada, así como de ofrecer proyecciones coherentes para el período 2025–2035.

El modelo cuadrático, al que llamaremos crecimiento progresivo, presentó un coeficiente de determinación (R^2) de aproximadamente 0,80, mientras que el cúbico, definido como crecimiento acelerado, alcanzó un R^2 cercano a 0,82. Si bien ninguna de las opciones superó el umbral de excelencia estadística ($R^2 \geq 0,98$), ambas

ofrecieron resultados consistentes con la tendencia creciente registrada en los últimos años, permitiendo proyectar distintos escenarios de expansión del mercado.

Es importante considerar que los datos utilizados corresponden a exportaciones reales, sujetas a variaciones económicas, políticas y propias del contexto.

En este tipo de series, un R^2 superior al 0,80 se considera un indicador confiable de ajuste, especialmente cuando el modelo proyectado también refleja una evolución lógica del comportamiento observado. Esto quiere decir que ambos modelos son válidos para estimar tendencias futuras con fines operativos y estratégicos, sin incurrir en sobreajustes que comprometan su interpretabilidad.

2.2.3.3 Comportamiento observado en los modelos de ajuste

Ambos modelos reproducen de manera razonable el crecimiento registrado en los últimos años.

El modelo de crecimiento progresivo describe una curva suavemente creciente, que proyecta un incremento moderado en las exportaciones como se muestra a continuación.

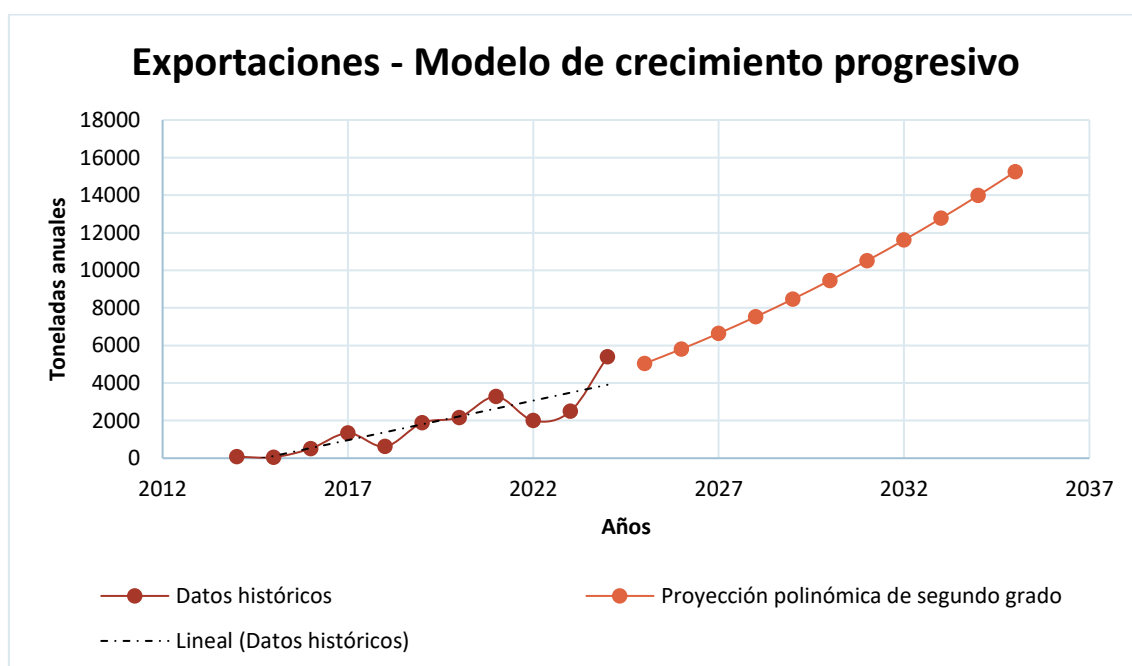


Ilustración 2.2-2 - Exportaciones de FeCl₃ realizadas desde 2012 a 2035 según Modelo de crecimiento progresivo | Fuente - Autoría propia

Se estima un crecimiento promedio de aproximadamente 1020 toneladas anuales, comenzando con un aumento de 776 toneladas entre 2025 y 2026, y creciendo progresivamente hasta superar las 1260 toneladas en el intervalo 2034 – 2035.

En contraste, el modelo de crecimiento acelerado ajusta con mayor precisión los valores intermedios y proyecta un aumento más pronunciado en el corto y mediano plazo. A continuación, se ejemplifica de forma gráfica.

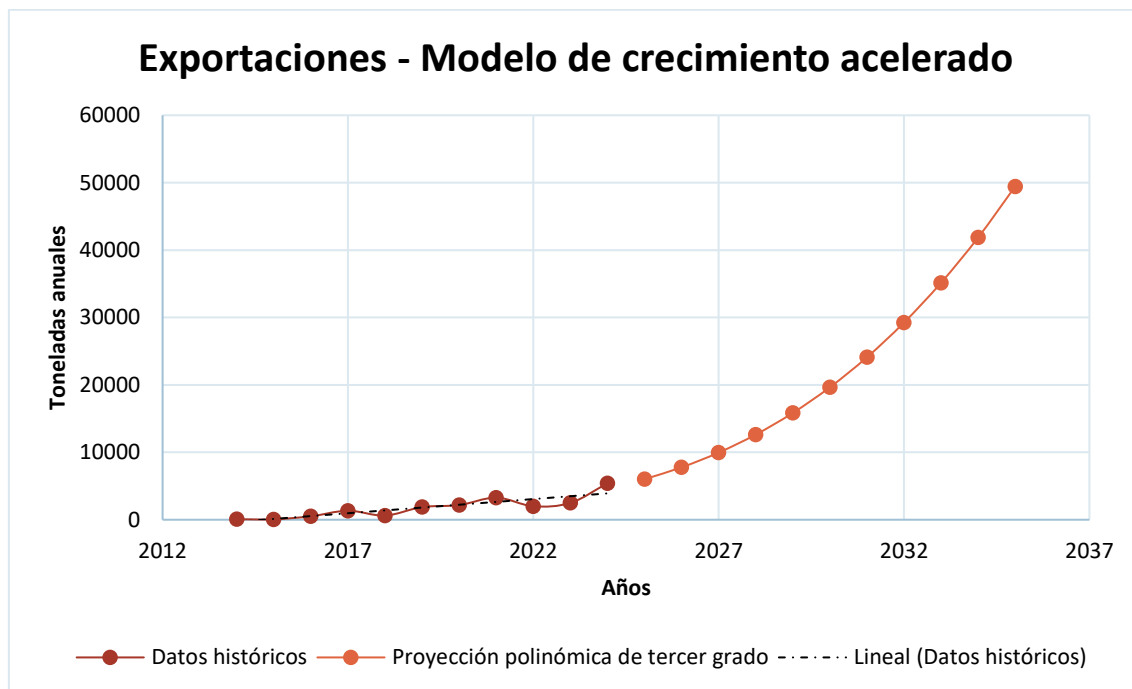


Ilustración 2.2-3 - Exportaciones de FeCl₃ realizadas desde 2012 a 2035 según Modelo de crecimiento acelerado | Fuente - Autoría propia

Se estima un crecimiento promedio de aproximadamente 4300 toneladas anuales, comenzando con un aumento de 1750 toneladas entre 2025 y 2026, y creciendo de forma acelerada hasta superar las 7570 toneladas en el intervalo 2034 – 2035.

2.2.3.4 Análisis de aplicabilidad de cada modelo

La elección entre uno u otro modelo no depende únicamente del valor estadístico del ajuste, sino también de la lógica de crecimiento implícita en cada caso. El modelo polinómico de grado 2 representa una trayectoria de crecimiento moderada y continua, lo cual lo hace especialmente adecuado en contextos de demanda estable, crecimiento regulado o mercados con menor dinamismo. Este enfoque ofrece una estimación prudente y operativamente segura para dimensionar instalaciones productivas que prioricen la eficiencia sin incurrir en sobrecapacidad. En síntesis, se trata de un enfoque conservador y escalable.

En contraste, el modelo de ajuste polinómico de crecimiento acelerado resulta más conveniente si se espera una expansión activa del comercio exterior, con nuevas oportunidades de exportación, apertura de mercados o incremento sostenido de la demanda internacional. Bajo este escenario, resulta lógico proyectar capacidades productivas más ambiciosas, anticipándose a la evolución esperada del sector.

2.3 Mercado proveedor

Para el análisis del mercado proveedor, resulta fundamental identificar los insumos clave involucrados en el proceso productivo. En este caso, la producción de cloruro férrico se basa en una cloración primaria de chatarra metálica utilizando ácido clorhídrico y una cloración secundaria mediante cloro gaseoso. En función de ello, se definen como materias primas principales:

- Chatarra metálica.
- Ácido clorhídrico.
- Cloro gaseoso.

El resto de los insumos necesarios corresponde, en su mayoría, a bienes de capital o elementos auxiliares que no requieren reposición frecuente. Por esta razón, no se incluyen en el presente análisis los proveedores de dichos insumos.

2.3.1 Proveedores de chatarra metálica

La chatarra ferrosa constituye un recurso ampliamente disponible en Argentina, respaldado por la presencia de una industria metalúrgica y siderúrgica consolidada. El país cuenta con numerosos centros de acopio, clasificación y reciclaje distribuidos a lo largo de todo el territorio, especialmente en zonas urbanas e industriales.

Esta disponibilidad sostenida permite afirmar que el abastecimiento de chatarra no representa una restricción significativa para la viabilidad del proyecto.

2.3.2 Proveedores de ácido clorhídrico

En Argentina, el ácido clorhídrico es producido y comercializado por distintas empresas que abastecen a diversos sectores industriales. Una parte significativa de estos proveedores se localiza en la provincia de Buenos Aires, favorecida por su concentración de polos productivos y su estructura logística consolidada.

2.3.2.1 Alper Química

Con un catálogo que supera los 700 productos, Alper Química se ha consolidado como un proveedor integral de insumos químicos para múltiples industrias. Cuenta con dos naves industriales ubicadas en el Parque Industrial La Matanza y en San Andrés, ambas en la provincia de Buenos Aires.

Dispone de certificación internacional ISO 9001:2015, que respalda su sistema de gestión de calidad, y ha implementado el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) para la clasificación y etiquetado de productos químicos. Además, está adherida a RESTEC Argentina, lo que le permite ofrecer servicios ante emergencias químicas mediante personal capacitado y equipamiento especializado.

Alper Química comercializa ácido clorhídrico en soluciones al 33% y cuenta con una flota de transporte propia equipada con seguimiento satelital y tanques antiderrame, garantizando condiciones seguras para el traslado de sustancias peligrosas. Su cartera de clientes incluye desde pequeñas empresas hasta grandes industrias, con fuerte presencia en los sectores metalúrgico, alimenticio y farmacéutico.

2.3.2.2 Unipar

Unipar es una empresa líder en la industria petroquímica de América del Sur, con más de 35 años de presencia en Argentina. Su planta en Ingeniero White, Bahía Blanca, es una de las más importantes del país en la producción de cloro, soda cáustica, ácido clorhídrico y PVC.

La planta de Unipar en Bahía Blanca produce aproximadamente 35.000 toneladas de ácido clorhídrico anualmente, abasteciendo a diversos sectores industriales.

La empresa cuenta con certificaciones ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001, y participa en el Programa de Cuidado Responsable del Medio Ambiente (PCRMA), promovido por la Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIQyP).

Además de ácido clorhídrico, Unipar produce soda cáustica, hipoclorito de sodio, cloro gaseoso y PVC, entre otros productos químicos esenciales para diversas industrias.

Unipar suministra productos a sectores como saneamiento, construcción, alimentación, minería, siderurgia, automotriz, salud, y celulosa y papel.

2.3.2.3 Air Liquide

Como se describe en la sección 2.3.3 la compañía suministra una amplia gama de gases industriales. También provee de soluciones líquidas; entre ellas ácido clorhídrico.

2.3.2.4 Hidroclor

Ubicada en Pilar, provincia de Buenos Aires, Hidroclor se dedica a la distribución de productos químicos fraccionados o a granel, con un fuerte enfoque en la calidad y la satisfacción del cliente.

Ofrece ácido clorhídrico y una amplia gama de productos químicos, adaptando sus servicios logísticos a las necesidades específicas de cada cliente.

Su flota de transporte y el asesoramiento técnico especializado permiten optimizar la aplicación de sus productos en distintos procesos industriales.

Atiende a diversos sectores, brindando soluciones personalizadas en función del rubro y escala operativa del cliente.

2.3.3 Proveedores de cloro gaseoso

En Argentina, el cloro gaseoso es suministrado por diversas empresas que atienden a múltiples sectores industriales. Si bien existen proveedores en distintas regiones del país, una parte significativa de la producción y distribución se concentra en la provincia de Buenos Aires, debido a su infraestructura industrial y logística desarrollada.

2.3.3.1 Unipar

Unipar, como se mencionó anteriormente es una empresa líder en la industria petroquímica de América del Sur

Su planta en Ingeniero White, Bahía Blanca, también produce cloro gaseoso, además de soda cáustica, PVC y otros.

La planta de Unipar en Bahía Blanca produce aproximadamente 185000 toneladas anuales de cloro gaseoso, abasteciendo a diversos sectores industriales.

2.3.3.2 Cloronor

Fundada en 2003 en Formosa, Cloronor S.A. se dedica a la producción, comercialización y distribución de productos químicos, especialmente para la potabilización del agua.

Opera en la provincia de Formosa, ofreciendo soluciones innovadoras en la producción de productos químicos para el tratamiento de agua. Produce 150 toneladas por día de cloro gaseoso.

Cuenta con certificaciones ISO 9001 e ISO 14001, que respaldan su compromiso con la calidad y la gestión medioambiental.

Produce, además de cloro gaseoso, hipoclorito de sodio, sulfato de aluminio, hipoclorito de calcio, hidróxido de sodio y policloruro de aluminio, entre otros.

Abastece principalmente al sector de tratamiento y potabilización de agua, ofreciendo productos y servicios integrales para esta industria.

2.3.3.3 Air Liquide Argentina

Air Liquide inició sus operaciones en Argentina en 1938. Desde entonces, ha consolidado su presencia en el país, ofreciendo soluciones innovadoras y productos de alta calidad para diversas industrias y el sector salud.

La empresa cuenta con múltiples sucursales en Argentina, incluyendo localidades como Avellaneda, La Plata y Bahía Blanca en la provincia de Buenos Aires.

Air Liquide mantiene altos estándares de calidad y seguridad, respaldados por certificaciones internacionales que garantizan la excelencia en sus procesos y productos.

La compañía suministra una amplia gama de gases industriales, incluyendo cloro gaseoso, así como mezclas especiales de calidad certificada para diversas aplicaciones industriales y médicas.

Air Liquide atiende a múltiples sectores, entre ellos la industria farmacéutica, biotecnológica, alimenticia, metalúrgica y de tratamiento de aguas, proporcionando soluciones adaptadas a las necesidades específicas de cada cliente.

2.3.3.4 Indura Argentina

Indura Argentina forma parte de Air Products, una compañía global especializada en gases industriales. En Argentina, Indura se dedica a la provisión de gases, máquinas soldadoras, equipos de corte y elementos de protección personal.

La empresa opera en varias localidades del país, incluyendo el Parque Industrial Garín en Escobar, provincia de Buenos Aires, y en Rosario, Santa Fe.

Indura mantiene un compromiso con la calidad y la seguridad en sus operaciones, respaldado por certificaciones que aseguran la excelencia en sus productos y servicios.

Ofrece una variedad de gases industriales, incluyendo cloro gaseoso, así como otros productos.

Principalmente atiende a sectores como la construcción, metalurgia, manufactura y tratamiento de aguas, proporcionando soluciones integrales que incluyen tanto productos como servicios técnicos especializados.

2.3.3.5 Praxair Argentina

Praxair Argentina S.R.L., una filial de Praxair, Inc., es una de las principales proveedoras de gases industriales en el país, ofreciendo productos y servicios a hospitales, industrias y laboratorios.

La empresa tiene su sede en El Talar, provincia de Buenos Aires, y cuenta con instalaciones en otras localidades como Campana y Mar del Plata.

Praxair opera bajo estrictos estándares de calidad y seguridad, respaldados por certificaciones internacionales que garantizan la confiabilidad de sus productos y servicios.

La compañía comercializa una amplia gama de gases, incluyendo cloro gaseoso, así como equipamientos para diversas aplicaciones industriales y médicas.

Praxair suministra productos a sectores como el hospitalario, industrial, laboratorios y tratamiento de aguas, ofreciendo soluciones adaptadas a las necesidades específicas de cada cliente.

2.4 Mercado competidor

2.4.1 Proveedores actuales

El mercado competidor del cloruro férrico en Argentina está compuesto mayormente por empresas externas que importan y por un número reducido de empresas nacionales que en conjunto abastecen principalmente a los sectores de tratamiento de aguas, industria química y petrolera. La presencia de productores locales es limitada, lo que genera una oportunidad de desarrollo de nuevos proyectos industriales.

Uno de los principales actores nacionales es *Ferroclor S.A.*

La planta está ubicada en Buenos Aires y también se dedica a la producción de coagulantes inorgánicos como el cloruro férrico y cloruro de polialuminio. Comercializan soluciones líquidas y sólidas, adaptadas a diferentes requerimientos industriales.

Respecto a la oferta internacional, Argentina importa cloruro férrico desde países como Brasil, Estados Unidos, Alemania y China, según datos de la Dirección General de Aduanas. La competencia externa se caracteriza por ofrecer productos de bajo costo en grandes volúmenes, aunque los costos logísticos, aranceles e impuestos de importación pueden elevar su precio final.

Análisis competitivo:

- Fortalezas de los competidores actuales: Experiencia comercial, red logística establecida y diversidad de productos químicos complementarios.
- Debilidades: Dependencia de materias primas importadas, costos elevados de transporte y plazos de entrega largos en casos de importaciones.
- Oportunidad: La posibilidad de instalar una planta local de producción de cloruro férrico a partir de chatarra metálica permitiría una oferta más ágil, sustentable y potencialmente más competitiva en términos de costos, en comparación con los productos importados o provenientes de procesos tercerizados.

Además, al distribuir un único producto, se facilita la implementación de un sistema de reutilización de envases, lo que contribuye a reducir residuos y promueve un compromiso ambiental compartido con el cliente.

2.4.2 Análisis de importaciones

El mercado argentino de cloruro férrico depende en parte significativa de las importaciones para satisfacer la demanda interna, dado que la producción local es limitada y no cubre la totalidad del consumo nacional.

2.4.2.1 Origen de las importaciones

Los **principales países que importan cloruro férrico hacia Argentina** ^[5] en los últimos años han sido:

- Brasil: Principal proveedor regional, destacándose por la proximidad geográfica que reduce costos logísticos.
- China: Exporta grandes volúmenes a precios competitivos, principalmente en forma líquida y sólida.
- Estados Unidos y Alemania: Proveedores de productos de mayor pureza y calidad técnica, orientados a industrias específicas como la electrónica y tratamiento de aguas especiales.

En la siguiente tabla se ve el detalle de la participación para los mencionados.

Tabla 2.4-1 - Países importadores de $FeCl_3$ | Fuente - [5]

País de origen	Participación (%)
Brasil	52%
China	28%
Estados Unidos	12%
Alemania	5%
Otros (España, India)	3%

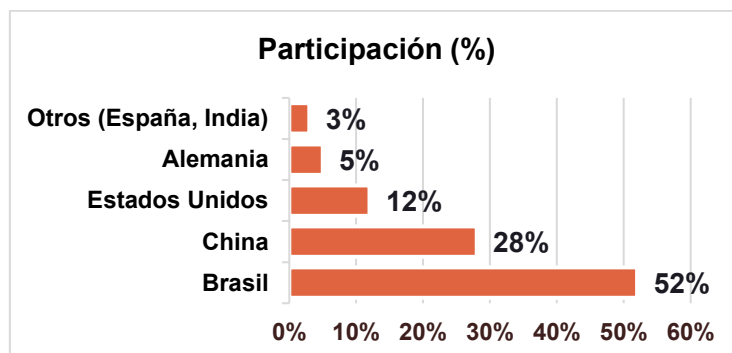


Ilustración 2.4-1 -Porcentaje de participación de países importadores de $FeCl_3$ | Fuente – [5]

2.4.3 Oportunidades de producción local

Si bien el mercado de interés es el internacional, se considera de importancia conocer la producción local de cloruro férrico en Argentina ya que esta representa una oportunidad estratégica para disminuir a futuro la dependencia de importaciones, valorizar residuos metálicos y fortalecer la oferta nacional de insumos químicos esenciales.

2.4.3.1 Ventajas competitivas

Este enfoque ofrece la posibilidad, no solo de sustituir las importaciones, sino también de ofrecer ventajas frente a los productos importados:

- Reducción de costos logísticos y arancelarios.
- Mayor estabilidad de precios ante la volatilidad cambiaria.
- Mejor tiempo de entrega y capacidad de respuesta a las necesidades del mercado interno.
- Agrega valor ambiental significativo, promoviendo la economía circular y reduciendo los residuos sólidos urbanos e industriales.

En conclusión, este contexto, permitiría cubrir parte de la demanda insatisfecha y también posicionar al proyecto como una alternativa ágil, sustentable y competitiva frente a los productos importados, contribuyendo al desarrollo industrial local.

CAPITULO III – SELECCIÓN DE TECNOLOGIA

3.1 Proceso de obtención

Existen diversas rutas tecnológicas para la obtención industrial de cloruro férrico como se mencionó anteriormente.

En el presente trabajo se desarrolla aquel proceso que combina simplicidad operativa, disponibilidad de insumos y adaptabilidad a escala industrial.

El proceso seleccionado contempla una oxidación primaria de la chatarra férrica con ácido clorhídrico, dando lugar a la formación de cloruro ferroso (FeCl_2); esta reacción es del tipo heterogénea entre sólido - líquido. La solución obtenida, tras su acondicionamiento, es sometida a una oxidación secundaria mediante la inyección de cloro gaseoso (Cl_2), en otro sistema heterogéneo del tipo líquido – gas que permite la conversión de FeCl_2 en FeCl_3 , completando así la síntesis del producto buscado.

A lo largo del capítulo se producen separaciones y recuperaciones de reactivos y otros insumos que se describirán en su momento.

Las etapas involucradas y los criterios considerados para su selección frente a otras alternativas se detallan en las siguientes secciones.

3.1.1 Ruta tecnológica asociada

En esta sección se mencionan cada una de las etapas involucradas, desde la oxidación inicial hasta el ajuste final de concentración del producto y se indican las tecnologías asociadas a cada operación.

El objetivo es establecer un esquema claro que sirva de base para el diseño conceptual de la planta.

3.1.1.1 Carga de sólidos

Es la primera etapa del proceso y consiste en la carga del material ferroso dentro de un canasto sumergible. La finalidad de este canasto es contener la chatarra metálica durante la cloración primaria.

Debido a las condiciones del medio el material recomendado es Hastelloy (aleación metálica con alta resistencia a la corrosión).

La geometría dependerá del diseño del reactor, pero se recomienda cilíndrica o prismática.

3.1.1.2 Cloración primaria

En esta etapa del proceso se da la oxidación primaria de la chatarra metálica para dar cloruro ferroso según las reacciones indicadas anteriormente. Este proceso es discontinuo y se lleva a cabo en un reactor de mezcla completa con agitación continua.

El proceso de agitación se logra por recirculación del líquido desde el fondo hacia la parte superior de dicho reactor. Se recomienda este mecanismo de agitación ya que el espacio para la disposición de agitadores es reducido.

Dicho reactor estará constituido en PRFV.

3.1.1.3 Filtrador de no reaccionantes

En esta etapa se filtra la mezcla, la cual contiene un exceso importante de ácido además de cloruro ferroso. El objetivo es evitar el arrastre de sólidos a las siguientes etapas.

Se utilizará un tamiz estático de malla de 0,25 mm.

3.1.1.4 Calentamiento y separación primaria

Con la finalidad de separar parte del ácido en exceso de la solución de cloruro ferroso, se produce un calentamiento para comenzar la evaporación.

La mezcla calefaccionada ingresa a un separador donde el aumento de volumen permite la vaporización parcial del ácido presente.

Se desprenderá el ácido de la mezcla hasta llegar a su punto azeotrópico a los 108°C a presión atmosférica. Como no se podrá lograr reducir la concentración de ácido por debajo del 20% p/p será necesario entonces en una separación secundaria por inyección de vapor.

Los equipos seleccionados en este caso son:

- Un intercambiador de casco y tubos. Por carcasa circulará el fluido caliente, vapor en este caso, y por tubo el fluido frío; la solución ácida de cloruro ferroso indicada anteriormente.

El material de los tubos será acero revestido para soportar la acidez de la solución.

- Un separador de vacío fabricado en PRFV gracias a sus propiedades únicas frente a la corrosión del cloruro de hidrógeno.

3.1.1.5 Separación secundaria

La mezcla, reducida en ácido clorhídrico, se ingresa en un reactor donde entrará en contacto con vapor de agua. El ingreso de una presión parcial extra al seno del líquido promueve el despojo de aquellas especies más sensibles a ser volatilizadas; el ácido en este caso.

Este proceso logra remover entre el 95-98% del ácido presente permitiendo la recolección de una mezcla cuya acidez es menor al 1%.

El material del equipo será PRFV debido al contacto con especies altamente corrosivas como el cloruro de hidrógeno.

3.1.1.6 Concentración

Antes de ingresar al reactor donde se producirá la cloración secundaria se debe reducir el volumen de la solución mediante una concentración.

Esto se logrará con la misma configuración utilizada en la sección 3.1.1.4

Los equipos empleados serán del mismo material con diferencias en sus dimensiones y capacidades.

3.1.1.7 Recuperación de ácido

La recuperación de la corriente gaseosa se realiza en un scrubber donde una lluvia de agua solubiliza al cloruro de hidrógeno dando como resultado una solución concentrada de ácido clorhídrico.

El scrubber se realizará idealmente en PRFV por las mismas razones que la mayoría de los equipos que se encuentran en contacto con corrosivos como el ácido clorhídrico.

3.1.1.8 Cloración secundaria

La solución de cloruro ferroso obtenida se encuentra a mayor temperatura lo que mejora la velocidad de reacción, en la cloración secundaria. Se prevé que dicha solución se encuentre entre 50 – 80 °C. Es importante evitar que aumente la temperatura en exceso ya que la misma naturaleza exotérmica de la reacción produce un equilibrio desfavorable.

La cloración secundaria implica la reacción entre la solución de cloruro ferroso y una corriente de cloro gaseoso. Dicho proceso también es discontinuo y se llevará a cabo en un reactor de mezcla completa con agitación.

El proceso de agitación se logra mediante la corriente gaseosa que burbujea desde el fondo y el material de dicho reactor también será PRFV gracias a su alta resistencia a la corrosión.

3.1.1.9 Recirculación de gases

Esta etapa consiste en la captura del cloro gaseoso que no ha reaccionado, haciendo uso de la solución de cloruro ferroso. El proceso se realizará con un equipo tipo Venturi y se recirculará dicha mezcla hacia la parte inferior del reactor de cloración secundaria.

El material que se utilizará es PTFE, también conocido como teflón, aprovechando su resistencia química.

3.1.1.10 Ajuste de concentración

Antes de finalizar el proceso se debe realizar el ajuste de concentración de la solución a comercializar.

Esta etapa se llevará a cabo en un tanque agitado donde se añade agua destilada hasta llegar a la concentración de comercialización (38%).

3.1.1.11 Envasado y despacho

La etapa final del proceso productivo consiste en el envasado del producto y su despacho.

El envasado se realizará en recipientes de 200 litros de polietileno de alta densidad.

3.2 Relevamiento de tecnologías disponibles

Antes de avanzar con la propuesta de diseño de planta, se presenta un relevamiento de las tecnologías disponibles y aplicables a cada una de las etapas del proceso de producción de cloruro férrico.

Se identifican los equipos industriales y configuraciones técnicas actualmente utilizados en procesos similares, considerando criterios como disponibilidad en el mercado, compatibilidad con las condiciones del proceso, resistencia a la corrosión, facilidad de operación y mantenimiento.

Este relevamiento sirve de base para seleccionar, entre las opciones disponibles, aquellas tecnologías que mejor se adaptan a las características del sistema y a los requerimientos de producción definidos en este proyecto. La elección final de los equipos se realiza considerando también su inserción en una operación por lotes y su desempeño en condiciones industriales reales.

3.2.1 Carga de sólidos: Canasto sumergible

El canasto sumergible consiste en una estructura metálica perforada que permite el ingreso del fluido reactivo, pero retiene los sólidos. Está diseñado para ser sumergido dentro del reactor mediante grúa o sistema de izaje, y soportar condiciones de alta acidez y temperatura.

Su geometría se ha definido cilíndrica, con perforaciones laterales e inferiores cuyo tamaño es de 5 cm para el tamaño de chatarra utilizada. Incluye asas o ganchos de izaje, refuerzos internos para evitar deformación, y un marco estructural soldado que facilita su manipulación. El material recomendado es Hastelloy C-22 o C-276, por su alta resistencia a la corrosión en medios clorhídricos.

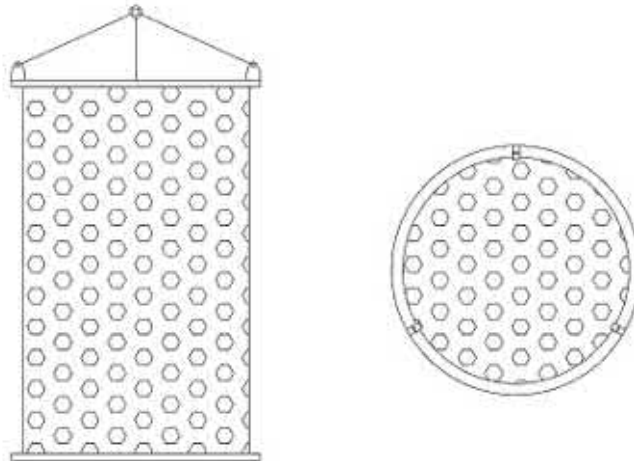


Ilustración 3.2-1 - Canasto sumergible para carga de sólidos en acero Hastelloy | Fuente - Autoría propia

3.2.2 Cloración primaria: Reactor batch de mezcla completa

El reactor utilizado en la etapa de cloración primaria es un reactor discontinuo (batch) del tipo mezcla completa, diseñado específicamente para permitir una reacción heterogénea sólido-líquido entre ácido clorhídrico y chatarra férrica, contenida en un canasto sumergible.

Con geometría cilíndrica vertical, fondo bombeado para facilitar el drenaje y recolección del líquido. De material PRFV (Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio), por su alta resistencia química al ácido clorhídrico y bajo costo relativo.

No se emplean agitadores mecánicos sumergidos debido a la presencia del canasto metálico. El sistema utiliza recirculación externa, impulsada por una bomba centrífuga resistente a ácidos, que succiona líquido desde el fondo del reactor y lo reintegra en la parte superior por una tubería de retorno. Esta recirculación genera un flujo interno que asegura la homogeneización de reactivos, dispersión de calor y renovación de la solución en contacto con el sólido.

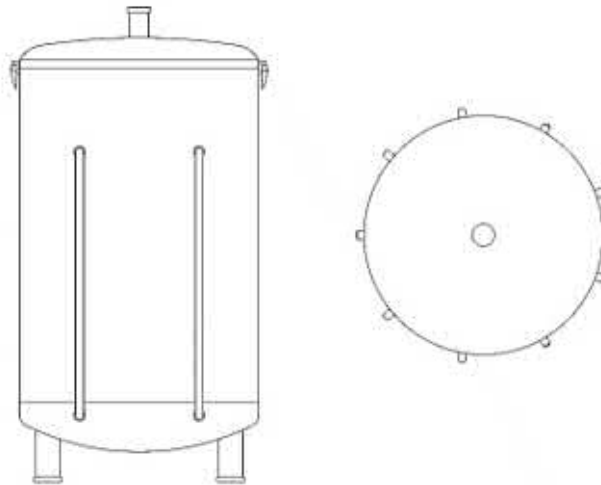


Ilustración 3.2-2 - Reactor batch de mezcla completa de PRFV con canasto | Fuente – Autoría propia

3.2.3 Filtrado de no reaccionantes

El tamiz estático curvo (también conocido como parabolic screen o wedge wire screen) es un equipo de separación sin partes móviles, utilizado para remover sólidos no disueltos en mezclas líquido-sólido. En el proceso de producción de cloruro férrico, se emplea para separar las partículas metálicas que no reaccionaron durante la cloración primaria, permitiendo que la solución filtrada (rica en FeCl_2) continúe hacia las etapas siguientes.

Su geometría es una superficie curva con forma parabólica, inclinada entre 45° y 60° . Tiene rejilla tipo wedge wire (alambre triangular) con apertura de malla de aproximadamente 0,5 mm, según el tamaño del residuo metálico esperado.

La solución que contiene los sólidos se descarga en la parte superior del tamiz. El líquido fluye por gravedad a través de las ranuras de la superficie curva. Los sólidos no disueltos quedan retenidos en la cara superior y se deslizan hacia un colector inferior. El líquido filtrado es recolectado en una bandeja o canaleta inferior.

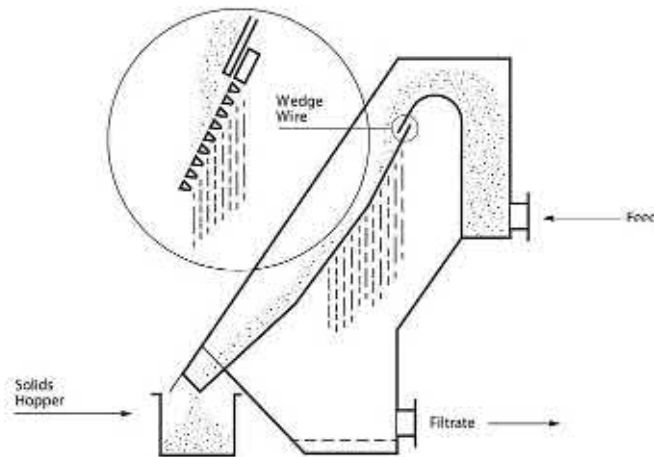


Ilustración 3.2-3 - Criba curva tipo "parabolic screen" | Fuente – ScreenSystems

3.2.4 Precalentador: Intercambiador de calor de casco y tubos

El intercambiador de calor de casco y tubos es un equipo ampliamente utilizado en la industria química para la transferencia de calor entre dos fluidos sin que exista contacto directo entre ellos. En este caso, se emplean dos equipos de intercambio:

- Uno de ellos para elevar la temperatura de la mezcla de cloruro ferroso y ácido clorhídrico mediante la circulación de vapor como fluido calefactor.
- Otro de ellos para elevar la temperatura de la solución débil de cloruro ferroso, también mediante la circulación de vapor como fluido calefactor.

La disposición de estos equipos es vertical y el flujo es anular y descendente. En contracorriente, desde abajo hacia arriba, circula el fluido calefactor para aumentar el gradiente térmico y mejorar la eficiencia de intercambio.

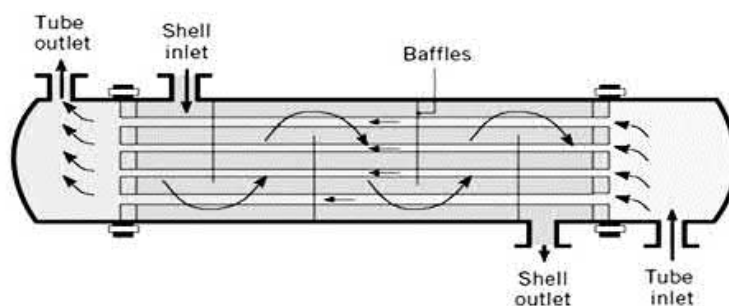


Ilustración 3.2-4 - Intercambiador de calor de casco y tubos | Fuente - Transferencia de Calor y Masa, Yunus Cengel

3.2.5 Separador ciclónico

El separador ciclónico es empleado en dos etapas del proceso:

- Una de ellas es la separación del cloruro de hidrógeno del vapor arrastrado, el cual es condensado y se recolecta por el fondo en forma de gotas.

El cloruro de hidrógeno, en estado gaseoso, se dirige al siguiente equipo, un scrubber.

- La otra es la concentración de la solución de cloruro ferroso donde el agua en exceso es eliminada en forma de vapor la parte superior del separador.

El gas o vapor entra tangencialmente al cuerpo cilíndrico del ciclón, generando una rotación que obliga a las partículas más pesadas (gotas) a desplazarse hacia las paredes del recipiente, donde pierden velocidad y caen por gravedad hacia el fondo. El gas o vapor limpio asciende por el centro y sale por la parte superior.

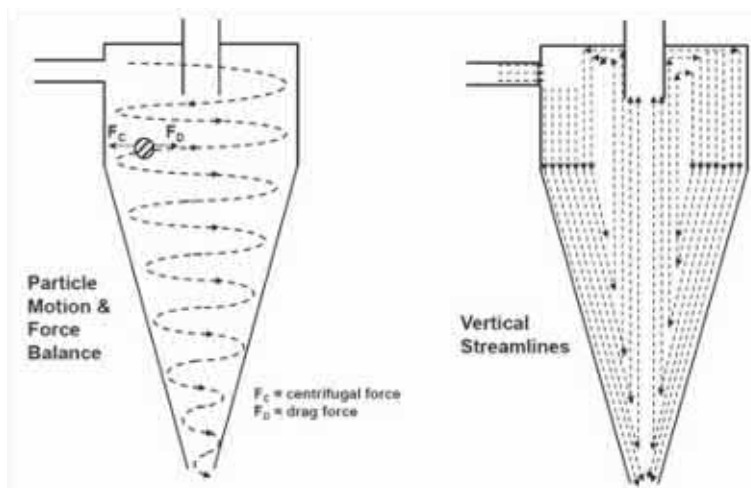


Ilustración 3.2-5 - Separador ciclónico | Fuente - [8]

3.2.6 Cloración secundaria: Reactor batch de mezcla perfecta

El reactor destinado a la cloración secundaria es un equipo del tipo batch de mezcla completa, diseñado para llevar a cabo una reacción de oxidación entre un líquido (FeCl_2) y un gas (Cl_2). Es una etapa clave en la síntesis de cloruro férrico (FeCl_3), donde se requiere una transferencia eficiente de masa entre las fases.

Con geometría cilíndrica vertical, fondo cónico para facilitar el drenaje y recolección del líquido. De material PRFV (Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio), por su alta resistencia química al ácido clorhídrico y bajo costo relativo.

El sistema de agitación es mediante burbujeo de cloro gaseoso introducido desde el fondo. La inyección gaseosa genera una turbulencia natural que asegura mezcla efectiva y contacto íntimo entre las fases.

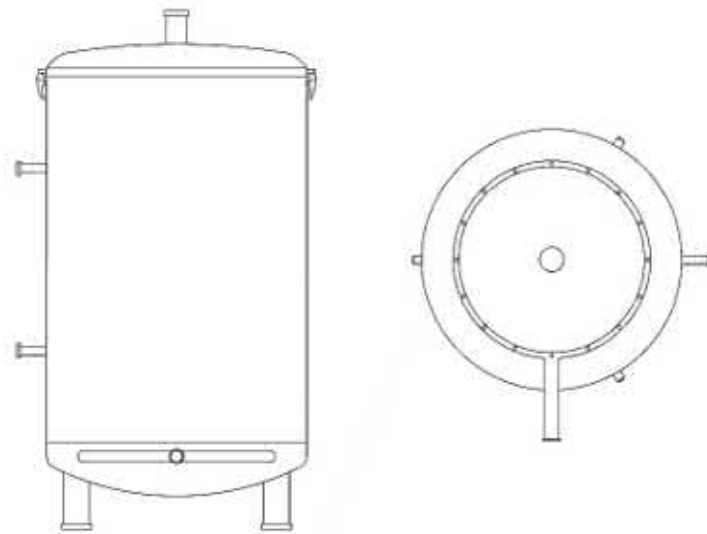


Ilustración 3.2-6 - Reactor batch de mezcla completa | Fuente – Autoría Propia

3.2.7 Recirculación de gases: Eyector tipo Venturi

El eyector tipo Venturi es un dispositivo utilizado en el proceso de producción de cloruro férrico para la recirculación del cloro gaseoso no reaccionado hacia el reactor de cloración secundaria. Aprovecha el principio de presión diferencial generado por un chorro de líquido a alta velocidad para inducir la succión de un gas.

Dentro de las partes principales encontramos una boquilla de entrada del fluido impulsor (solución de FeCl_2), una zona convergente, donde el diámetro disminuye y la velocidad del líquido aumenta. También, la zona de garganta (mínimo diámetro), donde se produce la succión del cloro gaseoso y la zona divergente, donde se reduce la velocidad y se recupera presión.

El fluido impulsor es la solución de cloruro ferroso impulsada por bomba y el gas inducido es el cloro gaseoso remanente no reaccionado. Conseguimos que el producto de salida sea una mezcla líquida-gas que regresa al reactor.

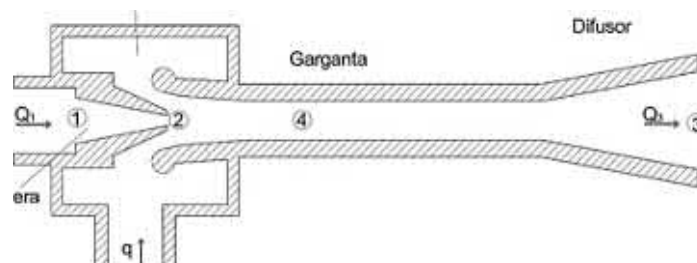


Ilustración 3.2-7 - Eyector tipo Venturi | Fuente – [7]

3.2.8 Ajuste de concentración: Tanque agitado batch

La etapa de ajuste de concentración tiene como objetivo diluir la solución de cloruro férrico producida hasta alcanzar la concentración comercial deseada (aproximadamente 38%). Para ello, se utiliza un tanque agitado batch, donde se adiciona agua destilada de manera controlada y se homogeneiza la mezcla.

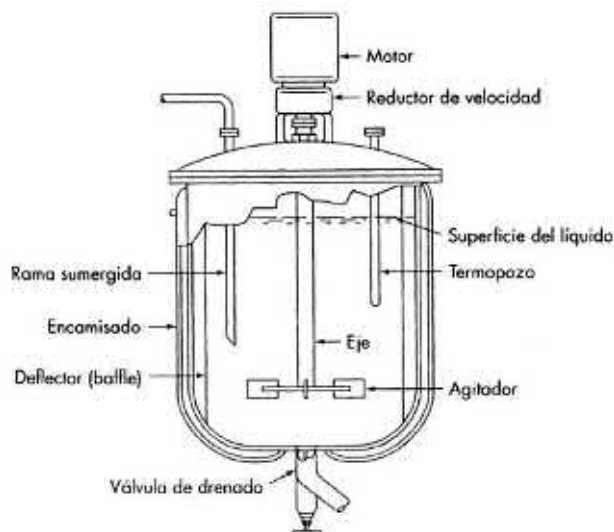


Ilustración 3.2-8 - Tanque agitado batch | Fuente – [9]

3.2.9 Envasado: Llenadora volumétrica

La etapa de envasado constituye el cierre del proceso productivo y consiste en trasladar el cloruro férrico ya ajustado en concentración a envases comerciales, garantizando seguridad, precisión volumétrica y compatibilidad con el producto químico.

El tipo de sistema utilizado es semiautomático volumétrico con operación discontinua (batch), sincronizada con la producción por lotes. El modo de descarga es por gravedad o con bomba dosificadora química si se requiere mayor control de caudal. Los envases utilizados son bidones o tambores de 200 litros, cuyo material es polietileno de alta densidad (HPDE), por su resistencia química al FeCl_3 , con tapa roscada reforzada, con precinto o sello de seguridad.

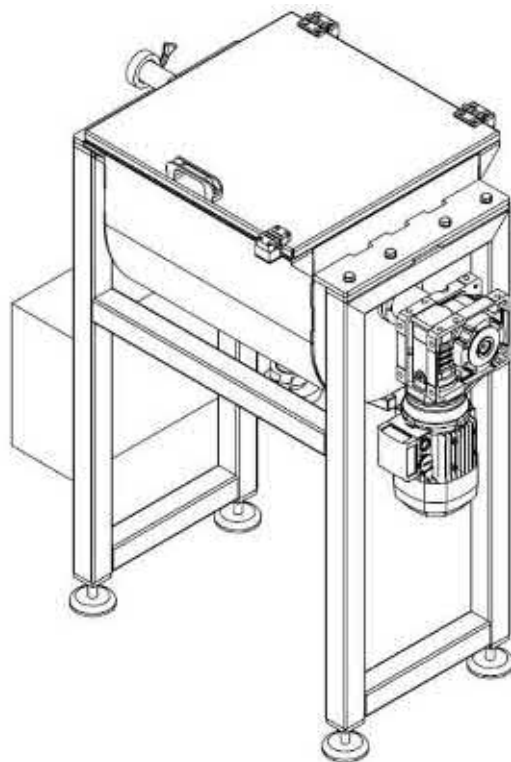


Ilustración 3.2-9 - Envasadora volumétrica | Fuente - [6]

CAPITULO IV – TAMAÑO

4.1 Determinación del tamaño

Determinar el tamaño adecuado para la planta de producción de cloruro férrico debe asegurar un funcionamiento eficiente desde el inicio y permitir su adaptación a futuras expansiones del mercado sin incurrir en costos desproporcionados.

En este contexto, el análisis del tamaño de la planta no se centra únicamente en cubrir la demanda internacional del próximo año, sino también en prever las necesidades futuras.

Para definir el tamaño adecuado de la planta se consideran diversos factores interrelacionados. Entre ellos, no solo se destaca el crecimiento de las exportaciones y la demanda interna, sino también las tecnologías disponibles para dichos procesos, las normativas legales que regulan el uso de los productos químicos involucrados, entre otros factores relevantes.

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 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 interna del coagulante en cuestión, se considerará el incremento en la demanda externa identificado a través del crecimiento en las exportaciones.

Esto implica identificar primeramente qué modelo, de los analizados en la sección 2.2 se ajusta mejor a la realidad y luego definir cuál sería la cuota que se pretende cubrir

para poder así definir la capacidad de producción de la planta, lo cual concluiría en un análisis un poco más complejo, pero con mayor grado de certeza.

4.2.3 Relación Tamaño - Tecnología

La disponibilidad tecnológica suele ser uno de los criterios más acertados a la hora de seleccionar el tamaño del proyecto, especialmente en sectores donde esta es limitada.

Este no es el caso particularmente ya que, como se estudió en el capítulo de “Selección de Tecnología”, el proceso productivo es relativamente simple y requiere de equipos cuya adquisición no presenta dificultades significativas.

Por lo tanto, se considera más apropiado basar la definición del tamaño de la planta en la relación entre el **mercado consumidor** y la capacidad proyectada de producción.

4.3 Determinación del tamaño para instalación

Como se mencionó anteriormente el tamaño se determinará directamente desde análisis realizado sobre el crecimiento en las exportaciones en la sección 2.2.

Dicho análisis permitió proyectar incrementos progresivos y acelerados, cada uno respondiendo a distintos escenarios y contextos.

Se considera coherente optar por el escenario donde el crecimiento se da de forma acelerada, este está impulsado por:

- **Restricción e inconsistencia en el dimensionamiento de una planta de menor capacidad.**
Producir tan solo 2000 toneladas anuales, lo que equivale a unas 250 kg/hora en condiciones de operación continua, resulta restrictivo e incluso inconsistente con las proyecciones comerciales disponibles.
Un diseño sub dimensionado implicaría no sólo la pérdida de oportunidades de exportación, sino también un mayor costo relativo de producción y posibles cuellos de botella operativos en el corto plazo.
- **Contexto regulatorio internacional.**
Factores vinculados al contexto regulatorio internacional, como la reducción de restricciones al comercio exterior, podrían facilitar el acceso a nuevos mercados y permitir un incremento en los volúmenes exportados.
- **Crecimiento de sectores estratégicos.**
Sectores como el petrolero, de tratamiento de aguas y la industria electrónica, que se encuentran en expansión, refuerzan la proyección de crecimiento sostenido.

La capacidad de producción de la planta de cloruro férrico se define en 5000 toneladas anuales.

4.4 Programa de operación

Para realizar una estimación del programa de operación primero se define el período de instalación el cual se fija en 18 meses por ser una planta de pequeño tamaño, esto sucedería entre 2025 y 2026.

Se definen las condiciones de operación para el período de un año a continuación:

- Se trata de una planta que opera de forma continua durante las 24 horas del día.
- La jornada laboral es de 8 horas y se cumplen tres turnos por día.
- Se estiman paradas de planta para realizar tareas de mantenimiento con una duración de 17 días.

Se buscará que coincidan con los días previstos por el proveedor de cloro gaseoso para mantenimientos.

- Se contempla un período de contingencia de 3 días para paradas imprevistas que ocurran durante el proceso.

La suma da un total de 20 días no laborables estableciendo un año de operación en 345 días. Esto supone que la planta estará operando un total aproximado de 8280 horas al año.

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

Tabla 4.4-1 - Desglose del programa de producción | Fuente - Autoría Propia

Mes	Días trabajados	Horas trabajadas (horas/mes)	Producción mensual (toneladas/mes)
<i>Enero</i>	21	504	304,35
<i>Febrero</i>	28	672	405,80
<i>Marzo</i>	31	744	449,28
<i>Abril</i>	30	720	434,78
<i>Mayo</i>	31	744	449,28
<i>Junio</i>	30	720	434,78
<i>Julio</i>	31	744	449,28
<i>Agosto</i>	31	744	449,28
<i>Septiembre</i>	30	720	434,78
<i>Octubre</i>	31	744	449,28
<i>Noviembre</i>	30	720	434,78
<i>Diciembre</i>	21	504	304,35

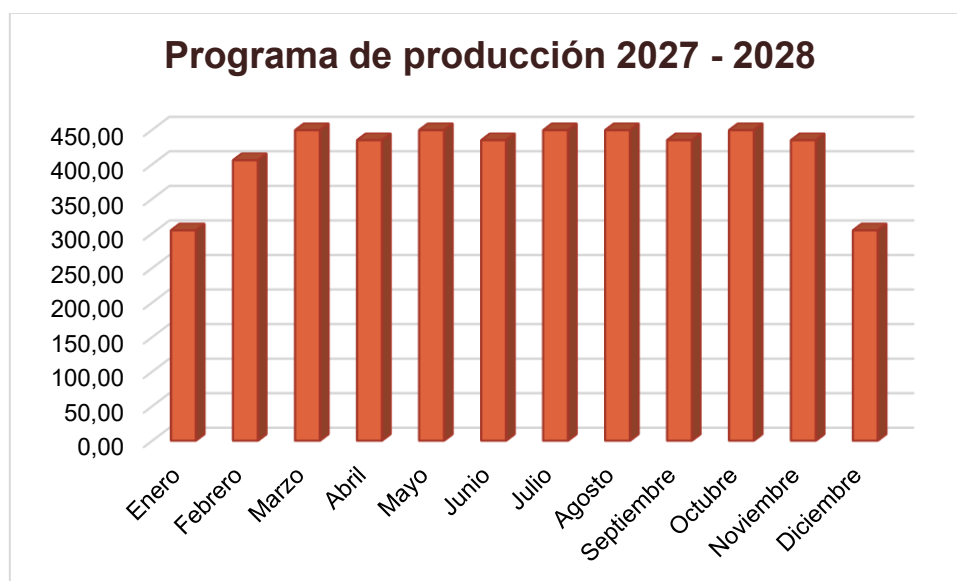


Ilustración 4.4-1 - Gráfico del plan de producción | Fuente: Autoría Propia

CAPÍTULO V – LOCALIZACIÓN

5.1 Determinación de la localización

La importancia de la selección apropiada para la localización del proyecto se manifiesta en diversas variables cuya recuperación económica podría hacer variar el resultado de la evaluación, comprometiendo a largo plazo las inversiones. La decisión de la localización de un proyecto es una decisión de largo plazo con repercusiones económicas importantes que deben considerarse con exactitud, tomando en consideración para su análisis factores como: demanda, transporte, competencia, etc.

Al estudiar la localización del proyecto es posible concluir que hay más de una solución factible, sobre todo en estudios de pre factibilidad del proyecto ya que las variables analizadas no son determinadas de forma concluyente, así una localización determinada como favorable al momento del análisis puede dejar de serlo en el futuro. En el estudio se consideran dos etapas a realizar: la selección de la **macrolocalización** y dentro de esta, la **microlocalización**.

Las alternativas de localización son infinitas, la selección previa de la macrolocalización permite a través de un análisis preliminar reducir el número de soluciones posibles al eliminar sectores geográficos que no respondan a las necesidades del proyecto, mientras que el estudio de la microlocalización no corregirá los errores de la macrolocalización, solo indicará cual es la mejor alternativa de instalación dentro de la zona elegida.

5.2 Factores determinantes

Publicaciones reconocidas, como la **Revista de Historia Industrial y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU DI)**, 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

La ubicación de la planta de producción de cloruro férrico se definirá a partir del análisis de los factores expuestos previamente, considerando aspectos logísticos, económicos, operativos y sociales. Tras una evaluación preliminar, se ha determinado que la planta se ubicará en la provincia de Buenos Aires, dado que esta región cumple con varios de los criterios establecidos en el apartado 5.2, tales como la disponibilidad de infraestructura, cercanía a puertos y centros de consumo, acceso a servicios básicos y mano de obra calificada.

En las siguientes secciones se desarrolla en detalle el proceso de macrolocalización, donde se analizan zonas estratégicas dentro del país, y la posterior microlocalización, donde se seleccionará el sitio específico dentro de la provincia elegida.

5.4 Macrolocalización

Con el objetivo de definir la macrolocalización de la planta de producción de cloruro férrico, se analiza la ubicación de los principales actores industriales del país vinculados directa o indirectamente con el suministro de materias primas, el acceso a servicios estratégicos y la cercanía a mercados de consumo.

En este caso, los factores más relevantes considerados para la macrolocalización son:

- **Proximidad a zonas industriales con alta generación de chatarra férrica**, que constituye la materia prima principal.
- **Acceso a proveedores de ácido clorhídrico y cloro gaseoso**, insumos clave del proceso.
- **Disponibilidad de infraestructura logística**, incluyendo puertos, rutas nacionales y acceso ferroviario.
- **Cercanía a polos industriales que demanden FeCl_3 como insumo** (como plantas potabilizadoras, industrias químicas y de tratamiento de aguas).

La provincia de Buenos Aires presenta ventajas competitivas frente a otras regiones del país, al concentrar una elevada densidad de actividad industrial y contar con infraestructura logística desarrollada, proveedores cercanos de insumos químicos, y un mercado potencial de consumidores.

En los apartados siguientes se realiza un análisis comparativo de distintas zonas estratégicas dentro del país y se describe el método utilizado para seleccionar la región más adecuada para la instalación de la planta.

Tabla 5.4-1 - Industrias productoras de FeCl_3 y materias primas necesarias para su producción | Fuente - Elaboración propia

Localización		Industria	Producción	Salida portuaria	Capacidad instalada
Ubicación	Parque/Polo				
Buenos Aires / Pilar	Parque Industrial Pilar	Ferrocior S.A.	FeCl_2 FeCl_3 CaCl_2	No directa	-
Buenos Aires / La Matanza	Planta Industrial La Cantánbrica	PPE Argentina S.A.	FeCl_3	No directa	-
Buenos Aires / Bahía Blanca	Polo Petroquímico de Bahía Blanca	Unipar Indupa S.A.	Cl_2 , HCl, NaOH, PVC	Si	350,000 Tn/año
Buenos Aires / Pilar	Parque Industrial Pilar	Transclor S.A.	Cloro-soda, HCl	No directa	-
Formosa / Formosa Capital	Parque Industrial de Formosa	Cloronor S.A.	NaClO , HCl, PAC	No	-
Buenos Aires / Zárate	No especificado	Biopack S.A.	HCl	No directa	-
Buenos Aires / Campana	Parque Industrial Campana	Induquímica Argentina S.A.	Productos químicos diversos	Si	-
Buenos Aires / San Isidro	No especificado	Kern SD	FeCl_3 HCl	No	-
Tafí Viejo / Tucumán	No especificado	Clorosol	HCl	No	-
Lavalle / Mendoza	Parque Industrial Lavalle	Cloro Mendoza	Cl_2 HCl	No	-

Del relevamiento realizado sobre las plantas existentes en el país dedicadas a la producción de **cloruro férrico** y sus materias primas esenciales (ácido clorhídrico y cloro gaseoso), se observa una clara concentración industrial en la **provincia de Buenos Aires**.

Provincias como Mendoza, Formosa o Tucumán también cuentan con instalaciones productivas, pero estas presentan una **capacidad limitada**, menor integración industrial, y escasa conectividad logística en comparación con Buenos Aires.

Considerando la información relevada, se concluye que más del **80 % de la capacidad instalada** para la provisión de insumos críticos (especialmente cloro y ácido clorhídrico) se concentra en Buenos Aires. Además, esta provincia aloja a los dos únicos productores nacionales de cloruro férrico a escala industrial conocidos: **Ferrocior S.A. y PPE Argentina S.A.**, así como a importantes productores de insumos químicos como Unipar Indupa, Transclor S.A. y Biopack, entre otros.

Por este motivo, se selecciona a la provincia de **Buenos Aires como región de macrolocalización** para la instalación del proyecto.

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 producción 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

En los apartados siguientes se evaluarán diversas alternativas de microlocalización dentro de la provincia de Buenos Aires:

Tabla 5.5-1 - Localizaciones de los polos o parques tentativos de ubicación | Fuente - Elaboración propia

Localización	Parque/Polo	Salida portuaria	Materias Primas
Campana, Buenos Aires	Parque Industrial Campana	Si, acceso al Río Paraná.	Fe, HCl y Cl ₂
Bahía Blanca, Buenos Aires	Polo petroquímico Bahía Blanca	Si, acceso al Puerto de Bahía Blanca.	HCl y Cl ₂
Pilar, Buenos Aires	Parque Industrial Pilar	No, acceso a Ruta Nacional 9	Fe y Cl ₂
Avellaneda, Buenos Aires	Polo Petroquímico Dock Sud	Si, acceso al Puerto de Dock Sud.	Fe
Berazategui, Buenos Aires*	Parque Industrial Hudson	No, acceso a Ruta Nacional 1	Fe y Cl ₂
La Plata, Buenos Aires	Parque Industrial La Plata	Si, acceso al Puerto de La Plata	HCl y Cl ₂

Estas alternativas serán analizadas en profundidad en la sección correspondiente a la microlocalización.

5.5.2 Método de selección – Método de ponderaciones

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

Para aplicarlo se deben seleccionar los factores a evaluar y asignarle a cada uno de ellos 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.

Debido a que todas las alternativas son parques/polos industriales es que los factores que se han seleccionado son:

1. Disponibilidad de materias primas
2. Accesibilidad
3. Proximidad a puertos

5.5.3 Matriz de ponderación

Haciendo uso de la información obtenida anteriormente se presenta la matriz de ponderación.

En conclusión, la microlocalización óptima es el Parque Industrial de Campana, ubicado en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires.

Tabla 5.5-2 - Matriz de ponderación para la selección de la microlocalización | Fuente - Autoría Propia

Factor	Ponderación	Noreste Provincia de Buenos Aires					
		Parque Industrial Pilar		Parque Industrial Dock Sud		Parque Industrial La Plata	
		Valor	Grado	Valor	Grado	Valor	Grado
Proximidad a puertos	30%	25	7,5	95	28,5	90	27
Disponibilidad MP	45%	95	42,75	70	31,5	90	40,5
Accesibilidad a rutas terrestres	25%	90	22,5	50	12,5	50	12,5
Total	1	72,75		72,50		80,00	

Factor	Ponderación	Noreste Provincia de Buenos Aires				Suroeste Provincia de Buenos Aires	
		Parque Industrial Hudson		Parque Industrial Campana		Polo petroquímico Bahía Blanca	
		Valor	Grado	Valor	Grado	Valor	Grado
Proximidad a puertos	30%	45	13,5	95	28,5	85	25,5
Disponibilidad MP	45%	55	24,75	100	45	90	40,5
Accesibilidad a rutas terrestres	25%	90	22,5	40	10	10	2,5
Total	1	60,75		83,50		68,50	

CAPÍTULO VI – INGENIERÍA DE PROCESO

6.1 Ingeniería de proceso

El proceso propuesto para la producción de cloruro férrico se basa en una oxidación húmeda seguida de una oxidación secundaria, empleando como materia prima chatarra férrica (Fe^0 y FeO_x) y agentes clorantes como ácido clorhídrico (HCl) y cloro gaseoso (Cl_2).

La reacción se lleva a cabo en dos etapas principales: una disolución ácida inicial que genera cloruro ferroso (FeCl_2), seguida de una oxidación con Cl_2 que convierte el FeCl_2 en FeCl_3 .

La primera etapa del proceso se lleva a cabo en condiciones normales de presión y temperatura y en fase líquida, lo que permite una operación segura, flexible y económicamente viable.

La segunda etapa del proceso se desarrolla en condiciones más severas donde la presión aumenta por encima de las 5 atmósferas y la temperatura ronda los 50°C .

Las etapas principales incluyen el acondicionamiento de la materia prima y la carga al reactor, seguido de la reacción en medio ácido. Posteriormente se produce el tratamiento de la solución intermedia, la separación de los productos intermedios, una recuperación de ácido, concentración del producto intermedio y seguido de esto una oxidación final con cloro gaseoso. El ajuste de concentración y el envasado del producto son los dos pasos finales.

6.1.1 Características del proceso

Las reacciones involucradas son espontáneas y suficientemente rápidas bajo las condiciones propuestas por lo que el proceso no requiere de catalizadores.

La etapa de disolución con HCl se lleva a cabo a temperatura ambiente (25°C) y con exceso de este, mientras que la oxidación secundaria se realiza a una temperatura óptima que se ha fijado próxima a los 50°C , lo cual mejora la cinética sin desplazar el equilibrio.

El cloro gaseoso se introduce mediante un sistema de inyección controlado y se recircula haciendo uso de un Venturi. El sistema es presurizado para una mejor conversión de los reactivos.

Las materias primas se han definido con anterioridad como:

- Chatarra férrica (Fe^0 y FeO_x), seleccionada por su disponibilidad y bajo costo.
- Ácido clorhídrico (HCl), comercialmente disponible en concentraciones del 30 – 35%.
- Cloro gaseoso (Cl_2), provisto por proveedores industriales en cilindros o módulos con válvulas de seguridad.

Gran parte del ácido clorhídrico es recuperado y reinyectado en el primer reactor.

6.1.2 Diagrama del proceso

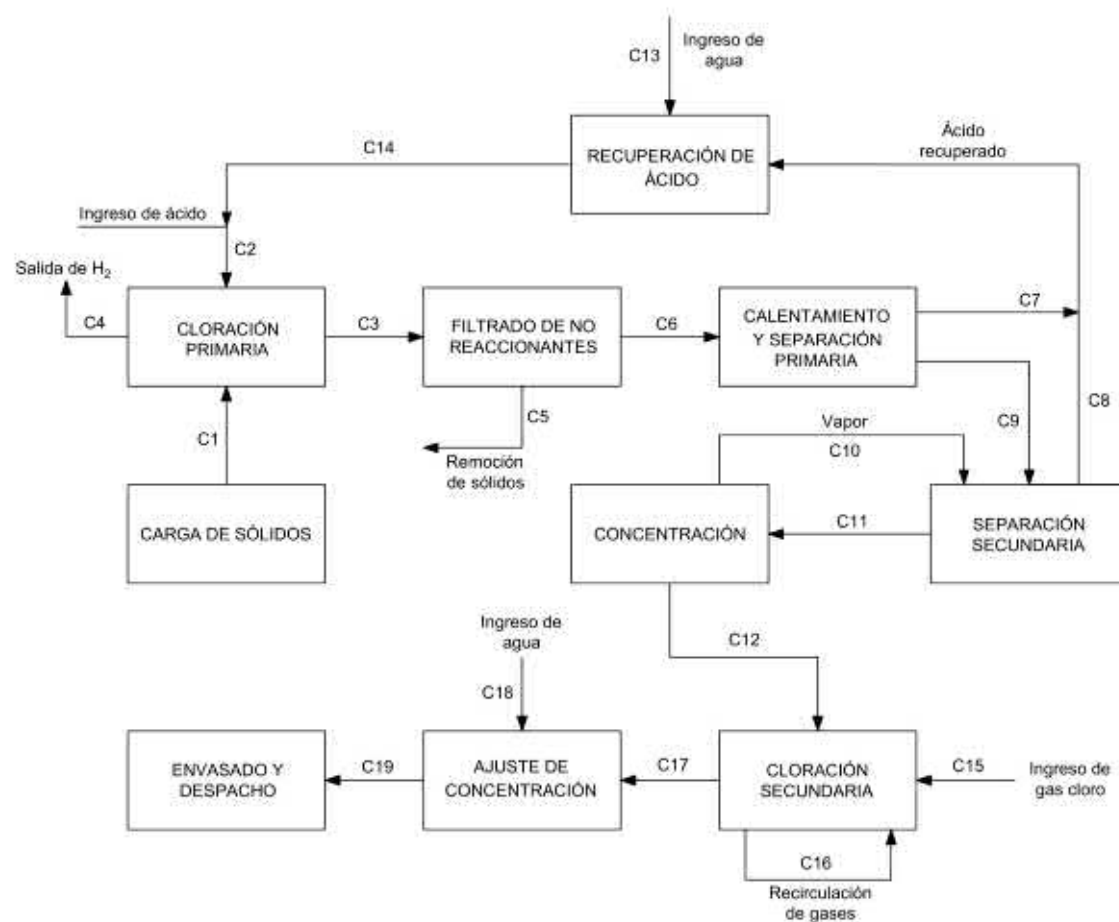


Ilustración 6.1-1 - Diagrama simplificado del proceso de obtención de FeCl_3 | Fuente - Autoría Propia

6.2 Descripción del proceso y reacciones químicas

6.2.1 Acondicionamiento de la materia prima sólida

La chatarra metálica es clasificada y lavada, de forma manual, para remover residuos o impurezas que puedan interferir en la reacción. Se seleccionan preferentemente piezas medianas, para facilitar la disolución, y se descartan aleaciones para evitar la contaminación con metales no deseados.

6.2.2 Proceso de carga de sólidos

La carga se realiza en un canasto sumergible fabricado en Hastelloy, suspendido desde una estructura independiente y externa al reactor.

Esta configuración permite introducir la chatarra sin dañar el equipo ni exponer a los operarios al medio ácido. El canasto posee aberturas que permiten el contacto del ácido con las piezas metálicas.

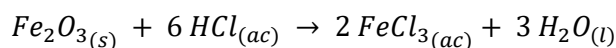
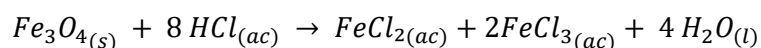
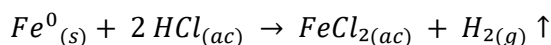
6.2.3 Llenado con HCl

Se carga el 75% del volumen del reactor con ácido clorhídrico al 32% ^[4] y la reacción de disolución se lleva a cabo bajo agitación por recirculación externa desde el fondo hacia la parte superior.

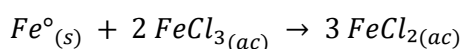
El hidrógeno gaseoso generado se utiliza en la recuperación de calor de los sistemas generadores de vapor a través de una línea de seguridad.

6.2.4 Disolución ácida de los sólidos

La chatarra metálica, como se ha indicado al comienzo de este capítulo, contiene no solo hierro nativo sino también distintos óxidos. Las reacciones que se llevan a cabo son las siguientes:



El producto $FeCl_3$ tiende a reaccionar con Fe^0 en el medio dando como resultado más $FeCl_2$ según la siguiente reacción:



Esta reacción reduce la conversión de óxidos en cloruro férrico y aumenta la producción de cloruro ferroso ($FeCl_2$).

A su vez la chatarra consiste en un 90% de hierro en su estado nativo y un 10% de diversos óxidos ^[4]. Lo cual reduce aún más la del producto final deseado e indica que prácticamente sólo obtenemos cloruro ferroso, según la primera reacción indicada, en una mezcla con exceso de ácido clorhídrico.

En conclusión, una segunda cloración no es opcional sino obligatoria.

6.2.5 Filtrado del producto intermedio

Una vez finalizada la disolución, la solución resultante se somete a un filtrado primario mediante un tamiz estático, para remover partículas sólidas no reaccionadas. Puede que se trate de óxidos insolubles, contaminantes metálicos u otro tipo de sólido (residuos).

6.2.6 Calentamiento y separación primaria

La solución de FeCl_2 se hace circular a través de un intercambiador de calor, tipo carcasa y tubos, con el objetivo es elevar su temperatura.

Se emplea vapor de agua a 9 kg/cm^2 como fluido calefactor para lograr la temperatura de 108°C con el objetivo de volatilizar parte del ácido clorhídrico.

Al llegar a una concentración de ácido del 20% se forma un azeótropo que no puede seguir siendo separado por este mecanismo.

6.2.7 Separación secundaria

Para lograr reducir la concentración de ácido, por debajo del 1%, de la corriente que lleva al producto intermedio es que se aplica una separación secundaria por stripping.

Esta consiste en la inyección de una corriente de vapor que modifica el equilibrio por desbalance en las presiones parciales, lo cual conlleva a una transferencia de HCl desde la fase líquida a la fase gaseosa.

En esta etapa se elimina entre el 95 y 98% de la especie ácida mencionada.

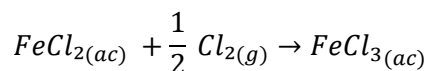
6.2.8 Concentración

Con la finalidad de reducir el volumen de líquido que ingresará a la segunda etapa de oxidación es que se concentra la solución de cloruro ferroso, ahora libre de ácido clorhídrico.

Se emplea una vez más un conjunto casco-tubos y separador ciclónico donde se evapora gran parte del agua presente y se obtiene una corriente concentrada en FeCl_2 lista para ingresar a la siguiente etapa de oxidación.

6.2.9 Oxidación secundaria

El cloro gaseoso se introduce en la solución precalentada de $FeCl_2$, generando $FeCl_3$ de forma directa según la siguiente reacción:



El cloro no reaccionado es recirculado al reactor mediante un sistema Venturi para mejorar la conversión

6.2.10 Recirculación de gases

El cloro gaseoso se introduce al sistema por inyección controlada por el fondo del reactor cloración secundaria donde se produce la conversión a $FeCl_3$ en solución.

El cloro no reaccionado es redirigido hacia el fondo del reactor mediante un eyector tipo Venturi que se coloca en el exterior. Se recircula el 15% del caudal necesario de Cl_2 . Esto permitirá alcanzar un rendimiento del proceso de cloración secundaria de un 87% [4].

6.2.11 Ajuste de concentración

La solución de $FeCl_3$ obtenida debe diluirse según las especificaciones comerciales. En este caso se debe diluir al 38%.

Se emplean tanques de mezcla completa con agitación lenta.

6.2.12 Envasado y despacho

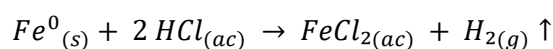
El producto final es almacenado en tanques de HDPE de 200 L y luego es despachado hacia destino.

6.3 Balances de materia

El siguiente bloque tiene por finalidad presentar el detalle de las corrientes de materia involucradas en el proceso productivo de cloruro férrico.

6.3.1 Carga de sólidos

La cantidad de chatarra que debe ingresarse en el canasto (C1), en términos de kilogramos, se calcula siguiendo la estequiometría de la reacción indicada en la sección 6.1.2.4.



Entendemos que para producir 228 kg/h de cloruro férrico puro deben producirse 205 kg/h de cloruro ferroso según lo indicado en la sección 6.2.4.

Haciendo uso de la estequiometría definimos:

$$m_{Fe^{\circ}} = m_{real-FeCl_2} \cdot \frac{PM_{Fe^{\circ}}}{PM_{FeCl_2}} = 205 \frac{kg}{h} \cdot \frac{55,84 \frac{g}{mol}}{126,75 \frac{g}{mol}} \approx 91 \frac{kg}{h}$$

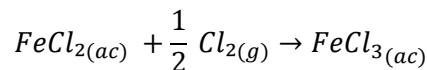
6.3.2 Volumen de ácido

Se recomienda entre 1 – 3 m³ de ácido por cada 100 kg de chatarra que se carga al reactor ^[4] (C2). Utilizamos esta relación para definir el volumen de ácido requerido.

$$V_{HCl} = 2 \frac{m^3}{kg Fe^{\circ}} \cdot \frac{91}{100} kg Fe^{\circ} \approx 2,73 m^3$$

6.3.3 Producción de FeCl₂

La producción horaria de cloruro férrico (C3) demanda una cantidad de producto intermedio que, según la siguiente reacción:



Implica una producción horaria de cloruro ferroso igual a:

$$m_{FeCl_2} = m_{FeCl_3} \cdot \frac{PM_{FeCl_2}}{PM_{FeCl_3}} = 228 \frac{kg}{h} \cdot \frac{126,75 \frac{g}{mol}}{162,2 \frac{g}{mol}} \approx 178 \frac{kg}{h}$$

Teniendo en cuenta el rendimiento de la cloración secundaria esta cantidad se incrementa según:

$$m_{real-FeCl_2} = \frac{m_{FeCl_2}}{\eta_{FeCl_2 \rightarrow FeCl_3}} = \frac{178 \frac{kg}{h}}{0,87} \approx 205 \frac{kg}{h}$$

6.3.4 Producción de H₂

La producción horaria del gas hidrógeno (C4), como producto secundario de la reacción química que se da a cabo en la primera oxidación, es la siguiente.

$$m_{H_2} = m_{real-FeCl_2} \cdot \frac{PM_{H_2}}{PM_{FeCl_2}} = 205 \frac{kg}{h} \cdot \frac{2,00 \frac{g}{mol}}{126,75 \frac{g}{mol}} \approx 3,23 \frac{kg}{h}$$

6.3.5 Producción de residuos sólidos

El tamiz estático retiene una masa de sólidos equivalente al 0,1 – 0,5% de la corriente de salida del reactor ^[4] (C3). En muchos casos, no es empleado un filtrado y estas impurezas se retiran del reactor y tuberías cuando se realizan los mantenimientos.

En este caso se considera de importancia para conservar la integridad de los equipos y asegurar un producto de alta calidad.

La producción horaria de residuos (C5) sólidos en la etapa de filtrado se determina como sigue.

$$m_{\text{residuos sólidos}} = 0,01 \cdot (m_{\text{real-FeCl}_2} + m_{\text{HCl en exceso}} + m_{\text{H}_2\text{O ingresante}}) = 6,72 \text{ kg/h}$$

6.3.6 Separación primaria de HCl

La cantidad de HCl que se ingresa al reactor (C2), entendiendo que se emplea una solución concentrada al 32%, es de 1048 kg/h según la siguiente expresión:

$$m_{\text{HCl}_{32\%}} = V_{\text{HCl}} \cdot \rho_{\text{HCl}} = 2730 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1,20 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \approx 3276 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$m_{\text{HCl ingresada}} = 0,32 \cdot m_{\text{HCl}_{32\%}} \approx 1048 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Entendiendo que, según la estequiometría de la reacción expuesta en la sección 6.2.2 se requieren 1,307 kg de HCl por kg de Fe° , es que se deben recuperar aproximadamente 929 kg/h de ácido (C3). A continuación, se detallan los cálculos.

$$m_{\text{HCl requerida}} = m_{\text{Fe}^\circ} \cdot \frac{PM_{\text{HCl}}}{PM_{\text{Fe}^\circ}} = 91 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{72,92 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{55,84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 119 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$m_{\text{HCl en exceso}} = m_{\text{HCl ingresada}} - m_{\text{HCl requerida}} = 1048 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - 119 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 929 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

El exceso de ácido empleado se justifica desde el escaso e ineficiente contacto que existe entre el metal y el ácido en cuestión.

La separación primaria permite extraer ácido, pero hasta cierto punto, debido a la formación del azeótropo. Se puede reducir la concentración de ácido, como máximo, hasta el 20% p/p.

La continuidad del cálculo implica conocer la concentración de ácido en la corriente de salida del primer reactor (C3), una vez que se ha dado la oxidación primaria; esto se describe a continuación.

La corriente 3 (C3) está compuesta por cloruro ferroso, exceso de ácido y agua. Anteriormente se han determinado los dos primeros y en el siguiente cálculo se determina el último.

$$m_{\text{H}_2\text{O ingresante}} = m_{\text{solución ácida}} - m_{\text{HCl ingresada}} \approx 2228 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Donde:

- $m_{\text{solución ácida}}$ hace referencia a la masa total de la solución (agua y ácido)
- $m_{\text{HCl ingresada}}$ hace referencia a la cantidad de ácido en dicha solución

Como se consideran despreciables las pérdidas de agua en esta etapa se asume:

$$[HCL]_{\text{salida}} = \frac{m_{\text{HCl ingresada}}}{m_{\text{H}_2\text{O ingresante}} + m_{\text{HCl ingresada}} + m_{\text{real - FeCl}_2}} = 0,276 \text{ ó } 27,6\%$$

Esto indica que se puede separar hasta un 7,6% de HCl de la mezcla que ingresa al conjunto (C6), antes de que se forme el azeótropo; esto es:

$$m_{\text{HCl}_{C7}} = 321 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

6.3.7 Separación secundaria

La mezcla que ingresa al equipo donde se producirá el stripping (C9) contiene un 20% de HCl, basándonos en los cálculos anteriores, esto es:

$$m_{\text{HCl stripping}} = m_{\text{HCl ingresada}} - m_{\text{HCl}_{C7}} \approx 608 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Sabiendo que el proceso puede separar hasta un 98% de esta cantidad es que definimos a las corrientes de salida (C11) como sigue; entendiendo que las masas de los otros componentes no se han visto afectados.

$$m_{\text{HCl}_{\text{remanente}}} = 13 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 2228 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$m_{\text{FeCl}_2} = 205 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

La masa de cloruro de hidrógeno que se dirige al scrubber para ser capturada (C8) se determina a través de la eficiencia mencionada anteriormente.

$$m_{\text{HCl}_{C8}} = 0,98 \cdot m_{\text{HCl stripping}} \approx 595 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

6.3.8 Recuperación de ácido clorhídrico

El ácido recuperado, tanto en la separación primaria (C7) como secundaria (C8), es enviado al scrubber donde lo capta una corriente de agua destilada que ingresa en forma de lluvia (C13).

$$m_{\text{agua-lluvia}} = \frac{0,68}{0,32} \cdot (m_{\text{HCl}_{C7}} + m_{\text{HCl}_{C8}}) \approx 1947 \text{ kg/h}$$

Dicha corriente ingresa la cantidad justa de agua para asegurar una solución al 32%, la cual será recirculada (C14) al reactor de cloración primaria.

$$m_{\text{solución ácida}_r} = m_{\text{agua-lluvia}} + m_{\text{HCl}_{C7}} + m_{\text{HCl}_{C8}} \approx 2863 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Lo que implica que la en la entrada (C2) deben reponerse 413 kilogramos de solución por cada ciclo de operación.

6.3.9 Concentración

El equipo concentrador elimina entre el 85 – 90% del agua existente en la solución que ingresa (C11). Esto implica que la corriente de salida de la unidad de concentración (C12) estará compuesta por:

$$m_{\text{H}_2\text{O}_{\text{salida}}} = m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 0,12 \approx 250 \text{ kg/h}$$

$$m_{\text{FeCl}_2} = 205 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

La masa de agua, ahora en forma de vapor (C10), se determina por diferencia y se emplea para llevar a cabo el stripping.

$$m_{\text{vapor}} = m_{\text{H}_2\text{O}_{\text{ingresante}}} - m_{\text{H}_2\text{O}_{\text{salida}}} = 1978 \text{ kg/h}$$

La traza de HCl se ha despreciado en este cálculo.

6.3.10 Vapor de stripping

La masa de vapor determinada anteriormente está estrechamente vinculada con el proceso de stripping o separación secundaria.

Para compuestos altamente volátiles como ácido clorhídrico, la relación **masa de vapor/masa de compuesto volátil** suele ubicarse entre 2:1 – 5:1 ^[10].

$$R = \frac{m_{\text{vapor}}}{m_{\text{HCl}_{C8}}} = \frac{1978 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{595 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} \approx 3,3$$

Entendemos que una relación 3,3:1 es aceptable.

6.3.11 Volumen de Cl₂

Con el objetivo de convertir 540 kg/h de cloruro ferroso en 600 kg/h de cloruro férrico es necesario determinar la cantidad de gas cloro que se va a emplear, siguiendo la reacción que se indicó en la sección 6.2.4.

$$m_{Cl_2} = m_{FeCl_2} \cdot \frac{PM_{Cl_2}}{PM_{FeCl_2}} = 205 \frac{kg}{h} \cdot \frac{35,45 \frac{g}{mol}}{126,75 \frac{g}{mol}} \approx 58 \frac{kg}{h}$$

El volumen del gas cloro se calculará haciendo uso de su densidad a 50 °C y 5 atmósferas de presión.

$$V_{Cl_2} = \frac{m_{Cl_2}}{\rho_{Cl_2}} = \frac{58 \frac{kg}{h}}{13,37 \frac{kg}{m^3}} \approx 4,34 m^3/h$$

6.3.12 Recirculación de gas cloro

Con la finalidad de mejorar la eficiencia del proceso es que se recircula (C16), en el reactor de cloración secundaria, una fracción de la corriente entrante (C15).

Se determinó una recirculación del 20% lo que, en volumen, implica:

$$V_{Cl_2,r} = 0,20 \cdot V_{Cl_2} \approx 0,9 m^3/h$$

6.3.13 Ajuste de concentración

La solución que sale del reactor de cloración secundaria (C17) se encuentra al 47 – 48% de FeCl₃ y debe ser diluida. Su composición se detalla a continuación.

$$m_{FeCl_3} = 228 \frac{kg}{h}$$

$$m_{H_2O \text{ solución concentrada}} = 250 \frac{kg}{h}$$

El ajuste de concentración implica añadir agua destilada (C18), tanta como sea necesaria para disminuir la concentración al 38%.

$$m_{H_2O \text{ dilución}} = \frac{0,62}{0,38} \cdot m_{FeCl_3} - m_{H_2O \text{ solución concentrada}} = 122 \frac{kg}{h}$$

6.3.14 Producción diaria

Según la producción anual indicada en la sección 4.3 y el programa de operación presentado en la sección siguiente, se define la producción diaria como sigue:

$$P_{DIARIA} = \frac{P_{ANUAL}}{\theta_{ANUAL}}$$

Donde:

- $P_{ANUAL} = 5000 \frac{\text{Toneladas}}{\text{año}}$
- $\theta_{ANUAL} = 8280 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$

$$P_{DIARIA} = 0,604 \frac{\text{Toneladas}}{\text{hora}}$$

Lo cual implica que se producen, aproximadamente, 228 kilogramos de cloruro férrico puro y 372 kilogramos de agua por cada ciclo (C19). Esta solución se encuentra al 38% y se comercializa de esta forma.

6.4 Balances de energía

Los balances de energía están compuestos principalmente por corrientes de vapor que cumplen la función de fluidos calefactores.

A lo largo del proceso se cuenta con dos etapas que necesitan de vapor generador en caldera; se define a este:

- Presión de vapor de 9kg/cm²
- Calor latente de condensación de 481,5 kcal/kg
- Temperatura de saturación de 174,5 °C
- Calor específico de 1 kcal/kg °C

Este último se ha tomado como el del agua, aunque las mezclas a calefaccionar estén compuestas por otros componentes, con el fin de simplificar los cálculos.

6.4.1 Calefacción primaria

Para lograr calefaccionar la corriente que ingresa al primer intercambiador de calor tipo casco y tubos (C6) se requiere:

$$m_{vapor\ calef-prim} = \frac{m_{C6} \cdot Cp_{C6} \cdot \Delta T_{C6}}{\lambda_{cond}} = \frac{(3362) \frac{kg}{h} \cdot 1 \frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (108 - 20) ^\circ C}{481 \frac{kcal}{kg}} \approx 615\ kg/h$$

Esto equivale a 295.815,00 kcal/h o $1,24 \cdot 10^6$ kJ/h.

6.4.2 Calefacción secundaria

Para lograr calefaccionar la corriente que ingresa al segundo intercambiador de calor tipo casco y tubos (C11) se requiere:

$$m_{vapor\ calef-sec} = \frac{m_{C11} \cdot Cp_{C11} \cdot \Delta T_{C11}}{\lambda_{cond}} = \frac{(2446) \frac{kg}{h} \cdot 1 \frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (100 - 20) ^\circ C}{481 \frac{kcal}{kg}} \approx 407\ kg/h$$

Esto equivale a 195.680,00 kcal/h o $0,82 \cdot 10^6$ kJ/h.

CAPÍTULO VII – INGENIERÍA 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.

7.2 Análisis de detalle

A continuación, 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 proceso productivo y mayormente son bombas, tuberías, válvulas, etc.

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

Etapas	Especificación	Tipo de equipo	Función
Cloración primaria	CP1	Canasto perforado sumergible	Contener los sólidos metálicos
	RCP1	Reactor discontinuo con recirculación de líquido	Oxidar parcialmente la chatarra metálica
	TE1	Tamiz estático de malla	Filtrar los sólidos no reaccionantes
Recuperación primaria de ácido	IC1	Intercambiador de calor tipo casco y tubos	Evaporar ácido clorhídrico
	SC1	Separador ciclónico	Separar ácido clorhídrico del vapor arrastrado
	LG1	Lavador de gases (Scrubber)	Captar el gas cloro y formar la solución ácida
Recuperación secundaria de ácido	CS1	Columna de stripping	Separar ácido clorhídrico por stripping
	LG1	Lavador de gases (Scrubber)	Captar el gas cloro y formar la solución ácida
Concentración	IC2	Intercambiador de calor tipo casco y tubos	Evaporar excedente de agua
	SC2	Separador ciclónico	Separar vapor de agua de solución ferrosa
Cloración secundaria	RCS1	Reactor discontinuo con recirculación de gases	Oxidar totalmente la solución ferrosa
	EV1	Eyector tipo Venturi	Recircular el gas cloro
Ajuste y envasado	TA1	Tanque de ajuste de concentración y homogeneización	Homogeneizar y ajustar la concentración de la solución férrica
	LV1	Llenadora volumétrica	Envasar la solución

7.3 Diseño de equipos

7.3.1 Cloración primaria

7.3.1.1 Canasto sumergible

El volumen de este equipo suele ocupar entre 1/3 – 1/4 del volumen del reactor ^[4]. Para dicho volumen las dimensiones serán las siguientes.

$$V_{CS} = \frac{1}{3} \cdot V_R = \frac{1}{3} \cdot 4 \text{ m}^3 \approx 1,33 \text{ m}^3$$

El diámetro del canasto es:

$$D_{CS} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{CS}}{\pi}} \cdot H_{CS}$$

La altura del canasto es:

$$H_{CS} = \frac{V_{CS}}{S_{CS}}$$

Combinando ambas expresiones llegamos a determinar:

$$D_{CS} \approx 1,00 \text{ m} \quad y \quad H_{CS} \approx 1,70 \text{ m}$$

El fabricante ^[CS1] ofrece un modelo en Hastelloy C-22 a medida, el costo del equipo es de **USD 5200**.

7.3.1.2 Reactor de Cloración Primaria

El volumen de este reactor depende de la relación ácido/chatarra definida en la sección 6.3.2 y del volumen del canasto sumergible.

$$V_{RCP} = V_{HCl} + V_{CS} = 1,33 \text{ m}^3 + 2,73 \text{ m}^3 \approx 4 \text{ m}^3$$

Se definirá este en 5 m³ para evitar derrames ya sea debido al proceso de agitación por recirculación o por sobrecarga de chatarra metálica.

La recirculación de fluido se ha definido en un 30% del flujo horario de entrada de ácido, esto implica:

$$r_{\text{líquidos}} = 0,3 \cdot 2,73 \frac{\text{m}^3}{h} \approx 0,82 \frac{\text{m}^3}{h}$$

La misma se realizará a través de tuberías externas que permiten la circulación del fluido desde la parte inferior hacia la parte superior por bombeo asistido.

El fabricante ^[RCP1] ofrece un modelo de reactor en acero inoxidable Hastelloy C-22 con una capacidad de 5 m³ a un costo de **USD 10.000**.

7.3.1.3 Tamiz estático de malla

El proceso de tamizado se estima que no dure más de 15 minutos, esto implica que la corriente 3 debe filtrarse, como mucho, en un cuarto de hora.

Asumiendo una densidad promedio de dicha corriente:

$$\rho_{C3} = 1170 \text{ kg/m}^3$$

Se calcula el caudal horario de solución a ser filtrada.

$$Q_{C3} = \frac{m_{C3}}{\rho_{C3}} \approx 2,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para que la etapa de filtrado cumpla con el tiempo estimado el tamiz debe trabajar con un caudal mínimo de:

$$Q_{TE} = \frac{1 \text{ h}}{0,25 \text{ h}} \cdot 2,9 \text{ m}^3 \approx 12 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

El fabricante ^[TE1] ofrece el modelo TES-12-600, cuya malla es de 0,25 mm, a un costo de **USD 5072,00**.

MODELO	CAUDALES (m ³ /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	43	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	53	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

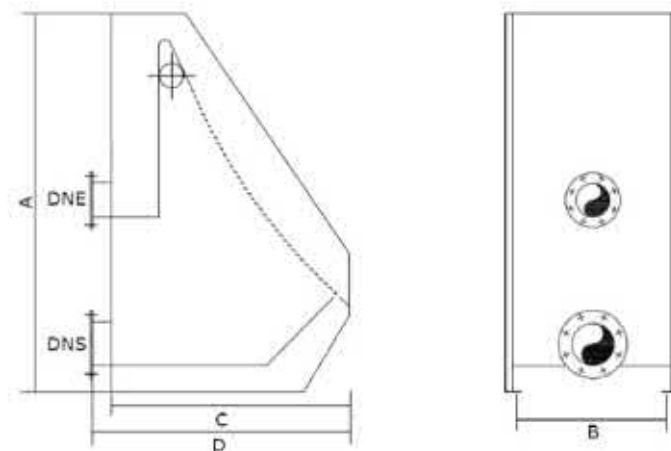


Ilustración 7.3-2 - Representación esquemática del tamiz estático | Fuente - Aquaenergy Soluciones Técnicas

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 circulares de 0,25 mm. Puede manejar un caudal máximo de 16 m³/h y sus dimensiones son 960 mm de largo, 600 mm de ancho y 1220 mm de alto. La salida tiene un diámetro de 100 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 316.

7.3.2 Recuperación primaria de ácido

7.3.2.1 Intercambiador de calor tipo casco y tubos

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

El equipo debe cumplir con una demanda térmica de 344 kW para lograr la separación deseada.

El fabricante HS – Cooler ofrece el modelo Preheater – DN200 AISI/SAE 316L [IC1] cuya capacidad máxima de intercambio es de 1000 kW, a un costo de **USD 4500,00**.

7.3.2.2 Separador ciclónico

Como se ha indicado anteriormente, en este equipo se separa una fracción del ácido en forma de gas. Las condiciones de trabajo son las siguientes:

- Temperatura de operación de 108 °C
- Presión de trabajo atmosférica
- Flujo másico de cloruro de hidrógeno recuperado de 321 kg/h
- Flujo másico de solución pobre en ácido de 3038 kg/h

El caudal volumétrico de gas que se recupera se calcula de la siguiente manera.

$$F_{V_{HCl}} = \frac{m_{HCl} \cdot R \cdot T}{PM_{HCl} \cdot P} = \frac{321 \frac{kg}{h} \cdot 8,314 \frac{J}{mol \cdot K} \cdot 381 K}{0,0365 \frac{kg}{mol} \cdot 101325 Pa} \approx 276 \frac{m^3}{h}$$

Al tratarse de un proceso donde la ebullición se desarrolla de forma controlada es de esperarse que parte del disolvente (agua) ingrese en este equipo. Se espera que el 15% del flujo entrante de agua sea vaporizado.

El caudal volumétrico de agua que ingresa es:

$$F_{V_{H_2O}} = \frac{0,15 \cdot m_{H_2O_{ingresante}} \cdot R \cdot T}{PM_{HCl} \cdot P} \approx 580 \frac{m^3}{h}$$

Entonces, el flujo volumétrico que ingresa al separador es:

$$F_{V_{ingresante}} = F_{V_{HCl}} + F_{V_{H_2O}} = 865 \frac{m^3}{h} \text{ ó } 0,24 \frac{m^3}{s}$$

Asumiendo una velocidad del gas de 15 m/s, lo recomendado para una buena eficiencia de separación, obtenemos el área de ingreso al ciclón.

$$A_{ingreso} = \frac{F_{V_{ingresante}}}{v_{ingreso}} = 0,016 m^2$$

El diámetro del separador se ha definido en 0,80 m y las relaciones entre el diámetro y las otras secciones del separador son las siguientes:

- $H_{cilindro} = 3/4 \cdot D = 0,6 \text{ m}$
- $H_{cono} = 3/2 \cdot D = 1,2 \text{ m}$
- $A_{egreso} = 4 \cdot A_{ingresso} = 0,064 \text{ m}^2$
- $E_{rectangular} = 0,12 \text{ m} \cdot 0,13 \text{ m}$
- $S_{circular} = 0,30 \text{ m}$
- $L_{cilindro} = 3/2 \cdot D = 1,2 \text{ m}$

La salida circular del gas separado se realizará por medio de un tubo concéntrico que descende hasta los 1,2 m y tiene un diámetro de 0,30 m.

El vendedor ^[SC1] ofrece un modelo de separador ciclónico en diversos materiales. Entre ellos se destaca AL-6XN, una aleación super austenítica de acero inoxidable la cual se adapta a las necesidades a un costo de **USD 3493**.

7.3.3 Recuperación secundaria de ácido

7.3.3.1 Columna de stripping

La corriente que ingresa (C9) debe lograr separar 595 kg/h de ácido para lograr una corriente de salida (C11) con una acidez menor al 1%.

Los gases que se generan son vapor de agua y cloruro de hidrógeno, el volumen de cada uno es:

$$V_{HCl} = \frac{m_{HCl} \cdot R \cdot T}{PM_{HCl} \cdot P} = \frac{595 \frac{kg}{h} \cdot 8,314 \frac{J}{mol \cdot K} \cdot 373 \text{ K}}{0,0365 \frac{kg}{mol} \cdot 101325 \text{ Pa}} \approx 499 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{vapor} = \frac{m_{H_2O} \cdot R \cdot T}{PM_{H_2O} \cdot P} = \frac{1978 \frac{kg}{h} \cdot 8,314 \frac{J}{mol \cdot K} \cdot 373 \text{ K}}{0,018 \frac{kg}{mol} \cdot 101325 \text{ Pa}} \approx 3363 \frac{m^3}{h}$$

El caudal de gases que contendrá el equipo por segundo será:

$$Q_{gases} = \left(499 \frac{m^3}{h} + 3363 \frac{m^3}{h} \right) \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \approx 1,1 \frac{m^3}{s}$$

El volumen de líquidos que va a contener el reactor se calcula asumiendo una densidad promedio de 1100 kg/m^3 para la corriente de salida (C11).

$$F_{\text{liquidos}} = \frac{(m_{\text{HCl}_{\text{remanente}}} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{FeCl}_2})}{\rho_{\text{C11}}} \approx 2,23 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ o}$$

El volumen total de los fluidos que circulan por la columna de stripping se asume como el caudal de gases debido a su magnitud.

Para determinar las dimensiones se debe especificar una velocidad superficial del gas; se asume entre $1 - 2 \text{ m/s}$ para gases livianos, como el caso del cloruro de hidrógeno, y se determina la sección y el diámetro de la columna.

$$A_{\text{columna}} = \frac{Q_{\text{gases}}}{v_{\text{superficial}}} = \frac{1,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 0,73 \text{ m}^2$$

$$D_{\text{columna}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{columna}}}{\pi}} \approx 1 \text{ m}$$

La altura de la columna va a depender de la cantidad de etapas para poder lograr una remoción del 98% de ácido. Según la ecuación de Kremser la cantidad de etapas es la siguiente:

$$\frac{C_o}{C_N} = \frac{(S - 1) \cdot S^N}{S^N - 1}$$

Donde:

- C_o es la cantidad inicial de ácido clorhídrico en el líquido, 608 kg/h en este caso
- C_N es la cantidad final de ácido clorhídrico en el líquido, 13 kg/h en este caso
- $S = V/L \cdot K$ es el número de etapas adiabáticas
- L es el flujo másico de líquido, 3041 kg/h en este caso
- V es el flujo de vapor, 1978 kg/h en este caso
- K para el ácido en cuestión, según manuales como Perry, ronda los $0,15 - 0,20$ [11].

Despejando de la ecuación de Kremser obtenemos un número de etapas teóricas igual a 5.

Asumiendo que cada etapa está conformada por anillos Raschig con una altura (HETP) de entre 0,5 – 0,8 m obtenemos una altura equivalente a un plato teórico de:

$$H_{\text{empaquetado}} = N \cdot HETP = 5 \cdot 0,6 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

Para asegurar la eficiencia operativa se añaden dos etapas teóricas lo que incrementa la altura del empaque a 4,2 m.

Se define:

- Altura de líquido en el fondo igual a 0,3 m
- Altura libre para gas 0,5 m

Lo cual añade 0,8 m al equipo de stripping; la altura total del equipo será:

$$H_T = 5 \text{ m}$$

El fabricante^[CS1] ofrece columnas a medida en Hastelloy C-276, material apto para la separación de ácido, el costo de este equipo es de **USD 12.000**.

7.3.3.2 Lavador de gases

El equipo empleado es un scrubber que debe tener la capacidad de solubilizar el cloruro de hidrógeno separado para formar una solución de ácido clorhídrico que se recirculará.

El ácido clorhídrico es altamente soluble en agua, pero es necesario verificar si la relación ácido/agua está dentro de lo técnicamente viable.

$$\frac{m_{HCl_{C7}} + m_{HCl_{C8}}}{m_{\text{agua-lluvia}}} = \frac{916 \text{ kg/h}}{1947 \text{ kg/h}} = 0,47 \text{ kg/h}$$

El límite suele hallarse próximo a los $0,6 \text{ kg}_{HCl} / \text{kg}_{H_2O}$ por lo que estamos por debajo de dicho límite y es posible realizar dicha operación.

El flujo de cloruro de hidrógeno que ingresa es:

$$F_{V_{HCl}} = \frac{m_{HCl_{C7}} + m_{HCl_{C8}}}{\rho_{HCl_{CNPT}}} = \frac{916 \text{ kg/h}}{1,49 \text{ kg/m}^3} \approx 615 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para lograr una elevada eficiencia de absorción se recomiendan velocidades entre 1-2 m/s.

La sección del scrubber será:

$$A_{LG1} = \frac{F_{V_{HCl}}}{v_{gas}} = \frac{0,17 \frac{m^3}{s}}{1 m/s} \approx 0,17 m^2$$

Por lo tanto, el diámetro del equipo será:

$$D_{LG1} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{LG1}}{\pi}} \approx 0,5 m$$

La altura del equipo depende del empaque o relleno, para este se emplearán 4 unidades de transferencias. Dichos elementos suelen tener espesores entre 0,3 – 0,5 m; se seleccionará un espesor promedio de 0,4 m.

$$H_{LG1} = NTU \cdot HTU = 4 \cdot 0,4 m = 1,6 m$$

El fabricante ^[LG1] ofrece un modelo en PRFV exclusivamente diseñado para la captura de gases corrosivos, entre ellos cloruro de hidrógeno, con una eficiencia de remoción del 98% y a un costo de **USD 1800**.

7.3.4 Concentración

7.3.4.1 Intercambiador de calor tipo casco y tubos

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

El equipo debe cumplir con una demanda térmica de 228 kW para lograr la separación deseada.

El fabricante HS – Cooler ofrece el modelo Preheater – DN200 AISI/SAE 316L ^[IC2] cuya capacidad máxima de intercambio es de 1000 kW, a un costo de **USD 4500,00**.

7.3.4.2 Separador ciclónico

Como se ha indicado anteriormente, en este equipo se separa una gran cantidad de agua en forma de vapor y se emplea en el proceso de stripping. Las condiciones de trabajo en esta etapa son las siguientes:

- Temperatura de operación de 100 °C
- Presión de trabajo atmosférica
- Flujo másico de vapor generado de 1978 kg/h

El caudal volumétrico del vapor que se recupera se calcula de la siguiente manera.

$$F_{V_{vapor}} = \frac{m_{vapor} \cdot R \cdot T}{PM_{HCl} \cdot P} = \frac{1978 \frac{kg}{h} \cdot 8,314 \frac{J}{mol \cdot K} \cdot 381 K}{0,018 \frac{kg}{mol} \cdot 101325 Pa} \approx 3300 \frac{m^3}{h}$$

Este es el flujo volumétrico que ingresa al separador

$$F_{V_{ingresante}} = 3300 \frac{m^3}{h} \text{ ó } 0,92 \frac{m^3}{s}$$

Asumiendo una velocidad del gas de 15 m/s, lo recomendado para una buena eficiencia de separación, obtenemos el área de ingreso al ciclón.

$$A_{ingreso} = \frac{F_{V_{ingresante}}}{v_{ingreso}} = 0,061 m^2$$

El diámetro del separador se ha definido en 0,80 m, al igual que en el caso anterior, y las otras dimensiones del separador son las siguientes:

- $H_{cilindro} = 3/4 \cdot D = 0,6 m$
- $H_{cono} = 3/2 \cdot D = 1,2 m$
- $A_{egreso} = 4 \cdot A_{ingreso} = 0,064 m^2$
- $E_{rectangular} = 0,12 m \cdot 0,13 m$
- $S_{circular} = 0,30 m$
- $L_{cilindro} = 3/2 \cdot D = 1,2 m$

La salida circular del gas separado se realizará por medio de un tubo concéntrico que desciende hasta los 1,2 m y tiene un diámetro de 0,30 m.

El vendedor ^[SC2] ofrece un modelo de separador ciclónico en diversos materiales. En este caso, con un acero al carbono inoxidable AISI 316L, el proceso de separación se adecua a las necesidades. El costo de este equipo es de **USD 3493**.

7.3.5 Cloración secundaria

7.3.5.1 Reactor de cloración secundaria

El reactor donde se produce la cloración secundaria cuenta con un empaque que ocupa gran volumen de este y cuya finalidad es mejorar el contacto gas – líquido.

El volumen de líquido que ingresa por la parte superior es:

$$V_{C13} = \frac{455 \text{ kg/h}}{1250 \text{ kg/m}^3} \approx 0,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

El diámetro del reactor se ha determinado en 1,5 m lo cual implica que la altura de este es:

$$H_{RCS} = \frac{V_{RCS}}{A_{RCS}} \approx 2,9 \text{ m}$$

El relleno suele ocupar entre un 65 – 85% de la altura del reactor, se tomarán entonces 4 metros para el relleno. Tendremos entonces disponible:

$$H_{\text{líquido}} = 0,3 \text{ m}$$

$$H_{\text{gas}} = 0,7 \text{ m}$$

La solución de cloruro férrico se retirará por el fondo y se estima que los 468 kg/h ocupen alrededor de 0,20 m de altura de este espacio disponible.

La altura destinada al gas no reaccionante permite la acumulación de este y posteriormente su recirculación.

El fabricante ^[RCS1] ofrece un modelo en Hastelloy C276 cuya capacidad es de 5000L y puede operar hasta 10 MPa de presión. El costo de este equipo es de **USD 5000**.

7.3.5.2 Eyector tipo Venturi

Se requiere circular 0,9 m³/h del gas cloro no reaccionado desde la parte superior del reactor hacia el fondo.

El eyector tipo Venturi que se empleará lo ofrece el fabricante ^[EV1] en acero inoxidable 316L con un caudal máximo de 1 m³/h y que puede trabajar con una presión de entrada de hasta con 10 kg/cm². El costo del mismo es de **USD 118**.

7.3.6 Ajuste y envasado

7.3.6.1 Tanque de homogeneización y ajuste de concentración

El ajuste de concentración se lleva a cabo en un tanque de mezcla perfecta con agitación.

El volumen del tanque está dado por la cantidad de líquidos que debe contener, estos son:

$$V_{TA} = V_{C18} + V_{C17} = \frac{m_{C18}}{\rho_{H_2O}} + \frac{m_{C17}}{\rho_{C17}} = 0,122 \text{ m}^3 + 0,316 \text{ m}^3 = 0,438 \text{ m}^3$$

Se tomará como volumen del tanque $0,5 \text{ m}^3$ para evitar el desbordamiento por la agitación.

El fabricante ofrece el modelo en HDPE a un costo de **USD 500**.

7.3.6.2 Llenadora volumétrica

No se adentrará en el diseño, se tomará la llenadora volumétrica que ofrece el fabricante ^[LV1] la cual tiene una capacidad máxima de 1000 L/h.

El modelo que ofrece está fabricado en acero inoxidable 316L cuyo costo es de **USD 1850**.

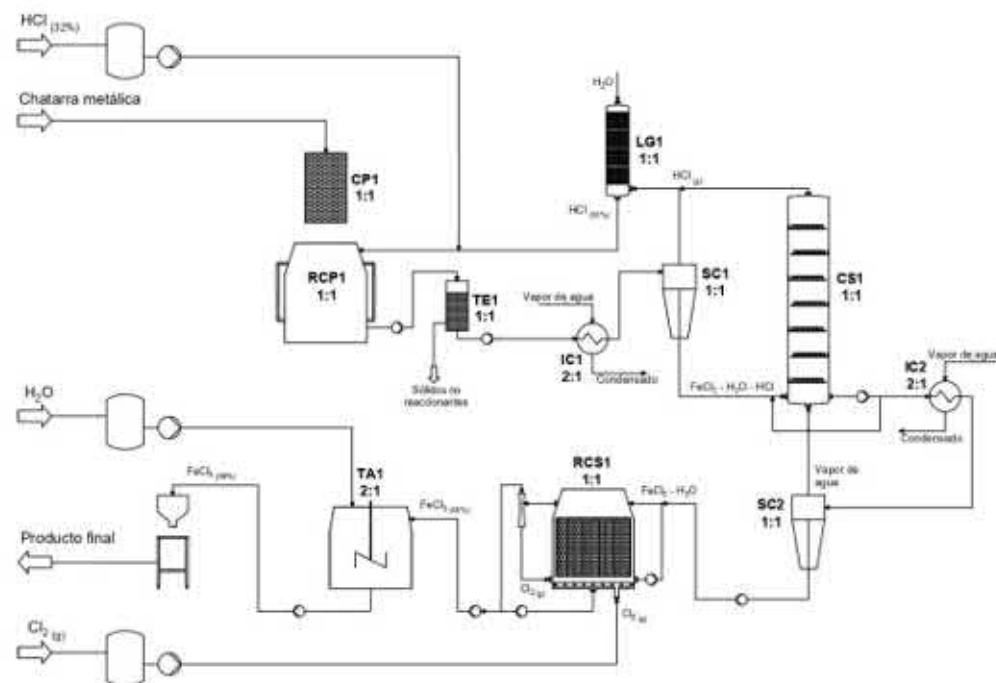


Ilustración 7.4-1 - Diagrama detallado de la planta de cloruro férrico | Fuente - Autoría Propia

CAPÍTULO VIII – INGENIERÍA DE GESTIÓN

8.1 Introducción a la Ingeniería de Gestión

Una empresa se la puede definir como un conjunto de personas y bienes que actúan en conjunto con el mismo objetivo de llevar a cabo un beneficio en común, en nuestro caso la producción de bienes y servicios a cambio de generar un beneficio económico.

Para lograr que este beneficio sea fructífero es necesario que se desarrolle una estructura funcional en nuestra empresa que permita que todas las tareas necesarias se puedan desarrollar eficazmente.

En el presente capítulo se desarrolla la estructura organizacional interna de nuestra empresa, presentando el organigrama correspondiente destacando los distintos niveles jerárquicos de la empresa, las fichas de funciones que nos permitirá conocer los requisitos que cada puesto necesita con respecto al personal a cubrir.

También se clasificará nuestro proyecto como sociedad anónima o sociedad de responsabilidad limitada, según sea la conveniencia.

8.2 Principios de la organización

La organización de la empresa tiene como objetivo lograr una gestión eficiente de las actividades, los recursos y la circulación de la información entre las distintas áreas que la componen. Para construir una estructura sólida, funcional y coherente con los objetivos del proyecto, se establecen los siguientes principios generales de organización:

- *Separación de funciones:* cada área de la empresa debe cumplir una función específica, claramente diferenciada del resto, evitando superposiciones innecesarias o conflictos de competencia.
- *Definición clara de jerarquías:* se deben establecer subdivisiones lógicas dentro de cada función, asegurando que ningún miembro del personal reciba órdenes directas de más de un superior, y respetando una única línea de autoridad.
- *Especificación de tareas directivas:* cada nivel jerárquico debe contar con funciones claramente determinadas, evitando zonas grises o responsabilidades compartidas que dificulten la toma de decisiones.
- *Delegación de autoridad:* cada integrante de la estructura debe contar con el grado de autoridad necesario para ejecutar sus responsabilidades dentro del área asignada, de acuerdo con su posición en el organigrama.
- *Selección adecuada del personal:* la asignación de cada puesto debe realizarse en función de las competencias, formación y experiencia del individuo, garantizando la idoneidad en todos los niveles de la organización.

El cumplimiento de estos principios permite establecer una base organizativa sólida, facilitando el desarrollo eficiente de las actividades, una mejor coordinación

interdepartamental y una gestión operativa alineada con los objetivos estratégicos de la empresa.

8.3 Características de la organización

La organización propuesta para el emprendimiento productivo de cloruro férrico responde a criterios de simplicidad, eficiencia y funcionalidad, considerando tanto la magnitud del proyecto como los recursos disponibles. Su diseño busca garantizar una adecuada distribución de funciones, una comunicación fluida entre las distintas áreas y una operación coordinada que permita alcanzar los objetivos técnicos y económicos planteados.

En esta sección se detallan las características centrales de la empresa, incluyendo su forma legal, la denominación adoptada y su clasificación según el tamaño, de acuerdo con los parámetros establecidos por la normativa vigente en la República Argentina. Estos elementos definen el encuadre legal y administrativo sobre el cual se estructura el funcionamiento de la organización.

8.3.1 Construcción legal de la empresa

De acuerdo con la Ley de Sociedades Comerciales de 1950 de la República Argentina, las principales formas societarias que pueden aplicarse a un emprendimiento como el de la producción de cloruro férrico son la Sociedad Anónima (SA) y la Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL), siendo las más utilizadas en el ámbito comercial del país.

Ambas modalidades permiten a los socios realizar aportes para la producción o intercambio de bienes y servicios, participando de los beneficios y soportando las pérdidas. La elección de la forma societaria dependerá de diversos factores, como el tamaño del emprendimiento, la cantidad de socios y las necesidades de financiamiento.

- *Sociedad Anónima (SA)*: Este tipo de sociedad está constituido por accionistas, cuyo capital está dividido en acciones. Los socios no responden personalmente por las deudas sociales, lo que proporciona una importante protección patrimonial. Es una forma societaria adecuada cuando se busca una mayor expansión, la posibilidad de cotizar en bolsa y una mayor flexibilidad en la venta y transferencia de acciones.
- *Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL)*: El capital de esta sociedad está dividido en cuotas, y la responsabilidad de los socios se limita al capital aportado. Además, el número de socios no puede superar los 50. Es una estructura adecuada para emprendimientos de menor magnitud o familiares, donde la gestión es más sencilla y las decisiones son tomadas directamente por los socios o el gerente.

8.3.1.1 Elección de la forma societaria para el emprendimiento

Para este proyecto de producción de cloruro férrico, se opta por constituir la empresa como Sociedad Anónima (SA) debido a varias razones clave:

- **Tamaño y expansión:** Una SA permitirá una mayor flexibilidad para captar inversiones, lo cual es esencial para la expansión del emprendimiento y la posibilidad de obtener financiamiento mediante la venta de acciones, así como la cotización en bolsa.
- **Transferencia de acciones:** La posibilidad de que las acciones sean transferidas libremente, sin necesidad de unanimidad entre los socios (como ocurre en la SRL), facilita la entrada de nuevos inversores y socios en el futuro.
- **Imagen y credibilidad:** Una SA proyecta una imagen más sólida y profesional ante acreedores, instituciones financieras y el público en general, lo cual es crucial para obtener confianza y generar oportunidades de financiamiento.
- **Estructura administrativa:** A pesar de que una SA requiere más formalidades administrativas, su flexibilidad y mayor capacidad de adaptación a las necesidades de crecimiento justifica esta opción frente a la SRL.

8.3.1.2 Razón social de la empresa

"METCLOR S.A." es una empresa dedicada a la producción de cloruro férrico (FeCl_3), con el objetivo de abastecer principalmente a la industria internacional, contribuyendo al desarrollo de soluciones químicas para diversos sectores industriales. Su misión es posicionarse como líder en la producción de cloruro férrico en la región, proporcionando un producto de alta calidad para aplicaciones en tratamiento de aguas, metalurgia y otros procesos industriales. La empresa inicia sus operaciones en el año 2025.

Datos sociales, tributarios y comerciales:

PAÍS:	Argentina
CUIT:	XX-XXXXXXXX-X
Actividad Principal:	Producción de cloruro férrico (FeCl_3)
Actividad Principal AFIP:	201 - Fabricación de productos químicos
Perfil de Comercialización:	Venta directa a industrias, distribución mayorista a empresas del sector químico y tratamiento de aguas.
Fecha de Contrato Social:	2025
Cantidad de Empleados:	34
Domicilio:	Parque Industrial Campana, Ruta N° 9 70, B2804 Campana, Provincia de Buenos Aires
Provincia:	Buenos Aires
Teléfono:	+5492604206341 - +5492604593145
Facturación Estimada:	\$14.287.500.000

8.3.2 Determinación del tamaño de la empresa

Para la determinación del tamaño organizacional de la empresa, se tomará como referencia la información brindada por el Banco Central de la República Argentina.

Serán consideradas a través de “Mi Pyme” -incluidas las personas humanas evaluadas crediticiamente a base del flujo de fondos generado por su actividad comercial, oficio y/o por el ejercicio profesional- sin distinguir el destino de los fondos, aquellas cuyos valores de ventas totales anuales expresados en pesos no superen los siguientes montos máximos, 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	Agropecuaria
Micro	569.050.000	266.790.000	1.371.080.000	940.600.000	661.490.000
Pequeña	3.376.460.000	1.608.430.000	9.766.640.000	7.028.260.000	2.436.680.000
Mediana Tramo 1	18.838.350.000	13.312.440.000	46.423.090.000	50.022.750.000	14.339.940.000
Mediana Tramo 2	28.254.420.000	19.012.110.000	66.319.160.000	101.070.840.000	22.744.110.000

Ilustración 8.3-1 - Límites de ventas totales anuales expresados en PESOS (\$) | Fuente - “Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883”, Banco de la Nación Argentina

Categoría	Servicios	Comercio
Micro	7	7
Pequeña	30	35
Mediana Tramo 1	165	125
Mediana Tramo 2	535	345

Ilustración 8.3-2 - Límites de personal ocupado | Fuente - “Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883”, Banco de la Nación Argentina

Tope de activos en pesos (\$)
2.462.000.000

Ilustración 8.3-3 - Límite de activos expresados en pesos (\$) | Fuente - “Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883”, Banco de la Nación Argentina

Con los valores anteriores actualizados al corriente año, se concluye que nuestra empresa es del tipo: Empresa categoría “pequeña empresa” – Rubro Industria y Minería.

La justificación se da en una producción propuesta de 5.000 Tn/año de cloruro férrico, con un precio de venta de **3,5 USD/L o 2500 UDS/Tn**, con última actualización al año 2025, tomando como referencia el valor del dólar oficial a \$1.143,00, nos queda una facturación estimada de: 12.500.000 USD.

El precio de venta definido se ha tomado como el promedio de los precios en el mercado actual.

La clasificación de la empresa se basa en la facturación estimada anual proyectada a partir de la producción anual y el precio de venta del producto.

Producción estimada:

- Capacidad de producción: 5.000 toneladas de cloruro férrico (FeCl_3).
- Producción anual: 5.000 toneladas de cloruro férrico (FeCl_3).
- Precio de venta estimado: 3,5 USD por litro.
- Tipo de cambio oficial: \$1.143,00 por dólar.

Cálculo de facturación anual:

$$\left(3.571.428,57 \frac{L}{\text{año}}\right) \cdot \left(\frac{3,5 \text{ USD}}{1 L}\right) \cdot \left(\frac{\$ 1.143,00}{1 \text{ USD}}\right) = \$14.287.500.000$$

Clasificación según los límites de ventas totales anuales para el sector Industria y Minería:

- Microempresa: hasta \$940.600.000
- Pequeña empresa: hasta \$7.028.260.000
- Mediana empresa Tramo 1: hasta \$50.022.750.000
- Mediana empresa Tramo 2: hasta \$101.070.840.000

Con una facturación anual estimada de \$14.287.500.000, la empresa se encuentra entre Pequeña empresa y Mediana empresa Tramo 1. La clasificamos como una **Pequeña Empresa en el sector Industria y Minería**.

Esta categorización permite acceder a los beneficios previstos para empresas medianas, tales como programas de financiamiento, incentivos fiscales y asistencia técnica, facilitando el desarrollo y crecimiento del emprendimiento.

8.4 Estructura organizacional

La estructura organizacional de la empresa destinada a la producción de cloruro férrico consiste en la distribución formal de funciones y jerarquías que permiten una gestión clara, eficiente y alineada con los objetivos estratégicos del proyecto. Esta estructura garantiza una adecuada asignación de responsabilidades, una comunicación efectiva entre áreas y una operación coordinada que facilite el cumplimiento de las metas técnicas, económicas y ambientales.

El principio rector de la organización es que está basada en funciones y no en individuos. Esto significa que las tareas se agrupan y asignan según su naturaleza y relación funcional, sin depender exclusivamente de las personas que las desempeñan. De este modo, se promueve la polivalencia del personal, generando mayor flexibilidad frente a imprevistos, rotaciones o necesidades de adaptación operativa.

Asimismo, se procura evitar superposiciones de autoridad entre funciones, definiendo con claridad los niveles jerárquicos y los mecanismos de reporte. Cada área y subárea cuenta con una descripción precisa de funciones, autoridad y responsabilidades, las cuales serán documentadas en el manual de organización.

Con el objetivo de optimizar costos y concentrar los recursos humanos en funciones clave del proceso productivo, se ha decidido tercerizar algunos servicios auxiliares como limpieza, salud ocupacional, comedor, higiene y seguridad industrial, y vigilancia. Estas tareas serán contratadas a empresas especializadas que aseguren estándares de calidad y cumplimiento normativo.

De igual manera, la empresa no contará con un departamento interno de Recursos Humanos. En cambio, la selección de personal será realizada por consultoras externas especializadas, en base a perfiles definidos en las fichas de función. Esta estrategia permite una mayor eficiencia en los procesos de contratación y garantiza la incorporación de personal calificado conforme a los requerimientos específicos de cada área.

8.4.1 Organigrama

El organigrama representa visualmente la estructura organizacional de la empresa, mostrando las relaciones jerárquicas y funcionales entre sus distintos componentes. Esta herramienta permite visualizar de forma clara la distribución de tareas, responsabilidades y los canales de comunicación interna, fundamentales para el buen funcionamiento del emprendimiento.

El diseño adoptado responde a una estructura funcional, adecuada para empresas industriales que buscan eficiencia operativa y especialización de tareas. Este enfoque permite segmentar la organización en áreas específicas según la naturaleza de sus funciones, mejorando la coordinación, la toma de decisiones y el control interno.

El organigrama contempla los siguientes aspectos:

- *Niveles jerárquicos:* establece una cadena de mando clara, desde la Gerencia General, pasando por las distintas jefaturas, hasta el personal operativo. Esto permite visualizar cómo fluye la autoridad y la toma de decisiones en la empresa.
- *Gerencias, departamentos y unidades:* agrupa las actividades en las siguientes áreas clave:

Gerencia de Operaciones: Coordina las actividades productivas, logísticas y de mantenimiento, asegurando el funcionamiento eficiente de la planta. Dentro de la misma tenemos los siguientes departamentos:

- **Producción:** Opera el proceso productivo de FeCl_3 y supervisar la operación diaria de la planta.

- Logística y Almacenamiento: Encargado del ingreso de insumos, almacenamiento seguro y despacho del producto terminado.
- Mantenimiento y Seguridad: Asegura el correcto funcionamiento de los equipos y vela por el cumplimiento de normas de seguridad industrial.

Gerencia Administrativo – Financiera: Gestiona los recursos económicos de la empresa y coordina los procesos administrativos para garantizar su sostenibilidad financiera. Dentro de la misma tenemos los siguientes departamentos:

- Finanzas: Lleva el control contable, el manejo de presupuestos y la planificación financiera.
- Compras: Administra la adquisición de bienes y servicios necesarios para la operación de la planta.

Gerencia de Desempeño Comercial y Calidad: Orienta las actividades hacia el cliente, enfocándose en la calidad del producto, la atención técnica y la expansión comercial. Dentro de la misma tenemos los siguientes departamentos:

- Comercialización y Marketing: Desarrolla estrategias de ventas, promueve el producto y gestiona la relación con los clientes.
- Gestión de la Calidad: Controla la calidad del producto final, da soporte técnico posventa y responde ante reclamos.
- *Roles y posiciones:* define los cargos clave dentro de cada área, con funciones específicas que garantizan el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

Esta estructura busca optimizar la comunicación, fomentar la especialización del personal y mantener un control efectivo sobre todas las actividades del proceso productivo.

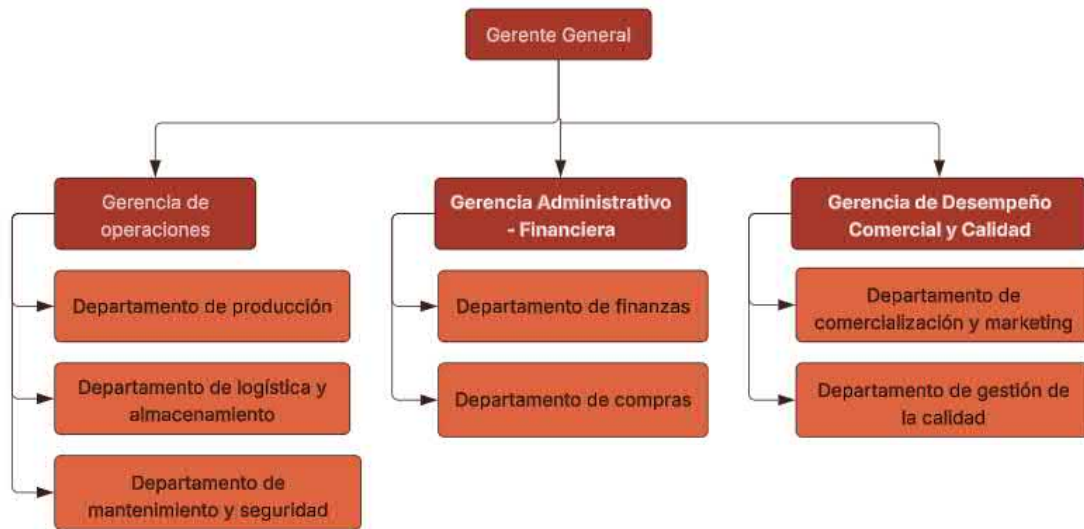


Ilustración 8.4-1 - Organigrama de funciones METCLOR S.A. | Fuente - Autoría propia

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.

Tabla 8.4-1 - Ficha de función del Gerente General | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia General
SECTOR	Gerencia General
ROL	Gerente General
SUPERVISADO POR	-
SUPERVISA A	Gerentes de: Operaciones, Administrativo-Financiera y Comercial y Calidad
REPORTA A	-
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
Supervisar la gestión financiera de la empresa, incluyendo presupuestos, informes contables y financieros. 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. 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. Identificar nuevas oportunidades de negocio y establecer alianzas estratégicas con proveedores que contribuyan al crecimiento y desarrollo del equipo.	
JOB PROFILE	
Formación universitaria en Administración de Empresas, Finanzas, Contaduría Pública, Ingeniería Industrial o carreras afines. Experiencia mínima de 8 años en roles gerenciales o posiciones de liderazgo. Capacidad de liderazgo para gestionar equipos multidisciplinarios en distintos niveles organizacionales. Excelentes habilidades comunicativas, incluyendo oratoria y relaciones interpersonales efectivas. Sólida experiencia en gestión financiera, elaboración de presupuestos y supervisión de informes contables y financieros. Habilidad para la toma de decisiones en entornos de alta presión. Valores de compromiso, calidad e integridad.	

Tabla 8.4-2 - Ficha de función del Gerente de Operaciones | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Gerencia de Operaciones
ROL	Gerente de Operaciones
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Jefes de Departamentos: Producción, Logística y Almacenamiento, Mantenimiento y Seguridad. Auxiliar de Logística, Encargado de Almacén, Asistente de Proyectos, Operario de Producción, Técnico de Mantenimiento y Técnico de H y S.
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
Monitorear el desempeño operativo. Realizar el seguimiento de los indicadores clave de desempeño (KPIs). Elaborar informes detallados y periódicos sobre el rendimiento del área para presentarlos a la alta dirección. Promover un entorno de trabajo colaborativo y multidisciplinario. Facilitar la comunicación entre las áreas de la organización y con los respectivos jefes. Contribuir con el cumplimiento de los objetivos globales de la empresa. Supervisar y gestionar el presupuesto asignado al área. Evaluar su ejecución y realizar ajustes. Fomentar el uso adecuado de los recursos disponibles. Controlar los costos operativos. Velar por la coherencia entre las inversiones y los objetivos de productividad y rentabilidad de la unidad.	
JOB PROFILE	
Título universitario en Ingenierías Orientadas a Procesos o en Administración de Empresas con al menos 7 años de experiencia en puestos similares. Capacidad para dirigir y coordinar equipos de trabajo multidisciplinarios. Habilidad para promover un ambiente de trabajo colaborativo y eficiente. Habilidades excepcionales en comunicación verbal y escrita, con una destacada capacidad de oratoria y manejo de relaciones interpersonales. Capacidad para tomar decisiones rápidas y efectivas en situaciones de alta presión. Experiencia comprobable en la gestión de presupuestos, supervisión de informes financieros y contables y en la toma de decisiones estratégicas. Valores clave: Compromiso con los estándares de calidad, integridad, ética y profesionalismo.	

Tabla 8.4-3 - Ficha de función del Jefe de Logística y Almacenamiento | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Logística y Almacenamiento
ROL	Jefe de Logística y Almacenamiento
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	Auxiliar de Logística y Encargado de Almacén
REPORTA A	Gerente de Operaciones
CATEGORÍA	Técnico A3 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Desarrollar y realizar el análisis de stock de suministros para asegurar la continuidad de la capacidad productiva de la planta. Establecer y mantener relaciones con proveedores y clientes para garantizar una gestión eficiente de los suministros y las entregas. Elaborar informes y realizar un relevamiento detallado del área a su cargo para llevar a cabo evaluaciones de desempeño del personal. Asegurar que todo el personal bajo su responsabilidad cumpla con los requisitos establecidos en el área de higiene y seguridad. Colaborar activamente con el gerente de operaciones en la exploración de nuevas alternativas de negocio y en el análisis del mercado proveedor en general.	
JOB PROFILE	
Graduado universitario en Ingeniería Química, Industrial, o afines. Licenciados o Técnicos en Administración de Empresas o carreras afines a Logística. Experiencia mínima de 3 años en puestos similares. Habilidad para liderar grupos de empleados de diversos departamentos y niveles. Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales. Excelente oratoria y liderazgo. 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. Conocimiento de herramientas básicas de informática, y programación (deseable). Uso de programas de Gestión Logística deseable. Compromiso, Calidad e Integridad.	

Tabla 8.4-4 - Ficha de función del Auxiliar de Logística | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Logística y Almacenamiento
ROL	Auxiliar de Logística
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Logística y Almacenamiento
CATEGORÍA	Operario A - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Coordinar el movimiento y distribución de materiales. Realizar seguimiento de pedidos y tiempos de entrega. Mantener actualizados los registros de inventario. Apoyar en la recepción y despacho de mercancía. Colaborar con proveedores y transportistas en la logística de entrega.	
JOB PROFILE	
Estudios en Logística, Administración o carrera afín. Experiencia mínima de 1 año en logística o distribución. Conocimientos en gestión de inventarios y sistemas ERP. Capacidad organizativa y trabajo en equipo.	

Tabla 8.4-5 - Ficha de función del Encargado de Almacén | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Logística y Almacenamiento
ROL	Encargado de Almacén
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Logística y Almacenamiento
CATEGORÍA	Técnico A2 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Supervisar la correcta recepción, almacenamiento y distribución de materiales. Controlar el stock y asegurar la precisión de inventarios. Coordinar con logística el abastecimiento de materiales. Garantizar el cumplimiento de normas de seguridad en almacén. Optimizar el espacio de almacenamiento y mejorar los procesos internos.	
JOB PROFILE	
Estudios en carreras afines a Logística y Administración. Experiencia mínima de 3 años en gestión de almacenes. Manejo de sistemas de inventario y logística. Habilidades de liderazgo y gestión de equipos.	

Tabla 8.4-6 - Ficha de función del Jefe de Producción | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Producción
ROL	Jefe de Producción
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	Operario de Producción
REPORTA A	Gerente de Operaciones
CATEGORÍA	Técnico A3 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Planificar la producción. Alinearla con los requerimientos de la empresa y la demanda del mercado. Coordinar el trabajo del personal de producción y de las áreas vinculadas. Asegurar el flujo eficiente de las operaciones. Identificar oportunidades de mejora en los procesos y en el entorno de trabajo. Proponer soluciones para optimizar la producción. Garantizar el cumplimiento de los requerimientos de Higiene y Seguridad en todas las etapas del proceso productivo. 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. Elaborar y presentar informes diarios sobre la producción y el desempeño. Intervenir en la gestión de los inventarios de materiales y productos destinados al área de almacén y logística, asegurando su disponibilidad y correcto manejo.	
JOB PROFILE	
Título universitario en Ingeniería Química o Ingeniería Industrial. Experiencia mínima de 3 años en puestos similares. Capacidad para liderar equipos multidisciplinarios en distintos niveles organizacionales. Excelentes habilidades de comunicación, oratoria y liderazgo. Capacidad para tomar decisiones efectivas en entornos de alta presión. Conocimientos en herramientas básicas de informática. Disponibilidad horaria. Conocimiento de normas de calidad y seguridad en el trabajo. Compromiso, enfoque en la calidad e integridad profesional.	

Tabla 8.4-7 - Ficha de función del Operario de Producción | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN - X	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Producción
ROL	Operario de Producción
SUPERVISADO POR	Jefe de Producción
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Producción
CATEGORÍA	Operario B - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Operar maquinaria y equipos en la línea de producción. Cumplir con los estándares de calidad y seguridad. Realizar mantenimiento básico a los equipos. Colaborar en la optimización de procesos productivos. Registrar datos de producción y reportar incidencias.	
JOB PROFILE	
Formación técnica en mecánica, electricidad o tecnicaturas afines. Experiencia mínima de 1 año en procesos productivos. Conocimientos en operación de maquinaria industrial del sector. Capacidad de trabajo en equipo y cumplimiento de normas.	

Tabla 8.4-8 - Ficha de función del Jefe de Mantenimiento | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Mantenimiento y Seguridad
ROL	Jefe de Mantenimiento y Seguridad
SUPERVISADO POR	Gerente de Operaciones
SUPERVISA A	Técnico de Mantenimiento – Técnico de H y S
REPORTA A	Gerente de Operaciones
CATEGORÍA	Técnico A3 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
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. Supervisar y gestionar al equipo de técnicos de mantenimiento, asegurando que dispongan de los recursos necesarios para desempeñar su labor de manera eficiente. Garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente en el área de mantenimiento. Analizar y diagnosticar fallas, implementando medidas correctivas y preventivas para minimizar su recurrencia. Coordinar con el departamento de compras la adquisición de repuestos y materiales necesarios para el mantenimiento. Elaborar informes y reportes sobre la gestión del mantenimiento, proporcionando datos clave para la toma de decisiones a nivel directivo.	
JOB PROFILE	
Título universitario en Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Industrial o carreras afines. Experiencia mínima de 3 años en posiciones similares. Conocimientos técnicos en mantenimiento preventivo y correctivo de equipos industriales. Gestión de repuestos y planificación de mantenimiento. Conocimiento comprobable en normas de seguridad e higiene industrial. Habilidades de liderazgo y gestión de equipos de trabajo. Capacidad para gestionar costos y presupuestos de mantenimiento. Capacidad para tomar de decisiones bajo presión. Análisis y resolución de problemas. Comunicación efectiva y trabajo en equipo. Manejo de herramientas de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) y conocimientos en MS Office. Se valorará experiencia en automatización. Flexibilidad para atender emergencias y coordinar paradas programadas de mantenimiento.	

Tabla 8.4-9 - Ficha de función del Técnico de Mantenimiento | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Mantenimiento y Seguridad
ROL	Técnico de Mantenimiento
SUPERVISADO POR	Jefe de Mantenimiento y Seguridad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Mantenimiento y Seguridad
CATEGORÍA	Técnico A1 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de equipos. Diagnosticar y solucionar fallas mecánicas y eléctricas. Documentar y reportar actividades de mantenimiento. Cumplir con los protocolos de seguridad industrial. Optimizar la disponibilidad y eficiencia de los equipos. Velar por el cuidado de los equipos.	
JOB PROFILE	
Formación técnica en Electromecánica, Electricidad o afines. Experiencia mínima de 2 años en mantenimiento industrial y reparación de equipos del sector. Conocimientos en sistemas eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Capacidad de resolución de problemas y trabajo en equipo.	

Tabla 8.4-10 - Ficha de función del Técnico de Higiene y Seguridad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Operaciones
SECTOR	Departamento de Mantenimiento y Seguridad
ROL	Técnico de Higiene y Seguridad
SUPERVISADO POR	Jefe de Mantenimiento y Seguridad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Mantenimiento y Seguridad
CATEGORÍA	Técnico A1 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Identificar y evaluar riesgos laborales en planta. Verificar el cumplimiento de normas de seguridad e higiene. Capacitar al personal en prácticas seguras y uso de EPP. Investigar incidentes y proponer medidas correctivas. Participar en auditorías internas y externas de seguridad. Controlar la correcta señalización y condiciones seguras de trabajo.	
JOB PROFILE	
Formación técnica en Higiene y Seguridad en el Trabajo o afines. Experiencia mínima de 2 años en entornos industriales. Conocimiento de normativas locales e internacionales de seguridad. Habilidad para detectar riesgos y generar mejoras preventivas. Buen manejo de herramientas informáticas y redacción de informes. Capacidad para trabajar en equipo y comunicarse eficazmente.	

Tabla 8.4-11 - Ficha de función del Gerente Comercial y de Calidad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Desempeño Comercial y de Calidad
SECTOR	Gerencia de Desempeño Comercial y de Calidad
ROL	Gerente Comercial y de Calidad
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Jefes de Departamentos: Comercial y Marketing – Gestión de la Calidad Ejecutivo de Ventas, Analista de Marketing, Técnico de Control de Calidad, Analista de Calidad, Community Manager.
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
Planificar y ejecutar las estrategias de ventas y marketing de la empresa. Gestionar el presupuesto del departamento de ventas y marketing. Dirigir y motivar a los equipos a cargo. Asegurar el cumplimiento de los objetivos. Establecer y mantener relaciones comerciales con clientes, proveedores y socios estratégicos. Reportar al director general de la empresa los resultados de las operaciones comerciales. Proponer acciones para mejorar el desempeño.	
JOB PROFILE	
Formación universitaria como Ingeniero Industrial, Licenciado en Administración de Empresas o roles similares. Experiencia mínima de 5 años en industrias de manufactura o similares. Habilidad para liderar grupos multidisciplinarios. Excelentes habilidades de comunicación y relaciones interpersonales Excelente oratoria y liderazgo. Habilidad para desarrollarse en el mercado. Experiencia comprobable en gestión financiera y preparación de presupuestos. Conocimiento de herramientas básicas de informática. Compromiso, calidad e Integridad.	

Tabla 8.4-12 - Ficha de función del Jefe de Comercial y Marketing | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia Comercial y de Calidad
SECTOR	Departamento Comercial y de Marketing
ROL	Jefe Comercial y de Marketing
SUPERVISADO POR	Gerente Comercial y de Calidad
SUPERVISA A	Ejecutivo de Ventas – Analista de Marketing – Community Manager
REPORTA A	Gerente Comercial y de Calidad
CATEGORÍA	Administrativo A1 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Planificar y dirigir las estrategias comerciales y de marketing de la empresa, orientadas a posicionar los productos en el mercado industrial. Liderar al equipo comercial y coordinar los esfuerzos de ventas, promoción, fidelización y comunicación externa. Analizar el comportamiento del mercado, identificar nuevas oportunidades de negocio y proponer líneas de acción para el crecimiento comercial. Establecer metas comerciales y dar seguimiento a su cumplimiento mediante indicadores de desempeño. Coordinar con Producción y Logística para asegurar el cumplimiento de los plazos y condiciones acordadas con los clientes. Representar a la empresa ante clientes estratégicos, ferias, licitaciones o reuniones comerciales relevantes.	
JOB PROFILE	
Formación universitaria en Administración de Empresas, Comercialización, Marketing, Economía, Ingeniería Industrial o afines. Experiencia comprobable en ventas y negociación. Fuertes habilidades interpersonales y de comunicación. Capacidad para trabajar de manera independiente y en equipo. Fuerte orientación a resultados y capacidades para cumplir y superar los objetivos de ventas establecidos. Conocimiento de la industria y los productos/servicios de la empresa. Habilidad para construir relaciones a largo plazo con los clientes. Conocimientos informáticos y habilidades de presentación efectiva.	

Tabla 8.4-13 - Ficha de función del Ejecutivo de Ventas | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia Comercial y de Calidad
SECTOR	Departamento Comercial y de Marketing
ROL	Ejecutivo de Ventas
SUPERVISADO POR	Jefe Comercial y de Marketing
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe Comercial y de Marketing
CATEGORÍA	Administrativo A -- FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Gestionar una cartera de clientes industriales, manteniendo relaciones comerciales activas y generando nuevos vínculos estratégicos. Elaborar propuestas comerciales, cotizaciones, contratos y condiciones de venta. Coordinar con Producción y Logística la entrega oportuna del producto, asegurando la satisfacción del cliente. Realizar visitas comerciales, presentaciones técnicas y seguimiento postventa. Cumplir los objetivos mensuales de ventas definidos por la gerencia. Registrar actividades comerciales en el CRM y colaborar con informes periódicos.	
JOB PROFILE	
Formación técnica o universitaria en Comercialización, Administración o Ingeniería. Experiencia mínima de 2 años en ventas técnicas o industriales. Capacidad de negociación, orientación al cliente y habilidades interpersonales. Conocimientos básicos de procesos productivos o especificaciones técnicas del producto. Disposición para viajes y visitas frecuentes a clientes. Manejo de CRM y paquete Office.	

Tabla 8.4-14 - Ficha de función del Analista de Marketing | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia Comercial y de Calidad
SECTOR	Departamento Comercial y de Marketing
ROL	Analista de Marketing
SUPERVISADO POR	Jefe Comercial y de Marketing
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe Comercial y de Marketing
CATEGORÍA	Administrativo A - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Diseñar e implementar campañas de marketing que promuevan el producto y posicionen la marca en el sector industrial. Realizar estudios de mercado, análisis de competencia y tendencias del sector. Colaborar con la gerencia en el desarrollo de estrategias de comunicación institucional y comercial. Supervisar la elaboración de material promocional, catálogos técnicos, presentaciones y contenidos gráficos. Medir resultados de las campañas e implementar mejoras a partir del análisis de indicadores clave (KPIs).	
JOB PROFILE	
Título en Marketing, Comunicación, Publicidad o carreras afines. Experiencia mínima de 2 años en áreas de marketing operativo o estratégico. Conocimiento de herramientas gráficas (Illustrator, Canva), email marketing, SEO/SEM y plataformas digitales. Habilidad analítica, creatividad y orientación a resultados. Buen manejo de redacción técnica y capacidad para trabajar en equipo.	

Tabla 8.4-15 - Ficha de función del Community Manager | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia Comercial y de Calidad
SECTOR	Departamento Comercial y de Marketing
ROL	Community Manager
SUPERVISADO POR	Jefe Comercial y de Marketing
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe Comercial y de Marketing
CATEGORÍA	Administrativo B - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Gestionar la presencia de la empresa en redes sociales, actualizando contenidos y generando interacción con la comunidad digital. Crear contenido gráfico y textual alineado con la identidad institucional y el perfil técnico del producto. Implementar campañas de posicionamiento, generar engagement y responder a consultas o reclamos online. Colaborar con el área de marketing para integrar las redes sociales a la estrategia comercial. Monitorear el comportamiento de la audiencia, medir el impacto de las publicaciones y elaborar informes de métricas.	
JOB PROFILE	
Formación en Comunicación, Publicidad, Marketing Digital o afines. Experiencia comprobable en manejo de redes sociales en entornos corporativos. Creatividad, excelente redacción y criterio visual. Manejo de herramientas como Meta Business, Hootsuite, Canva, Metricool, etc. Conocimiento de estrategias digitales aplicadas a mercados industriales.	

Tabla 8.4-16 - Ficha de función del Jefe de Gestión de la Calidad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia Comercial y de Calidad
SECTOR	Departamento de Gestión de la Calidad
ROL	Jefe de Gestión de la Calidad
SUPERVISADO POR	Gerente de Desempeño Comercial y de Calidad
SUPERVISA A	Técnico de Control de Calidad – Analista de Calidad
REPORTA A	Gerente de Desempeño Comercial y de Calidad
CATEGORÍA	Administrativo A1 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Desarrollar, implementar y mantener el sistema de gestión de calidad de la empresa, asegurando el cumplimiento de estándares internos y normativas externas. Supervisar los controles de calidad del producto en cada etapa del proceso productivo. Coordinar auditorías internas y externas, asegurando la trazabilidad y el mantenimiento de los registros. Analizar indicadores de calidad y liderar planes de mejora continua junto con otras áreas. Actuar como referente ante organismos certificadores y ante clientes en temas de calidad. Promover la cultura de calidad dentro de la organización mediante capacitaciones y liderazgo técnico.	
JOB PROFILE	
Formación universitaria en Ingeniería Química, Tecnología Ambiental, Industrial o afines. Experiencia mínima de 4 años en gestión de calidad en industrias manufactureras. Sólidos conocimientos en normas ISO 9001, procesos de auditoría y herramientas de mejora continua (5S, Ishikawa, etc.). Perfil proactivo, con capacidad analítica y liderazgo técnico. Buen manejo de sistemas informáticos y redacción técnica.	

Tabla 8.4-17 - Ficha de función del Técnico de Control de Calidad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia Comercial y de Calidad
SECTOR	Departamento de Gestión de la Calidad
ROL	Técnico de Control de Calidad
SUPERVISADO POR	Jefe de Gestión de la Calidad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Gestión de la Calidad
CATEGORÍA	Técnico A1 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Ejecutar los ensayos y verificaciones del producto en laboratorio y planta. Registrar y comunicar los resultados de los análisis físicos, químicos o visuales. Controlar materias primas, productos en proceso y producto final, según especificaciones técnicas. Colaborar en la investigación de no conformidades y seguimiento de lotes. Asegurar el cumplimiento de los procedimientos establecidos para el muestreo, análisis y documentación.	
JOB PROFILE	
Formación técnica en Química, Ambiente, Laboratorio o afines. Experiencia mínima de 1 año en control de calidad en industrias. Precisión, orden y compromiso con la documentación técnica. Conocimiento básico de normas ISO y buenas prácticas de laboratorio. Capacidad para trabajar en equipo con áreas operativas.	

Tabla 8.4-18 - Ficha de función del Analista de Calidad | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia Comercial y de Calidad
SECTOR	Departamento de Gestión de la Calidad
ROL	Analista de Calidad
SUPERVISADO POR	Jefe de Gestión de la Calidad
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Gestión de la Calidad
CATEGORÍA	Administrativo A - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Administrar y actualizar la documentación del sistema de calidad. Participar en auditorías internas, seguimiento de hallazgos y acciones correctivas. Analizar datos e indicadores de calidad para detectar desvíos u oportunidades de mejora. Apoyar en la elaboración de procedimientos, instructivos y manuales. Coordinar con las distintas áreas para asegurar la implementación efectiva de los estándares de calidad.	
JOB PROFILE	
Formación técnica o universitaria en carreras industriales, calidad o afines. Experiencia en gestión documental, control de procesos y sistemas de calidad. Manejo avanzado de Excel, software de gestión y redacción técnica. Capacidad analítica, metódica y orientada al trabajo colaborativo.	

Tabla 8.4-19 - Ficha de función del Gerente de Administración Financiera | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Administración Financiera
SECTOR	Gerencia de Administración Financiera
ROL	Gerente de Administración Financiera
SUPERVISADO POR	Gerente General
SUPERVISA A	Jefes de Departamentos: Finanzas – Compras Analista Contable y Presupuestario, Asistente Administrativo Contable, Comprador Técnico, Auxiliar de Compras
REPORTA A	Gerente General
CATEGORÍA	Fuera de Convenio Colectivo de Trabajo
CORE DUTIES	
Planificar, coordinar y supervisar todas las actividades administrativas, contables, financieras y de abastecimiento de la empresa. Garantizar el uso eficiente de los recursos financieros y asegurar el cumplimiento de las obligaciones fiscales, contables y legales. Liderar la elaboración del presupuesto anual, realizar su seguimiento y controlar desvíos en coordinación con las áreas operativas. Coordinar la gestión de compras estratégicas y operativas, asegurando el abastecimiento oportuno y en condiciones competitivas. Desarrollar indicadores de gestión financiera y de compras para la toma de decisiones de la dirección general. Negociar con proveedores, bancos y organismos estatales en representación de la empresa. Velar por la implementación de políticas internas claras en materia financiera, administrativa y de adquisiciones. Liderar al equipo de los departamentos de Finanzas y Compras, promoviendo buenas prácticas y mejora continua.	
JOB PROFILE	
Formación universitaria en Contador Público, Administración de Empresas, Economía o afines. Experiencia comprobable mínima de 7 años en posiciones gerenciales o de jefatura en áreas administrativas y financieras, preferentemente en empresas industriales. Sólidos conocimientos de contabilidad general, finanzas corporativas, compras, negociación y legislación impositiva. Dominio de herramientas de gestión (ERP, sistemas contables, tableros de control, Excel avanzado). Perfil analítico, organizado y con visión estratégica. Capacidad de liderazgo, comunicación efectiva y toma de decisiones bajo presión.	

Tabla 8.4-20 - Ficha de función del Jefe de Finanzas | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Administración Financiera
SECTOR	Departamento de Finanzas
ROL	Jefe de Finanzas
SUPERVISADO POR	Gerente de Administración Financiera
SUPERVISA A	Analista Contable y Presupuestario - Asistente Administrativo Contable
REPORTA A	Gerente de Administración Financiera
CATEGORÍA	Administrativo A1 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Coordinar y supervisar todas las actividades contables, financieras y fiscales de la empresa. Elaborar presupuestos anuales, controlar su ejecución y analizar desvíos. Administrar la liquidez, la planificación financiera y el cumplimiento de obligaciones fiscales. Generar informes económicos periódicos para la alta dirección. Supervisar la correcta registración contable y la presentación de balances e impuestos. Asegurar el cumplimiento de normas contables y legales vigentes.	
JOB PROFILE	
Título universitario en Contabilidad, Administración o Economía. Experiencia mínima de 5 años en gestión financiera y contable, preferentemente en industria. Conocimiento de normativa fiscal argentina, gestión presupuestaria y análisis financiero. Liderazgo, organización, pensamiento analítico y confidencialidad. Manejo avanzado de sistemas contables y planillas de cálculo.	

Tabla 8.4-21 - Ficha de función del Analista Contable y Presupuestario | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Administración Financiera
SECTOR	Departamento de Finanzas
ROL	Analista Contable y Presupuestario
SUPERVISADO POR	Jefe de Finanzas
SUPERVISA A	Asistente Administrativo Contable
REPORTA A	Jefe de Finanzas
CATEGORÍA	Administrativo A - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Registrar y controlar operaciones contables diarias de acuerdo con las normativas vigentes. Participar en la elaboración del presupuesto anual y en el control de su cumplimiento. Preparar reportes contables y conciliaciones bancarias. Colaborar en la liquidación de impuestos y presentaciones ante organismos fiscales. Apoyar la elaboración de balances y estados financieros.	
JOB PROFILE	
Formación técnica o universitaria en Contabilidad, Administración o afines. Experiencia mínima de 2 años en áreas contables o presupuestarias. Capacidad analítica, atención al detalle y manejo responsable de la información. Conocimiento de normativa impositiva básica y sistemas de gestión contable. Dominio de Excel y buen manejo de documentación administrativa.	

Tabla 8.4-22 - Ficha de función del Asistente Administrativo Contable | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Administración Financiera
SECTOR	Departamento de Finanzas
ROL	Asistente Administrativo Contable
SUPERVISADO POR	Jefe de Finanzas – Analista Contable y Presupuestario
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Finanzas
CATEGORÍA	Administrativo B - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Registrar comprobantes contables básicos (facturas, recibos, órdenes de pago) en el sistema de gestión. Organizar y mantener actualizado el archivo físico y digital de documentación contable y fiscal. Asistir en conciliaciones bancarias y gestión de cuentas corrientes. Colaborar en la carga y control de datos para la liquidación de impuestos y obligaciones fiscales. Preparar reportes simples y brindar soporte al Analista Contable y al Jefe de Finanzas. Atender requerimientos administrativos generales del área y coordinar con proveedores o clientes cuando sea necesario.	
JOB PROFILE	
Formación técnica, terciaria o en curso en Contabilidad, Administración o carreras afines. Experiencia mínima de 1 año en tareas contables o administrativas en empresas o estudios contables. Conocimientos básicos de registración contable, impuestos y conciliaciones. Buen manejo de herramientas informáticas (Excel, sistemas contables, correo electrónico). Perfil ordenado, metódico, con atención al detalle y compromiso con la confidencialidad de la información. Capacidad para trabajar en equipo y adaptarse a entornos dinámicos.	

Tabla 8.4-23 - Ficha de función del Jefe de Compras | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Administración Financiera
SECTOR	Departamento de Compras
ROL	Jefe de Compras
SUPERVISADO POR	Gerente de Administración Financiera
SUPERVISA A	Comprador Técnico – Auxiliar de Compras
REPORTA A	Gerente de Administración Financiera
CATEGORÍA	Administrativo A1 - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Diseñar y ejecutar la política de compras de la empresa, garantizando el abastecimiento oportuno y eficiente de bienes y servicios. Negociar con proveedores condiciones comerciales, plazos y calidad. Evaluar periódicamente el desempeño de proveedores y gestionar relaciones estratégicas. Supervisar al equipo de compras y asegurar el cumplimiento de los procedimientos internos. Coordinar con otras áreas las necesidades de adquisición según requerimientos operativos y presupuestarios. Velar por la trazabilidad y documentación de las órdenes de compra.	
JOB PROFILE	
Título universitario en Administración, Logística, Ingeniería Industrial o afines. Experiencia mínima de 4 años en gestión de compras industriales. Conocimiento de negociación, gestión de contratos, análisis de costos y abastecimiento. Buen manejo de sistemas de gestión (ERP) y paquetes informáticos. Capacidad de liderazgo, organización y toma de decisiones.	

Tabla 8.4-24 - Ficha de función del Comprador Técnico | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Administración Financiera
SECTOR	Departamento de Compras
ROL	Comprador Técnico
SUPERVISADO POR	Jefe de Compras
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Compras
CATEGORÍA	Administrativo A - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Gestionar las compras de insumos, repuestos y servicios técnicos específicos solicitados por los distintos sectores. Buscar, evaluar y seleccionar proveedores según criterios de calidad, precio y cumplimiento. Emitir órdenes de compra y realizar seguimiento hasta la recepción del bien o servicio. Controlar la documentación asociada (presupuestos, remitos, facturas) y coordinar con finanzas para los pagos. Colaborar en la actualización de precios y condiciones contractuales.	
JOB PROFILE	
Formación técnica o terciaria en Administración, Logística o afines. Experiencia previa en compras industriales o técnicas. Capacidad para interpretar especificaciones técnicas de productos o servicios. Habilidades de negociación, orden administrativo y manejo de sistemas ERP. Proactividad y capacidad para trabajar bajo presión.	

Tabla 8.4-25 - Ficha de función del Auxiliar de Compras | Fuente - Autoría propia

FICHA DE FUNCIÓN – METCLOR S.A.	
UNIDAD	Gerencia de Administración Financiera
SECTOR	Departamento de Compras
ROL	Auxiliar de Compras
SUPERVISADO POR	Jefe de Compras
SUPERVISA A	-
REPORTA A	Jefe de Compras
CATEGORÍA	Administrativo B - FESTIQyPRA
CORE DUTIES	
Solicitar cotizaciones a proveedores y mantener actualizadas las listas de precios. Cargar órdenes de compra en el sistema y realizar seguimiento hasta su aprobación. Coordinar con Logística y Almacén para verificar la recepción conforme de materiales. Archivar presupuestos, remitos y facturas vinculadas al proceso de compras. Apoyar al Comprador Técnico en la comparación de ofertas y selección de proveedores. Mantener actualizada la base de datos de proveedores y colaborar en su evaluación periódica. Brindar soporte operativo y administrativo al Jefe de Compras y al equipo del área.	
JOB PROFILE	
Formación secundaria completa, preferentemente con estudios técnicos o terciarios en Administración, Logística o afines. Experiencia mínima de 1 año en tareas administrativas vinculadas a compras o abastecimiento. Conocimientos básicos de documentación comercial (órdenes, remitos, facturas) y criterios de evaluación de proveedores. Manejo fluido de Excel y sistemas de gestión (preferentemente ERP). Perfil organizado, metódico y con buena comunicación para tratar con proveedores y otras áreas internas. Capacidad de trabajo en equipo y disposición para aprender.	

8.4.3 Categorización del personal

Para realizar el estudio de la escala salarial se analizó el Convenio de la **FEDERACIÓN DE SINDICATOS DE TRABAJADORES DE INDUSTRIAS QUIMICAS Y PETROQUIMICAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA**, donde se describen detalladamente los puestos de la empresa y los categoriza según sus funciones. Además, cabe detallar que los puestos gerenciales de cada una de las áreas, como también el gerente general no entran en el convenio de trabajo establecido para los puestos administrativos y operacionales.

La clasificación del personal, según se presenta, es la siguiente:

8.4.3.1 Dirección General y Gerencias (Fuera de Convenio)

a. Gerente General – Fuera de Convenio

Máxima autoridad de la planta, responsable de la dirección estratégica y operativa de toda la empresa. Conduce la empresa en su totalidad.

El salario para este puesto asciende a \$4.000.000.

El valor por hora estimado es de \$17.857,14.

b. Gerente de Administración Financiera – Fuera de Convenio

Responsable de la gestión financiera, presupuestaria y de compras de la planta, con visión estratégica.

El salario para este puesto asciende a \$3.000.000 (sueldo por hora estimado - \$13.392,86).

c. Gerente de Comercial y Calidad – Fuera de Convenio

Lidera el área comercial y la gestión de calidad de productos, promoviendo la satisfacción del cliente y la mejora continua.

El salario para este puesto asciende a \$3.000.000.

El valor por hora estimado es de \$13.392,86.

d. Gerente de Operaciones – Fuera de Convenio

Supervisa la producción, mantenimiento, logística y operación integral de la planta.

El salario para este puesto asciende a \$3.000.000.

El valor por hora estimado es de \$13.392,86.

8.4.3.2 Departamento de Finanzas

a. **Jefe de Finanzas** – *Categoría A1: Administrativo calificado*

Empleado/a con responsabilidad sobre la planificación contable, impositiva y financiera de la empresa, con funciones de supervisión sobre el equipo contable y presupuestario.

El salario para este puesto asciende a \$1.714.765,82.

El valor por hora es de \$5.797,57 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$10.717,29.

b. **Analista Contable** – *Categoría A: Administrativo semi-calificado*

Empleado/a que ejecuta tareas contables como conciliaciones, registro de operaciones y elaboración de balances, bajo supervisión.

El salario para este puesto asciende a \$1.592.316,22.

El valor por hora es de \$5.032,26 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.951,98.

c. **Asistente Administrativo Contable** – *Categoría B: Administrativo inicial*

Empleado/a que brinda apoyo operativo en el área administrativa contable: carga de datos, archivo, seguimiento básico de cuentas.

El salario para este puesto asciende a \$1.477.687,42.

El valor por hora es de \$4.315,83 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.235,55.

8.4.3.3 Departamento de Compras

a. **Jefe de Compras** – *Categoría A1: Administrativo calificado*

Empleado/a con responsabilidad sobre la gestión integral de compras, desde la negociación hasta el seguimiento de entregas. Coordina al personal del área.

El salario para este puesto asciende a \$1.714.765,82.

El valor por hora es de \$5.797,57 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$10.717,29.

b. **Comprador Técnico** – *Categoría A: Administrativo semi-calificado*

Empleado/a que ejecuta compras con criterio técnico, analiza cotizaciones, valida especificaciones y mantiene contacto con proveedores.

El salario para este puesto asciende a \$1.592.316,22.

El valor por hora es de \$5.032,26 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.951,98.

c. **Auxiliar de Compras** – *Categoría B: Administrativo inicial*

Empleado/a que colabora en tareas administrativas del área, solicita cotizaciones, carga órdenes y archiva documentación.

El salario para este puesto asciende a \$1.477.687,42.

El valor por hora es de \$4.315,83 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.235,55.

8.4.3.4 Departamento Comercial y Marketing

a. Jefe de Comercial y Marketing – Categoría A1: Administrativo calificado

Empleado/a responsable de diseñar y ejecutar la estrategia comercial y de marketing. Lidera el equipo de ventas y comunicación institucional.

El salario para este puesto asciende a \$1.714.765,82.

El valor por hora es de \$5.797,57 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$10.717,29.

b. Ejecutivo de Ventas – Categoría A: Administrativo semi-calificado

Empleado/a que gestiona la cartera de clientes, realiza cotizaciones, cierra ventas y brinda asistencia técnica básica.

El salario para este puesto asciende a \$1.592.316,22.

El valor por hora es de \$5.032,26 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.951,98.

c. Analista de Marketing – Categoría A: Administrativo semi-calificado

Empleado/a que se dedica a recolectar, analizar y procesar datos para entender el comportamiento del mercado, las preferencias del consumidor y las tendencias de la competencia.

El salario para este puesto asciende a \$1.592.316,22.

El valor por hora es de \$5.032,26 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.951,98.

d. Community Manager – Categoría B: Administrativo inicial

Empleado/a que administra redes sociales y medios digitales de la empresa, generando contenido visual y textual alineado con la estrategia comercial.

El salario para este puesto asciende a \$1.477.687,42.

El valor por hora es de \$4.315,83 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.235,55.

8.4.3.5 Departamento de Gestión de la Calidad

a. Jefe de Gestión de la Calidad – Categoría A1: Administrativo calificado

Empleado/a responsable del sistema de gestión de calidad de la empresa, lidera auditorías, promueve mejoras y asegura la trazabilidad del producto.

El salario para este puesto asciende a \$1.714.765,82.

El valor por hora es de \$5.797,57 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$10.717,29.

b. Técnico de Control de Calidad – Categoría A1: Técnico calificado

Empleado/a que se enfoca en asegurar que los procesos y productos cumplan con los estándares de calidad y seguridad.

El salario para este puesto asciende a \$1.712.225,98.

El valor por hora es de \$4.818,08 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$8.917,84.

c. Analista de Calidad – Categoría A: Administrativo semi-calificado

Empleado/a que gestiona indicadores de calidad, elabora documentación técnica y participa en controles y auditorías internas.

El salario para este puesto asciende a \$1.592.316,22.

El valor por hora es de \$5.032,26 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.951,98.

8.4.3.6 Departamento de Producción

a. Jefe de Producción – Categoría A3: Supervisor técnico operativo

Empleado/a con responsabilidad sobre la operación continua de la planta, coordinación de personal por turno y cumplimiento de planes de producción.

El salario para este puesto asciende a \$1.878.576,70.

El valor por hora es de \$5.684,49 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.784,25.

b. Operario de Producción – Categoría A: Operario calificado

Empleado/a que opera los equipos de cloración en régimen 24/7, realiza controles de rutina y asegura el funcionamiento continuo del proceso.

El salario para este puesto asciende a \$1.925.709,50.

El valor por hora es de \$4.447,48 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$7522,30.

8.4.3.7 Departamento de Logística y Almacenamiento

a. Jefe de Logística – Categoría A3: Supervisor técnico operativo

Empleado/a encargado/a de planificar despachos, coordinar movimientos de insumos y mantener fluidez en la cadena logística.

El salario para este puesto asciende a \$1.878.576,70.

El valor por hora es de \$5.684,49 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.784,25.

b. Encargado de Almacén – Categoría A2: Encargado de área

Empleado/a que controla el ingreso y egreso de materiales, organiza el almacén y asegura la trazabilidad de inventario.

El salario para este puesto asciende a \$1.789.308,22.

El valor por hora es de \$5.219,55 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.319,31.

c. Auxiliar de Logística – Categoría A: Operario calificado

Empleado/a que realiza tareas de manipulación de carga, armado de pedidos y operación de autoelevadores.

El salario para este puesto asciende a \$1.641.070,78.

El valor por hora es de \$4.447,48 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$8.547,24.

8.4.3.8 Departamento de Mantenimiento y Seguridad

a. Jefe de Mantenimiento y Seguridad – Categoría A3: Supervisor técnico operativo

Empleado/a que lidera la planificación de mantenimiento preventivo y correctivo de instalaciones, coordina el personal técnico y asegura continuidad operativa.

El salario para este puesto asciende a \$1.878.576,70.

El valor por hora es de \$5.684,49 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$9.784,25.

b. Técnico de Mantenimiento – Categoría A1: Técnico calificado

Empleado/a con conocimientos técnicos en electricidad y mecánica, realiza diagnósticos, reparaciones y mantenimiento de equipos.

El salario para este puesto asciende a \$1.712.225,98.

El valor por hora es de \$4.818,08 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$8.917,84.

c. **Técnico de Higiene y Seguridad** – *Categoría A1: Técnico calificado*

Empleado/a que controla el cumplimiento de normativas de seguridad e higiene, capacita al personal y previene riesgos laborales.

El salario para este puesto asciende a \$1.712.225,98.

El valor por hora es de \$4.818,08 + suma fija solidaria + gratificación extraordinaria= \$8.917,00.

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 han definido los regímenes de turnos y horarios laborales para los distintos niveles del personal de planta según el siguiente esquema:

- **Personal gerencial** – Horario laboral de lunes a viernes, 8 horas por día. Trabajando un total de 40 horas semanales, siendo al mes, 160 horas.
- **Personal jefaturas de departamentos** – Horario laboral de lunes a sábado, 8 horas por día. Trabajando un total de 48 horas semanales, siendo al mes, 192 horas.
- **Personal administrativo** – Horario laboral de lunes a viernes, 8 horas por día. Trabajando un total de 40 horas semanales, siendo al mes, 160 horas.
- **Personal operativo** – Horario laboral de lunes a viernes, 8 horas por día. Durante los fines de semana, se organizan en turnos rotativos de 12 horas por día, con dos operarios activos y uno de franco. Trabajando un total de 64 horas semanales, siendo al mes, 256 horas.

Rol	Puestos a cubrir	Turnos	Trabajadores Necesarios
Gerencia General			
Gerente General	1	1	1
Gerencia de Administración Financiera			
Gerente de Administración Financiera	1	1	1
Departamento de Finanzas			
Jefe de Finanzas	1	1	1
Analista Contable y Presupuestario	1	1	1
Asistente Administrativo Contable	1	1	1
Departamento de Compras			
Jefe de Compras	1	1	1
Comprador Técnico	1	1	1
Auxiliar de Compras	1	1	1
Gerencia de Operaciones			
Gerente de Operaciones	1	1	1
Departamento de Operaciones			
Jefe de Producción	1	1	1
Operario de Producción	6	3	6
Departamento de Logística y Almacenamiento			
Jefe de Logística y Almacenamiento	1	1	1
Auxiliar de Logística	2	2	2
Encargado de Almacén	1	1	1
Departamento de Mantenimiento y Seguridad			
Jefe de Mantenimiento	1	1	1
Técnico de Mantenimiento	2	2	2
Técnico de Higiene y Seguridad	1	1	1
Gerencia de Desempeño Comercial y Calidad			
Gerente Comercial y de Calidad	1	1	1
Departamento de Comercial y Marketing			
Jefe Comercial y de Marketing	1	1	1
Ejecutivo de Ventas	2	2	2
Analista de Marketing	1	1	1
Community Manager	1	1	1
Departamento de Gestión de la Calidad			
Jefe de Gestión de la Calidad	1	1	1
Técnico de Control de Calidad	2	2	2
Analista de Calidad	1	1	1
TOTAL	33	31	34

CAPÍTULO IX – DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

9.1 Diseño y distribución de planta

El diseño y distribución de la planta permiten establecer una disposición eficiente de los sectores intervinientes, con el objetivo de optimizar tiempos, minimizar las distancias de recorrido dentro de la empresa y costos de operación. 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 a la producción de floculantes. 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 materia prima**
- **Área de producción**
- **Inventario de productos**
- **Área de despacho**
- **Laboratorio de control de calidad**
- **Mantenimiento**
- **Oficinas administrativas**
- **Espacio de descanso**
- **Sanitarios y vestuarios**
- **Estacionamiento**

Tabla 9.1-1 - Diseño y distribución de la planta METCLOR S.A. | Fuente - Autoría Propia

Edificios e instalaciones	Dimensiones (m ²)
Recepción de materia prima	400
Área de producción	625
Inventario de productos	200
Área de despacho	200
Laboratorio de control de calidad	200
Mantenimiento	250
Oficinas administrativas	300
Espacio de descanso	200
Sanitarios y vestuarios	450
Estacionamiento	500

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.

9.1.1 Recepción de materia prima

Este sector se destina a la recepción de ácido clorhídrico, cloro gaseoso y chatarra metálica.

Debe contar con una zona de descarga con acceso adecuado para camiones y equipos de descarga. Esta requiere un área de 400 m² para el almacenamiento permanente de chatarra metálica.

Para el almacenamiento de ácido clorhídrico se destinará el mismo espacio que para el almacenamiento de cloro gaseoso y ambos se dispondrán en tanques normalizados.

9.1.2 Área de Producción

En este sector se llevan a cabo las operaciones que transforman la materia prima en cloruro férrico listo para ser comercializado.

Se estima el área en función del tamaño de los equipos y el espacio requerido para la instalación y operación de estos. Además, se deben considerar accesos amplios y pasillos de circulación para maniobras seguras.

Se recomienda una superficie de 625 m².

9.1.3 Inventario de productos

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 productos terminados.

Se estima una superficie de 200 m² para almacenamiento.

9.1.4 Área de despacho

Espacio destinado a la carga de los productos terminados y listos para su envío a los clientes. Debe contar con acceso adecuado para camiones y zonas de carga seguras.

Se recomienda una superficie de 200 m².

9.1.5 Laboratorio de control de calidad

Área destinada al control de los productos terminados con la finalidad de asegurar los parámetros de calidad. Se debe garantizar el acceso a servicios como agua, electricidad, ventilación adecuada y eliminación de residuos.

Se recomienda un área de 200 m².

9.1.6 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 250 m².

9.1.7 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 300 m².

9.1.8 Espacio de descanso

Zona habilitada para que los empleados puedan tomar pausas durante la jornada laboral.

Se recomienda una superficie de 200 m².

9.1.9 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 450 m².

9.1.10 Estacionamiento

Zona destinada al estacionamiento de vehículos del personal, clientes y proveedores.

Se considera un espacio para 15 - 20 vehículos con medidas de 6 m por 4 m por cada espacio de estacionamiento.

Se recomienda una superficie de 500 m².

La superficie total ocupada por los edificios es de 3325 m², teniendo en cuenta espacios verdes y de circulación este valor aumenta a 4000 m².

9.2 Diagrama simplificado de distribución de planta



Ilustración 9.2-1 - Diagrama de la distribución de planta | Fuente - Autoría Propia

CAPÍTULO X – ASPECTOS JURÍDICOS

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 producir cloruro férrico en solución líquida, resulta necesario analizar el marco normativo que rige tanto la actividad productiva como la gestión de los residuos sólidos y líquidos generados durante el proceso.

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 producción de floculantes en la Provincia de Buenos Aires.

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 las instalaciones dedicadas a la producción de reactivos químicos en establecimientos industriales localizados en la Provincia de Buenos Aires.

Tabla 10.2-1 - Marco legal aplicable | Fuente - Autoría Propia

NORMA	TÍTULO/DESCRIPCIÓN
TRATADOS INTERNACIONALES	• 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 • CONFERENCIA SOBRE MEDIO AMBIENTE DE RIO DE JANEIRO (1992) Establece la AGENDA 21, un programa de acción basado en el desarrollo sustentable para la solución de problemas ecológicos, desaparición de especies nativas, efecto invernadero y cambio climático. • PROTOCOLO DE KYOTO (1997 – entró en vigencia en el 2005) Establece que para el 2012 se reduzcan las emisiones gaseosas del efecto invernadero.
CONSTITUCIÓN NACIONAL	• 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.
LEY NACIONAL 25.675	• 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.
LEY NACIONAL 24.051	• Residuos peligrosos (1991)
LEY NACIONAL 25.612	• Gestión integral de residuos industriales (2002)

LEY NACIONAL 19.857	Ley Nacional de Higiene y Seguridad (1972)
CONVENIO 77	Convenio colectivo de trabajo FESTIQyPRA (1989)
ORDENANZA PROVINCIAL 7.288	Ordenanza para la habilitación industrial (2021)
ORDENANZA PROVINCIAL 5.245	Ordenanza para la protección ecológica, planes de manejo y responsabilidad municipal (2009)

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 cloruro férrico (METCLOR S.A) 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).
- Y18 Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.
- Y21 Compuestos de cromo hexavalente (tareas de laboratorio).
- Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida (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 producción de FeCl_3 y el laboratorio de la empresa METCLOR S.A.
- los sólidos del área de embalaje, adecuación, mantenimiento y laboratorio producidos por la empresa METCLOR S.A.

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 Convenio 77 – Convenio colectivo de trabajo FESTIQyPRA

El presente proyecto adopta el **Convenio Colectivo de Trabajo N.º 77/89**, aplicable a los trabajadores de la industria química.

Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la República Argentina es el nombre que adopta este convenio y establece las condiciones laborales, derechos y obligaciones tanto de los empleados como de los empleadores del sector, con el objetivo de regular las relaciones laborales de manera justa y equilibrada.

10.3.7 Ordenanza provincial 7.288 – Habilitación industrial

Este proyecto contempla la **Ordenanza Provincial N.º 7.288**, correspondiente al año 2021, la cual establece los requisitos y procedimientos para la habilitación de establecimientos industriales en la provincia.

Su aplicación garantiza el cumplimiento de normas técnicas, ambientales y de seguridad, necesarias para el funcionamiento legal de las plantas industriales. Los aspectos vinculados a esta ordenanza se abordan en el capítulo correspondiente al análisis legal y normativo del proyecto.

10.3.8 Ordenanza provincial 5.245 – Protección ecológica, planes de manejo y responsabilidad municipal

También se considera en este proyecto la **Ordenanza Provincial N.º 5.245**, sancionada en el año 2009, la cual establece disposiciones para la protección ecológica, la implementación de planes de manejo ambiental y la definición de responsabilidades en el ámbito municipal. Esta normativa orienta el accionar de las industrias respecto al cuidado del entorno natural y la gestión sustentable de sus actividades. Los aspectos relacionados con esta ordenanza se desarrollan en el capítulo correspondiente al marco legal y ambiental del proyecto.

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.

CAPÍTULO XI – ASPECTOS NORMATIVOS

11.1 Aspectos normativos

En este capítulo se abordan los aspectos normativos esenciales para la producción y comercialización de cloruro férrico en Argentina. Se detallan las normativas vigentes, tanto obligatorias como voluntarias, y los requisitos técnicos, ambientales y comerciales que deben cumplirse para acceder al mercado con un producto competitivo y confiable.

En Argentina, el cloruro férrico tiene aplicaciones industriales significativas, especialmente en el tratamiento de aguas residuales, industrias químicas y procesos metalúrgicos. Empresas como Ferroclor S.A., Clorosur (Clorosol S.A.), Unipar Indupa, se dedican a la fabricación de cloruro férrico, cloruro ferroso y cloruro de calcio, posicionándose como un referente nacional en la producción de estos compuestos químicos.

El cumplimiento de normativas no solo responde a exigencias legales, sino que constituye una estrategia comercial clave. Certificar la calidad del producto y adoptar sistemas de gestión como ISO 9001 o ISO 14001 permite ganar la confianza de los clientes, mejorar la reputación empresarial y alcanzar precios de venta más competitivos. Además, se convierte en un respaldo técnico frente a licitaciones o procesos de evaluación de proveedores por parte de organismos públicos y privados.

La existencia de empresas como Ferroclor S.A. establece un estándar de calidad en el mercado nacional. Por lo tanto, cualquier nuevo actor en la producción de cloruro férrico debe aspirar a igualar o superar estos estándares, incorporando prácticas normativas desde el inicio. Esto permitirá:

- Asegurar la conformidad del producto con estándares internacionales.
- Garantizar procesos productivos controlados, seguros y eficientes.
- Promover la mejora continua y la innovación en el tratamiento químico.
- Acceder a mercados locales y regionales que actualmente dependen de importaciones.
- Respalda la creación de empleo en sectores como la operación de plantas, logística, aseguramiento de la calidad y servicios ambientales.

Adoptar normas técnicas no solo mejora el producto, sino que también:

- Favorece la calidad y eficiencia, reduciendo costos operativos.
- Fortalece la imagen institucional y la gestión empresarial.
- Facilita la apertura a nuevos mercados y clientes más exigentes.
- Refuerza la seguridad laboral, protegiendo al personal frente a los riesgos inherentes al manejo de sustancias químicas.

- Impulsa el desarrollo de normativas propias, adaptadas a las realidades del sector y del país.

11.2 Normas a certificar

En Argentina existen distintas normativas técnicas que aplican a la producción de cloruro férrico, principalmente normas ISO, ASTM e IRAM, que establecen requisitos de calidad, seguridad y trazabilidad. Algunas son obligatorias para ciertos mercados o clientes, mientras que otras son adoptadas voluntariamente por decisión de la empresa como estrategia comercial.

Certificar bajo estas normas aporta valor agregado al producto, mejora la gestión interna y genera confianza en los compradores. Sin embargo, implica una inversión inicial en infraestructura, capacitación y adecuación de procesos. Esta inversión no es puntual, sino que requiere mantenimiento y actualización constante del sistema de gestión implementado.

Aplicar correctamente un sistema de calidad puede mejorar significativamente los resultados económicos, reduciendo tiempos improductivos, errores operativos y costos logísticos. Además, mejora la conformidad del producto con los estándares del mercado, posicionándolo mejor frente a competidores locales e internacionales.

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 cumplido sus requisitos.

De manera adicional a la norma se puede aplicar la metodología de “Planificar, Hacer, Verificar; Actuar”, 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.

11.2.1.1 ISO 9000: Sistemas de Gestión de Calidad

La norma ISO 9000 es un conjunto de normas internacionales de gestión de calidad que fortalece los requisitos para un sistema de gestión de calidad efectivo. Estas normas se enfocan en mejorar la satisfacción del cliente al asegurar que los productos y servicios cumplen con los requisitos del cliente y los requisitos legales y reglamentarios aplicables.

La implementación de la norma ISO 9000 permite a las empresas mejorar su desempeño en términos de calidad, aumentar la satisfacción del cliente, optimizar sus procesos, reducir costos, identificar oportunidades de mejora y cumplir con la normativa aplicable.

Dentro de la norma ISO 9000 encontramos:

11.2.1.1.1 ISO 9001: Sistemas de Gestión de Calidad - Requisitos

Establece los requisitos mínimos que deben cumplir un Sistema de Gestión de Calidad, puede ser aplicado tanto de manera interna, para certificación o para fines contractuales.

La certificación en la norma ISO 9001 no significa que la empresa produzca productos o servicios de calidad perfecta, sino que tiene un sistema de gestión de calidad efectivo y demuestra su compromiso con la mejora continua de su desempeño.

11.2.1.1.2 ISO 9004: Sistema de Gestión de Calidad - Directrices para la mejora del desempeño

Proporciona la orientación para ir más allá de los requisitos de la norma 9001, persiguiendo el concepto de la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

11.2.1.2 ISO 14000: Sistema de Gestión Ambiental

El objetivo de esta norma es promover la estandarización de formas de producir y prestar servicios que no afecten al medio ambiente, minimizando los efectos dañinos que puedan causar las actividades de la organización, enfocándose en la minimización del impacto ambiental y la prevención de la contaminación.

La implementación de la norma ISO 14000 permite a las empresas identificar y gestionar los aspectos significativos de sus actividades y productos, evaluar el impacto ambiental de sus procesos, establecer objetivos y metas ambientales, implementar programas de mejora continua y cumplir con la normativa ambiental aplicable.

Los estándares que promueven las normas ISO 14000 están diseñados para proveer un modelo eficaz de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), facilitar el desarrollo comercial y económico mediante el establecimiento de un lenguaje común en lo que se refiere al medio ambiente y promover planes de gestión ambiental estratégicos en la industria y el gobierno. Este sistema identifica políticas, procedimientos y recursos para cumplir y mantener un gerenciamiento ambiental efectivo, lo que conlleva evaluaciones rutinarias de impactos ambientales y el compromiso de cumplir con las leyes y regulaciones vigentes en el tema, así como también la oportunidad de continuar mejorando el comportamiento ambiental.

Dentro de la norma ISO 14000 encontramos:

11.2.1.2.1 ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental – Requisitos

La certificación en la norma ISO 14001 es voluntaria y otorgada por organismos de certificación independientes. La certificación en la norma ISO 14001 no significa que la empresa es ambientalmente perfecta, sino que tiene un sistema de gestión ambiental efectivo y demuestra su compromiso con la mejora continua de su desempeño ambiental.

11.2.1.2.2 ISO 14004: Directrices para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental

Proporciona orientación práctica para establecer, mantener y mejorar un sistema de gestión ambiental (SGA). Complementa a la ISO 14001, ayudando a las

organizaciones a interpretar y aplicar sus requisitos de forma más efectiva, adaptándose a distintas estructuras y niveles de madurez.

11.2.1.2.3 ISO 14006: Directrices para la integración del diseño ambiental en el desarrollo de productos y servicios

Está enfocada en incorporar criterios ambientales desde la etapa de diseño, promoviendo productos y procesos más sostenibles. Es especialmente útil para empresas que desean mejorar el desempeño ambiental de su oferta desde el origen, reduciendo impactos durante todo el ciclo de vida.

11.2.1.3 ISO 26000: Responsabilidad Social Empresarial

Esta norma está diseñada para que organizaciones de todo tipo puedan utilizarla y aplicarla, tanto en el ámbito público como privado, sin importar la vía de desarrollo del país que la quiera aplicar.

De esta norma se desprende una comprensión global relevante de lo que es la responsabilidad social y lo que las organizaciones tienen que hacer para operar de una manera socialmente responsable contribuyendo las organizaciones al desarrollo sostenible, incentivando a la organización a ir más allá del cumplimiento legal, reconociendo que el cumplimiento de la ley es un deber fundamental de cualquier organización y parte esencial de su responsabilidad social.

Tiene como objetivo promover el entendimiento común en el campo de la responsabilidad social y complementar otros instrumentos e iniciativas de responsabilidad social, no reemplazarlos.

11.2.2 Normas IRAM

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), anteriormente conocido como Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, es el organismo responsable de la normalización técnica y certificación de productos, procesos y sistemas en la República Argentina. Representa oficialmente al país ante organismos internacionales como ISO e IEC, participando en el desarrollo y adopción de normas globales.

Las principales actividades que desarrolla IRAM son:

- Normalización: elaboración de normas técnicas nacionales que establecen requisitos de calidad, seguridad y eficiencia.
- Certificación: evaluación de conformidad de productos, sistemas de gestión y personas frente a normas nacionales e internacionales.
- Capacitación: formación técnica sobre sistemas de gestión, calidad, medio ambiente, seguridad, entre otros.

- Documentación: edición y distribución de normas, manuales técnicos y guías prácticas.
- Representación internacional: participación en comités técnicos de ISO y otros organismos de estandarización global.
- Asistencia técnica: acompañamiento a empresas en procesos de implementación y adecuación normativa.

11.2.3 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.

11.2.4 Normativas de la Provincia de Buenos Aires

Para establecer una planta de producción de cloruro férrico en la provincia de Buenos Aires, es fundamental cumplir con una serie de normativas provinciales que regulan la instalación y operación de industrias químicas.

A continuación, se detallan las principales normativas y requisitos aplicables:

11.2.4.1 Normativa Industrial y Ambiental

- **Ley 11.459 y su reglamentación (Decreto 531/2019)**
Esta ley regula la radicación y funcionamiento de establecimientos industriales en la provincia. Requiere la obtención del Certificado de Aptitud Ambiental (CAA), el cual se gestiona en tres fases: clasificación del Nivel de Complejidad Ambiental (NCA), autorización de obras y habilitación operativa. La autoridad de aplicación es el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS).
- **Ley 5.965 y Decreto 1.074/2018**
Establecen normas para la protección de fuentes de agua y atmósfera, incluyendo requisitos para el vuelco de efluentes líquidos y emisiones gaseosas. La Autoridad del Agua (ADA) es responsable de otorgar permisos relacionados con el uso y vertido de recursos hídricos.
- **Ley 12.257**
Orienta la protección y manejo del recurso hídrico en la provincia, complementando las disposiciones de la Ley 5.965.

11.2.4.2 Riesgos y Seguridad Industrial

- **Decreto 973/2020**
Clasifica los establecimientos industriales según riesgos asociados, como acústico, químico, explosión e incendio. Para plantas que manipulan sustancias químicas, es esencial evaluar estos riesgos conforme a las pautas establecidas.
- **Decreto 351/79 (Reglamentario de la Ley Nacional 19.587)**
Establece normas de higiene y seguridad en el trabajo, incluyendo requisitos constructivos y operativos para instalaciones industriales. Es aplicable a nivel nacional y adoptado por la provincia.

11.2.4.3 Requisitos Profesionales y Habilitaciones

- **Ley 7.020 y Decreto 321/87**
Requieren que las plantas químicas cuenten con una Dirección Técnica a cargo de un profesional universitario con incumbencias en la materia, matriculado en el Consejo Profesional de Química o colegio correspondiente.
- **Registro REMPQUI**
Es obligatorio inscribir al profesional responsable en el Registro de Establecimientos de Manipulación de Productos Químicos (REMPQUI), gestionado por el Consejo Profesional de Química.

11.2.4.4 Producción Más Limpia y Sustentabilidad

- **Decreto 1.564/2007**

Aprueba el Convenio de Colaboración para la Promoción de la Producción Más Limpia en la Industria Química, incentivando la adopción de tecnologías y prácticas que minimicen el impacto ambiental.

CAPÍTULO XII – ASPECTOS AMBIENTALES

12.1 Aspectos ambientales

La gestión ambiental constituye un eje esencial en el desarrollo de este proyecto, ya que su factibilidad no solo depende de su viabilidad técnica y económica, sino también del cumplimiento normativo y del compromiso con la sostenibilidad. En el caso de una planta destinada a la producción de cloruro férrico (FeCl_3) a partir de chatarra férrica y ácido clorhídrico, este compromiso adquiere una relevancia aún mayor, dada la manipulación de sustancias peligrosas y la generación de efluentes potencialmente contaminantes.

En este contexto, el respeto por las normativas ambientales vigentes y la implementación de prácticas responsables no solo son requisitos legales, sino también garantías indispensables para preservar la aceptación social del proyecto y su integración armónica en el entorno. Un manejo inadecuado de residuos, emisiones o efluentes podría afectar tanto el medio ambiente como la credibilidad de la empresa ante organismos de control, comunidades vecinas y potenciales clientes.

La sustentabilidad del proyecto requiere lograr un equilibrio entre el beneficio económico, la minimización de impactos ambientales y el respeto por las expectativas sociales. No se trata únicamente de evitar daños, sino de establecer un marco de gestión transparente y proactivo que permita anticipar, mitigar y controlar los riesgos ambientales inherentes al proceso productivo.

El impacto ambiental se define como cualquier modificación al medio natural provocada directa o indirectamente por las actividades del proyecto. Su evaluación resulta imprescindible para detectar y corregir posibles efectos adversos sobre el aire, el agua, el suelo y la salud humana. Asimismo, permite optimizar tecnologías, reducir pasivos ambientales y mejorar el desempeño general de la planta.

Este capítulo presenta un análisis preliminar de los potenciales impactos ambientales asociados al ciclo de vida del proyecto: construcción, operación, mantenimiento y cierre. Este diagnóstico inicial funcionará como una guía de referencia para orientar el diseño e implementación de medidas de mitigación, aunque deberá complementarse con estudios más específicos sobre el tratamiento de residuos sólidos, efluentes líquidos y emisiones gaseosas, que exceden el alcance de este documento y se desarrollarán en futuras etapas de evaluación ambiental.

12.2 Responsabilidad social ambiental en la industria

La responsabilidad social empresarial hace referencia a la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y su valor agregado.

La responsabilidad ambiental se debe incluir dentro de la gestión de la empresa generando programas que minimicen los impactos ambientales que el propio proyecto genere por su naturaleza productiva.

El modelo de gestión propuesto en el presente proyecto está basado en un modelo de autocontrol que permita conocer los impactos ambientales generados en el proceso y su valoración según un criterio objetivo, una vez determinados generar todos los planes de mitigación y prevención posibles para evitar que estos impactos se conviertan en un foco de riesgo mayor.

12.3 Estructura de la evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental del proyecto incluye tres componentes principales:

- **Línea de base ambiental:** descripción del entorno físico, biológico y social donde se implantará la planta, utilizada como referencia para detectar cambios ambientales.
- **Identificación y valoración de impactos:** análisis de los efectos potenciales del proyecto sobre el ambiente en sus distintas etapas, evaluando su magnitud, duración y probabilidad.
- **Plan de gestión ambiental (PGA):** conjunto de medidas para prevenir, mitigar y controlar los impactos negativos, incluyendo monitoreos, planes de contingencia y cumplimiento normativo.

12.3.1 Determinación de la línea de base ambiental o base cero

Se describen las características del entorno en donde se va a emplazar el proyecto, según aspectos ambientales, el medio natural y el medio antrópico.

12.3.1.1 Medio físico

Región fitogeográfica y relieve

Dentro de la clasificación de regiones fitogeográficas de América Latina, el área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia fitogeográfica pampeana, perteneciente al dominio chaqueño de la región neotropical.

La misma se caracteriza por ser una región llana o ligeramente ondulada con algunas serranías de poca altura.

El área en estudio se sitúa en la región pampeana, caracterizada por su relieve de tipo llano con algunas lomadas alternantes; estableciendo en resumen una morfología de tipo ondulada. Este relieve se formó en su origen a partir de los procesos de erosión fluvial diferencial de los sedimentos pampeanos.

Clima

Presenta un clima templado-húmedo, con veranos cálidos y húmedos, e inviernos suaves. La temperatura media anual ronda los 17–20 °C. Los vientos predominantes son del noreste y sudeste, con influencia ocasional del viento pampero.

La temperatura media para la estación más cálida (sobre el mes de enero) es de 22,6 °C y el mes más frío (julio) es de 10,5°C. La temperatura media anual se halla comprendida entre los 16,0 – 16,5 °C. Los máximos y mínimos indican valores muy importantes entre 36 –38°C (para los máximos) y los 0 - 5 °C (para los mínimos). Campana se caracteriza como una región templada lluviosa, con veranos calientes, húmedos, mojados y mayormente despejados, mientras que los inviernos son fríos y parcialmente nublados.

Precipitaciones

Las lluvias son abundantes y superan los 1.000 mm anuales, con máximos en primavera y verano. La humedad relativa promedia el 70%, alcanzando valores mayores en verano debido a la cercanía del río.

El valor promedio de precipitaciones en base a un registro de 40 años indica un valor de 1020,9 mm anuales. La cantidad de días lluviosos por año ha sido de 83 con extremos mínimos de 48 días y máximos de 113 días.

Humedad Relativa

Debido a la proximidad al Estuario del Plata y la cantidad elevada de ríos y arroyos que surcan el Delta su humedad relativa es elevada casi todo el año.

La media anual es de 76%, siendo las medias máximas en los meses de invierno con valores de hasta 81% y las mínimas en el verano del orden del 69%.

Suelos

Los suelos predominantes son molisoles fértiles, con buena retención de humedad. En el área industrial, pueden presentar compactación y presencia de sedimentos aluviales.

La empresa se emplaza sobre suelos pampeanos toscos y poco toscos, caracterizados por su buena estabilidad para excavaciones verticales mayores a 2 m. Son suelos finos, firmes y sobreconsolidados, correspondientes a la terraza alta.

En perfil vertical, se distinguen tres horizontes:

- *Primer horizonte:* arcilloso, plástico y firme, color castaño, con napa freática generalmente profunda (hasta 10 m).
- *Segundo horizonte:* limoso a limo-arenoso, poco plástico, muy cohesivo y con presencia de tosca (nódulos o bancos calcáreos imprevisibles).
- *Tercer horizonte:* arcilloso, color gris verdoso, muy consistente, con laminación horizontal y baja permeabilidad vertical.

Calidad del aire

En el área de Campana-Zárate, la calidad del aire es monitoreada por CICACZ, que mide contaminantes como SO₂, NO_x, CO, PM10 y O₃, utilizando el Índice de Calidad del Aire (ICA).

Aunque algunas zonas del AMBA superan los niveles recomendados por organismos internacionales, en Campana el monitoreo permite evaluar posibles riesgos para la salud y tomar medidas preventivas.

Las principales fuentes de contaminación son la actividad industrial y el transporte. Por ello, se requiere una red de control constante para comparar los niveles con los estándares establecidos y detectar posibles excesos.

Medio biótico

El proyecto se emplaza dentro del parque industrial Campana, por lo tanto, el área se encuentra urbanizada, por lo tanto, las condiciones del medio físico natural se encuentran modificadas por la acción del hombre, se puede concluir que no hay registros actuales de la biota original.

Flora

La zona donde se realiza el emplazamiento corresponde a una zona urbana, donde la vegetación que predomina es la estepa o pseudoestepa de gramíneas, entre las cuales crecen especies herbáceas y algunos arbustos.

Existen también numerosas comunidades edáficas, estepas halófitas, bosques marginales a las orillas de los ríos y bosques xerófilos sobre las barrancas y bancos de conchilla.

La vegetación primitiva es inexistente y en lugar de esta, se encuentran distintas especies de árboles y arbustos de diverso porte ya que es un área que cuenta con espacios libres y verdes.

Fauna

La fauna originaria asociada a la vegetación nativa corrió la misma suerte que la vegetación y actualmente se reduce a la avifauna, habituada al medio urbano y ambientes con arbustos o arboledas de las calles, plazas y jardines mayormente exóticos.

Entre ellas se menciona el zorzal colorado (*Turdus rufiventris*); hornero (*Furnarius rufus*); chingolo (*Zonotrichia capensis*); tordo renegrado (*Molothrus bonariensis*); benteveo común o "bicho feo" (*Pitangus sulphuratus*); Entre las aves exóticas, es común encontrar en la zona: la paloma doméstica europea (*Columba livia*), el gorrión europeo (*Passer domesticus*) y en los últimos años el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*).

12.3.1.2 Medio Antrópico

El Partido de Campana se sitúa en la provincia de Buenos Aires, Argentina, sobre la margen derecha del río Paraná de las Palmas. Sus coordenadas geográficas son aproximadamente 34°12' Sur y 58°56' Oeste, con una altitud promedio de 20 metros sobre el nivel del mar. Ocupa una superficie de 982 km² y, según datos preliminares del censo de 2022, cuenta con una población de 110.566 habitantes.

Campana es reconocida por su perfil industrial, albergando empresas de relevancia nacional e internacional. Entre las principales se encuentran:

- **Axion Energy:** Refinería de petróleo.
- **Tenaris-Siderca:** Producción de tubos sin costura para la industria energética.
- **Holcim:** Planta cementera.
- **Cabot Corporation:** Manufactura de negros de humo para refuerzos de elastómeros y carbones especiales.
- **Grupo Newsan:** Planta de electrodomésticos ATMA.

El puerto de Campana, ubicado en el kilómetro 97 del río Paraná de las Palmas, es un punto estratégico para el comercio y la logística en la región. El mismo es hoy el tercero en recaudación fiscal en todo el país, lo que da una idea fehaciente de su importancia.

12.3.2 Identificación y valoración de impactos ambientales

La concepción del planeta como una fuente inagotable de recursos ha ido perdiendo validez a medida que se evidencian sus límites. Los países industrializados, que representan solo un tercio de la población mundial, han sido históricamente los principales beneficiarios del uso intensivo de los recursos naturales generados por las otras dos terceras partes del mundo.

Cada proyecto de desarrollo conlleva inevitablemente modificaciones en el entorno en el que se implanta. Estos cambios pueden ser positivos o negativos. En el caso de impactos adversos, es fundamental implementar medidas de mitigación basadas en estudios ambientales. La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) constituye una herramienta clave de gestión, cuyo objetivo es identificar, predecir, interpretar, valorar y comunicar los efectos potenciales que una acción puede generar sobre el ambiente, permitiendo tomar decisiones informadas desde las etapas iniciales del proyecto.

Para ello, se consideran distintos componentes del medio:

- **Medio físico o natural:**
 - Abiótico: suelo, aire, agua.
 - Biótico: flora y fauna.

- **Medio socioeconómico:** aspectos sociales, económicos, culturales y patrimoniales de la comunidad involucrada.

Cualquiera sea la magnitud del proyecto, la EIA debe cumplir con una secuencia metodológica estructurada, enfocada en prevenir, mitigar o compensar los efectos negativos sobre el ambiente, a través de las etapas de identificación, predicción, valoración y comunicación de impactos.

Una evaluación adecuada desde la etapa de diseño no solo permite preservar el entorno, sino también optimiza recursos, reduce costos y tiempos, mejora la planificación, define áreas de influencia física y social, identifica a los actores involucrados y asigna responsabilidades específicas a los profesionales participantes.

Como resultado del proceso se elabora un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que sirve de base para la emisión de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) por parte del organismo competente. Esta declaración incluye recomendaciones de medidas de mitigación orientadas a minimizar los efectos negativos del proyecto.

El análisis se centra en dos etapas fundamentales: la **construcción** y la **operación** de la planta, sin incluir la fase de abandono, ya que el proyecto se plantea con un horizonte de producción a largo plazo. Para la identificación y valoración de impactos, se aplicó la metodología Conesa en forma modificada, incorporando herramientas de evaluación cualitativa mediante escala cromática y una segunda matriz para la valoración cuantitativa de los impactos identificados.

Etapas vinculadas al desarrollo del proceso productivo:

12.3.2.1.1 Etapa de construcción

Durante esta fase se desarrollan actividades preliminares y de obra, entre ellas:

- **Construcción de accesos viales:** adecuación de caminos para el ingreso de maquinaria y personal, e instalación de señalización, cercos y servicios provisorios.
- **Limpieza del terreno e instalaciones temporarias:** incluye movimientos de suelo y remoción de elementos que obstaculicen la obra.
- **Transporte de maquinaria y de materiales:** movilización de equipos de excavación, nivelación y camiones. Además de circulación de insumos y materiales de obra.
- **Acondicionamiento del terreno y obras civiles:** excavación y construcción de fundaciones para el montaje de los equipos de planta y ejecución de estructuras e instalaciones definitivas del proyecto.
- **Instalación y montaje de equipos:** colocación de los equipos productivos una vez finalizadas las obras civiles.

- **Gestión de residuos:** manejo, tratamiento y disposición de residuos generados durante la obra, conforme a su tipo y normativa aplicable.

12.3.2.1.2 Etapa de operación

Una vez en funcionamiento, las principales actividades incluyen:

- **Operación de la planta:** ejecución del proceso productivo propiamente dicho.
- **Mantenimiento:** tareas preventivas o correctivas necesarias para el funcionamiento continuo de la instalación.
- **Gestión de residuos:** tratamiento y disposición adecuada de residuos generados durante la operación.
- **Contingencias:** evaluación y planificación ante eventos imprevistos como fenómenos climáticos extremos, incendios o accidentes operativos, considerando siempre el escenario más desfavorable.

12.3.2.1.3 Etapa de abandono

En el abandono, las actividades a realizar son las siguientes:

- **Desmantelamiento:** Se desmontarán equipos y estructuras que puedan ser reutilizados, vendidos o reciclados.
- **Desguace/Venta de maquinaria:** Seguido del paso anterior, se realiza la venta de la maquinaria pertinente para generar una ganancia extra de dicho proceso.
- **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.

12.3.3 Parámetros Evaluados

En la matriz presentada dentro de la evaluación de prefactibilidad de este proyecto, se hace un análisis parcial acerca del impacto generado por cada una de las actividades detalladas sobre una serie de factores que componen el ambiente sobre el cual se implanta el proyecto.

Los parámetros ambientales sobre los cuales se analiza la afección de estas actividades son las siguientes:

12.3.3.1 Físicos

12.3.3.1.1 Aire

- Calidad fisicoquímica del aire.
- Material particulado.
- Nivel vibración y sonoro.

12.3.3.1.2 Suelo

- Calidad fisicoquímica del suelo.
- Relieve y forma.

12.3.3.1.3 Agua

- Calidad del agua superficial.
- Calidad del agua subterránea.

12.3.3.2 Bióticos

- Flora (autóctona e introducida).
- Fauna (autóctona e introducida).

12.3.3.3 Socioeconómicos

- Población (calidad de vida).
- Desarrollo urbano (infraestructura y servicios).
- Economía (generación de empleo).

12.3.4 Matriz de impacto ambiental

Para determinar el alcance del impacto se toma una escala cromática para definir la afección que cada actividad genera sobre el parámetro ambiental, ya sea positivo o negativo.

A continuación, se muestra la matriz de impacto ambiental desarrollada con su correspondiente escala cromática para identificación de los impactos.

	FACTORES	SUBFACTORES	Etapas de construcción							Etapas de operación				Etapas de abandono		
			Construcción de accesos viales	Limpieza del terreno e instalaciones temporarias	Transporte de maquinaria y materiales	Acondicionamiento del terreno y obras civiles	Instalación y mantenimiento de equipos	Gestión de residuos	Operación de la planta	Mantenimiento	Gestión de residuos	Contingencias	Desmantelamiento	Desguase/Venta de maquinarias	Remediación/Gestión de documentos/Cierre legal	
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	
Medio abiótico	Aire	Calidad fisicoquímica	F1	Possible contaminación por emisión de gases	No aplica	Possible contaminación por emisión de gases de combustión	No aplica	No aplica	Possible contaminación por emisión de gases (según origen del desecho)	Possible contaminación por emisión de gases de producción	Possible contaminación por emisión de gases de producción	Possible contaminación por inadecuado manejo	Possible contaminación por emisión de gases de producción	No aplica	No aplica	Reducción en la posibilidad de alteración por cese de actividades
		Material particulado	F2	Incremento en el nivel de material particulado (levantamiento de polvo)	Incremento en el nivel de material particulado	Incremento en el nivel de material particulado (levantamiento de polvo)	Incremento en el nivel de material particulado	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Incremento en el nivel de material particulado (levantamiento de polvo)	No aplica	Reducción en la posibilidad de alteración por cese de actividades
		Nivel vibración y sonoro	F3	Incremento en el nivel de ruido ambiental (uso de maquinaria pesada)	Aumento del ruido debido a operación de vehículos pesados	Incremento en el nivel de ruido por actividades de montaje	Generación de ruido por actividades de construcción	Incremento del ruido por uso de herramientas y montaje de estructuras	No aplica	No aplica	Generación de ruido por actividades de mantenimiento	No aplica	Possible generación de ruido	Incremento en el nivel de ruido ambiental (actividades de desmontaje)	Possible generación de ruido	Reducción en la posibilidad de alteración por cese de actividades
	Agua	Calidad del agua superficial	F4	Possible contaminación por derrames de aceites y combustibles	Possible afectación de cuerpos de agua cercanos por escorrentía	No aplica	No aplica	No aplica	Possible contaminación por arrastre	Mejora en la calidad del agua destinada a vertido	Possible contaminación por residuos de limpieza de equipos	Possible contaminación por inadecuada disposición/manejo	Possible afectación de cuerpos de agua cercanos por escorrentía	No aplica	Possible contaminación por arrastre residuos remanentes	Importante disminución en la disponibilidad de recurso tratado debido al cese de actividades
		Calidad del agua subterránea	F5	No aplica	Possible infiltración de sedimentos y/o contaminantes al perforar	No aplica	Possible de contaminación al realizar los pozos	No aplica	Possible contaminación por lixiviación	Reducción en la posible contaminación de los recursos cercanos	Possible lixiviación de contaminantes	No aplica	Possible infiltración de sedimentos y/o contaminantes al perforar	No aplica	Possible contaminación por infiltración de residuos remanente	Importante disminución en el riesgo de contaminación por cese de actividades
	Suelo	Calidad fisicoquímica	F6	Alteración de la composición del suelo por remoción y compactación	Parcialmente alterado por remoción profunda	Parcialmente alterado por compactación de la zona	No aplica	No aplica	Possible contaminación por inadecuada disposición	Possible acumulación de lodos y residuos de chatarra	Possible contaminación del suelo por disposición inadecuada de desechos	Possible contaminación por disposición inadecuada de desechos	Parcialmente alterado por remoción profunda	Parcialmente alterado por acumulación de escombros y materiales	Possible alteración por disposición final de residuos sólidos y químicos	Recuperación debido al cese de actividades
		Relieve y forma	F7	Alteración del perfil superficial del suelo por nivelación y excavaciones	Cambios en la estructura del terreno debido a la remoción de material	No aplica	No aplica	No aplica	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Cambios en la estructura del terreno debido a la remoción de material	No aplica	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Recuperación debido al cese de actividades
Medio biótico	Flora	Autóctona	F8	No aplica	Reducción de cobertura vegetal por desmonte	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Possible afectación por incorrecta gestión	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Recuperación debido al cese de actividades
		Introducida	F9	No aplica	Reducción de cobertura vegetal por desmonte	No aplica	No aplica	No aplica	Possible afectación por incorrecta gestión	No aplica	Possible afectación por incorrecta gestión	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Recuperación progresiva debido al cese de actividades
	Fauna	Autóctona	F10	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración parcial de hábitat. Pérdida de individuos. Desplazamiento de individuos	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración de dinámica y comportamiento	Possible afectación por incorrecta gestión	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	No aplica	No aplica	Alteración de dinámica y comportamiento	No aplica	Recuperación progresiva debido al cese de actividades
		Introducida	F11	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración parcial de hábitat. Pérdida de individuos. Desplazamiento de individuos	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración de dinámica y comportamiento	Alteración de dinámica y comportamiento	Possible afectación por incorrecta gestión	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	Possible alteración por contacto con residuos/contaminantes	No aplica	No aplica	Alteración de dinámica y comportamiento	No aplica	Restablecimiento progresivo debido al cese de actividades. Reducción en la alteración de dinámica y comportamiento
Medio socioeconómico	Población	Calidad de vida	F12	Possibilidad de accidentes. Compromiso en la seguridad vial	Possibles afectaciones por ruido y polvo en comunidades cercanas. Possibilidad de accidentes	Possibilidad de accidentes	No aplica	No aplica	No aplica	Beneficio por tratamiento adecuado de efluentes. Mayor disponibilidad de recurso hídrico con destino a consumo	No aplica	Reducción del riesgo sanitario bajo correcta disposición	No aplica	Possibilidad de accidentes	No aplica	Reducción en la disponibilidad de recurso hídrico para consumir
		Infraestructura	F13	Mejora en la conectividad dentro del parque por construcción de accesos	Possible daños en las rutas	No aplica	No aplica	No aplica	Possible interrupción por incorrecta gestión	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Desarrollo urbano	Servicios	F14	Possible interrupción en el suministro de los servicios existentes	Possible daños en las rutas	Possible interrupción en el suministro de los servicios existentes	Possible interrupción en el suministro de los servicios existentes	Possible interrupción en el suministro de los servicios existentes	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Possible interrupción en el suministro de los servicios existentes	No aplica	No aplica
		Economía	Generación de empleo	F15	Requerimiento de personal	Requerimiento de personal	Requerimiento de personal	Requerimiento de personal	Requerimiento de personal	No aplica	Generación de empleo permanente en operación de la planta	No aplica	No aplica	No aplica	Requerimiento de personal	No aplica

Ilustración 12.3-1 - Matriz de identificación de impactos ambientales | Fuente - Autoría propia

	FACTORES	SUBFACTORES		Etapas de construcción						Etapas de operación				Etapas de abandono		
				Construcción de accesos viales	Limpieza del terreno e instalaciones temporarias	Transporte de maquinaria y materiales	Acondicionamiento del terreno y obras civiles	Instalación y mantenimiento de equipos	Gestión de residuos	Operación de la planta	Mantenimiento	Gestión de residuos	Contingencias	Desmantelamiento	Desguase/Venta de maquinarias	Remediación/Gestión de documentos/Cierre legal
				A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
Medio abiótico	Aire	Calidad fisicoquímica	F1													
		Material particulado	F2													
		Nivel vibración y sonoro	F3													
	Agua	Calidad del agua superficial	F4													
		Calidad del agua subterránea	F5													
	Suelo	Calidad fisicoquímica	F6													
		Relieve y forma	F7													
Medio biótico	Flora	Autóctona	F8													
		Introducida	F9													
	Fauna	Autóctona	F10													
		Introducida	F11													
Medio socioeconómico	Población	Calidad de vida	F12													
	Desarrollo urbano	Infraestructura	F13													
		Servicios	F14													
		Economía local	Generación de empleo	F15												

Ilustración 12.3-2 - Matriz de valoración de impactos ambientales | Fuente - Autoría propia

COLOR	INTENSIDAD	VALORACIÓN
NEGATIVO	Alto	
	Moderado	
	Bajo	
	Sin afección	
POSITIVO	Bajo	
	Moderado	
	Alto	

Ilustración 12.3-3 - Valoración de Impacto Ambiental | Fuente - Autoría propia

12.3.5 Matriz de impacto ambiental por Método Conesa Modificado

Un impacto se denomina al cambio que provoca una alteración, ya sea positiva o negativa en la calidad de vida del ser humano.

El Método Conesa es un método de valoración cuantitativo de gran alcance, que sirve para darle un valor al impacto generado en base a evaluar los impactos que se generan referidos a un valor establecido.

La Matriz de Impacto Ambiental, es el método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un Proyecto en todas y cada una de sus etapas. Dicha Metodología pertenece a *Vicente Conesa Fernández-Vitora (1997)*.

Ecuación para el Cálculo de la Importancia (I) de un impacto ambiental:

$$I = \pm [3 i + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Dónde:

- $\pm$ = Naturaleza del impacto.
- I = Importancia del impacto.
- i = Intensidad o grado probable de destrucción.
- EX = Extensión o área de influencia del impacto.
- MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto.
- PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto.
- RV = Reversibilidad.
- SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples.

- AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo.
- EF = Efecto (tipo directo o indirecto).
- PR = Periodicidad.
- MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos.

12.3.5.1 Tipología de impactos

A continuación, se citan los distintos tipos de impactos que Conesa utiliza para su valoración.

Por la variación de la calidad ambiental (CA):

- Positivo: provoca un efecto que puede ser admitido por la comunidad técnica, científica y los habitantes.
- Negativo: sus efectos provocan la pérdida de un valor natural, estético- cultural, paisajístico, contaminación, erosión, degradación, etc.

Por la intensidad o grado de destrucción (IN):

- Mínimo o Bajo: su efecto expresa una modificación mínima del factor considerado.
- Medio-Alto: su efecto provoca alteraciones en algunos de los factores del medio ambiente.
- Muy Alto: su efecto provoca una modificación del medio ambiente y de los recursos naturales que producen repercusiones apreciables. Expresa una destrucción casi total del factor ambiental en juego.

Por la extensión (EX):

- Puntual: cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado.
- Parcial: cuyo efecto supone incidencia apreciable en el medio.
- Total: cuyo efecto se detecta de manera generalizada en el entorno considerado.

Por el momento (MO) en que se manifiesta:

- Latente (corto, mediano y largo plazo): como consecuencia de una aportación progresiva, por acumulación o sinergia. Implica que el límite es sobrepasado (por ejemplo, la contaminación del suelo como consecuencia de la acumulación de productos químicos agrícolas).
- Inmediato: en donde el plazo de tiempo entre el inicio de la acción y el de manifestación de impacto es nulo. Se asimila al impacto de corto plazo.

Por su persistencia (PE) en el tiempo:

- Permanente: cuyo efecto supone alguna alteración indefinida en el tiempo, y la manifestación del efecto es superior a diez años (por ej. construcción de carreteras, conducción de aguas de riego).
- Temporal: cuyo efecto supone alteración no permanente en el tiempo. Si el efecto es inferior a un año, el impacto es fugaz. Si dura entre uno y tres años, es un impacto temporal.
- Persistente: Si permanece entre cuatro y diez años (por ej. la reforestación que cubre progresivamente los desmontes).
- Fugaz: no admite valoración.

Por su capacidad de recuperación (MC) y por su reversibilidad (RV) por medios naturales:

- Recuperable: (inmediato o a mediano plazo) cuyo efecto puede eliminarse por medidas correctoras asumiendo una alteración que puede ser reemplazable (por ej. cuando se elimina la vegetación de una zona, la fauna desaparece; al reforestar la zona, la fauna regresará).
- Mitigable: cuyo efecto puede paliarse o mitigarse mediante medidas correctoras. Irrecuperable: cuya alteración o pérdida del medio es imposible de reparar (por ej. toda obra de cemento u hormigón).
- Irreversible: cuyo efecto supone la imposibilidad de retornar por medios naturales a la situación anterior (por ej. zonas degradadas en proceso de desertización). Reversible: cuya alteración puede ser asimilada por el entorno a corto, mediano o largo plazo, debido a los mecanismos de auto depuración del medio (por ej. desmontes para carreteras).

Por la Acumulación (interrelación de acciones y/o efectos) (AC):

- Simple: cuyo efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental (por ej. la construcción de un camino de penetración en el bosque incrementa el tránsito).
- Acumulativo: cuyo efecto al prolongarse en el tiempo incrementa progresivamente su gravedad al carecer de mecanismos de eliminación temporal similar al incremento causante del impacto (por ej., construcción de un área recreativa junto a un camino de penetración en el bosque).

Por la relación causa-efecto (EF):

- Directo: cuyo efecto tiene incidencia inmediata en algún factor ambiental (por ej. tala de árboles en zona boscosa).
- Indirecto o Secundario: cuyo efecto supone una incidencia inmediata en relación a un factor ambiental con otro (por ej. degradación de la vegetación como consecuencia de la lluvia ácida).

Por su periodicidad (PR):

- Continuo: cuyo efecto se manifiesta a través de alteraciones regulares en su permanencia (por ej. las canteras).
- Discontinuo: cuyo efecto se manifiesta a través de alteraciones irregulares en su permanencia (por ej. las industrias poco contaminantes que eventualmente desprendan sustancias contaminantes).
- Periódico: cuyo efecto se manifiesta por acción intermitente y continua (por ej. incendios forestales en verano).

El desarrollo de la ecuación de (I) es llevado a cabo mediante el modelo propuesto en el siguiente cuadro:

POR VARIACION EN CALIDAD		INTENSIDAD (IN)	
Impacto positivo	+	Baja	1
Impacto negativo	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSION (EX) (Area de influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	(+4)
Critica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		REVERSIBILIDAD (RV) (Por medidas naturales)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		ACUMULACION (AC) (Incremento progresivo)	
Recuperable de manera inmediata	1	Simple	1
Recuperable a medio plazo	2	Acumulativo	4
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		
EFEECTO (EF) (Relación causa-efecto)		PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación)	
Indirecto	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
IMPORTANCIA (I)			
$(I) = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$			

Ilustración 12.3-4 - Valoración de Impacto Ambiental Conesa | Fuente - Aspectos Ambientales

Con la aplicación de este método, se puede calcular la importancia del impacto generado, clasificándolo según los valores obtenidos en:

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 12.3-5 - Tipificación de Impactos por Conesa | Fuente - Aspectos Ambientales

12.4 Plan de Gestión Ambiental

Prevenir, paliar o corregir el impacto ambiental significa introducir medidas preventivas o correctoras en la actuación con el fin de:

- Explotar en mayor medida las oportunidades que brinda el medio con el fin de alcanzar la mejor calidad ambiental del proyecto.
- Anular, atenuar, evitar, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones derivadas del proyecto producen sobre el medio ambiente, en el entorno de aquellas.
- Incrementar, mejorar y potenciar los efectos positivos que pudieran existir.

Las medidas de mitigación tienden a compensar o revertir los efectos adversos o negativos del proyecto, y se aplican según correspondan en cualquiera de las fases (planificación, constructiva, operativa o de abandono). Estas son:

- Medidas preventivas: evitan la aparición del efecto modificando los elementos definitorios de la actividad (tecnología, diseño, materias primas, localización, etc.).
- Medidas correctoras de impactos recuperables, dirigidas a anular, atenuar, corregir o modificar las acciones y efectos sobre procesos constructivos, condiciones de funcionamiento, factores del medio como agente transmisor o receptor, etc.
- Medidas compensatorias de impactos irrecuperables e inevitables, que no evitan la aparición del efecto ni lo anulan o atenúan, pero compensan de alguna manera la alteración del factor. Según la gravedad y el tipo de impacto.

Las medidas preventivas se introducen en la fase de planificación (proyecto), mientras que las correctoras y compensatorias en la fase de funcionamiento (constructiva, operativa o de abandono).

El objeto de las medidas de mitigación puede resumirse en:

- Medidas dirigidas a mejorar el diseño.
- Medidas para mejorar el funcionamiento durante la fase operacional.
- Medidas dirigidas a mejorar la capacidad receptiva del medio.
- Medidas dirigidas a la recuperación de impactos inevitables, medidas compensatorias para los factores modificados por efectos inevitables e incorregibles.
- Medidas previstas para el momento de abandono de la actividad, al final de su vida útil.
- Medidas para el control y la vigilancia medioambiental, durante las fases operacional y de abandono.

Se deben tener en cuenta al tomar la decisión de aplicar una medida de mitigación los siguientes aspectos:

- Efecto que pretende corregir la medida.
- Acción sobre la que se intenta actuar o compensar.
- Especificación de la medida.

Con un breve análisis, se han identificado dos efluentes que deben ser tratados antes de su disposición final.

- **Componente gaseoso:** esta corriente está compuesta por el Metano de la reacción que ha quedado sin reaccionar, CO₂ y CO generados durante la reacción de síntesis de HCN, vapor de agua, O₂ y N₂. Esta corriente gaseosa es llevada a mecheros por la baja generación que se produce, pero previamente debe ser tratada con el objetivo de disminuir su concentración en ppm, especialmente si la corriente de metano de alimentación contenía un alto valor de Azufre, aunque previamente este se debería especificar para tener valores menores a 50 ppm, valores más altos interfieren en la naturaleza del catalizador envenenándolo, en teoría no debería existir concentraciones elevadas de este.

- **Componente líquido:** el agua generada en la reacción no es factible de utilizar directamente como fluido de alimentación de los equipos por su naturaleza fuertemente ácido, producto de ser generada durante la reacción y está en contacto con los productos generados. Se debe tratar antes de su disposición final bajando su temperatura, y se propone para su tratamiento un tratamiento microbiológico específico.

* Identificación de efluentes y sus tratamientos no se han especificado ya que exceden el alcance del presente trabajo.

CAPÍTULO XIII – HIGIENE Y SEGURIDAD

13.1 Higiene y seguridad

Las industrias que buscan sostenerse en un entorno altamente competitivo deben adoptar y aplicar medidas orientadas a la prevención de accidentes y al control de riesgos, con el objetivo de garantizar condiciones laborales seguras y saludables para sus trabajadores.

La implementación de políticas de higiene y seguridad resulta fundamental, ya que permite identificar peligros, evaluar riesgos y establecer procedimientos correctivos y preventivos. Esto no solo protege la integridad física del personal, sino que también mejora el rendimiento operativo, reduce costos derivados de accidentes laborales, y contribuye al desarrollo de ambientes de trabajo estables, eficientes y productivos.

Cada país establece un marco normativo propio que regula las condiciones mínimas de seguridad, salud e higiene en el ámbito laboral, determinando las obligaciones del empleador y los derechos de los trabajadores según la naturaleza de las tareas que desempeñan.

En Argentina, la legislación vigente en la materia se encuentra estructurada principalmente sobre la **Ley N.º 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo**, su **Decreto Reglamentario 351/79**, y la **Ley N.º 24.557 sobre Riesgos del Trabajo**, las cuales establecen los lineamientos obligatorios para prevenir incidentes, enfermedades profesionales y mejorar las condiciones generales en los ambientes 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, señalizar 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 siguiente.

Tabla 13.1-1 - Intensidad de iluminación requerida para el trabajo en la industria | Fuente - Norma IRAM AADL J 20-06

Sector	Lux
Planta de procesamiento	
Circulación general	100
Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
Depósito, almacenes y salas de empaque	
Piezas grandes	100
Piezas pequeñas	200
Expedición de mercadería	300
Talleres de montaje	
Trabajo grueso: montaje de máquinas pesadas	200
Trabajo fino: iluminación localizada	1200
Máquinas, herramientas y bancos de trabajo	
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
Laboratorio de ensayos y control	
Iluminación general	400
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
Oficinas	
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 equipos involucrados en la producción de líneas de cloruro férrico 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 señalar 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 m² 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 estrictos protocolos de seguridad, considerando las propiedades físico-químicas de cada sustancia, los riesgos asociados y las medidas necesarias para prevenir incidentes. Los reactivos utilizados en el proceso de producción de cloruro férrico requieren condiciones especiales de almacenamiento, manipulación segura y procedimientos específicos ante derrames o accidentes.

13.4.1 Identificación de riesgos

13.4.1.1 Cloruro férrico (FeCl_3) al 38%

- **Toxicidad:** Moderadamente tóxico a concentraciones elevadas.
- **Contacto dérmico:** Irritante, puede causar enrojecimiento o quemaduras leves.
- **Inhalación:** Los vapores pueden causar irritación de mucosas y vías respiratorias.
- **Ingestión:** Puede provocar náuseas, vómitos e irritación gastrointestinal.
- **Incendio/explosión:** No inflamable ni explosivo.
- **Impacto ambiental:** En altas concentraciones puede alterar el pH de cuerpos de agua y afectar la fauna acuática.

13.4.1.2 Chatarra férrica (Fe^0)

- **Toxicidad:** No tóxica, pero representa un riesgo físico.
- **Contacto dérmico:** Posibles cortes o heridas por bordes afilados.
- **Inhalación:** El polvo metálico puede generar molestias respiratorias si es inhalado en suspensión.
- **Ingestión:** No se considera una vía relevante.
- **Incendio/explosión:** No inflamable; sin embargo, el polvo fino puede presentar riesgo de combustión en concentraciones elevadas.
- **Impacto ambiental:** Su acumulación en suelos puede alterar el balance físico del entorno.

13.4.1.3 Ácido clorhídrico (HCl) al 32%

- **Toxicidad:** Alta, especialmente por vía inhalatoria.
- **Contacto dérmico:** Corrosivo, puede causar quemaduras severas.
- **Inhalación:** Irritante fuerte; exposición puede causar broncoespasmos o edemas pulmonares.
- **Ingestión:** Puede causar daños severos en el tracto gastrointestinal.
- **Incendio/explosión:** No inflamable, pero puede liberar gases tóxicos con otros compuestos.
- **Impacto ambiental:** Altamente perjudicial para cuerpos de agua y suelos, acidificándolos.

13.4.1.4 Cloro gaseoso (Cl_2)

- **Toxicidad:** Altamente tóxico; incluso bajas concentraciones afectan severamente al sistema respiratorio.
- **Contacto dérmico:** Irritante y corrosivo.
- **Inhalación:** Produce irritación severa, disnea, tos y en exposiciones prolongadas puede causar edema pulmonar.
- **Ingestión:** No aplicable por su estado gaseoso.
- **Incendio/explosión:** No inflamable, pero puede intensificar incendios al actuar como comburente.

- **Impacto ambiental:** Altamente tóxico para organismos acuáticos; requiere estrictos controles de emisión.

13.4.2 Manipulación y almacenamiento

13.4.2.1 Cloruro férrico (FeCl_3) al 38%

- **Manipulación:** Utilizar guantes de nitrilo o neopreno, gafas de seguridad, delantal de PVC y botas. Evitar salpicaduras.
- **Almacenamiento:** En envases plásticos resistentes a la corrosión, lejos de bases fuertes y metales reactivos. Lugar fresco y ventilado.

13.4.2.2 Chatarra férrica

- **Manipulación:** Manipular con guantes anticorte, casco, protección ocular y calzado de seguridad reforzado.
- **Almacenamiento:** En áreas descubiertas o galpones techados, sobre superficies firmes. Clasificar para evitar acumulaciones irregulares o caídas.

13.4.2.3 Ácido clorhídrico (HCl) al 32%

- **Manipulación:** Bajo campana o en áreas ventiladas. Usar guantes de neopreno, gafas cerradas, máscara facial con filtro para gases ácidos, delantal y botas resistentes a productos químicos.
- **Almacenamiento:** En contenedores de PEAD o acero revestido, alejados de bases, metales reactivos y fuentes de calor. Señalización clara.

13.4.2.4 Cloro gaseoso (Cl_2)

- **Manipulación:** Solo en instalaciones cerradas, bajo sistemas de ventilación forzada y detección de fugas. Uso obligatorio de máscara autónoma o filtro específico, guantes y ropa química.
- **Almacenamiento:** En cilindros presurizados de acero, en posición vertical, con protección contra impactos. Áreas con sensores de fuga, buena ventilación y protocolo de emergencia activo.

13.4.3 Procedimiento en caso de derrames

13.4.3.1 Cloruro férrico (FeCl_3) al 38%

- **Acción inmediata:** Contener con material inerte (arena), evitar contacto con bases o metales.
- **Limpieza:** Lavar la zona con agua en abundancia. Recoger el residuo para disposición adecuada como residuo peligroso.

13.4.3.2 Chatarra férrica

- **Acción inmediata:** Verificar que no se haya generado obstrucción, caída o rotura de estructuras.
- **Limpieza:** Retirar con equipos mecánicos o manuales, utilizar guantes anticorte y casco. No requiere tratamiento químico.

13.4.3.3 Ácido clorhídrico (HCl) al 32%

- **Acción inmediata:** Ventilar, aislar la zona y utilizar EPP completo.
- **Neutralización:** Con carbonato o bicarbonato de sodio en forma controlada.
- **Limpieza:** Absorber con arena seca, recoger y disponer como residuo peligroso.

13.4.3.4 Cloro gaseoso (Cl₂)

- **Acción inmediata:** Evacuar el área, cerrar válvulas si es posible sin exposición.
- **Control:** Activar sistemas de neutralización automática (scrubber) o ventilación forzada.
- **Limpieza:** No se aplica, pero se debe revisar el sistema y medir concentración residual en el aire.

13.5 Conclusión

El manejo de reactivos en la planta de producción de cloruro férrico exige una planificación rigurosa basada en la caracterización de peligros, prácticas seguras de almacenamiento y respuesta efectiva ante emergencias. Cada sustancia empleada presenta riesgos particulares que requieren medidas específicas, desde el uso de EPP adecuado hasta protocolos de evacuación.

La implementación de un plan de seguridad química, sumado a la capacitación del personal, la disponibilidad de estaciones de emergencia y un sistema de control de derrames, garantizará condiciones laborales seguras, la protección del ambiente y el cumplimiento normativo aplicable.

CAPÍTULO XIV – EVALUACIÓN ECONÓMICA

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). El presente proyecto de instalación de una planta productiva de cloruro férrico se evaluará con un horizonte de 10 años, en línea con la Resolución 175/2004 de la Secretaría de Política Económica, que recomienda no proyectar variables económicas más allá de ese plazo. Si bien la vida útil de la planta es mayor, este período permite un análisis realista y consistente, acotando la incertidumbre y favoreciendo la evaluación del retorno de la inversión.

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, el flujo de ingresos y, por consiguiente, el flujo de caja. Esto se utilizará en el análisis del VAN y la TIR. Asimismo, se determinará el capital requerido para su ejecución, los costos operativos de la planta, los ingresos por ventas 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 \$1143,00/USD, según información Ámbito Financiero ^[AF].

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 10 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 (β): Relaciona el riesgo del proyecto con el riesgo del mercado. Se emplea un coeficiente beta de 1,15, correspondiente al sector “Química básica”, según los valores de referencia disponibles en Stern NYU.
- Riesgo país (R_p): Se incorpora el riesgo asociado a la inversión en Argentina. Según Ámbito Financiero ^[AF], para marzo del 2025, este valor es de 714 puntos básicos.

Tendremos así:

$$r = 5 + (10 - 5) \cdot 1,15 + 7,14 = \mathbf{17,89}$$

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 producción de cloruro férrico, 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.
- 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 otros: Las obligaciones impositivas y tasas municipales pueden variar según la ubicación y dimensiones de la propiedad.

Se estimará que estos 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** ^[12].

14.3.1.1.2 Servicios esenciales

Se llama así a aquellas inversiones que, constituidas por servicios, no considerados permisos o habilitaciones, son necesarios para el funcionamiento del proyecto.

Se consideran 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	\$ 250.000,00
Edificio e instalaciones	\$ 1.343.250,00
Equipos y accesorios instalados	\$ 159.347,02
Total	\$ 1.752.597,02

Tabla 14.3-2 - Costos diferidos del proyecto | Fuente - Autoría Propia

COSTOS DIFERIDOS		
Adquisición (US\$)	Cantidad	Total (US\$)
Estudio de Impacto Ambiental	4,00%	-\$ 70.103,88
Impuestos y otros	5,00%	-\$ 87.629,85
Planeación e integración del proyecto	0,30%	-\$ 5.257,79
Ingeniería del proyecto	0,35%	-\$ 6.134,09
Supervisión del proyecto	0,15%	-\$ 2.628,90
Administración del proyecto	0,50%	-\$ 8.762,99
Puesta en marcha del proyecto	2,00%	-\$ 4.674,32
Total		-\$ 185.191,81

Finalmente, la inversión en **costos diferidos** será de **US\$ 185.191,81**.

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 el partido de Campana – Buenos Aires, dentro del parque industrial de la localidad.

La superficie necesaria se ha definido en el capítulo IX y asciende a 4000 m².

El vendedor ^[TC] ofrece terrenos a **62,50 USD/m²**.

14.3.1.2.2 Edificios e instalaciones

Se ha contemplado, para la correcta operación de la planta, un conjunto de espacios físicos. Entre ellos la recepción de materia prima, obtención de productos, inventarios de productos de terminados y otros trabajos que deban realizarse en el establecimiento por parte del personal.

El costo entre materiales y mano de obra se ha estimado en 450 USD/ m² para los edificios y para los espacios únicamente techados se tomará un costo estimado de 280 USD/ m² La superficie estimada para cada espacio se define en la siguiente tabla.

Tabla 14.3-3 - Costos de edificios e instalaciones | Fuente - Autoría Propia

EDIFICIOS E INSTALACIONES			
Item	Costo (US\$/m ²)	Cantidad (m ²)	Total (US\$)
Recepción de materia prima	280	400	\$ 112.000,00
Área de producción	450	625	\$ 281.250,00
Inventario de productos	450	200	\$ 90.000,00
Área de despacho	450	200	\$ 90.000,00
Laboratorio	450	200	\$ 90.000,00
Mantenimiento	450	250	\$ 112.500,00
Oficinas administrativas	450	300	\$ 135.000,00
Espacio de descanso	450	200	\$ 90.000,00
Sanitarios y vestuarios	450	450	\$ 202.500,00
Estacionamiento	280	500	\$ 140.000,00
Total	-	3325	\$ 1.343.250,00

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 7.3.1 – 7.3.6.

En adición a esto, se debe determinar la inversión necesaria para las instalaciones esenciales de la planta; 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** ^[12]

En este caso, se ha considerado una planta de procesamiento de fluidos.

Tabla 14.3-4 - Factores de estimación basados en el costo del equipo entregado | Fuente - [12]

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

A continuación, se presenta el detalle de los costos en equipos, accesorios y adecuaciones necesarias.

Tabla 14.3-5 - Equipos, accesorios y su instalación | Fuente - Autoría Propia

EQUIPOS, ACCESORIOS E INSTALACIÓN					
Especificación	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)	Costo instalado (US\$)	
EQUIPOS PRINCIPALES	CP1	1	\$ 5.200,00	\$ 5.200,00	\$ 7.644,00
	RCP1	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 14.700,00
	TE1	1	\$ 5.072,00	\$ 5.072,00	\$ 7.455,84
	IC1	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 6.615,00
	SC1	1	\$ 3.493,00	\$ 3.493,00	\$ 5.134,71
	CS1	1	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	\$ 17.640,00
	LG1	1	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 2.646,00
	IC2	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 6.615,00
	SC2	1	\$ 3.493,00	\$ 3.493,00	\$ 5.134,71
	RCS1	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 7.350,00
	EV1	1	\$ 118,00	\$ 118,00	\$ 173,46
	TA1	1	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 735,00
	LV1	1	\$ 1.850,00	\$ 1.850,00	\$ 2.719,50
EQUIPOS AUXILIARES	Bombas	-	\$ 11.505,20		
	Válvulas y accesorios	-	\$ 8.628,90		
OTROS	Instalación eléctrica	-	\$ 6.327,86		
	Instalación tuberías	-	\$ 37.967,16		
	Instalación instrumentación y control	-	\$ 10.354,68		
TOTAL	TODOS	-	\$ 159.347,02		

14.3.1.2.4 Muebles, tecnología y rodados

Se va a tener en cuenta:

- Un rodado en caso de que el predio sea muy grande.
Este se comprará al siguiente fabricante ^[NF_{4x2}] y su costo es de **US\$ 29.669,90.**
- Un auto elevador para el movimiento de reactivos.
Este se comprará al siguiente fabricante ^[AE_{ck}] y su costo es de **US\$18.634,00.**
- Los respectivos depósitos para cada uno de los reactivos empleados.

En este caso tendremos:

- Tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico fabricado en HDPE ^[THCl].
El costo de este equipo es de **US\$ 1.147.**
- Tanque de almacenamiento de cloruro férrico fabricado en HDPE ^[TCF].
El costo de este equipo es de **US\$ 1.147.**
- Cilindro de almacenamiento presurizado de cloro gaseoso fabricado en acero ^[CGC].
El costo de este equipo es de **US\$ 19.500.**

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 14.3-6 - Costo de rodados | Fuente - Autoría Propia

RODADOS			
Item	Cantidad	Costo unitario (US\$/unidad)	Costo total (US\$)
Camionetas	1	\$ 29.669,90	\$ 29.669,90
Auto elevadores	1	\$ 18.634,00	\$ 18.634,00
TOTAL	\$		48.303,90

Tabla 14.3-7 - Costos de muebles, tecnología, depósitos y otros | Fuente - Autoría Propia

MUEBLES, TECNOLOGÍA, DEPÓSITOS Y OTROS			
Ítem	Cantidad	Costo unitario (US\$/unidad)	Costo total (US\$)
Depósito de ácido clorhídrico	1	\$ 1.147,00	\$ 1.147,00
Depósito de cloruro férrico	1	\$ 1.147,00	\$ 1.147,00
Depósito de gas cloro	1	\$ 19.500,00	\$ 19.500,00
Instalación	47%	-	\$ 10.243,18
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
Total		\$	36.428,28

Finalmente, la inversión en **activos de capital** será de **US\$ 1.837.329,20**.

Tabla 14.3-8 - Activos de capital | Fuente - Autoría Propia

ACTIVOS DE CAPITAL	
Total (US\$)	\$ 1.837.329,20

14.3.1.3 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 14.3-9 – Inversión total | Fuente – Autoría Propia

COSTOS FIJOS DE INVERSION	\$ - 1.809.871,12
COSTOS VARIABLES DE INVERSION	\$ - 27.458,08
INVERSION TOTAL	\$ - 1.837.329,20

En la siguiente tabla se presenta la categorización de los costos según condición de fijos y variables.

Tabla 14.3-10 – 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.

Se considera óptimo que la inversión total requerida para la puesta en marcha se realice en el periodo de un año.

La planificación detallada es la siguiente:

– **Mes 1 a 3**

La adquisición del terreno se da durante los primeros tres meses.

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 4 a 7**

La construcción de la edificación e instalaciones se da durante los meses 2 a 7 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 8 a 10**

La inversión en muebles, depósitos de reactivos y rodados se realiza en estos meses.

- **Mes 11 a 12**

La puesta en marcha de la planta se lleva a cabo durante estos dos últimos meses.

Dado que la inversión total se efectúa en diferentes momentos a lo largo de un 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:

$$i_m = (1 + r)^{1/12} - 1 = 0,01384 \text{ o } 1,384\% \text{ mensual}$$

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\$ 2.050.512,70.

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 10 años.

Tabla 14.3-11 - 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	-\$ 1.343.250,00	25	-\$ 53.730,00	-\$ 805.950,00	-\$ 537.300,00
Equipos	-\$ 159.347,02	10	-\$ 15.934,70	-\$ 159.347,02	\$ -
Rodados	-\$ 48.303,90	5	-\$ 9.660,78	-\$ 48.303,90	\$ -
Muebles y otros	-\$ 36.428,28	3	-\$ 12.142,76	-\$ 36.428,28	\$ -
Total	-\$ 1.587.329,20	-	-\$ 91.468,24	-\$ 1.050.029,20	-\$ 537.300,00

Tabla 14.3-12 - Amortizaciones | Fuente - Autoría Propia

AMORTIZACIONES					
Item	Valor (US\$)	Períodos (años)	Amortización anual (US\$/año)	Amortización total (US\$/3 años)	Valor residual (US\$)
Cargos diferidos	-\$ 185.191,81	3	-\$ 61.730,60	-\$ 185.191,81	\$ -
Total	-\$ 185.191,81	-	-\$ 61.730,60	-\$ 185.191,81	\$ -

14.3.3.1 Valor residual

En las tablas anteriores se indica un valor de desecho por la suma de **US\$ 537.300**.

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\$ 1.153.622,28**.

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 14.3-13 - Costos fijos de servicios | Fuente - Autoría Propia

SERVICIOS		
Item	Costo anual (US\$/año)	Total anual (US\$/año)
Gastos de oficina	\$ 6.000,00	\$ 61.412,00
Agua potable	\$ 288,00	
Telefonía e internet	\$ 8.520,00	
Seguros e impuestos de rodados	\$ 1.100,00	
Servicio de limpieza	\$ 43.200,00	
Combustible	\$ 2.304,00	

14.3.3.4 Resumen de costos fijos

Tabla 14.3-14 - Resumen de costos fijos | Fuente - Autoría Propia

RESUMEN DE COSTOS FIJOS (US\$/AÑO)	
Mano de obra	\$ 1.153.622,28
Servicios	\$ 61.412,00
Erogables	\$ 1.215.034,28
Depreciaciones y amortizaciones	\$ 153.198,85
No erogables	\$ 153.198,85
Total	\$ 1.368.233,13

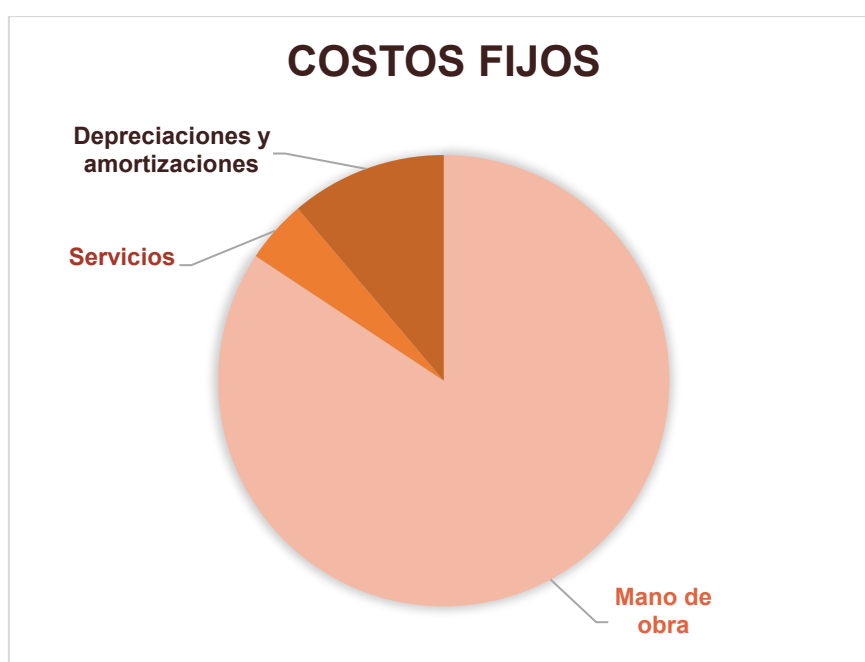


Ilustración 14.3-1 - Representación gráfica de costos fijos | Fuente - Autoría Propia

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 6.3. La demanda anual para cada uno de ellos, su precio y vendedor se detalla a continuación.

- **Ácido clorhídrico (32%):** 1.711.085 Kg/año – 0,30 US\$/Kg ^[HCl32]

- **Cloro gaseoso:** 340.595,74 L/año – 30 US\$/L ^[Cl₂]
- **Chatarra férrica:** 753.480 kg/año – 0,15 US\$/kg ^[CFe]

El detalle de los costos variables en reactivos empleados en la operación de la planta es el siguiente.

Tabla 14.3-15 - Costos variables de reactivos | Fuente - Autoría Propia

REACTIVOS			
Ítem	Cantidad (L o kg/año)	Costo unitario (US\$/kg o L)	Costo total (US\$)
Ácido clorhídrico (32%)	1711085,00	\$ 0,30	\$ 513.325,50
Cloro gaseoso	340595,74	\$ 30,00	\$ 10.217.872,34
Chatarra férrica	753.480,00	\$ 0,15	\$ 109.254,60
Total			\$ 10.840.542,44

El costo anual en reactivos es de **US\$ 10.840.452,44**.

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 Buenos Aires, para aquellos considerados grandes usuarios, el cuadro tarifario del mes de junio del corriente año indica los siguientes costos:

- Cargo comercial (US\$/mes): 112,12
- Cargo por potencia adquirida (US\$/kW-mes): 5,50
- 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\$ 697.113,37**.

Tabla 14.3-16 - Demanda energética de equipos | Fuente - Autoría Propia

DEMANDA ENERGETICA				
Item	Factor de carga	Factor de uso (h/1 h)	Cantidad (kWh/h)	Cantidad real (kWh/h)
CP1 - Motor	0,8	0,16	5,00	0,64
RCP1 - Bomba	0,8	0,33	3,00	0,792
TE1 - Bomba	0,8	0,25	3,00	0,6
CS1 - Bomba	0,8	1	3,00	2,4
SC2 - Bomba	0,8	0,33	3,00	0,792
RCS1 - Bomba 1	0,8	1	3,00	2,4
RCS1 - Bomba 2	0,8	1	3,00	2,4
EV1 - Bomba	0,8	0,75	3,00	1,8
TA1 - Bomba	0,8	0,15	3,00	0,36
Otros	0,8	1	3,00	2,4
Cargo por Pot. Adq. (US\$/mes)	-	-	\$ 57.920,39	
Cargo comercial (US\$/mes)	-	-	\$ 172,39	
Total	\$			58.092,78
Total anual	\$			697.113,37

En la categoría “Otros” se han contemplado los costos relacionados a la iluminación tanto pública como de las oficinas, los consumos internos y otros.

14.3.4.3 Resumen de costos variables

Tabla 14.3-17 – Resumen de costos variables | Fuente – Autoría Propia

RESUMEN DE COSTOS VARIABLES (US\$/AÑO)	
Reactivos	\$ 10.840.452,44
Energía	\$ 697.113,37
Total	\$ 1.509.792,97

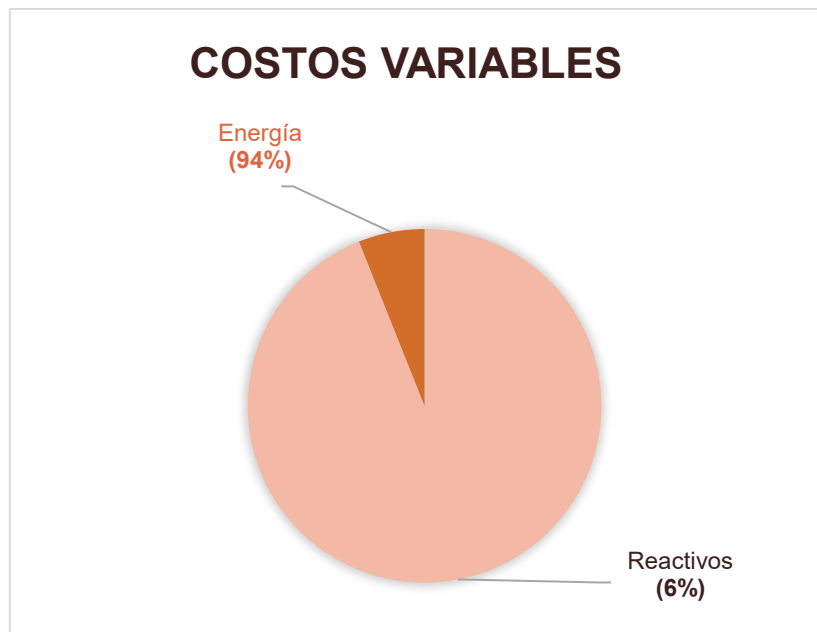


Ilustración 14.3-2 - Representación gráfica de costos variables | Fuente - Autoría Propia

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.

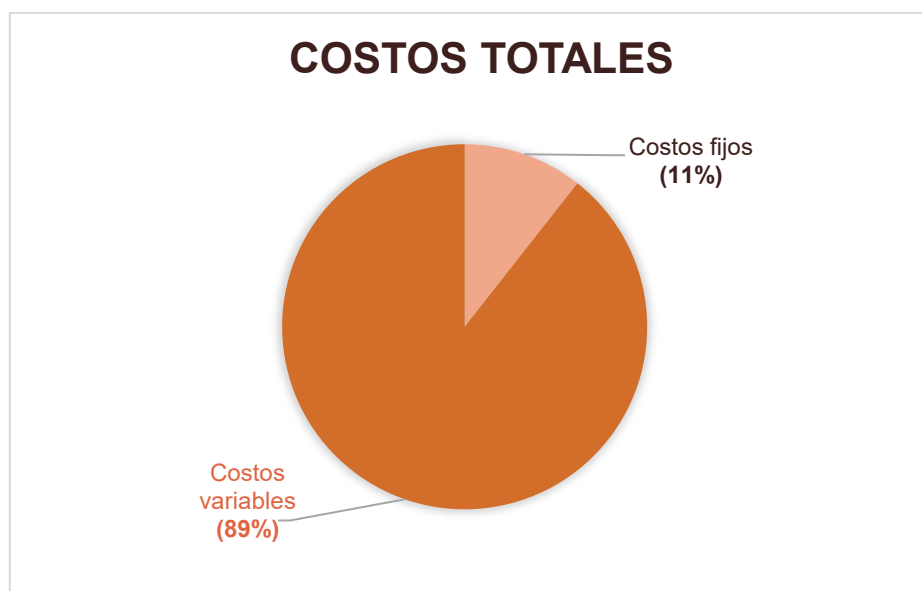


Ilustración 14.3-3 - Representación gráfica de costos totales | Fuente - Autoría Propia

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 producción de FeCl_3 .

Esto significa que, ante una eventual reducción de la demanda de producto o de la frecuencia de operación, la estructura de costos también disminuiría. Este perfil de costos es útil para mejorar la rentabilidad de la empresa, ya que permite trabajar sobre los costos de la operación.

14.4 Inversión en capital de trabajo

El capital de trabajo es considerado como la inversión que requiere la empresa para poder operar. En este sentido el capital de trabajo es lo que comúnmente se conoce como activo corriente, que normalmente está compuesto por efectivo, inversiones a corto plazo, inventarios y otros.

Para determinar el capital de trabajo de una forma más objetiva, se debe restar de los activos corrientes, los pasivos corrientes. De esta forma se obtiene lo que se llama el capital de trabajo neto contable, que es determinar con cuántos recursos cuenta la empresa para operar si se pagan todos los pasivos a corto plazo.

14.4.1 Métodos de Cálculo

Existen diversas formas de cálculo para obtener el capital de trabajo, entre ellas se hará uso del método del período de desfase.

14.4.1.1 Método del período de desfase

Este método consiste en determinar la cuantía de los costos de operación que deben financiarse desde el momento en que se efectúa el primer pago por la adquisición de la materia prima hasta el momento en que se recauda el ingreso por la venta de los productos, que se destinará a financiar el período de desfase siguiente.

La expresión que utilizaremos es la siguiente.

$$CT = CE \cdot \frac{nd}{345 \text{ días}}$$

Donde:

- CT hace referencia al valor del capital de trabajo
- CE hace referencia a los costos erogables anuales
- nd hace referencia al período de desfase
- 345 días corresponden a la totalidad de días laborables en el calendario definido

COSTOS EROGABLES ANUALES	
Costos fijos de mano de obra	\$ 548.559,05
Costos fijos de servicios y energía	\$ 697.113,37
Costos de materia prima	\$ 10.840.452,44
Total	\$ 12.086.124,86

Es de importancia aclarar que los *Costos fijos de mano de obra* corresponden a los sectores gerenciales, operarios de producción y personal del sector de mantenimiento.

Su definición se realiza planteando un escenario de parada de producción, y en este caso se analiza cuáles son las personas que deben seguir prestando función para que la planta pueda seguir funcionando.

Suponiendo un período de desfase de 90 días el costo de capital de trabajo asciende a los **USD \$ 3.152.902,14**

14.5 Flujo de caja

El flujo de caja resulta de evaluar los ingresos y egresos para luego utilizarlo en evaluar la disponibilidad neta de efectivo para cubrir los costos y gastos en que incurre la empresa.

Se presenta el flujo de caja correspondiente a los 10 años que se han tomado como horizonte de evaluación del proyecto.

14.5.1 Flujo de caja del proyecto en sí

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 14.5-1 - Indicadores económicos (A) | Fuente - Autoría Propia

INDICADORES ECONÓMICOS A	
VAN	-\$ 7.064.962,43
BNAE	-\$ 1.565.916,13

RUBRO	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO										
	AÑO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por ventas	-	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00
Imp. Ingresos brutos (4%)	-	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00	-\$ 500.000,00
Ingresos netos	-	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00
Costos fijos erogables	-	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28	-\$ 1.215.034,28
Costos variables de operación	-	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81	-\$ 11.537.565,81
Depreciaciones	-	-\$ 91.468,24	-\$ 91.468,24	-\$ 91.468,24	-\$ 79.325,48	-\$ 79.325,48	-\$ 69.664,70	-\$ 69.664,70	-\$ 69.664,70	-\$ 69.664,70	-\$ 69.664,70
Amortizaciones	-	-\$ 61.730,60	-\$ 61.730,60	-\$ 61.730,60	-	-	-	-	-	-	-
Utilidad antes de impuestos	-	-\$ 905.798,94	-\$ 905.798,94	-\$ 905.798,94	-\$ 831.925,57	-\$ 831.925,57	-\$ 822.264,79	-\$ 822.264,79	-\$ 822.264,79	-\$ 822.264,79	-\$ 822.264,79
Impuestos a las ganancias (35%)	-	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63	-\$ 317.029,63
Utilidad neta	-	-\$ 588.769,31	-\$ 588.769,31	-\$ 588.769,31	-\$ 514.895,95	-\$ 514.895,95	-\$ 505.235,17	-\$ 505.235,17	-\$ 505.235,17	-\$ 505.235,17	-\$ 505.235,17
Depreciaciones	-	\$ 91.468,24	\$ 91.468,24	\$ 91.468,24	\$ 79.325,48	\$ 79.325,48	\$ 69.664,70	\$ 69.664,70	\$ 69.664,70	\$ 69.664,70	\$ 69.664,70
Amortizaciones	-	\$ 61.730,60	\$ 61.730,60	\$ 61.730,60	-	-	-	-	-	-	-
Inversión inicial	-\$ 2.050.512,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital de trabajo	-\$ 3.152.902,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor de desecho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 537.300,00
Flujo de caja del proyecto	-\$ 5.203.414,84	-\$ 435.570,46	-\$ 435.570,46	-\$ 435.570,46	-\$ 435.570,46	-\$ 435.570,46	-\$ 435.570,46	-\$ 435.570,46	-\$ 435.570,46	-\$ 435.570,46	\$ 101.729,54

Ilustración 14.5-1 - Flujo de caja del proyecto en sí | Fuente - Autoría Propia

CAPÍTULO XV – ANÁLISIS DE RIESGOS

15.1 Análisis de Riesgos

Este capítulo tiene como objetivo identificar los riesgos con mayor incidencia potencial en el proyecto, a fin de contribuir a una evaluación de prefactibilidad lo más precisa posible. Para ello, se estiman la probabilidad de ocurrencia y la importancia relativa de cada riesgo, lo que permite dimensionar su posible impacto sobre la viabilidad técnica y económica.

Del presente análisis surgen las variables a sensibilizar en las simulaciones del flujo de caja, permitiendo evaluar el comportamiento del proyecto frente a distintos escenarios de incertidumbre.

Con base en este estudio, se proponen medidas orientadas a la mitigación, compensación o contención de los riesgos identificados.

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 Fugas de gases tóxicos o presurizados

El proceso utiliza gases altamente tóxicos y corrosivos, como el cloro (Cl_2), que bajo presión y en condiciones operativas normales representa un riesgo significativo en caso de fugas o escapes no controlados. Una fuga puede provocar riesgos para la salud del personal, daños al medio ambiente y paradas forzadas de la planta, con las consecuentes pérdidas económicas y de tiempo.

Medidas de mitigación propuestas:

- Diseñar y mantener sistemas de contención y ventilación adecuados para minimizar la concentración de gases en áreas de operación.
- Instalar detectores de gases en puntos estratégicos, que alerten tempranamente sobre posibles fugas para activar protocolos de emergencia.
- Capacitar al personal en manejo seguro de gases, procedimientos de emergencia y uso de equipos de protección personal (EPP).
- Implementar mantenimientos preventivos rigurosos en las conexiones, válvulas y sistemas de tuberías para evitar fallas.

15.2.1.2 Falla de equipos críticos

La operación continua de la planta depende del correcto funcionamiento de equipos clave como bombas, sistemas de agitación, reactores, válvulas dosificadoras y sistemas de control. La falla inesperada de alguno de estos componentes puede provocar paradas no programadas, interrupciones en el proceso de cloración y acumulación de materiales en proceso, afectando tanto la calidad del producto final como los tiempos de producción. Esto se traduce en mayores costos operativos, posibles pérdidas de materia prima y riesgos de incidentes por presión o reacciones incompletas.

Medidas de mitigación propuestas:

- Implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, con frecuencia definida para cada equipo según especificaciones del fabricante y condiciones reales de operación.
- Contar con un stock mínimo de repuestos para equipos críticos, con el fin de reducir al máximo los tiempos de parada ante fallas imprevistas.
- Incorporar redundancia en equipos clave, como bombas o sistemas de dosificación, mediante la instalación de unidades de respaldo y líneas de bypass ya conectadas, que permitan continuar la operación mientras se realizan reparaciones.

15.2.1.3 Variabilidad en las materias primas y reactivos

La composición de las materias primas, especialmente la chatarra metálica utilizada como fuente de hierro, puede presentar variaciones significativas en cuanto a su pureza, contenido de impurezas no deseadas (como otros metales o materiales no ferrosos) y presencia de óxidos. Asimismo, pueden ocurrir fluctuaciones en la concentración del cloro gaseoso utilizado como agente de cloración. Estas diferencias impactan directamente sobre la eficiencia del proceso, la calidad del producto final y la generación de subproductos o residuos no previstos, lo que puede derivar en un aumento de los costos operativos y complicaciones en la operación.

Medidas de mitigación propuestas:

- Establecer un protocolo de caracterización de la chatarra previo a su uso, que permita clasificar y, si es necesario, realizar un pretratamiento para homogenizar su composición.
- Implementar controles de calidad sobre el cloro recibido y, en caso de producción propia, asegurar la estabilidad en su generación y almacenamiento.
- Incorporar sistemas de monitoreo en puntos clave del proceso para detectar desvíos en tiempo real y permitir una rápida corrección operativa.

15.2.1.4 Riesgos por corrosión

Dado que el proceso de producción de cloruro férrico involucra el uso de sustancias altamente corrosivas, como cloro gaseoso (Cl_2) e HCl generado en el sistema, existe un riesgo considerable de degradación de materiales en equipos, tuberías, válvulas y estructuras metálicas expuestas. La corrosión puede ocasionar fallas mecánicas, fugas, pérdida de producto, riesgos para el personal y paradas no programadas, afectando directamente la continuidad operativa y elevando los costos de mantenimiento.

Medidas de mitigación propuestas:

- Seleccionar materiales resistentes a la corrosión para todas las partes del proceso en contacto con sustancias agresivas (aceros especiales, recubrimientos anticorrosivos, plásticos técnicos, etc.).
- Aplicar recubrimientos protectores adecuados y establecer rutinas de inspección periódica con técnicas de control no destructivo (ultrasonido, líquidos penetrantes, etc.).
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo focalizado en los puntos críticos de corrosión, con reemplazo anticipado de componentes antes de que alcancen niveles de deterioro peligrosos.

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.

15.2.2.2 Fluctuación en el precio de venta del cloruro férrico

El precio de venta del cloruro férrico está sujeto a variaciones derivadas de la dinámica del mercado, la oferta y demanda, la competencia local e internacional, y posibles cambios regulatorios que afecten su uso o disposición. Estas fluctuaciones pueden impactar directamente en los ingresos proyectados, afectando la rentabilidad y la recuperación de la inversión.

Una caída significativa en el precio de venta puede reducir los márgenes operativos y poner en riesgo la sostenibilidad financiera del proyecto, mientras que aumentos imprevistos en los costos podrían limitar la capacidad de mantener precios competitivos.

Medidas de mitigación propuestas:

- Realizar estudios de mercado periódicos que permitan anticipar tendencias y ajustar estrategias comerciales.
- Diversificar la cartera de clientes y mercados para reducir la dependencia de un solo segmento o comprador.
- Establecer contratos de venta con precios fijos o mecanismos de ajuste que aseguren cierta estabilidad en los ingresos.
- Mantener una estructura de costos flexible y eficiente que permita adaptarse a variaciones en los precios sin afectar significativamente la rentabilidad.

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.

15.2.3.3 Eventos naturales extremos

La ubicación de la planta en el Parque Industrial de Campana expone al proyecto a riesgos asociados a eventos naturales extremos, como inundaciones por precipitaciones intensas, que recientemente afectaron la zona. Estos fenómenos pueden provocar daños a la infraestructura, interrumpir el suministro eléctrico y de servicios básicos, dificultar el acceso al sitio y detener las operaciones por períodos variables.

El impacto de una inundación incluye además riesgos ambientales, como el posible escape de sustancias químicas y daños en los sistemas de almacenamiento, que deben ser cuidadosamente gestionados para minimizar consecuencias tanto económicas como de seguridad.

Medidas de mitigación propuestas:

- Diseñar la planta con sistemas de drenaje adecuados y elevación de áreas críticas para prevenir acumulación de agua.
- Implementar planes de contingencia y protocolos de emergencia específicos para eventos meteorológicos extremos.
- Asegurar el respaldo eléctrico con generadores y fuentes alternativas en caso de cortes prolongados.

Realizar simulacros y capacitaciones regulares al personal para responder eficazmente ante inundaciones y minimizar riesgos.

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	Fugas de gases tóxicos o presurizados	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 en las materias primas y reactivos.	No permanente	Media	Media	Medio	Clasificar y revisar la chatarra a utilizar. Revisar y controlar la entrada de cloro y su posibilidad de desvíos/fugas.
	Riesgos por corrosión	Permanente	Media	Media	Medio Alto	Seleccionar materiales resistentes a la corrosión. Aplicar recubrimientos protectores adecuados y establecer rutinas de inspección periódica. Programa de mantenimiento.
Económico	Aumento en los costos de insumos y servicios	Permanente	Media	Media	Medio	Controlar la dosificación. Buscar nuevos proveedores.
	Fluctuación en el precio de venta del FeCl_3	No permanente	Media	Media	Medio	Realizar estudios de mercado periódicos. Diversificar la cartera de clientes y mercados. Mantener una estructura de costos flexible y eficiente.
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
	Eventos naturales extremos	No permanente	Media	Baja	Medio	Diseñar la planta adecuadamente. Implementar planes de contingencias y tener planes de respaldo.

CAPÍTULO XVI – ANÁLISIS 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 es viable el proyecto económicamente.

Para ello, se recurre a un modelo unidimensional de sensibilización del Valor Actual Neto (VAN) mediante la modificación de los costos variables de operación, específicamente los costos del reactivo “gas cloro Cl₂”.

16.1.1 Sensibilización de los costos variables de operación

La propuesta consiste en reducir el costo del reactivo “gas cloro Cl₂”, el cual forma parte de los costos variables de operación, de forma porcentual y a partir de allí recalculan el VAN.

A continuación, se despliega el análisis en forma de tabla.

Tabla 16.1-1 - Sensibilización del VAN a través de los Costos de Operación del Cl₂ | Fuente - Autoría Propia

Costos reactivo Cl ₂	Porcentaje	Reducción porcentual del costo	Costo operativo anual reducidos	VAN
\$ 10.217.872,34	18%	\$ 1.839.217,02	\$ 8.378.655,32	-\$ 1.671.251,18
	19%	\$ 1.941.395,74	\$ 8.276.476,60	-\$ 1.371.600,55
	20%	\$ 2.043.574,47	\$ 8.174.297,87	-\$ 1.071.949,93
	21%	\$ 2.145.753,19	\$ 8.072.119,15	-\$ 772.299,30
	22%	\$ 2.247.931,91	\$ 7.969.940,43	-\$ 472.648,68
	23%	\$ 2.350.110,64	\$ 7.867.761,70	-\$ 172.998,05
	23,577%	\$ 2.409.101,74	\$ 7.808.770,60	\$ -
	24%	\$ 2.452.289,36	\$ 7.765.582,98	\$ 126.652,57
	25%	\$ 2.554.468,09	\$ 7.663.404,26	
	26%	\$ 2.656.646,81	\$ 7.561.225,53	
	27%	\$ 2.758.825,53	\$ 7.459.046,81	
	28%	\$ 2.861.004,26	\$ 7.356.868,09	

Como puede observarse, a medida que disminuyen los costos variables de operación, valor actual neto del proyecto aumenta al valor indicado.

Específicamente, con una reducción del 23,577% respecto del costo original, el VAN se iguala a cero, lo cual hace al proyecto viable económicamente.

Gráficamente esto se puede visualizar de la siguiente manera.



Ilustración 16.1-1 - Representación gráfica de la sensibilización unidimensional del VAN a través de los Costos Operacionales | Fuente - Autoría Propia

16.1.2 Factores atribuibles a la reducción

El análisis de sensibilidad realizado permite identificar el punto a partir del cual el proyecto pasa a ser económicamente rentable. Resulta pertinente, entonces, considerar qué factores concretos podrían conducir a esa reducción en los costos operativos.

Entre las posibles causas se encuentran:

- Modificación del acuerdo comercial con el proveedor del reactivo Cl_2 .
- Contar con varias opciones de proveedores.
- Adquirir el reactivo a través de importaciones.

En conjunto, estos factores inciden directamente sobre los costos variables de operación y pueden alterar la viabilidad económica del proyecto.

16.2 Conclusión

El análisis realizado permitió identificar el grado de sensibilidad del proyecto frente a variaciones en los costos variables de operación. A través de un modelo unidimensional, se determinó que una reducción del 23,577% en el costo del reactivo Cl_2 haría económicamente viable al proyecto.

Este umbral de variación debe considerarse, ya que existen diversos escenarios que lo propicien. Entre ellas, se destacan la posibilidad de obtener el reactivo por parte de otros proveedores, realizar otros acuerdos comerciales, recurrir a la importación, entre otros.

Finalizando, cabe destacar que resulta fundamental conocer el mercado buscando reducir los costos operativos permitiendo sostener la viabilidad económica del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

16.3 Técnica y teórica

[1] – Data Bridge Market Research. (2024) Global ferric chloride market size, share, trends analysis report - Industry overview and forecast to 2032.

[2] – Mordor Intelligence. (2024) Análisis de participación y tamaño del mercado de productos químicos para el tratamiento de agua en América del Sur tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029)

[3] – Wise Guy Reports. (2024) Análisis de participación y tamaño del mercado de productos químicos para el tratamiento de agua en América del Sur tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029)

[4] – David Costabella, operario de Ferroclor S.A.

[5] – INDEC. (2025). Dirección General de Aduanas e informes de comercio exterior.

[6] – <https://lacasadelchef.net/industrial/dosificadoras-llenadoras-para-envases/volumetricas-neumaticas-semiautomaticas/dosificadora-llenadora-de-sobremesa-con-tolva-y-agitador.html>

[7] – https://www.researchgate.net/figure/Figura-38-Eschema-de-eyector-Muchos-autores-acaban-calificando-el-Venturi-como-un_fig12_50838386

[8] – <https://millops.community.uaf.edu/amit-145/amit-145-lesson-2/>

[9] – https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Tanque-tipico-del-proceso-de-agitacion-Fuente-Denbigh-y-Turner-1990_fig1_330043942

[10] – Peters, Timmerhaus & West – Plant Design and Economics for Chemical Engineers (Cap. “diseño de unidades de separación”)

[11] – Perry’s Chemical Engineers' Handbook - 8ª Edición (2008) – Capítulo 14: Gas Absorption and Gas–Liquid System Design - Tabla 14-4: contiene constantes de equilibrio de Henry para varios gases en agua

[12] – Timmerhaus D., & Peters, M. (2003). *Plant design and economics for chemical engineers* (4ª ed.). New York: McGraw – Hill.

[AF] – Ámbito Financiero (Junio de 2025). Cotización del dólar.
<https://www.ambito.com/contenidos/dolar.html>

16.4 Comercial

16.4.1 Reactivos

[HCl₃₂]

- **Fabricante:** https://sincerechemical01.en.made-in-china.com/?pv_id=1j0aiscleb92&faw_id=null&bv_id=1j0aiseqn835
- **Vendedor:** <https://sincerechemical01.en.made-in-china.com/product/HQNYDgwEXqRZ/China-Gold-Refinery-Mining-Industry-31-36-Price-Tech-Grade-Hydrochloric-Acid.html>

[Cl₂]

- **Fabricante:** <https://hengsheng2024.en.made-in-china.com/>
- **Vendedor:** <https://hengsheng2024.en.made-in-china.com/product/oxvYjmqcZsUV/China-ISO9809-3-High-Pressure-Gas-Chlorine-Hydrogen-Carbon-Dioxide-Argon-Gas-Cylinder.html>

[CFe]

- **Fabricante:** -
- **Vendedor:** <https://metalsplace.com/scrap-prices/cast-iron/clean/31>

16.4.2 Equipos principales

[CP1]

- **Fabricante:** Metalúrgica Pilar S.A.
- **Vendedor:** Metalúrgica Pilar S.A.

[RCP1]

- **Fabricante:** <https://reactorfactory.en.made-in-china.com/>
- **Vendedor:** <https://reactorfactory.en.made-in-china.com/product/WJcRsbqgCPUV/China-5m3-Stainless-Steel-Tank-Reactor.html>

[TE1]

- **Fabricante:** <https://aquaenergy.es/>
- **Vendedor:** <https://aquaenergy.es/producto/tamiz-estatico/>

[SC1], [SC2]

- **Fabricante:** <https://www.sunmach.net/Fabrication/Stainless-Steel-Process-Equipments/Stainless-Steel-Cyclone-Separators-Manufacturers.html>
- **Vendedor:** <https://www.indiamart.com/proddetail/stainless-steel-cyclone-separator-20390786730.html>

[CS1]

- **Fabricante:** <https://robenmfg.com/hastelloy-c-276-distillation-columns/>
- **Vendedor:** https://jintagroup.en.made-in-china.com/product/CdaTUhKvEzYS/China-Molecule-Distillation-Equipment-Ethyl-Alcohol.html?pv_id=1it2pkskg843&faw_id=1it2pm95c421&bv_id=1it2pmfmpb6d&pbv_id=1it2q6ehtf1fh

[LG1]

- **Fabricante:** https://cnlvran.en.alibaba.com/es_ES/index.html?spm=a2700.details.0.0.4be02aa5F8PsjF&from=detail&productId=62179995070
- **Vendedor:** <https://spanish.alibaba.com/product-detail/New-Plastic-Fume-Wet-Scrubber-Design-62179995070.html?spm=a2700.7724857.0.0.65491740FTzATn>

[EV1]

- **Fabricante:** https://qzbfkj.en.alibaba.com/es_ES/index.html?spm=a2700.details.0.0.3178281aQTRUGF&from=detail&productId=1600793941534

- **Vendedor:** https://www.alibaba.com/product-detail/Stainless-Steel-Ozone-Gas-liquid-Mixer_1600793941534.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.70de13a0cbPlfi

[RCS1]

- **Fabricante:** <https://chinareactor.en.made-in-china.com/>
- **Vendedor:** <https://chinareactor.en.made-in-china.com/product/TwJALCKHZBWI/China-High-Pressure-Hastelloy-C276-Stainless-Steel-Chemical-Storage-Tank-Reactor.html>

[TA1]

- **Fabricante:** https://lienm.en.alibaba.com/es_ES/index.html?spm=a2700.details.0.0.15b376c6P5sdRu&from=detail&productId=1601089315352
- **Vendedor:** https://www.alibaba.com/product-detail/LIENM-Customized-Chemical-Liquid-Mixing-Tanks_1601089315352.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.318713a0oqCLcb

[LV1]

- **Fabricante:** https://lhrh.en.alibaba.com/es_ES/index.html?spm=a2700.details.0.0.181352d2FS3FUe&from=detail&productId=1601430292055
- **Vendedor:** https://www.alibaba.com/product-detail/500Kg-1000kg-2000kg-Horizontal-Ribbon-Mixer_1601430292055.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.762913a0JoEBtv

16.4.3 Rodados

[NF^{4x2}]

- **Fabricante:** https://www.nissan.com.ar/vehiculos/nuevos/frontier.html#C402_cmp_feature_9
- **Vendedor:** https://auto.mercadolibre.com.ar/MLA-1503526637-nissan-frontier-s-4x2-mt-JM#polycard_client=search-nordic&position=3&search_layout=grid&type=item&tracking_id=b379b592-003e-4bca-be85-7a505f3218d1

[AEck]

- **Fabricante:** <https://www.brumby.com.ar/product-page/autoelevadores>
- **Vendedor:** https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1479148331-autoelevador-diesel-brumby-25-tn-torre-45mts-JM#polycard_client=searchnordic&position=2&search_layout=grid&type=item&tracking_id=88d7b29f-a5d444c6-beee-20b4536df135

16.4.4 Equipos secundarios

[IC1], [IC2]

- **Fabricante:** <https://www.hs-cooler.com/products/safety-heat-exchanger/>
- **Vendedor:** <https://flowproen.com/productos/intercambiadores-de-calor/cascoytubos/#1517325869536-24116215-0b3dbc51-93ec>

[CGC]

- **Fabricante:** <https://hnlsxtruck.en.made-in-china.com/>
- **Vendedor:** https://hnlsxtruck.en.made-in-china.com/product/pOQfmldPhqWM/China-T50-Compressed-Gas-LPG-Propane-Liquid-Chlorine-20FT-ISO-Tank-Container-for-Sale.html?header_search_page=lv

[THCI]

- **Fabricante:** <https://rotoplas.com.ar/agroindustria/tanques-para-exteriores/tanque-exterior-5000-litros/>
- **Vendedor:** https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-926030032-tanque-de-agua-5000-lts-incendio-plastico-edificio-rotoplas-JM?matt_tool=38087446&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic