

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES – ITBA

ESCUELA DE INGENIERÍA Y GESTIÓN



PRODUCCIÓN DE HERBICIDAS FORMULADOS A PARTIR DE 2,4-D ÉSTER

**Proyecto de inversión para la incorporación de una línea
sintetizadora a una planta formuladora de agroquímicos**

AUTORES: Caramutti Godoy, Mathias Rubén (Leg N° 56378)

Mihura, Juan Bautista (Leg N° 55380)

Ranallo, Lucas Nahuel (Leg N° 56132)

Sánchez López, Anselmo (Leg N° 57006)

Sucari, Ramiro Andrés (Leg N° 56116)

Vásquez, Ramiro Gustavo (Leg N° 56121)

DOCENTE/S TITULARES o TUTOR/ES: Santiago Frías Silva

TRABAJO FINAL PRESENTADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

BUENOS AIRES

2019

RESUMEN EJECUTIVO

Sigma Agro es una empresa argentina de producción de productos fitosanitarios. Dentro de su catálogo de productos, se comercializan herbicidas en base 2,4-D éster. Estos se encuentran en una etapa de crecimiento en el mercado local y actualmente la compañía los produce a fasón en otras plantas de agroquímicos del país. En el presente trabajo se realiza un estudio de prefactibilidad para la síntesis de dichos herbicidas en la planta de Sigma Agro. Asimismo, se estudian las distintas aristas del proyecto, analizando la factibilidad técnica y financiera, desarrollando un estudio integral de Ingeniería Industrial.

Sigma Agro is an Argentinian company that manufactures crop protection products. Among their portfolio of products are 2,4-D ester-based herbicides, which are currently in a stage of growth in the local market. At the moment, the company is outsourcing their production to other Argentine agrochemical factories. Throughout this paper a pre-feasibility study is conducted for the synthesis of 2,4-D ester-based herbicides in Sigma Agro's plant. A full study assessing the technical and financial viability of the project is developed from an industrial engineering perspective.

AGRADECIMIENTOS

A Gustavo Ruffa, Gabriel Mellone, y todo el personal de Sigma Agro, por la buena predisposición y la invaluable ayuda proporcionada para la realización de este trabajo.

A nuestras familias, por el apoyo y la motivación durante la etapa de nuestros estudios.

INDICE

1. Resumen del proyecto.....	1
2. Sigma Agro	3
2.1. Historia.....	3
2.2. Enfoque y valores.....	4
2.3. Portafolio de productos	5
2.4. Ubicación	6
2.5. Crecimiento	6
3. Agroquímicos.....	9
3.1. Definición e historia	9
3.2. Clasificación.....	9
3.3. Mercado de fitosanitarios	10
3.4. Herbicidas.....	12
4. Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D).....	15
4.1. Historia y descripción general.....	15
4.2. Variedades de 2,4-D.....	16
4.2.1. Diferencias entre sales y ésteres. Análisis de volatilidad.	17
4.3. Situación en Argentina	19
5. Mercado argentino de 2,4-D	21
5.1. Ciclo de vida.....	21
5.2. Matriz BCG	22
5.3. Análisis de elasticidad cruzada	23
5.4. Marco Regulatorio.....	24
5.4.1. Contexto argentino.....	24
5.4.2. Restricciones de uso y aplicación	25
5.4.3. Registro de herbicidas. Situación en Argentina.....	26
5.5. Análisis de Porter	27
6. Proyecto de inversión.....	32
6.1. Introducción al proyecto.....	32
6.2. Análisis FODA del proyecto de inversión	33
6.2.1. Análisis interno	34

6.2.2. Análisis externo	35
6.2.3. Generación de estrategias. Áreas de avance y defensa	36
7. Segmentación y posicionamiento	38
7.1. Segmentación	38
7.1.1. Objetivo.....	38
7.1.2. Shapiro y Bonoma.....	38
7.1.3. Tipo de empresa.....	38
7.1.4. Tamaño de empresa	40
7.1.5. Ubicación geográfica	42
7.1.6. Condición de cliente – no cliente.....	43
7.1.7. Ponderación.....	44
7.1.8. Conclusiones	45
7.2. Posicionamiento	45
7.2.1. Análisis 4P	45
7.2.2. Conclusiones	46
8. Proyección de demanda	48
8.1. Metodología	48
8.2. Proyección de superficie sembrada total en Argentina	49
8.3. Proyección del porcentaje sembrado de cada cultivo.....	49
8.4. Cálculo del consumo de 2,4-D	54
8.4.1. Mercado potencial de 2,4-D.....	54
8.4.2. Mercado real de 2,4-D	56
9. Proyección de precios	61
9.1. Metodología	61
9.2. Proyección para sales aminas a partir de ventas de DMA	62
9.3. Proyección para ésteres a partir de ventas de IBE	64
10. Conclusión Estudio de Mercado	66
11. Síntesis química de 2,4-D éster.....	69
12. Descripción del proceso industrial.....	72
12.1 Recepción de materias primas.....	72
12.2 Esterificación.....	74

12.3 Formulación	74
12.4 Envasado	75
12.5 Diagrama de flujo del proceso	76
13. Propiedades del producto formulado	79
14. Contaminación cruzada.....	82
15. Dimensionamiento y selección de tecnologías	83
15.1 Reactor	83
15.1.1 Reactor tipo batch	83
15.1.2 Reactores de flujo continuo	84
15.1.3 Reactor de tipo pistón	85
15.1.4 Material de reactor	86
15.1.5 Sistema de transferencia de calor.....	86
15.1.6 Agitador	87
15.1.7 Servicios.....	88
15.1.8 Dimensionamiento y selección	89
15.1.9 Resumen de requerimientos técnicos.....	91
15.2 Calor.....	94
15.2.1 Dimensionamiento	95
15.2.2 Requerimientos técnicos. Selección del proveedor.	97
15.3 Frío	99
15.3.1 Intercambiador de placas	99
15.3.2 Intercambiador de tubo y carcasa	100
15.3.4 Intercambiador refrigerado por aire	101
15.3.5 Intercambiador de tubos concéntricos	101
15.3.6 Dimensionamiento	102
15.3.7 Requerimientos técnicos. Selección del proveedor.	103
15.4 Torre de enfriamiento.....	104
15.4.1 Dimensionamiento y selección	105
15.5 Vacío	107
15.5.1 Bomba de anillo líquido.....	107
15.5.2 Dimensionamiento	107

15.5.3 Requerimientos técnicos. Selección del proveedor.	109
15.6 Destilación.....	110
15.6.1 Dimensionamiento y selección	111
15.7 Bombas.....	113
15.7.1 Bombas centrífugas.....	113
15.7.2 Bomba de membrana o diafragma	114
15.7.3 Requerimientos técnicos	115
15.8 Tanques	115
15.9 Formulación	117
15.10 Sistema de tuberías.....	118
15.11 Transporte interno	118
15.12 Diagrama de planta.....	119
15.13. Resumen de inversiones	123
15.14. Cronograma de ejecución.....	123
16. Balance de línea	126
16.1 Balance de producción	126
16.2 Grados de aprovechamiento	132
16.3 Tercerización de servicios	134
17. Plan de producción.....	136
18. Salud y medioambiente.....	141
18.1 Tratamiento de efluentes	141
18.2 Seguridad e higiene	142
18.2.1 Seguridad e higiene en depósitos de fitosanitarios	142
18.2.2 Elementos de protección personal	149
18.2.3 Manejo de sustancias peligrosas	153
18.2.4 Pautas generales sobre manipulación de agroquímicos	154
19. Localización.....	156
19.1 Situación actual	156
19.2 Análisis nacional	157
19.3 Análisis regional.....	157
19.3.1 Factores de decisión.....	157

19.3.2 Metodología de análisis	158
19.3.3 Transporte	159
19.3.4 Selección	163
19.4 Emplazamiento definitivo	166
19.5 Conclusión.....	166
20. Layout	168
21. Marco regulatorio.....	172
22. Conclusión Estudio de Ingeniería	176
23. Proyecciones macroeconómicas	178
23.1. Inflación en dólares	178
23.2. Inflación en pesos.....	180
23.3. Tipo de cambio.....	180
23.4. Riesgo país	183
23.5. Impuestos	184
23.5.1. Impuesto a las Ganancias.....	184
23.5.1. Impuesto al Valor Agregado.....	184
23.5.2. Ingresos Brutos	185
23.5.3. Alumbrado, Barrido y Limpieza	185
23.5.4. Aduaneros	185
24. Inversiones	187
24.1. Terreno	187
24.2. Instalaciones y maquinaria.....	187
24.3. Registros de SENASA	188
24.4. Desglose de inversiones	188
24.5. Amortizaciones.....	189
25. Costos.....	191
25.1. Sistema de costeo	191
25.2. Valuación de inventarios.....	192
25.3. Materia Prima.....	193
25.4. Factores de costos no acumulables.....	193
25.4.1. Gastos en energía eléctrica.....	194

25.5. Matriz de imputación de costos.....	195
25.6. Gastos Generales de Administración, Comercialización y Finanzas	196
25.7. Política de stocks de seguridad.....	197
25.8. Resumen de costos	197
26. Financiamiento.....	198
26.1. Monto a financiar	198
26.2. Costo del capital (K_e)	198
26.3. Endeudamiento.....	198
26.4. Análisis comparativo de empresas emisoras	199
26.5. Costo de la deuda (K_d)	201
26.6. Tasa de descuento — WACC.....	202
26.7. Emisión de deuda	202
27. Cuadro de Resultados	204
28. Balance.....	207
29. Flujo de Fondos.....	209
30. Análisis de rentabilidad.....	211
30.1. VAN, TIR, TOR y Apalancamiento.....	211
30.2. Período de Repago	212
30.3. Otros Indicadores	212
30.4. Conclusión del estudio económico-financiero	214
31. Variables de Riesgo	216
31.1. Riesgos	216
31.2. Identificación de riesgos.....	216
31.3. Análisis de sensibilidad.....	218
31.4. Variables de Riesgo Relevantes y sus probabilidades	220
31.4.1. Nivel de aranceles a la importación	220
31.4.2. Índice precio producto terminado y materia prima.....	221
31.4.3. Variación ventas IBE y EHE	222
31.4.4. Tipo de cambio	223
31.4.5. Días de cobro y pago.....	225
32. Escenarios para la toma de decisiones	226

32.1. El método Montecarlo.....	226
32.2. Modelo Preliminar.....	226
32.3. Potencial prohibición del IBE	229
32.4. Alternativa de abandono del proyecto.....	232
33. Simulación de Montecarlo	235
33.1. Presentación e interpretación de resultados	235
34. Administración del riesgo	239
34.1 Estrategias de cobertura	239
34.1.2 Tipo de cambio	239
34.1.2 Costo de materias primas	239
34.2 Impacto de cobertura en rentabilidad del proyecto	241
35. Opciones Reales.....	244
36. Conclusiones Análisis de Riesgos	246
37. Conclusión general.....	248
Anexo I: Productos de Sigma Agro	250
Anexo II: Regulación Nacional y Provincial de agroquímicos	255
Anexo III: Proyecciones	258
Anexo IV: Propiedades fisicoquímicas de componentes.....	266
Anexo V: Plan de producción.....	267
Anexo VI: Tratamiento de efluentes.....	281
Anexo VII: Normas IRAM de EPP y manejo de productos químicos	282
Anexo VIII: Datos de costo de transporte.....	283
Bibliografía	285

GLOSARIO

2,4-D: (ácido) 2,4-diclorofenoxiacético.

AFIP: Administración Federal de Ingresos Públicos.

BCRA: Banco Central de la República Argentina.

CAGR: compound annual growth rate. Tasa de crecimiento compuesto anual.

CASAFE: Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes.

CER: Coeficiente de Estabilización de Referencia. Índice que ajusta según inflación.

CIAFA: Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos.

CIF: Cost, Insurance and Freight. Incoterm utilizado en comercio exterior para referirse a precios de exportación, donde se incluye el costo logístico de transporte hasta el puerto de referencia, el transporte marítimo y el seguro.

DEA: dietanolamina.

DIO: Days Inventory Outstanding.

DMA: dimetilamina.

DPO: Days Payable Outstanding.

DSO: Days Selling Outstanding.

EHE: etilhexil éster.

EMBI: Emerging Markets Bonds Index.

EPA: Environmental Protection Agency. Agencia gubernamental de Estados Unidos encargada de la regulación ambiental.

EPP: Elementos de protección personal.

ERP: Enterprise Resource Planning. Acrónimo utilizado para sistemas (software) de gestión integral de todos los recursos de una empresa.

FAO: Food and Agriculture Organization. Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas.

FIFO: First In First Out.

FOB: Free on Board. Incoterm utilizado en comercio exterior para referirse a precios de exportación, donde el costo logístico de transporte hasta el puerto de referencia ya está incluido, pero no lo están el transporte marítimo ni el seguro.

FONDEP: Fondo Nacional de Desarrollo Productivo.

IBE: isobutil éster.

IIBB: Ingresos Brutos.

INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

IPA: isopropanolamina.

IPC: Índice de Precios al Consumidor (inflación minorista).

IPE: isopropil éster.

IVA: Impuesto al Valor Agregado.

LMTD: log-mean temperature difference.

M: millones.

ON: Obligaciones Negociables.

PYME: Pequeña y medianas empresa.

ROA: Return on Assets.

ROE: Return on Equity.

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.

TCR: Tipo de Cambio Real.

TEU: Twenty-foot Equivalent Unit.

TIPA: triisopropanolamina.

TIPS: Treasury Inflation-Protected Securities. Bonos del Tesoro de EE. UU. indexados.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

VAN: Valor Actual Neto.

VWAP: Volume-Weighted Average Price. Precio promedio ponderado por cantidad/volumen.

WACC: Weighted Average Cost of Capital.

1. RESUMEN DEL PROYECTO

El presente trabajo consiste en el análisis de un proyecto de inversión para la incorporación de una nueva línea de producción a una planta formuladora de agroquímicos de la empresa Sigma Agro S.A. La planta comercializa actualmente una serie de herbicidas formulados a partir de ácido 2,4-diclorofenoxiacético, conocidos en la industria como “2,4-D”, presente en el mercado de fitosanitarios desde la Segunda Guerra Mundial. El proyecto consiste en la inversión en una nueva línea para la síntesis de bases técnicas derivadas, que permitirían la formulación de herbicidas basados en ésteres de 2,4-D, principalmente isobutil éster (IBE) y etilhexil éster (EHE).

Se entiende por síntesis química el proceso por el cual se generan compuestos químicos (material técnico) a partir de precursores, y a la formulación como la disolución de ese material técnico con diferentes solventes, que mejoran su aplicabilidad y dan origen al producto final comercializado. En la Figura 1.1. se puede observar un diagrama básico y a fines ilustrativos del proceso.



Figura 1.1. Proceso productivo de herbicidas a partir de ácido 2,4-D.

Más del 90% de los herbicidas basados en 2,4-D puede agruparse en dos familias de formulados: las sales aminas y los ésteres (Charles, Hanley, van Ravenzwaay, & Bus, 2001). Sigma Agro, al día de la fecha, neutraliza y formula en su planta sales aminas, mientras que terceriza la síntesis y formulación de ésteres, sacrificando margen de ganancia. Si se concreta el proyecto, estos últimos también podrían producirse en la misma planta, en una línea paralela. Para todos los formulados se parte inicialmente del mismo insumo: ácido 2,4-D, el cual es mayormente importado desde países como China e India.

El mercado de importación, producción y comercialización de fitosanitarios se encuentra regulado por el SENASA, contando con un exhaustivo proceso de registro y control de la actividad.

CAPÍTULO I:

ESTUDIO DE MERCADO

RESUMEN

El estudio de mercado del proyecto inicia con la presentación de Sigma Agro S.A., empresa centro del análisis, y con la introducción del herbicida 2,4-D.

Posteriormente, se procede a analizar el mercado argentino del herbicida, identificando en qué etapa de su ciclo de vida se encuentra y cómo se ubican los derivados del precursor químico en una matriz BCG. Además, se utilizan herramientas como las 5 Fuerzas de Porter para identificar y sopesar el poder negociador de los proveedores y clientes de Sigma Agro, así como la amenaza latente de la entrada de nuevos competidores o productos sustitutos al herbicida en cuestión. También, es de esperar que el mercado nacional se encuentre regulado en el uso de agroquímicos, es así que se presenta el marco regulatorio en el cual se encuentra embebido el proyecto.

Resulta así como, con el panorama argentino conocido, se procede a presentar el proyecto de inversión e identificar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para definir estrategias de avance y de defensa. Es igual de importante segmentar el mercado según diferentes criterios como parte de la definición del posicionamiento que se busque en el negocio.

Finalmente, con el contexto conocido y analizado, se arriba a la parte fundamental del análisis: la proyección de la demanda y el precio, que permitan estimar la facturación de la empresa para los próximos 10 años.

2. SIGMA AGRO

2.1. Historia

Sigma Agro S.A. comienza sus actividades en el año 2010. En la Figura 2.1 se puede observar su logo actual. Sus fundadores cuentan con más de 30 años de experiencia, en conjunto, en el área de agroquímicos. Ellos se propusieron crear una compañía en la que la calidad de su trabajo no dependa de nadie, buscando siempre asegurar al cliente la excelencia en los productos y servicios ofrecidos.

En sus comienzos se dedicaban exclusivamente al trading de agroquímicos. Esto significa que importaban productos o tercerizaban su producción, sin contar — aún — con una planta propia. Desde esta etapa ya contaban con una muy buena relación con proveedores del exterior, especialmente China, y fueron capaces de conseguir tanto materiales técnicos como formulados, ofreciendo una amplia cartera de productos.



Figura 2.1. Logo de Sigma Agro SA.

Su servicio no culminaba con la importación de químicos, sino que operaban a lo largo de toda la cadena de valor. Por ejemplo, un proceso que implicase la importación del producto técnico, la formulación del herbicida, el armado del packaging y la entrega en el depósito del cliente muestra la gestión integral que la empresa podía realizar. Inicialmente trabajaban con plantas químicas de terceros debido a que sus objetivos eran plenamente comerciales: aumentar su facturación, llegar a nuevas áreas geográficas, o sumar más distribuidores, entre otros. Esto les resultaba más fácil y rápido de cumplir sin tener que encargarse de la producción. De esta manera se podían enfocar 100% en el cliente y en sus metas.

Sin embargo, con el correr del tiempo empezaron a perder share del negocio debido a que sus competidores locales importaban insumos y formulaban ellos mismos, lo que les permitía ofrecer productos a un menor costo. Desde ese momento empezaron a evaluar integrarse hacia atrás en su cadena de abastecimiento, para lo cual era necesario adquirir una planta química.

En un primer momento, tuvieron la oportunidad de comprar una planta en Gualaguaychú, Entre Ríos, pero deciden dejar pasar la propuesta debido a que la ubicación no era óptima para sus clientes. Luego, aprovechan una oferta de uno de sus proveedores para la compra de una planta

en Mercedes, que originalmente formulaba productos de cloro. Así, acordaron un plan de pagos y desde aquel momento comenzó una nueva etapa en la historia de Sigma Agro.

El predio de 3 hectáreas, que se puede observar en la Figura 2.2, ya contaba con una nave de 5.000 m² lista para ser utilizada, donde instalaron 2 líneas de formulación. Inicialmente priorizaban a sus propios productos ya que contaban con una baja capacidad productiva respecto a su fuerza de ventas. Sin embargo, por su trayectoria en el negocio conservaban muy buenas relaciones con plantas formuladoras, a las cuales podían acceder para tercerizar la carga trabajo que no podían absorber.

Yendo al presente, planean terminar el año 2019 con 10 líneas, en su mayoría monoproducción. Esto significa que cada línea se utiliza para formular un solo producto, y no se comparte entre diferentes formulados, lo que asegura una calidad excepcional dado que se elimina cualquier posibilidad de contaminación cruzada. Gracias a esta política, Sigma Agro es capaz de trabajar con empresas de primera línea que demandan este tipo de condiciones.



Figura 2.2. Planta de producción en Mercedes de Agro Sigma SA.

2.2. Enfoque y valores

Sigma Agro, en su presentación empresarial, afirma que:

Desde Sigma Agro comprendemos la importancia de la agricultura, no solamente para la economía nacional sino también para la demanda creciente de alimentos a nivel mundial.

[...]

Tenemos una amplia paleta para poder producir de manera rentable y eficiente estos cultivos, buscando sustentabilidad, que para Sigma significa juntar el éxito económico con la responsabilidad ambiental y social a largo plazo.

Somos una empresa en su totalidad nacional, y por eso apostamos al crecimiento de la agricultura a nivel local. Contamos con una planta industrial que da trabajo a más de 30 empleados y está en constante crecimiento de acuerdo con las demandas locales, tanto propias como de terceros.

Hoy Sigma pone mucho énfasis en el medio ambiente. Contamos con un laboratorio que realiza labores diarias de desarrollo e investigación, para poder generar cultivos sustentables; bajando las bandas toxicológicas a través de formulaciones seguras según normas internacionales y promoviendo las buenas prácticas agrícolas.

Somos una empresa dinámica que busca cubrir los grandes desafíos que plantea la nueva agricultura, por eso nos ponemos como objetivo brindar la mayor cantidad de soluciones posibles para los distintos cultivos, aportando la flexibilidad que necesita el productor argentino.

La empresa se encuentra enfocada 100% en su servicio y el cliente. Los valores que Sigma Agro promueve son confianza, eficiencia, responsabilidad, sustentabilidad y trabajo en equipo.

2.3. Portafolio de productos

Actualmente cuenta con más de 30 productos en su cartera, cubriendo las diferentes necesidades del productor agropecuario a la hora de proteger sus cultivos. Entre ellos se encuentran herbicidas, insecticidas, fungicidas y coadyuvantes, ver Figura 2.3. En el Anexo I: Productos de Sigma Agro se puede encontrar el tipo y descripción detallada de cada uno de ellos, al día de publicación del presente trabajo.

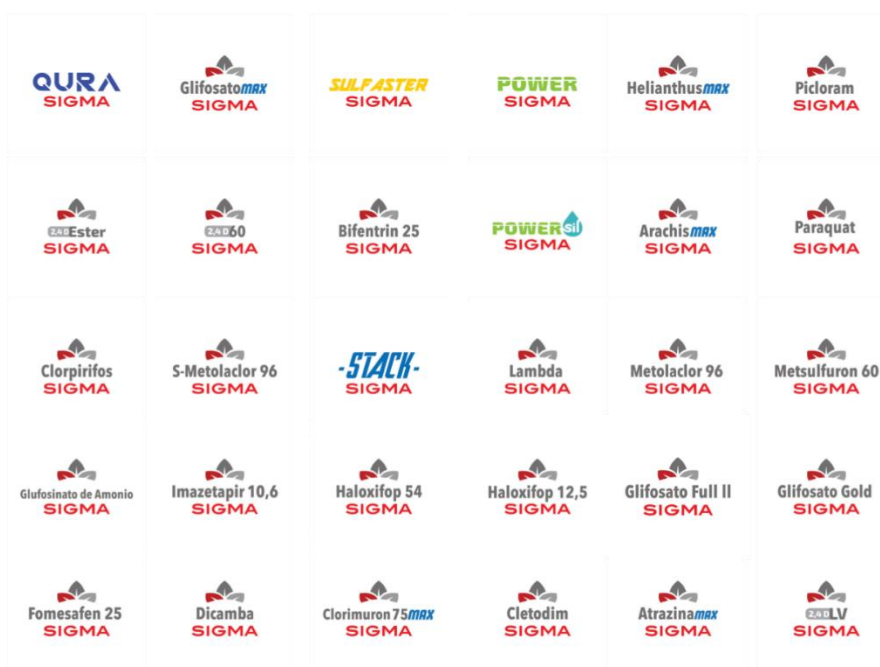


Figura 2.3. Productos de Agro Sigma SA.

2.4. Ubicación

Sigma Agro cuenta con su mayor presencia en Buenos Aires, La Pampa, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos. En esta área geográfica posee 4 depósitos, con su planta de producción en la localidad de Mercedes, Buenos Aires. Los depósitos y la planta pueden observarse en el mapa de la Figura 2.4.

Comercialmente dividen la zona en norte de Buenos Aires, sur de Córdoba y sur de Santa Fe, sudeste y sudoeste de Buenos Aires, oeste de Buenos Aires y La Pampa, norte de Córdoba, y finalmente grandes administraciones de Capital y núcleo.



Figura 2.4. Mapa de operación de Sigma Agro SA.

2.5. Crecimiento

El crecimiento de Sigma Agro ha sido muy fuerte, especialmente durante el 2018, año en el que han podido duplicar su facturación respecto al año anterior. Este progreso se debe a la atención y tiempo que invierten en encontrar socios para nuevos negocios. Como se expondrá posteriormente, la empresa se destaca por su habilidad en crear acuerdos de mutuo beneficio. Por ejemplo, formular para terceros que no cuentan con planta propia, o formular en plantas de terceros con capacidad ociosa.

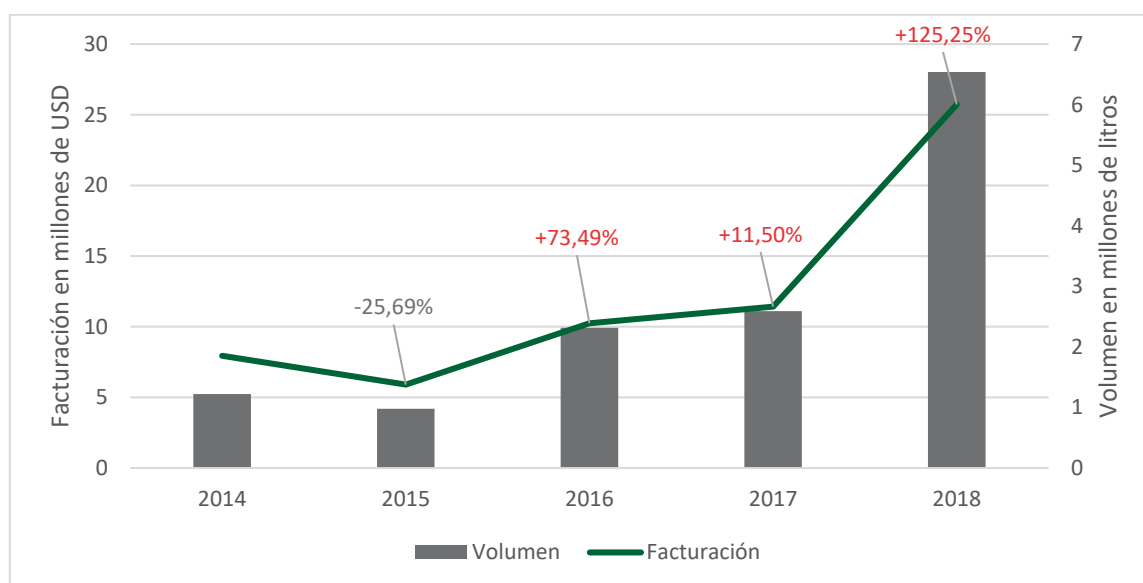


Figura 2.5. Crecimiento de Sigma Agro S.A. en facturación y volumen.

Como puede observarse en el gráfico de la Figura 2.5, hubo un fuerte crecimiento en los últimos años y se encuentra presente una tendencia a seguir haciéndolo, tanto en facturación como en volumen vendido. Asimismo, el CAGR de facturación entre 2014 y 2018 fue de 34,14%.

Sigma Agro demostró que es capaz de crecer en forma exponencial y mantener y agrandar su posición en el mercado. Actualmente, representa el 0,1% del mercado total de fitosanitarios, aunque si se tiene en cuenta que la empresa no comercializa productos en todos los segmentos, este valor es comparativamente mayor. Pronostican para el 2019 tener, nuevamente, un crecimiento de dos dígitos en términos reales.

En referencia al mercado puntual de herbicidas de 2,4-D, la compañía ha crecido significativamente desde el 2014 hasta la fecha. El market share ha aumentado desde un 1% en 2014 hasta un actual 5%. En la Figura 2.6 se puede ver el crecimiento en el volumen total de herbicidas 2,4-D comercializado por Sigma Agro.

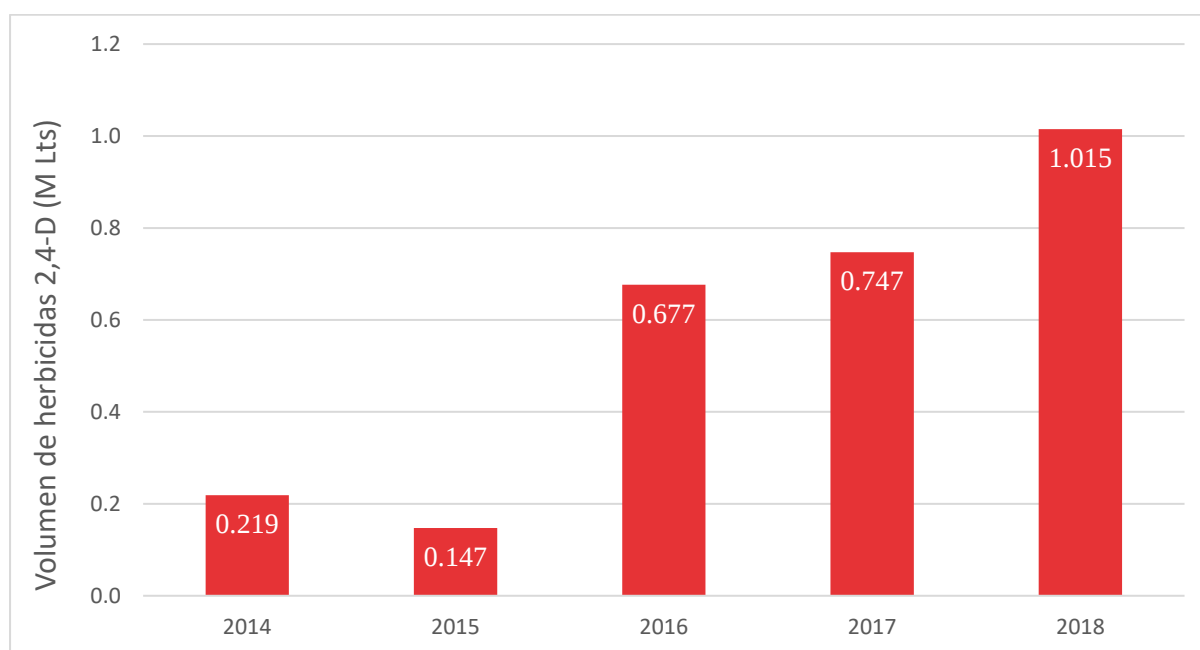


Figura 2.6. Volumen total comercializado de herbicidas 2,4-D por Sigma Agro.

3. AGROQUÍMICOS

3.1. Definición e historia

Se entiende por agroquímicos a “cualquier sustancia química utilizada en agricultura, incluyendo fertilizantes, herbicidas e insecticidas” (Encyclopædia Britannica, 2018). Desde los inicios de la agricultura se han buscado formas más eficientes y económicas de alimentar a una creciente población. Asimismo, el crecimiento demográfico experimentado a partir del siglo XIX, junto a las grandes guerras de la historia moderna han sido factores determinantes en el desarrollo de los agroquímicos sintéticos como se los conoce en la actualidad.

Los productores agropecuarios tendrán que producir significativamente más alimentos hacia 2050 para poder satisfacer las necesidades alimenticias de una población esperada de más de 9.000 millones de habitantes, al mismo tiempo que deberán enfrentar desafíos causados por el cambio climático y la protección de recursos naturales finitos. (Phillips McDougall, 2018).

Más allá de las controversias acerca de la toxicidad y sustentabilidad de su uso, sería difícil explicar el incremento en la productividad de los cultivos sin tener en cuenta el efecto de los agroquímicos y otros avances tecnológicos producidos por las ciencias agrarias. La Figura 3.1 muestra la evolución del índice de cosecha elaborado por el Banco Mundial desde 1961. Se observa que el nivel de cosechas se cuadruplicó en los últimos cincuenta años, y en Argentina casi se sextuplicó.

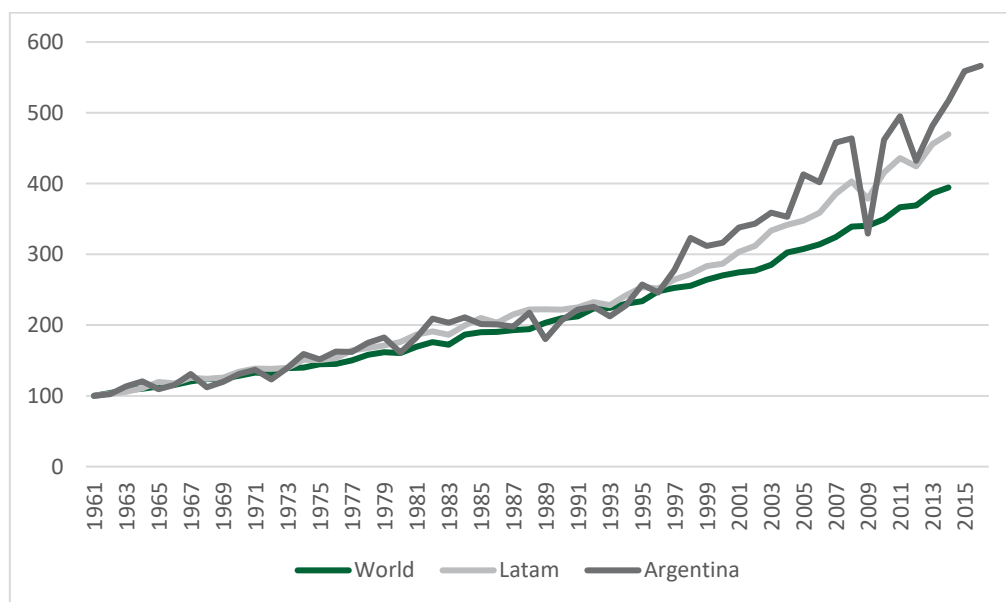


Figura 3.1. El índice de cosecha mide la productividad de los cultivos (base 1961=100).

3.2. Clasificación

No existe un criterio de clasificación único o estandarizado para la enorme variedad de productos químicos que se utilizan en la agricultura moderna. Una primera división puede establecerse entre productos que estimulan el crecimiento y aquellos que protegen a los

cultivos, también llamados productos fitosanitarios o pesticidas. Es frecuente que el término agroquímicos se utilice intercambiamente con el segundo grupo, y se denomine genéricamente fertilizantes a los productos del primer grupo. La Figura 3.2 muestra una posible clasificación de agroquímicos.

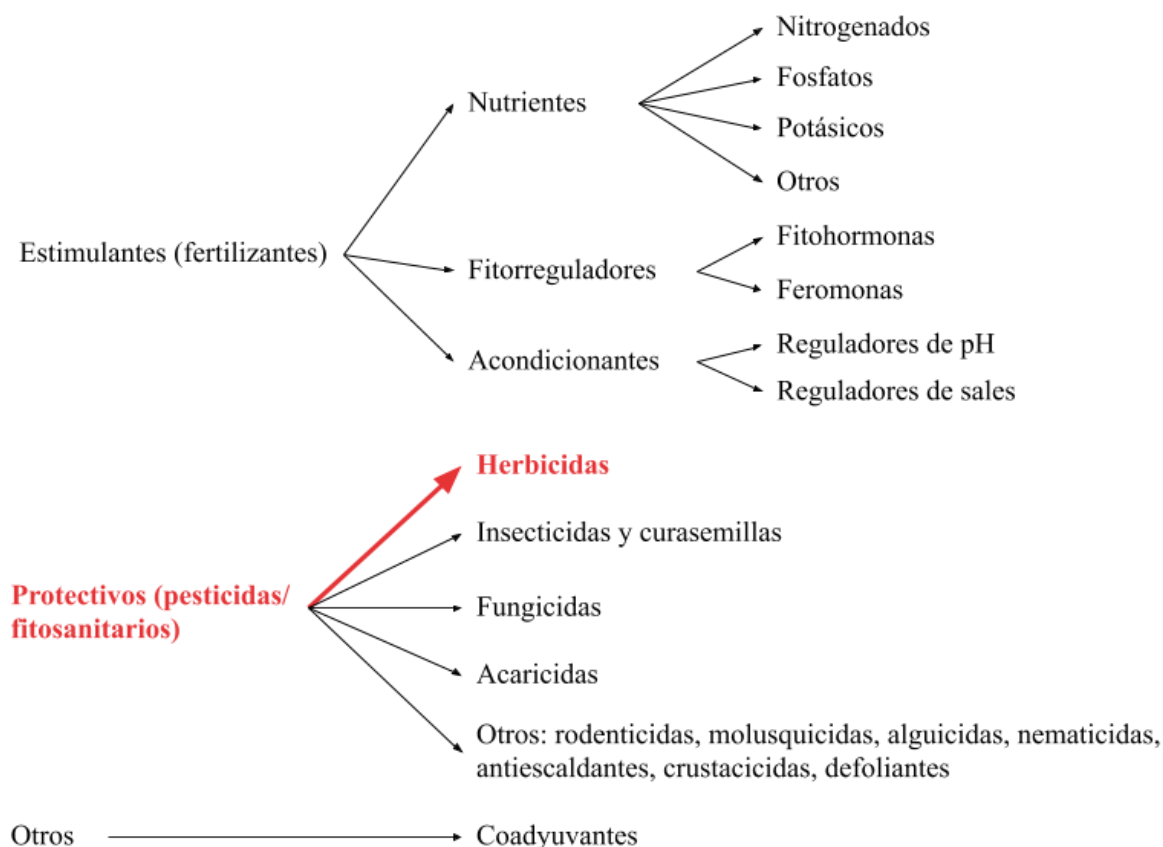


Figura 3.2. Clasificación de agroquímicos.

3.3. Mercado de fitosanitarios

El mercado de fitosanitarios comenzó a desarrollarse a nivel mundial en la década de 1950, luego de la Segunda Guerra Mundial. Hacia 1960, los ingresos acumulaban los USD 10 miles de millones, con menos de 100 químicos activos registrados. En la actualidad existen alrededor de 600 químicos activos registrados globalmente, y el valor del mercado supera los USD 50 miles de millones. En la última década la cantidad de químicos nuevos registrados cayó a la mitad respecto a décadas anteriores, y los niveles de facturación tocaron un máximo en 2014 (Phillips McDougall, 2018). Estas señales muestran que se trata de un mercado en etapa de madurez, que aún tiene potencial para seguir creciendo, pero difícilmente al mismo ritmo de décadas atrás. La Figura 3.3 muestra las ventas globales de fitosanitarios y su distribución geográfica.

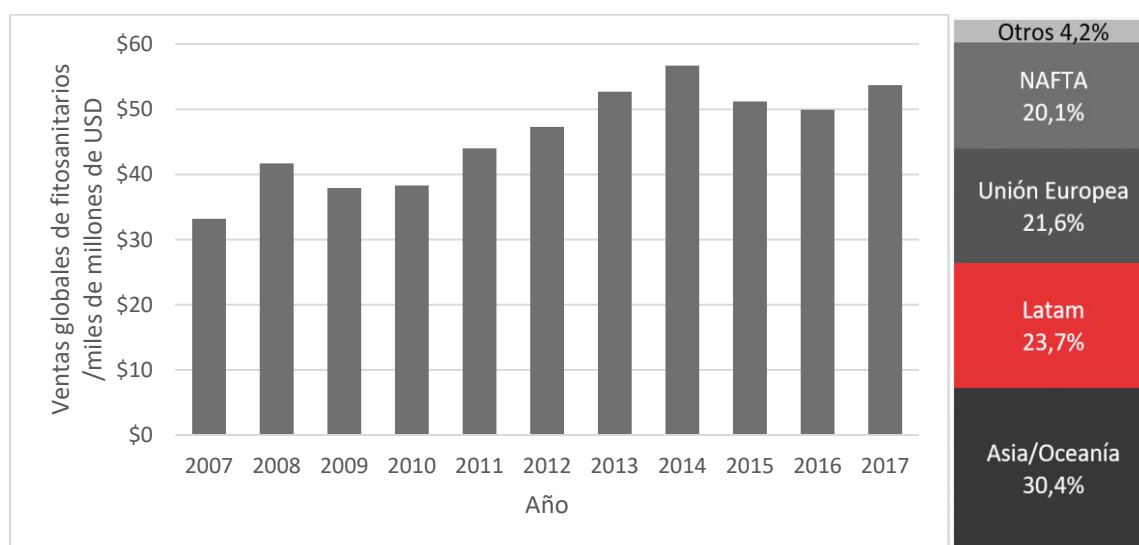


Figura 3.3. Mercado global de fitosanitarios (McDougall, 2017).

Los herbicidas representan la familia agroquímicos más importante dentro del grupo de productos fitosanitarios, tanto en volumen como en tamaño de mercado, en Argentina (CASAFE) y en el resto del mundo (EPA, 2011). Junto con los insecticidas y fungicidas, representan más del 90% del mercado, tal como se puede observar en la Figura 3.4.

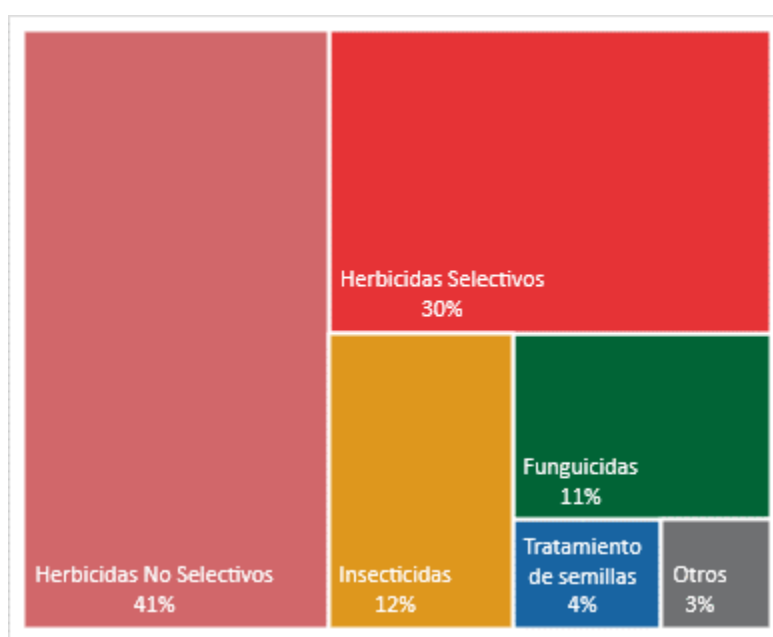


Figura 3.4. Share de fitosanitarios en Argentina.

En Argentina, los herbicidas históricamente representaron entre el 60% y 75% del mercado de fitosanitarios, que casi se quintuplicó desde los valores mínimos de 2002. Entre 2002 y 2016 el CAGR fue del 10,7%. Dicha evolución puede verse evidenciada en la Figura 3.5.

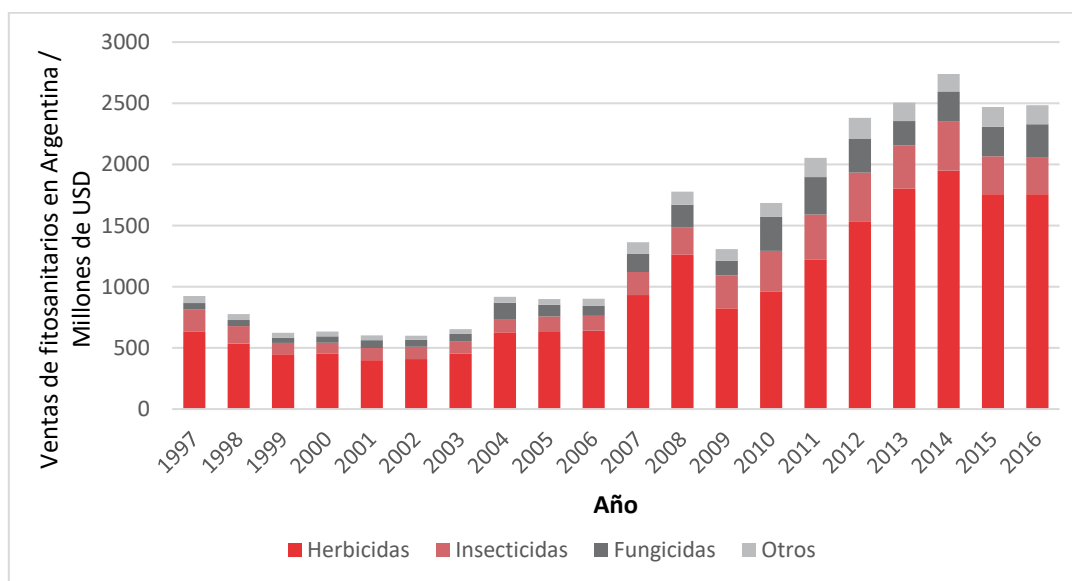


Figura 3.5. Evolución de ventas de fitosanitarios en Argentina. Elaboración propia a partir de informes CIAFA.

3.4. Herbicidas

Se denomina herbicidas a los agroquímicos cuya función consiste en eliminar o neutralizar plantas indeseadas, llamadas malezas. Las malezas compiten con el cultivo por los recursos disponibles (agua, nutrientes, luz solar), por lo que, si no se controlan, pueden reducir enormemente los rindes. Existen múltiples criterios para clasificar a los herbicidas, entre los que se destacan:

- Según su persistencia: el grado de residualidad determina cuánto tiempo perdura el efecto del herbicida luego de su aplicación. Generalmente este efecto es potenciado por lluvias, erosión, o reacciones con el suelo.
- Según su movilidad dentro de la planta:
 - Sistémicos: se absorben y son traslocados a través del floema a otras zonas de la planta. Así, estos herbicidas pueden actuar sobre zonas diferentes a las aplicadas.
 - De contacto: sólo operan sobre las zonas de la planta en que son aplicados.
- Según su selectividad:
 - Selectivos: atacan sólo la maleza o familias de malezas para los que fueron diseñados, dejando intacto a los cultivos y otras plantas.
 - No selectivos: eliminan un amplio espectro de plantas, por lo que también son muy utilizados en otras industrias más allá de la agricultura. También se denominan herbicidas totales. El más conocido es el glifosato.

- Según su zona de actuación:
 - Sobre suelo: son absorbidos o adsorbidos principalmente por las raíces de la planta, por lo que el posicionamiento del herbicida en la capa correcta de tierra es importante.
 - Foliculares: se aplican y son absorbidos por los tejidos de la planta expuestos encima del suelo.
- Según el momento de aplicación:
 - Pre-siembra: se aplican antes de la siembra. Algunos de estos herbicidas son incorporados mecánicamente al suelo para reducir su volatilidad y eliminar las malezas a medida que crecen.
 - Pre-emergentes: Se aplican antes de la germinación o emergencia del cultivo.
 - Post-emergentes: Se aplican una vez que el cultivo superó su etapa inicial de germinación. La mayoría de los herbicidas post-emergentes son de absorción folicular.

La variedad de herbicidas en el mercado se explica, en parte, por esta multiplicidad de funciones y criterios de uso; difícilmente pueda encontrarse dos productos distintos que actúen de forma idéntica. Por eso, una estrategia efectiva y responsable de control integral de plagas generalmente requiere un conjunto de herbicidas aplicados en diferentes proporciones y momentos de la campaña agrícola, que funcionen de manera complementaria.

De acuerdo con los criterios expuestos, el 2,4-D es un producto selectivo, sistémico, de actuación folicular. Se aplica tanto de modo pre como post-emergente: en cultivos como maíz o soja, donde el herbicida dañaría la planta en crecimiento, se utiliza como pre-emergente para limpiar el barbecho al momento de sembrar. En cambio, para cereales como el trigo, la selectividad del 2,4-D no afecta a la planta, entonces puede utilizarse como post-emergente para eliminar malezas que crecen con el cultivo y compiten por los recursos.

Dentro del grupo de herbicidas, tanto selectivos como no selectivos, es posible identificar múltiples productos dependiendo el componente activo que se utilice. En Argentina, tal como se puede ver en la Figura 3.6, los más utilizados son glifosato, 2,4-D, cletodim y dicamba.

- Glifosato: es un herbicida no selectivo, por lo que su aplicación requiere de un especial cuidado para no eliminar cultivos. Actúa inhibiendo aminoácidos esenciales para el crecimiento de la planta (Monsanto, s.f.), por lo que su aplicación requiere que la maleza se encuentre en etapas de crecimiento activo (Glyphosate Facts, 2013).

- Cletodim: actúa en post-emergencia para el control de gramíneas anuales y perennes. Inhibe la síntesis de ácidos grasos a través de la enzima ACCasa. Una vez aplicado, se absorbe rápidamente por el follaje, translocándose por floema y xilema.
- Dicamba: sistémico, de uso post-emergente, Es absorbido por la planta a través de las hojas y raíces penetrando dentro del sistema vascular del vegetal, se considera un herbicida de alta movilidad dentro de la planta, las condiciones climáticas que favorecen el crecimiento de las malezas.

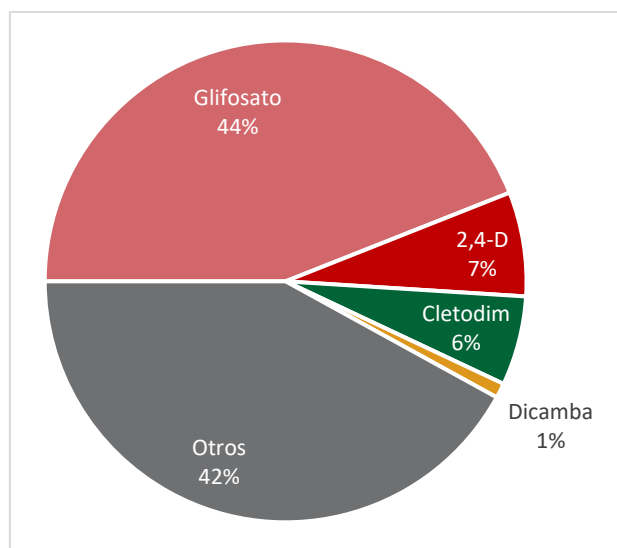


Figura 3.6. Share de volumen vendido en Argentina de herbicidas en 2016 (Sigma Agro, 2019).

4. ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D)

4.1. Historia y descripción general

El descubrimiento del ácido 2,4-diclorofenoxiacético ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial y fue publicado por primera vez por el químico norteamericano Robert Pokorny (Pokorny, 1941). Existe cierta controversia sobre su verdadero descubridor original, debido al secretismo que debían guardar las empresas en tiempos de guerra ante nuevos hallazgos. Es posible que inicialmente haya sido desarrollado como agente químico para rociar los cultivos de países enemigos, pero su alta selectividad rápidamente lo volvió impráctico para esos fines.

Comenzó a utilizarse como herbicida en 1944 y rápidamente se transformó en un éxito comercial (Quastel, 1950). La importancia del 2,4-D radica en haber sido el primer pesticida sintético con capacidad para eliminar malezas de hoja ancha, dejando intactos a cereales y cultivos como sorgo, trigo, girasol, arroz, papa, cebada y centeno. Esta selectividad también lo hace útil para aplicaciones en jardines y céspedes (por ejemplo, canchas de golf), aunque este uso hoy se encuentra restringido en muchas regiones del mundo.

En la actualidad existen más de 600 productos formulados cuyo ingrediente activo es el 2,4-D (Song, 2014). Debido a su popularidad y uso extendido, en tiempos más recientes se han desarrollado variedades genéticamente modificadas de otros cultivos (por ejemplo, maíz y soja) resistentes al 2,4-D. Esto significa que plantas que antes eran atacadas por la aplicación del herbicida, hoy lo soportan.

Químicamente, pertenece a la familia de herbicidas fenoxi-carboxílicos, que además incluye a otros compuestos como ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), ácido 2-metil,4-clorofenoxiacético (MCPA), varios ácidos clorofenoxipropanoicos (MCP; 2,4-DP), o ácido 2,4-diclorofenoxibutírico (2,4-DB).

El 2,4-D actúa como una hormona sintética (auxina), estimulando el crecimiento — insostenible — de las malezas de hoja ancha, hasta que finalmente mueren. En otras palabras, el herbicida provoca el crecimiento acelerado de la maleza, más rápido de lo que ésta tolera, al punto que la mata. Este comportamiento hormonal otorga al químico una segunda funcionalidad, la de regulador de crecimiento. Típicamente se puede observar el efecto del herbicida en el retorcimiento y aclaramiento de hojas y tallos, tal como se muestra en la Figura 4.1.



Figura 4.1. Efectos del 2,4-D sobre malezas.

4.2. Variedades de 2,4-D

Existen diferentes productos comerciales que poseen como compuesto activo al ácido 2,4-D que se utilizan para la fabricación de formulados. Las más importantes son las sales aminas (DEA, DMA, IPA, TIPA) y los ésteres (EHE, IPE, IBE), que en conjunto componen el 90–95% de formulados de 2,4-D en el mercado (Charles, Hanley, van Ravenzwaay, & Bus, 2001). La minoría de productos restantes se compone principalmente de formulados del ácido 2,4-D directamente, por ejemplo, encapsulados

En la Figura 4.2 se observa los distintos productos finales que se obtienen del ácido 2,4-D. Para obtener una sal amina se realiza una neutralización del ácido 2,4-D. Luego, se formula con distintos solventes para lograr los productos formulados. Por el lado de los ésteres, el ácido se transforma en un reactor químico para sintetizar la base técnica, a la cual se le agregan variados insumos para poder formular los productos finales. Finalmente, hay un 5% de los formulados que se produce a partir del ácido 2,4-D directamente.

El proceso que se analiza llevar a cabo en el proyecto es la síntesis química de ésteres del ácido 2,4-D, para su posterior formulación.

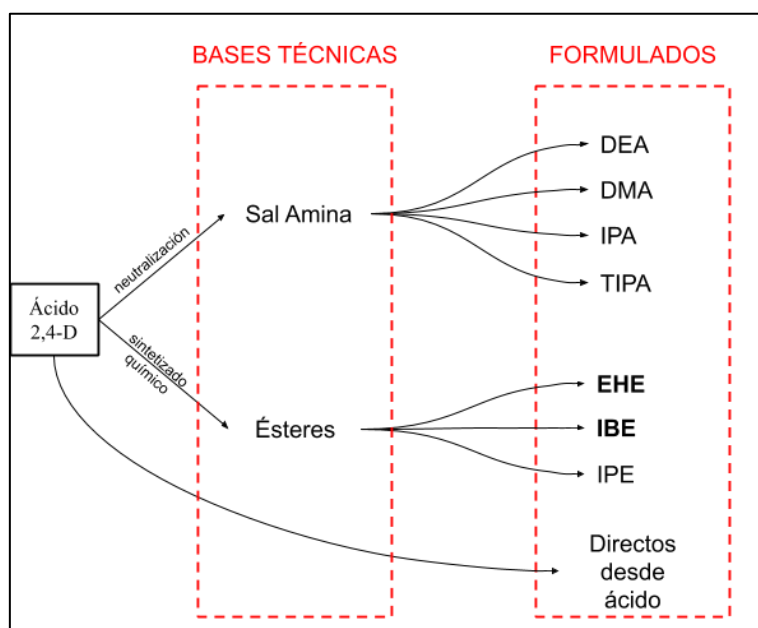


Figura 4.2. Diagrama de familias de formulados de 2,4-D

A pesar de su antigüedad en el mercado, los formulados de 2,4-D continúan siendo los herbicidas más consumidos en Estados Unidos y Canadá representando un share mayor al 30% del total de pesticidas (EPA, 2011). En la Unión Europea, se ubican en segundo lugar, después del glifosato (Eurostat, 2016), al igual que en Argentina (CASAFA). En Sudamérica, el uso de pesticidas no es tan intensivo como en regiones más desarrolladas, aunque se trata de uno de los mercados de agroquímicos de mayor crecimiento, junto con la región Asia-Pacífico (Labrada, 2003). En secciones posteriores se analizará la demanda potencial de agroquímicos, en particular del 2,4-D.

No se conocen cifras precisas a nivel global acerca de la producción o consumo de 2,4-D (IARC, 2018), aunque existen algunas estimaciones y datos parciales. La producción de ácido 2,4-D en China, el principal productor mundial, alcanzó 40.000 toneladas anuales en 2010 (Liu, et al., 2013). Se estima que el consumo total anual de 2,4-D en Estados Unidos solamente fue de 19–26 millones de litros en el período 2001–2007 (EPA, 2011).

4.2.1. Diferencias entre sales y ésteres. Análisis de volatilidad.

Las diferencias entre las sales aminas y los ésteres consisten principalmente en el tiempo de acción y la volatilidad de los productos.

La aplicación de ambos fitosanitarios se realiza mediante camiones mosquito o avionetas, dejando caer el herbicida sobre los campos del productor agropecuario. Los ésteres son más volátiles, lo que significa que una mayor proporción del producto se evapora o volatiliza. La distancia hasta el suelo a la cual se suelta el herbicida, y el efecto del viento, junto con el tiempo hasta que se termine de absorber el producto, genera que, a mayor volatilidad del herbicida, éste pueda desplazarse hacia otra zona, o campo vecino. Como consecuencia, el productor

agropecuario incurre pérdidas económicas por desperdicios de herbicida, por un lado, y ambientales por otro, ya que el producto desplazado podría afectar otros cultivos en etapas de crecimiento. El tiempo desde que se aplican los ésteres hasta que surgen efecto es de 24 horas.

Sin embargo, las sales aminas tardan entre 4 y 5 días en completar su efecto. Por lo tanto, la mayor volatilidad de los ésteres se ve compensada por un mayor tiempo de aplicación de las sales aminas. En caso de que haya precipitaciones durante dicho periodo, las consecuencias son devastadoras y puede concluirse con la pérdida total de una aplicación de 2,4-D sal amina. En consecuencia, los ésteres son considerados más efectivos, pero se debe ser cuidadoso en el elegir el día de aplicación para evitar que se desplace a terrenos cercanos.

Cabe destacar que la volatilidad no es igual entre los ésteres. Un estudio realizado por Jorgelina C. Montoya y Carolina Porfiri (INTA, 2017), ataca esta temática y muestra resultados que marcan una diferencia sustancial entre ellos.

El estudio se realizó en un ambiente experimental, de laboratorio, evaluando la fitotoxicidad de cultivos aledaños al que fue dosificado con cada variante del herbicida. Se utilizaron macetas de 1 kg, con 5 semillas de girasol en cada uno, aplicándoles 10 cm³ de herbicida y sometiéndolos a 12 hs de día (25 °C) y 12 hs de noche (20 °C). Una vez transcurridas las primeras 24 hs de estación, se retiraron las macetas del ambiente cerrado en el cual se encontraban, para tomar muestras al día 0, 3 y 7, a partir de esas primeras horas de estación.

El gráfico de la Figura 4.3. muestra los niveles de fitotoxicidad medida en los diferentes cultivos aledaños en las tres fechas determinadas, demostrando la mayor volatilidad del IBE por sobre el EHE. El primero mostró una volatilidad de aproximadamente el 80% del total de su peso, mientras que el segundo fue del 25%. De este modo, la volatilidad del EHE es comparable a las sales aminas, representadas en este estudio por la dimetilamina (DMA) y la sal colina, otra sal amina.

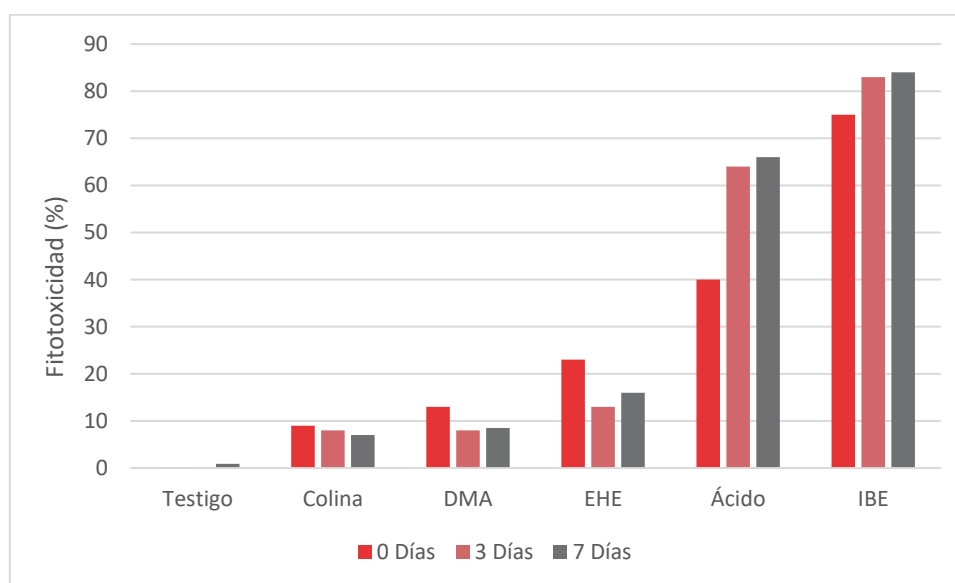


Figura 4.3. Estudio de la volatilidad de diferentes formulaciones de 2,4-D (INTA, 2017).

4.3. Situación en Argentina

Los principales productos finales de 2,4-D en base éster que se comercializan en el mercado argentino son el etilhexil éster (EHE) y el isobutil éster (IBE), conocidos como 2,4-D etilhexil y 2,4-D butílico, respectivamente. Ambos herbicidas se comercializan en formato líquido, principalmente en bidones estándar de 20 litros. En su aplicación es cada vez más usual la combinación con otros herbicidas para lograr un manejo integral de malezas.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, vale la pena destacar que la aplicación de IBE incurriría en mayores desperdicios que la aplicación equivalente de EHE, más allá de los daños que pudiera ocasionar a otros cultivos. Existen casos donde la acción de un éster ha impactado en cultivos situados a 6 km. de la zona de aplicación. Si bien ya existen regulaciones provinciales que restringen el uso de ésteres, y en particular el IBE, debido a este efecto existe la posibilidad de que se prohíba su uso a nivel nacional.

A pesar de todo esto, el IBE continúa siendo el formulado de 2,4-D con mayor volumen de ventas en Argentina, tal como se puede observar en la Figura 4.4. Los distribuidores de productos agroquímicos explican que, al tratarse de una de las variedades más antiguas de 2,4-D, los productores agropecuarios tienen cierta inercia hacia estos formulados porque ya lo han utilizado anteriormente y conocen su eficiencia. De todos modos, el EHE gana tracción año a año debido a su mayor rendimiento económico y las prohibiciones totales de IBE en algunas zonas, representando ya un 30% del total de litros de 2,4-D éster comercializados.

En tercer lugar, se ubican las sales aminas. En provincias donde los ésteres están completamente prohibidos, como Tucumán y Chaco, las sales aminas son el único formulado que puede aplicarse.

Se estima que en total se comercializan anualmente en Argentina alrededor de 20 millones de litros en productos basados en 2,4-D, con una demanda estable desde 2014.

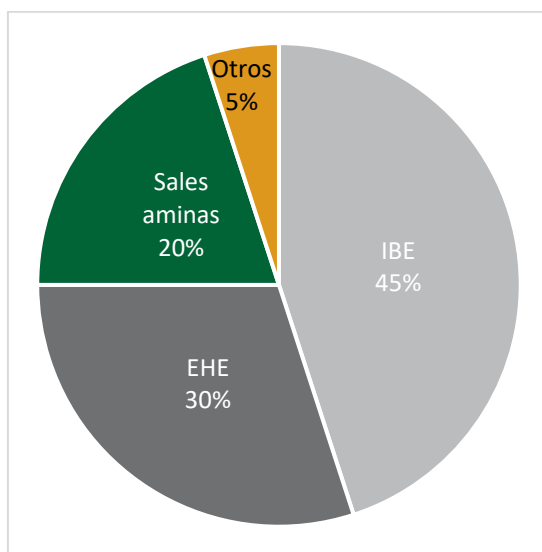


Figura 4.4. Participación de cada variante de 2,4-D en el mercado nacional (Sigma Agro, 2019).

Si bien el 2,4-D existe desde hace más de 70 años, en el país, los herbicidas hormonales en general tuvieron un gran crecimiento a partir de la campaña 2012/13 (CASAFE). Uno de los factores que impulsaron este crecimiento fue el fortalecimiento de las malezas, que ya no podían ser tratadas eficientemente con los productos habituales hasta ese momento. Como se estudiará más adelante, si se utilizaran las dosis recomendadas para las hectáreas cultivadas en el país, aún existe un potencial crecimiento considerable de la demanda de esta familia de herbicidas.

5. MERCADO ARGENTINO DE 2,4-D

5.1. Ciclo de vida

El análisis del ciclo de vida hace referencia a cómo evolucionan las ventas del producto en el tiempo. Con esta información se clasifica de manera cualitativa al producto en alguna de estas 4 etapas: introducción, crecimiento, madurez y declive.

Dado que el producto a analizar se comporta como un commodity, donde el formulado final es prácticamente igual, independientemente de la empresa que lo produzca, se analiza al producto en general y no sólo el producido por Sigma Agro. Como fue mencionado anteriormente, los herbicidas en base ácido 2,4-D comenzaron a utilizarse en 1944, por lo que se esperaría que sea un producto ya maduro en el mercado. La Figura 5.1 representa a modo ilustrativo el estado del 2,4-D en su ciclo de vida.

Analizando la evolución de las ventas, se concluye que están teniendo un crecimiento moderado en los últimos 5 años, lo que se explica por un incremento del mercado total de agroquímicos, y más específicamente de herbicidas. Este aumento de la demanda se debe, principalmente, a una mayor superficie sembrada total en Argentina, a la necesidad de mayores rindes, y a una creciente resistencia de las malezas a los productos utilizados.

A su vez, es un producto bien conocido en el ambiente agropecuario, por lo que quedan pocos clientes potenciales para comenzar a aplicarlo en sus cultivos. En conclusión, se considera que es un producto maduro, con niveles de venta estables y con un crecimiento moderado constante.

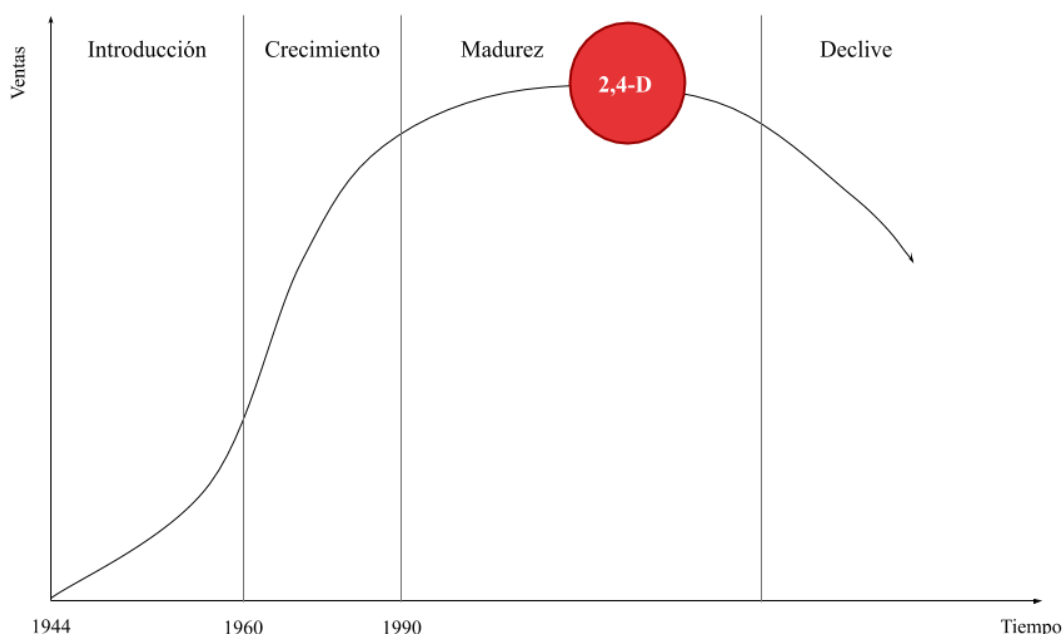


Figura 5.1. Posición del 2,4-D dentro de su ciclo de vida.

5.2. Matriz BCG

La matriz BCG incluye dos variables para analizar sobre el producto: la participación relativa del producto en el mercado (market share), y su crecimiento dentro del mercado. Es por esto necesario, en primera instancia, definir el mercado en cuestión.

El mercado se define como todos los herbicidas en base ácido 2,4-D, estos son principalmente los de base sal amina, y base ésteres, que como mencionado previamente, componen alrededor del 95% del mercado. Se considera que este mercado es el más representativo no sólo porque los productos que se comercializan pertenecen directamente a este subgrupo, sino también porque es importante que cumplan una misma función: herbicida selectivo para la eliminación de malezas de hoja ancha. Se seleccionan los herbicidas 2,4-D con base técnica sal amina y en base ésteres por separado para lograr un análisis más profundo y relevante sobre la cartera de productos.

En el eje X (market share) de la Figura 5.2, se ubican los de base sal amina en una cuota relativa del mercado baja, y a los de base éster, que son los que Sigma Agro comercializa en mayor medida, con un porcentaje relativo alto. Para el crecimiento del mercado en el tiempo (eje Y) se ubican los ésteres con crecimiento alto y los de sal amina con un crecimiento bajo, dado que tienen niveles de venta estables en los últimos años. El diámetro de los círculos representa el ingreso anual actual de Sigma Agro para cada producto. Los de base técnica ésteres representaron un ingreso de USD 2.800.000 y los de base técnica sal amina un ingreso de USD 190.000.

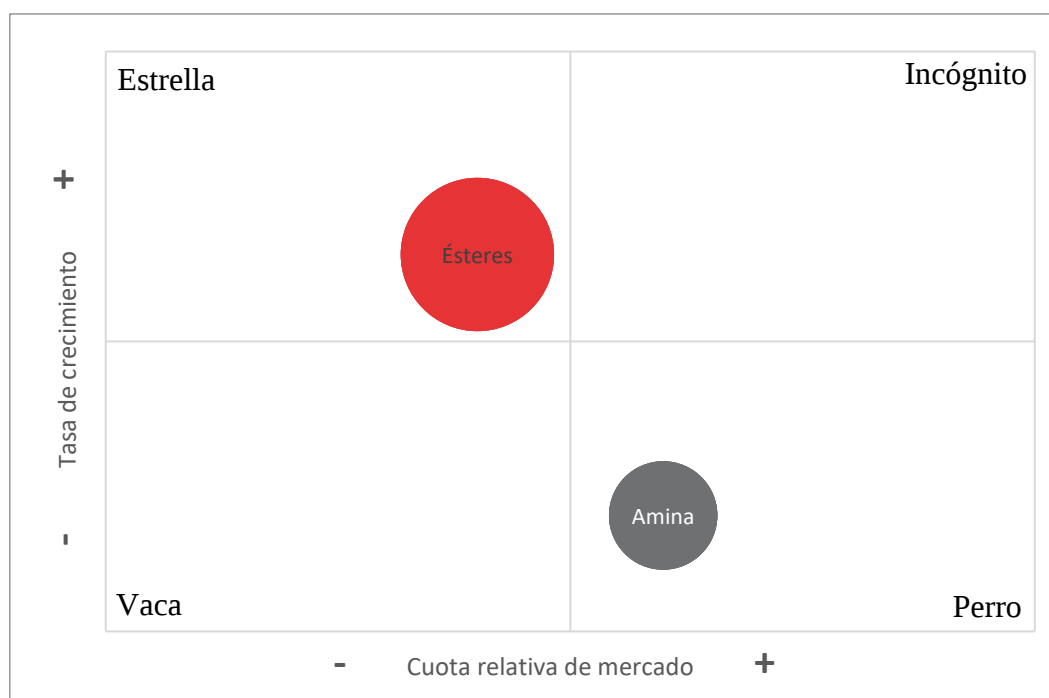


Figura 5.2. Matriz BCG 2,4-D

Como puede observarse en la Figura 5.2, los ésteres se categorizan como un producto del tipo estrella mientras que los de base técnica sal amina se consideran productos del tipo perro. Los tipo estrella son los que presentan mayores beneficios potenciales y oportunidades de inversión. Los tipo perro, generalmente, resultan en ingresos bajos y poco prospecto de crecimiento, por lo que se recomienda una reinversión o reestructuración del producto o del plan de negocios asociado, o llegado al caso, en la terminación de su venta. En conclusión se refuerza el enfoque del proyecto, en el que se busca invertir en la producción de los herbicidas 2,4-D en base éster.

5.3. Análisis de elasticidad cruzada

A pesar de que el mercado argentino de fitosanitarios se encuentra en una tendencia creciente, cabe preguntarse el grado de sustitución que existe entre el 2,4-D y otros herbicidas comercializados en el mercado argentino. Para ello, se realiza un análisis de elasticidad cruzada entre el 2,4-D y los herbicidas más comercializados en Argentina.

La elasticidad cruzada de la demanda se define como el cambio porcentual en la cantidad consumida de un bien, cuando ocurre un cambio porcentual equivalente en el precio de un segundo bien, *ceteris paribus*.

Cuando la elasticidad es negativa, se dice que dos bienes son complementarios.

Ejemplo 5.1:

Si un bien X aumenta su precio en 10%, y como consecuencia la cantidad consumida de otro bien Y cae 20%, la elasticidad cruzada de la demanda de X respecto de Y será negativa (-2).

Los bienes del Ejemplo 5.1 se comportan como complementarios porque al aumentar el precio de X, cae su cantidad consumida (salvo bienes Giffen), al igual que — pero en otra proporción — el bien Y. Lo contrario ocurre con los bienes llamados sustitutos (Robert, 2008).

No fue posible conseguir una serie de precios estandarizados suficientemente grande de valores de mercado de múltiples tipos de herbicidas, debido en parte a la gran cantidad de productos y combinaciones existentes para cada químico activo. Sin embargo, sí se conocen los registros de comercio exterior de numerosos agroquímicos que, al igual que el 2,4-D, son formulados y comercializados. Si bien económicamente es incorrecto suponer que las curvas de oferta y demanda (y en consecuencia, los precios) de un producto dependen de sus costos (precio de los materiales técnicos importados), al tratarse de agroquímicos que se comportan prácticamente como commodities, empíricamente se conoce que existe una alta correlación entre ambas variables en el mediano y largo plazo (Dixon, 2009).

Por lo tanto, con el objetivo de realizar un análisis cualitativo entre el comportamiento de otros herbicidas frente al 2,4-D, se analiza la elasticidad cruzada a partir de los precios FOB y las cantidades importadas y exportadas en Argentina en el período 2006–2017, sin perjuicio de

que estos valores puedan diferir considerablemente de las elasticidades reales de cada par de herbicidas en el mercado de formulados.

Se observa en la Figura 5.3 que, de los productos analizados, el 58% posee elasticidad cruzada negativa, comportándose así como complementarios frente al 2,4-D. La atrazina y el tiametoxam poseen una elasticidad positiva, pero menor al 0,1. Entre los herbicidas con comportamiento sustituto más marcado se encuentran el glifosato (0,81), dicamba (0,44) y diclosulam (1,99).

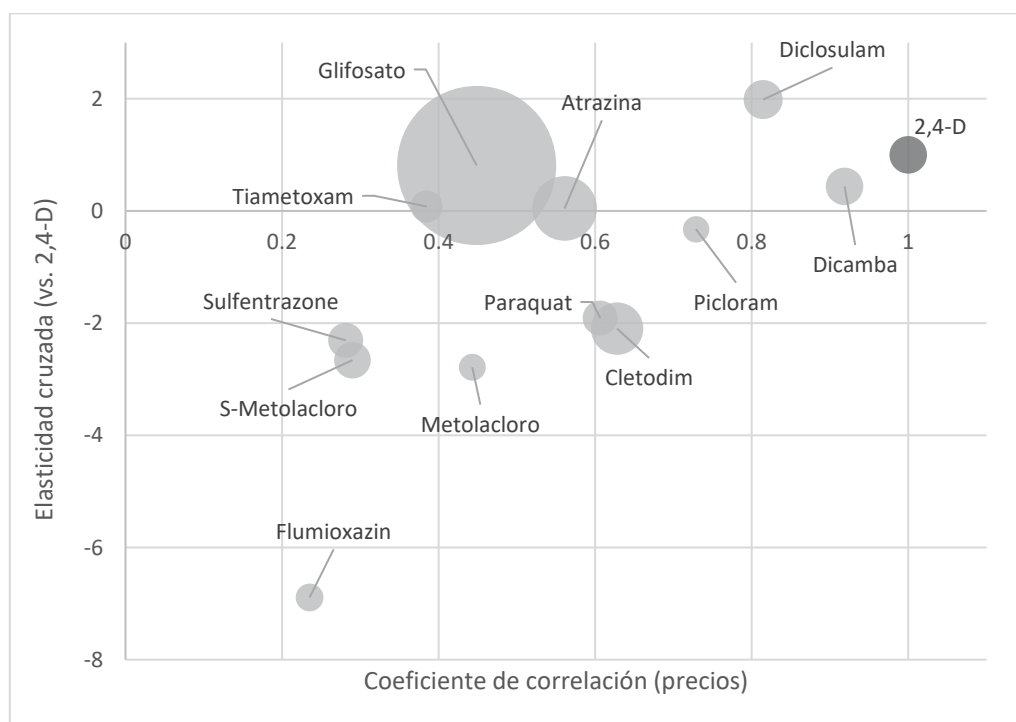


Figura 5.3. Elasticidad cruzada para distintos tipos de herbicidas con relación al coeficiente de correlación entre sus precios. El tamaño de las burbujas representa el monto promedio importado por año en USD.

En conclusión, el 2,4-D es un sustituto complementario de los productos más utilizados en el mercado. Esto genera que tenga menos volatilidad en la demanda relativa de herbicidas, y una mayor seguridad de que su demanda no disminuya debido a una sustitución por otro producto.

5.4. Marco Regulatorio

5.4.1. Contexto argentino

La gran mayoría de las actividades económicas y aquellas que tienen algún efecto sobre el medio ambiente se encuentran reguladas tanto por el Estado Nacional como por los Estados Provinciales, y otros organismos estatales. La producción, importación, exportación, y aplicación de agroquímicos no es la excepción, aunque no existe una Ley Nacional única que regule la aplicación y uso de productos fitosanitarios. A la fecha, la única norma de presupuestos mínimos existente es la ley 27.279, conocida como de “productos fitosanitarios”, aunque regula la gestión de los envases vacíos de dichos productos, en lugar de su utilización.

Como consecuencia, en materia regulatoria, al no existir una norma generalizada, los estándares provinciales varían notablemente (Paz Belada, 2017).

Sin embargo, un jugador importante en el control de los agroquímicos es el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Se encuentra dotado de personería jurídica propia, dependiente del Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación, y de la Secretaría de Agroindustria. Se encarga de ejecutar políticas nacionales en materia de sanidad y calidad animal y vegetal (SENASA, s.f.).

Puede consultarse en el Anexo II: Regulación Nacional y Provincial de agroquímicos, a modo de resumen, la normativa nacional y provincial vigente que regula o incide en la regulación de agroquímicos.

5.4.2. Restricciones de uso y aplicación

Por otra parte, el uso y aplicación de ciertas variedades del herbicida 2,4-D está prohibida en determinadas épocas del año, o incluso en su totalidad. Al tratarse de una restricción provincial, significa que no se trata de una regla general, sino dispuesta por cada provincia en particular.

Asimismo, las razones por las cuales se limita el uso y aplicación varían dependiendo de cada provincia, pero, a modo general, se resumen en la volatilidad del producto y época del año que favorece dicho efecto.

Más aún, en el caso de Córdoba, se prohibió el uso y aplicación en la época coincidente con la brotación y floración de ciertos cultivos de hoja ancha, como los frutales, hortalizas o flores ornamentales, por ejemplo.

En la Tabla 5.1 se presentan las restricciones provinciales ya existentes en el país.

Tabla 5.1

Restricciones provinciales de uso y aplicación de 2,4-D (La Gaceta, 2017), (DESAB, 2017), (Infocampo, 2019).

Provincia	Formulación	Ley / art.	Modo	Restricción
Córdoba	IBE	Ley 8.820 Art. 1	A – T – M	1/8 – 31/3
Santa Fe	IBE	Ley 11.273 Art.1	A – T – M	Todo el año
	2,4-D sales aminas 6 km*	Ley 11.273 Art.2	A	
	2,4-D sales aminas 1 km*	Ley 11.273 Art.3	T	
Bs. As.	IBE		A – T – M	1/10 – 31/3
La Pampa	2,4-D éster	Resolución 2043/06	A – T – M	1/10 – 31/3
Tucumán	2,4-D éster y 2,4-D DB	Resolución N°	A – T – M	Todo el año
	2,4-D sales aminas	291/(Saaya)	A – M	
Chaco	2,4-D éster	Ley 7.032	A – T – M	Todo el año

*de poblados, escuelas rurales, centros apícolas, huertas, ríos, arroyos y pozos para extracciones de agua para consumo humano. A: Aéreo, T: Terrestre, M: Manual.

5.4.3. Registro de herbicidas. Situación en Argentina

Como se introdujo en el Decreto-Ley 3489/58, dentro del marco regulatorio Nacional, los productos fitosanitarios deben ser inscriptos en un registro nacional, administrado y controlado por el SENASA.

Así resulta que, con la finalidad de importar, producir o comercializar cualquier herbicida en base ácida 2,4-D, el SENASA debe otorgarle a la empresa solicitante registros que la habiliten. Dicho requisito abarca tanto a productos finales, como a insumos o bases técnicas para la formulación de herbicidas. Este proceso de solicitud y registro demora, como mínimo, dos años.

Sin embargo, existen dos alternativas que lo evitan o reducen. La primera consiste en adquirir el paquete de estudios realizado por una empresa poseedora del registro, en caso de que se requiera el mismo análisis de toxicidad para el producto. Esta modalidad tiene un costo variable, dependiendo la negociación entre empresas, que ronda los USD 50.000, pero ahorra, aproximadamente, seis meses del proceso total. La segunda consiste en la compra de un “clon”, es decir, un registro con idénticas características a otro ya existente. Esto acarrea un costo estimado de USD 0,05 por litro producido, a manera de regalías para la empresa poseedora del registro. Nuevamente, dicho valor puede ser negociado entre empresas. Si bien esta opción puede resultar atractiva, el “clon” depende en un 100% del registro original, por lo que quedaría a merced del anterior, y una caída de la original generaría la caída del clon.

Una empresa productora de fitosanitarios debe contar con registros para su insumo importado y su cartera de productos comercializados. Por ejemplo, Sigma Agro cuenta con el registro para la importación de ácido 2,4-D y para la comercialización de EHE, IBE y demás. No es necesario contar con registros para los pasos intermedios de la cadena productiva.

En cuanto al mercado de herbicidas 2,4-D argentino, la gran mayoría de las empresas cuenta con los permisos necesarios para la importación, producción y comercialización del IBE. Esto no ocurre con el EHE ya que pocas empresas cuentan con el registro necesario. Esta situación imposibilita que importen el material técnico necesario para su formulación, sin incurrir en los costos y demoras necesarias para el registro en el SENASA, o sin invertir en una línea de síntesis del técnico (Sigma Agro, 2019).

5.5. Análisis de Porter

El desarrollo del modelo de las 5 fuerzas, introducido por Michael Eugene Porter (economista, investigador y conferencista nacido el 23 de mayo de 1947, en Ann Arbour, Estados Unidos (Biografía, 2018)) en 1979, permite analizar una industria a través de la identificación y análisis de: la rivalidad entre los competidores, el poder negociador de los proveedores y clientes, y la amenaza de nuevos entrantes y productos sustitutos.

Para el presente trabajo se realiza el análisis de Porter para la industria de los herbicidas, aplicado a aquellos formulados a partir de 2,4-D.

A continuación, en la Figura 5.4, se presenta el diagrama de la Cruz de Porter.

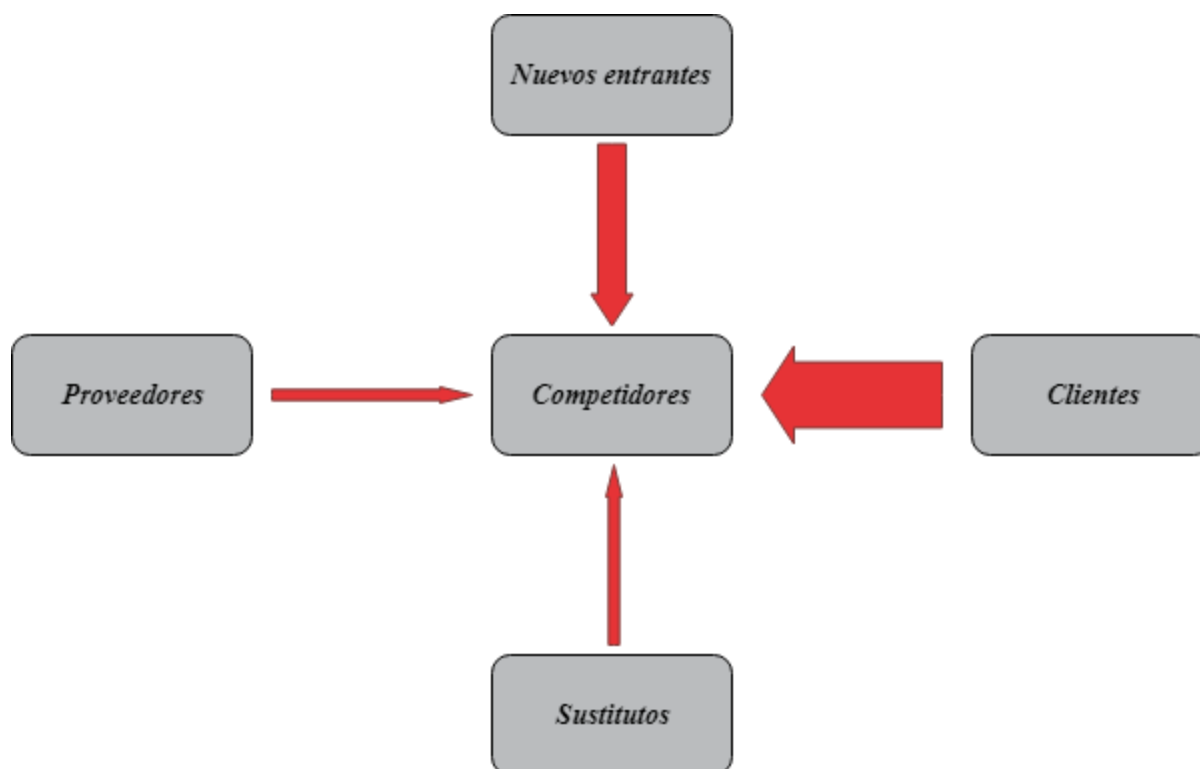


Figura 5.4. Cruz de Porter para el mercado de 2,4-D.

Proveedores

El poder de negociación de los proveedores de insumos para la producción de 2,4-D es bajo.

El ácido 2,4-D (materia prima) se comercializa como un commodity. En Argentina, actualmente hay una sola empresa que produce el ácido localmente: Atanor SCA, que además posee el mayor share de formulados de 2,4-D vendidos en el país (llegando al 40% si además se tiene en cuenta que ellos formulan los productos de Dow). La mayoría del total de ácido 2,4-D utilizado se importa desde proveedores en China, y en menor medida India. Esta opción de aprovisionamiento resulta más rentable, pero por cuestiones de financiamiento y logísticos, las empresas suelen recurrir, ocasionalmente, a Atanor para satisfacer demandas pequeñas. De todas formas, la cantidad que se compra localmente es despreciable frente al volumen que se importa. Además, se utilizan muy bajas cantidades de otros insumos para la formulación del producto final, y que también se comercializan como commodities.

Clientes

El poder de negociación de los productores agropecuarios, clientes del 2,4-D es alto. Al igual que los insumos para su producción, no hay gran diferenciación mediante la calidad del herbicida. Es así como se traslada el poder de negociación de los proveedores de insumos hacia los clientes, actuando la industria de herbicidas como proveedores de los productores agropecuarios.

A pesar de que los formulados no son commodities propiamente dicho, tienen características que los asemejan. Los clientes determinan la marca a comprar según dos factores principalmente. En primer lugar, se encuentra el precio. Éste suele estar determinado principalmente por 2 elementos: el precio FOB del ácido 2,4-D, y la relación entre la oferta y la demanda, ya que la cadena de abastecimiento del negocio funciona bajo modalidad push (se vende una vez producido). En segundo lugar, se encuentra el tipo de financiamiento que pueda ofrecer el vendedor dado el contexto macroeconómico de incertidumbre que se ha instalado en el país hace varios años, y la forma en la que se trabaja en la industria, con muchos costos hundidos e inversiones grandes a corto y mediano plazo.

Si bien se analiza al productor agropecuario como último eslabón de la cadena, existe un intermediario. La mayoría de las empresas, como es el caso de Sigma Agro, venden principalmente a distribuidores. Dichas empresas ofrecen financiación a la distribuidora, mientras que ellas hacen lo mismo con los consumidores finales.

Dado que el principal cliente para Sigma Agro son las distribuidoras de agroquímicos, el mercado cuenta con un número más reducido de participantes, aunque de mayor volumen. De esta manera, a mayor concentración de clientes, se vuelve más eficiente la relación, pero más riesgosa.

Sin embargo, no son pocas las empresas distribuidoras con operaciones en las zonas de venta de Sigma Agro. Según información de la Federación de Distribuidores de Insumos Agropecuarios, se encuentran 128 en la Provincia de Buenos Aires (CADESABA, s.f.), con mayor concentración en el norte del territorio, 30 en Santa Fe (CEPIAS, s.f.), 86 en Córdoba (CADEASAC, s.f.) y otros más en La Pampa (FeDIA, s.f.). De esta manera, se concluye que no se encuentra excesivamente concentrada la clientela de Sigma Agro, reduciendo el riesgo.

Nuevos entrantes

La amenaza que representan los nuevos entrantes al negocio de herbicidas 2,4-D es baja. Para poder importar, producir, y/o comercializar cualquier herbicida en base ácido 2,4-D, se necesitan certificados y permisos que representan una enorme carga de procesos burocráticos que implican tiempo y dinero, conformando así un mercado con barreras de entrada elevadas. Además, al tratarse de un producto industrial, la escala es un factor relevante para la viabilidad económica.

Sustitutos

La amenaza que representan los productos sustitutos del herbicida en base ácido 2,4-D es baja. Ello se debe a que no hay un producto en el mercado que reemplace directamente al 2,4-D, aunque ciertas mezclas de agroquímicos pueden complementar la acción del herbicida. Hablar de sustitución directa no sería del todo acertado, sino que se trata, más bien, de bienes complementarios. Sí existe sustitución directa entre los distintos tipos de herbicidas en base ácido 2,4-D, como ya se explicó anteriormente.

Sin embargo, si el 2,4-D fuera finalmente erradicado del mercado mundial, no se vería mayormente afectada la producción agropecuaria, dado que las malezas de hoja ancha podrían ser aún eliminadas con la aplicación de un mix de diferentes herbicidas, aunque a mayor costo y menor eficiencia. De esa manera, podría definirse a esas mezclas como sustitutos, aunque no suelen comercializarse en el mercado directamente. Asimismo, el hecho de que el consumo de los productores agropecuarios se rija por costumbre añade al caso de estudio del 2,4-D. Al ser un herbicida que data de la Segunda Guerra Mundial, resulta difícil pensar que un productor decida sustituirlo por un mix de productos.

Otro aspecto para destacar, sumando al anterior, es la vigencia del 2,4-D. De la totalidad de herbicidas comercializados en la década de 1960, el 60% ha sido prohibido por diferentes implicancias ambientales. Sin embargo, uno de los remanentes es el 2,4-D (Phillips McDougall, 2018), lo que muestra que, si no fue prohibido hasta el día de la fecha, resulta difícil que se lo haga y sea sustituido por otro herbicida.

Competidores

El nivel de rivalidad entre las empresas del rubro de este tipo de herbicidas es medio. En Argentina hay un gran número de empresas que producen y comercializan herbicidas en base ácido 2,4-D, aunque son pocas las que lo producen en plantas propias, el resto los formula a

fasón. Los productos finales, como ya se mencionó, no suelen tener diferencias significativas, por lo que la competencia es muy fuerte. En la Figura 5.5 se presenta la distribución del mercado actual de 2,4-D.

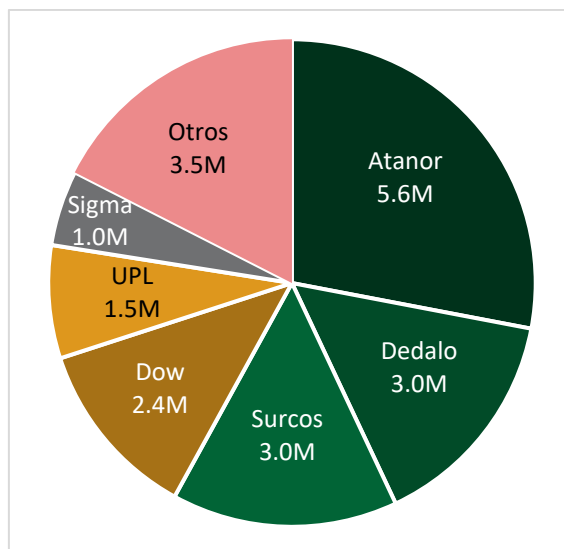


Figura 5.5. Participación de cada empresa en el mercado de 2,4-D en litros

Sin embargo, la trascendencia de la fuerza de los competidores es media debido a que el mercado todavía está en crecimiento y los niveles de consumo potencial de herbicidas de 2,4-D todavía son superiores a los del consumo real.

Cabe aclarar que, tras la realización del presente proyecto y formando parte del reducido número de empresas que sintetizan el material técnico en el país, Sigma Agro se encontrará en una posición de competencia diferente a la actual. Empresas que hoy son prestadores de servicios, se convertirían en competidores directos. Por ejemplo, UPL hoy sintetiza productos para Sigma Agro, que podrá producir por cuenta propia en el futuro.

Por último, toda empresa formuladora que cuente con una estructura comercial sólida, en vías de potencial crecimiento, puede convertirse en un agresivo competidor en el mercado, dado que puede expandirse a un costo marginal inferior que los nuevos entrantes del mercado.

Estado

Para finalizar, y considerando el marco en el cual se ubica la industria de 2,4-D, el Estado puede convertirse en una sexta fuerza de Porter, entendiendo su poder como alto. Es el encargado de regular los aranceles a la importación y la potencial prohibición de aplicación de algún agroquímico. Debido a esto, una posición favorable del Estado frente a la defensa de la síntesis nacional de 2,4-D se vuelve fundamental para el desarrollo del proyecto de ampliación de la línea.

Como conclusión, se observa que el principal jugador de la cadena son los clientes a los cuales debe capturar Sigma Agro, ofreciéndole valor más allá del producto final que

comercialice. Asimismo, la competencia es un factor a considerar. Los sustitutos, así como los nuevos entrantes, carecen de carácter amenazante, mientras que los proveedores no se convertirán en una fuerza relevante en ningún escenario de corto y mediano plazo. Aun así, es de valorar una relación cordial o alianzas con proveedores del exterior, entendiendo que solamente Atanor SCL produce ácido 2,4-D en el país.

6. PROYECTO DE INVERSIÓN

6.1. Introducción al proyecto

El presente proyecto de inversión consiste en la ampliación de una línea de síntesis de 2,4-D en base éster a partir del precursor ácido 2,4-D.

Al día de la fecha, Sigma Agro terceriza tanto la síntesis química del material técnico como la formulación del portafolio de productos a partir de 2,4-D en base éster. Dicha modalidad de producción se conoce como “fasón”, la cual se utiliza con frecuencia en el mercado nacional de agroquímicos. Por el contrario, la empresa posee líneas de neutralización y formulación de sales aminas dentro de su planta en Mercedes, Provincia de Buenos Aires.

Es así como la realización del presente proyecto le permitiría a la empresa producir de forma interna la totalidad de herbicidas 2,4-D que actualmente comercializa.

Tabla 6.1

Tabla comparativa entre aranceles de importación del Mercosur y Argentina (AFIP, 2019).

Código	Descripción	Mercosur	Argentina
2918.99.12	Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), sus sales y sus ésteres	14%	14%
2921.11.22	2,4-Diclorofenoxiacetato de dimetilamina	12%	12%
2922.19.12	2,4-Diclorofenoxiacetato de triisopropanolamina	14%	14%
2922.19.13	2,4-Diclorofenoxiacetato de dimetilpropanolamina	14%	14%
3808.93.22	Los demás, a base de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), ácido 4-(2,4-diclorofenoxi)butírico (2,4-DB), ácido (4-cloro-2-metil)fenoxiacético (MCPA) o de derivados de 2,4-D ó 2,4-DB	14%	35%

Como puede observarse en la Tabla 6.1, la importación del precursor ácido 2,4-D o los materiales técnicos se encuentra arancelada a razón del 14%, así como el resto de los químicos 2,4-D (categoría 29 de la nomenclatura del Mercosur), tanto en el Mercosur como en Argentina. Sin embargo, llama la atención la disparidad en los cargos aduaneros para los herbicidas formulados a partir de 2,4-D. Esta sustancial diferencia dificulta la importación y venta directa de formulados, reduciendo su margen de ganancia comparativamente con las plantas formuladoras del país. Dicho arancel actúa en defensa de la producción nacional.

Por otro lado, los dos principales herbicidas formulados a partir del 2,4-D base éster son el EHE e IBE. Los productores agropecuarios del país suelen aplicar el segundo principalmente

por costumbre de uso. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el IBE resulta considerablemente más volátil que el EHE, lo que genera mayores desperdicios y un mayor riesgo de afección a zonas aledañas a la aplicación. Consecuentemente, existe la posibilidad de que se reglamente la prohibición de su aplicación en los suelos del país, lo que generaría un incremento en el mercado de EHE. En dicho escenario, Sigma Agro pertenecería al reducido grupo de empresas nacionales que cuentan con la capacidad de sintetizar y formular EHE.

Así como se expuso en el marco regulatorio, si bien no se encuentra arancelada de manera excesiva, el registro del material técnico éster importado agrega tiempos de demora y costos a aquella empresa que quiera importarlo para formular EHE y/o IBE. Asimismo, el suministro de técnico éster desde el mercado chino, no resulta fluido ni simple como el de ácido 2,4-D, al ser un producto poco comercializado en el mercado de insumos químicos. Estos factores vuelven aún más atractivo el proyecto de inversión en una línea de síntesis del técnico.

6.2. Análisis FODA del proyecto de inversión

El análisis FODA se destaca dentro del abanico de herramientas de análisis de entorno de una empresa, proyecto o servicio. Se presenta como una herramienta cuya aplicación a proyectos permite el análisis de sus características internas (Fortalezas y Debilidades) y externas (Oportunidades y Amenazas). En la Figura 6.1 se puede observar la herramienta aplicada al proyecto en cuestión. Finalmente, se cruzan entre sí para lograr determinar áreas de avance y defensa.

Análisis interno	Análisis externo
Fortalezas	Oportunidades
a. Estructura comercial de Sigma Agro. b. Conocimiento técnico y experiencia en el proceso productivo. c. Alianzas estratégicas con proveedores y competidores. d. Certificaciones para producir y comercializar los productos finales.	a. Potencial prohibición de IBE. b. Discriminación entre IBE y EHE por parte de los gobiernos provinciales. c. Reducido número de empresas nacionales sintetizando bases éster. d. Aranceles altos a las importaciones de formulados finales.
Debilidades	Amenazas
a. Introducción de un proceso minuciosamente controlado. b. Alta sensibilidad a los costos.	a. Aumento de la participación de las grandes empresas multinacionales. b. Potencial tendencia hacia reemplazo del 2,4-D. c. Reducción de los aranceles a las importaciones de formulados finales.

Figura 6.1. Matriz FODA del proyecto de inversión en una línea de síntesis de material técnico en base éster

6.2.1. Análisis interno

Fortalezas

a. Estructura comercial de Sigma Agro

Sigma Agro es una empresa ya instalada en el mercado de fitosanitarios, con potencialidad para volverse un jugador relevante en el área de insumos para tratamiento de suelos de cultivo. Cuentan con buenas relaciones con empresas proveedoras del insumo 2,4-D ácido del mercado chino. A su vez, Sigma Agro ya se encuentra vendiendo los formulados de 2,4-D en base éster (entre ellos EHE e IBE), por lo que cuentan con clientes en diferentes zonas del país. Es una empresa ya instalada en el mercado de fitosanitarios.

b. Conocimiento técnico y experiencia en el proceso productivo

Sigma Agro cuenta con un equipo de químicos capacitados en la síntesis del material técnico de 2,4-D en base éster, quienes conocen los requerimientos necesarios para la ampliación de la línea, así como para la producción diaria. Este punto representa un ahorro al no enfrentarse a la necesidad de contratar nuevos profesionales o consultores técnicos. Sigma Agro no innovará en un proceso productivo revolucionario, sino que ya se encuentra totalmente estandarizado.

c. Alianzas estratégicas con proveedores y competidores

Sigma Agro cuenta con relaciones comerciales con proveedores de origen chino en su operatoria actual. Ellos mismos serán quien provean insumos para la nueva línea. La empresa se ahorrará la necesidad de buscar nuevos proveedores y entablar nuevas relaciones con otra empresa desconocida. Además, mantienen una buena relación con varios competidores, a quienes podrá ofrecer producir el material técnico 2,4-D éster a fason en su planta, debido a que tendrá capacidad ociosa.

d. Certificaciones para producir y comercializar los productos finales

Los herbicidas 2,4-D éster requieren de unas certificaciones nacionales para poder importar, producir o comercializarlos en el país. Estas certificaciones demandan tiempo y dinero para quien quiera tramitarlas. La empresa Sigma ya cuenta con los registros necesarios.

Debilidades

a. Introducción de un proceso minuciosamente controlado

En la planta de Mercedes de Sigma Agro solo se realizan formulaciones. La introducción de una nueva línea para la síntesis representará un proceso notoriamente más complejo que la formulación.

b. Sensibilidad a los costos

El margen de ganancia por unidad vendida, en el mercado de fitosanitarios, es bajo. Por lo tanto, se deben tener muy bien optimizada y controlada la estructura de costos debido a que cualquier incremento generará un cambio significativo en el margen.

6.2.2. Análisis externo

Oportunidades

a. Potencial prohibición de IBE

Es una posibilidad que el herbicida 2,4-D con base éster butílica (IBE) sea prohibido dentro de los próximos 2 a 3 años debido a su gran volatilidad. Dicha prohibición convertiría a Sigma Agro en una de las pocas empresas productoras de EHE en el país, ubicándolo en una posición privilegiada para ganar mercado.

b. Discriminación entre IBE y EHE por parte de los gobiernos provinciales

Actualmente tanto el IBE como el EHE cuentan con la habilitación por parte de SENASA para ser aplicado en todo el país. Sin embargo, como ya se explicó anteriormente, varios gobiernos provinciales han decretado la prohibición, total o parcial, de la aplicación de todos los herbicidas en base 2,4-D éster. Lamentablemente, hoy en día estas regulaciones no hacen referencia específica al IBE, a pesar de que ya se probó la menor volatilidad en comparación al EHE. Es por esto que, si se llega a lograr dicha discriminación, el mercado de EHE crecería notablemente, y Sigma estaría en una posición favorable para aprovechar la oportunidad.

c. Reducido número de empresas nacionales sintetizando en base éster

Actualmente, la producción a nivel nacional de 2,4-D en base éster está en manos de una reducida cantidad de empresas, siendo las únicas relevantes, Atanor y UPL. De concretarse el proyecto, Sigma Agro quedaría en una posición diferencial frente a la competencia.

d. Aranceles altos a las importaciones de formulados finales

La importación de formulados en base éster tiene un arancel de 35% (AFIP, 2019), volviendo costoso para las empresas obtenerlo desde el exterior. Esta situación alimenta la necesidad de producirlo en la planta.

Amenazas

a. Aumento de la participación de las grandes empresas multinacionales

La Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes está formada por las empresas multinacionales con presencia en Argentina, como Bayer o Syngenta. Cuentan con un gran poder económico y posibilidad de inversión en el país, por lo que son una constante amenaza a los productores nacionales.

b. Potencial tendencia hacia reemplazo del 2,4-D

Existe la posibilidad de que los productores prefieran utilizar un mix de herbicidas para reemplazar a los más clásicos como el glifosato o el 2,4-D. Sin embargo, esta tendencia no representa una gran amenaza en el corto ni mediano plazo al mercado de herbicidas 2,4-D.

c. Reducción de los aranceles a las importaciones de formulados finales

Existe la posibilidad de que el Estado Nacional opte por reducir el arancel de importación del formulado final 2,4-D en base éster hasta el punto en que sea más barato que elaborarlo localmente. Igualmente, es una posibilidad muy remota en el corto y mediano plazo.

A modo de corolario, en cuanto al aspecto interno del proyecto, se resalta la numerosa cantidad de fortalezas que lo caracterizan, así como la reducida presencia de debilidades. Sin embargo, son las amenazas las que, dadas particulares situaciones, pueden convertirse en debilidades. Aun así, se hace especial énfasis en la potencialidad que posee, a raíz de las destacadas oportunidades ofrecidas por el contexto actual.

6.2.3. Generación de estrategias. Áreas de avance y defensa

A raíz del entendimiento de la situación interna y externa con la cual se enfrenta el proyecto de ampliación de la línea de producción de 2,4-D en base éster, se procede a la generación de posibles estrategias, basadas en el análisis FODA. Estas se basan en dos grandes categorías, visibles en la Figura 6.2: áreas de avance, al cruzar las fortalezas con las oportunidades, y áreas de defensa, al cruzar debilidades con amenazas.

FODA	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
FORTALEZAS	Área de avance Aprovechar Fortalezas para maximizar Oportunidades	Utilizar las fortalezas para evitar las amenazas.
DEBILIDADES	Minimizar las Debilidades aprovechando las Oportunidades	Área de defensa Minimizar Debilidades y evitar Amenazas

Figura 6.2. Áreas de avance y defensa resultantes del análisis FODA

Áreas de avance

La definición de áreas de avance en el desarrollo del análisis FODA del presente proyecto consiste en aprovechar las fortalezas que posee, a fin de maximizar sus oportunidades y sacar el mayor provecho posible a la potencialidad que lo caracteriza.

A continuación, se presentan diferentes alternativas de avance:

- Aprovechando las fortalezas de Sigma Agro para comenzar a producir el 2,4-D éster y las oportunidades del mercado, pocas empresas sintetizándolo y aranceles altos para su

importación, se presenta una gran área de avance para crecer en market share y en relevancia dentro del mercado. Asimismo, la figura de la empresa podría crecer si comienza a vender a fasón el 2,4-D éster.

- Otra área de avance se encuentra ante la posibilidad de prohibición total del IBE. Adecuar la línea de producción de dicho herbicida para que produzca EHE no representa ningún problema. Además, siendo una de las pocas empresas produciéndolo, la oportunidad de crecimiento que se le presentaría a Sigma Agro sería notable. Un escenario similar ocurriría en el caso de que los gobiernos provinciales habiliten el uso de EHE: el mercado potencial crecería significativamente, y la empresa se encontraría en una posición privilegiada para prosperar.

Áreas de defensa

Así como el proyecto cuenta con áreas de avance, sobre las cuales crecer y volverse parte fundamental de la historia de Sigma Agro, cuenta con debilidades y amenazas que vuelven necesario el desarrollo de estrategias defensivas, a fin de protegerse ante las eventuales contingencias a las que se enfrente. Dichas estrategias buscan minimizar las debilidades y evitar las amenazas. A continuación, se presentan posibles alternativas:

- Llegado el caso que no se prohíba la aplicación de IBE, hay muchos productores y agentes del mercado que consideran a todos los ésteres como similares. Esto presenta un problema para los productores de EHE ya que se ven afectados por la mala imagen del IBE. Es por esto que se presenta como un área de defensa. Los productores deberán lograr un consenso nacional sobre la discriminación entre los herbicidas 2,4-D éster.
- Generar valiosas relaciones con empresas competidoras, a fin de evitar ser absorbidos por las grandes empresas multinacionales. Estas alianzas pueden resultar determinantes en caso de que ocurra dicho escenario.
- En un escenario en el que se reduzca el arancel a los formulados finales, las empresas chinas podrían acaparar mercado. En dicho caso, se perdería la ventaja competitiva esperada por el proyecto. Aun así, dicha disminución debe ser desmesuradamente grande como para que sea significativo el impacto.

A modo de conclusión del previo análisis FODA, Sigma Agro cuenta con la posibilidad de crecer en un mercado ya maduro, pero carente de las más nuevas tecnologías en materia de síntesis de material técnico en base éster. De esta manera, el presente proyecto resulta atractivo para la empresa.

7. SEGMENTACIÓN Y POSICIONAMIENTO

7.1. Segmentación

7.1.1. Objetivo

A la hora de realizar la segmentación de clientes, el objetivo es crear grupos homogéneos para luego poder identificar los de mayor valor para el negocio. Las características buscadas son: que sean diferenciales unos de otros; medibles para poder cuantificar su tamaño; accionables para poder sacarles provecho; significativos para que valga la pena tenerlos en cuenta; comprensivos dado que en total se debe cubrir a toda nuestra población; y finalmente excluyentes que significa solo se puede pertenecer a un segmento a la vez.

7.1.2. Shapiro y Bonoma

Siguiendo las pautas anteriores y basándose en el modelo de Shapiro y Bonoma para mercados B2B, se desarrolla el análisis de las variables a utilizar en la segmentación. Se encuentra que las más adecuadas son las demográficas y operativas. Quedaron fuera el enfoque de compra dado que la mayoría de las relaciones compradores-vendedores es similar, al igual que las políticas de compra que suelen estar fijadas. También se decide no incluir los factores situacionales ya que no existen urgencias a la hora de la aplicación del herbicida foco del proyecto, ni tampoco es de importancia el tamaño de un pedido en particular. Por último, las características personales no entran en juego en el rubro.

7.1.3. Tipo de empresa

Con respecto a las variables demográficas se segmenta por el tipo de empresa. En este caso hay dos grupos: los distribuidores y los productores. Los primeros son intermediarios que sirven para facilitar la cadena de abastecimiento a los productores. Existe la posibilidad de que el productor compre directamente, sin embargo, esto solo ocurre cuando el tamaño del campo del cliente supera las 10.000 hectáreas. Además, el potencial de crecimiento es menor al de un intermediario, que puede seguir expandiendo a su clientela mientras que el productor no suele comprar terreno de forma constante.

Se incluye en la Tabla 7.1 los últimos censos agropecuarios nacionales de la Argentina. La tendencia es hacia la consolidación de productores, sin embargo, la cantidad de players es de casi 300.000. Se debería contar con una estructura muy grande y costosa para poder atender a este segmento.

Tabla 7.1

Censos agropecuarios nacionales de la Argentina.

Año	Cantidad	Superficie	Promedio
1952	564.891	200.209	0,45
1960	471.756	175.142	0,38
1969	538.430	210.856	0,39
1988	421.221	177.437	0,42
2002	333.533	174.809	0,52
2008	283.074	160.475	0,57

Superficie en miles de hectáreas. (CNA, 2018)

A la hora de evaluar el valor de los dos segmentos, se determina que el de los distribuidores es mayor. Esto se debe al potencial de crecimiento que tienen: cada nuevo cliente o pedido que se hace al intermediario puede traducirse en más compras a la empresa que lo provee. También al agrupar clientes finales, generan un flujo más constante. Por otro lado, el productor compra para su propio consumo que suele ser estable en el tiempo como ya se comentó, anteriormente.

La habilidad de capturar valor en los distribuidores es levemente inferior al de los productores, tal como se representa en la Figura 7.1. Sigma Agro cuenta con una cartera de productos que cubre todas las necesidades en la protección de cultivos. Es decir, se puede ofrecer no solo 2,4-D sino brindar soluciones integrales, tanto para el distribuidor como para el productor. Sin embargo, es más fácil cerrar negocios con los productores ya que al evitarse el intermediario, consiguen un mejor precio.

Los productores grandes suelen representar un 10% de las ventas, mientras que el 90% restante es de los distribuidores.

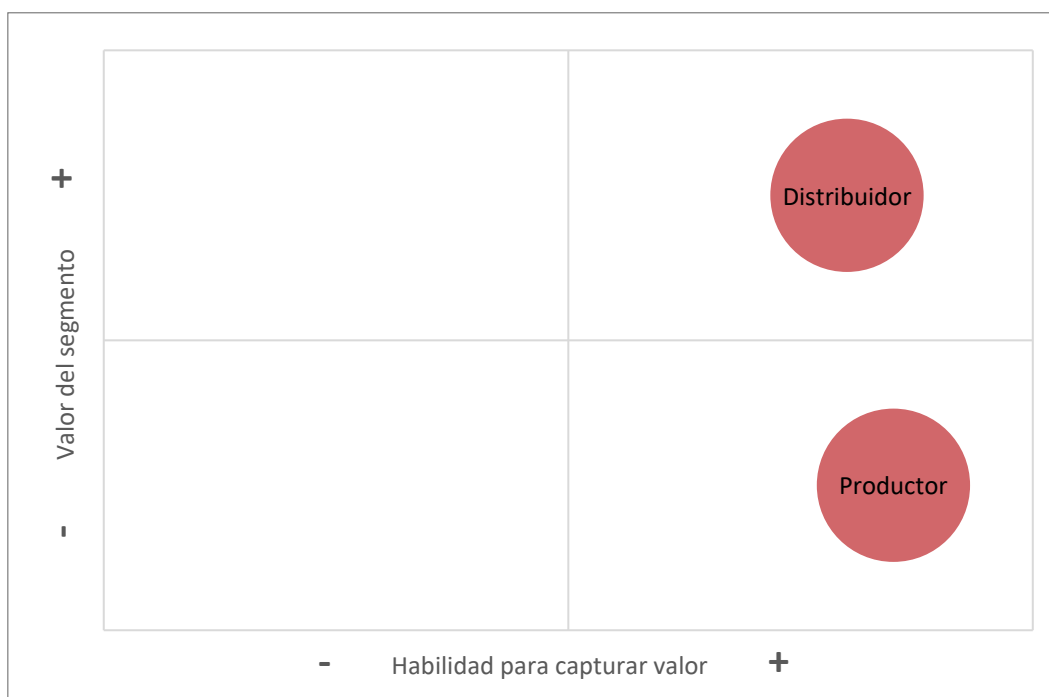


Figura 7.1. Selección segmento tipo de empresa.

7.1.4. Tamaño de empresa

En la Figura 7.2 se muestra la ubicación de los distribuidores de agroquímicos de la provincia de Buenos Aires. Como mencionamos en la sección anterior, es muy costoso atender a los productores directos. Los distribuidores se encuentran esparcidos para cubrir una mayor área. Sin embargo, el número sigue siendo muy alto. Es por esto que se analiza el tamaño o volumen de compra potencial de los intermediarios.

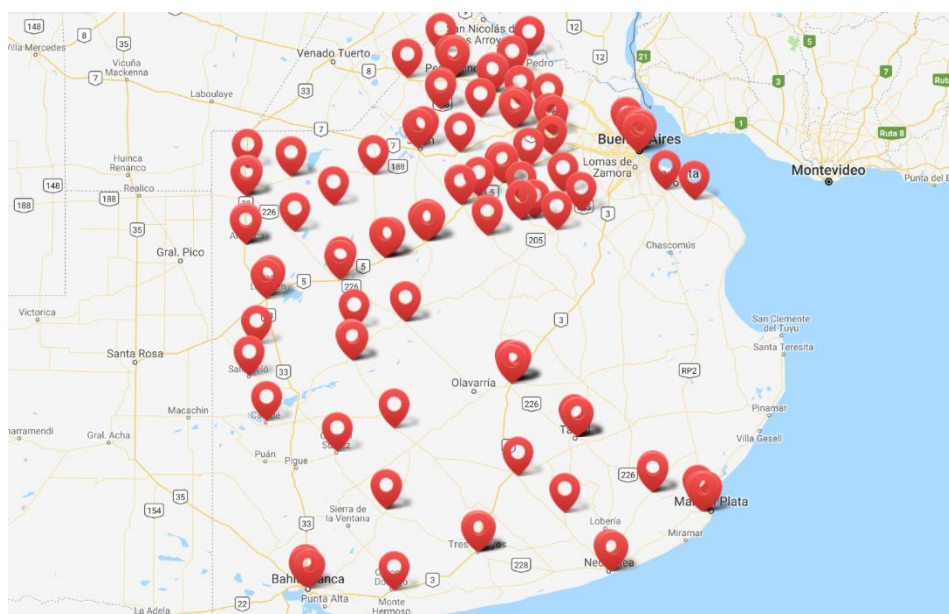


Figura 7.2. Mapa de distribuidores de la provincia de Buenos Aires. (CADESABA, s.f.)

Entonces la segunda variable dentro de las demográficas que se analiza es el tamaño de la empresa. Los segmentos son: chicos y grandes según el volumen de compra. Sigma Agro S.A. considera volúmenes mayores a USD 1.000.000 como clientes grandes. Al analizar el valor de ambos, es lógico encontrar que los últimos son los de mayor valor, tal como se muestra en la Figura 7.3. Esto se debe a que los clientes de mayor tamaño permiten amortizar los costos fijos de cada venta (no solo operativos sino también administrativos y comerciales) sobre una cantidad más grande.

Sin embargo, al evaluar la habilidad para capturar valor del segmento, es considerablemente más difícil con los grandes que los pequeños. Las razones son que el poder de negociación suele venir vinculado con el volumen de la compra. Al ser negocios más grandes, Sigma Agro S.A. se ve a obligada a flexibilizar las condiciones para evitar perder la venta. En cambio, con los clientes chicos, esta fuerza es menor.

Según conversaciones con la empresa, el segmento en cuestión sigue la regla de Pareto, donde aproximadamente el 80% del volumen facturado corresponde al 20% de los clientes.

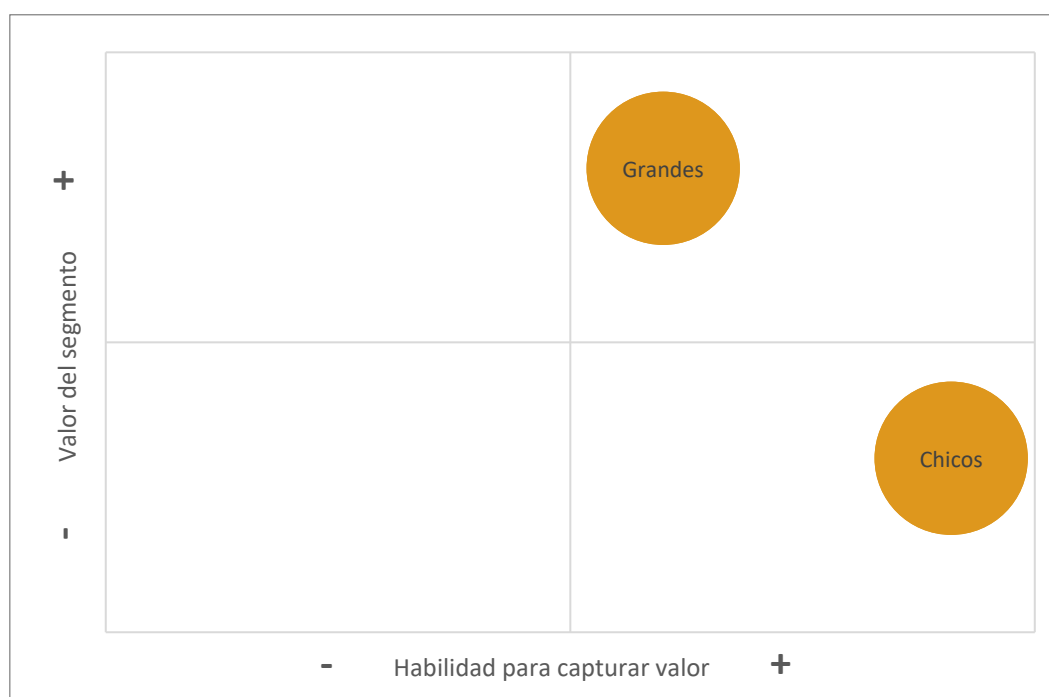


Figura 7.3. Selección segmento tamaño de empresa.

7.1.5. Ubicación geográfica

Al analizar la última variable de la segmentación demográfica, la ubicación geográfica, de la Figura 7.4. se obtienen dos grupos: los que se encuentran dentro de la zona de acción de Sigma y los que operan por fuera de esta área.

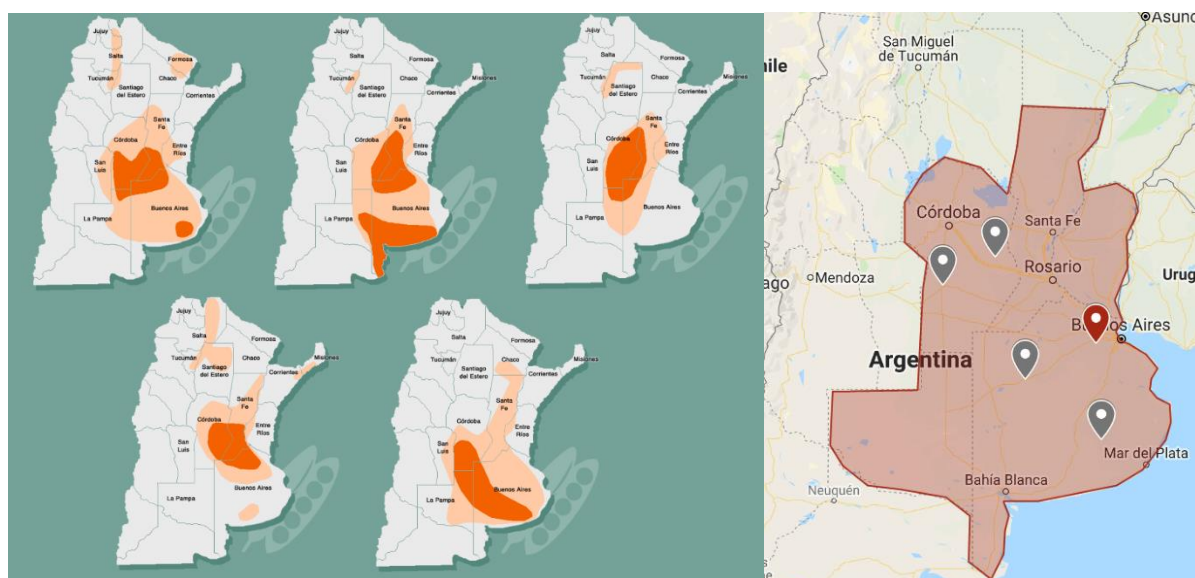


Figura 7.4. Principales áreas agropecuarias vs área de operación de Sigma Agro S.A. De arriba a la izquierda a la derecha abajo: maíz, trigo, sorgo, soja y girasol. (INTA Agro, 2019)

En esta variable se encuentra la mayor brecha del análisis, representada en la Figura 7.5. Los que se encuentran dentro del área, no solo cuentan con mayor valor, sino que Sigma Agro S.A.

posee más habilidad para capturarlos. La principal razón es que la dispersión geográfica de Sigma ha sido planeada estratégicamente para cubrir las áreas con mayor superficie plantada, cubriendo la demanda de forma rápida. No hay grandes consumos de herbicidas fuera de la zona de alcance. Por lo tanto, si bien la habilidad de capturar valor es muy baja, no existe preocupación alguna ya que su valor también lo es.

Se estima que el 95% del consumo de 2,4-D se realiza dentro de la zona geográfica de Sigma.

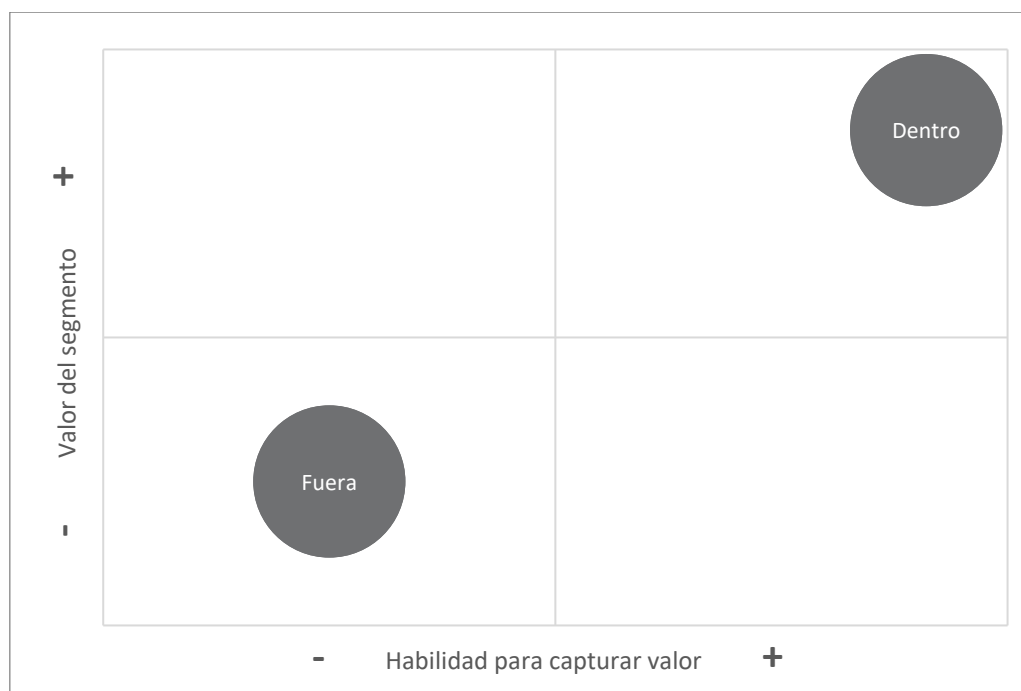


Figura 7.5. Selección segmento ubicación de empresa.

7.1.6. Condición de cliente – no cliente

La última variable a analizar corresponde a la categoría de operativas del modelo de Shapiro y Bonoma: la condición de cliente o no cliente.

Al determinar el valor de cada uno de estos segmentos se determina que son similares. Ya sea un cliente o no, se puede asumir que se genera el mismo valor por cada litro de herbicida que compran. Sin embargo, la habilidad para capturar valor es diferente. Esto se puede observar en la Figura 7.6.

Los ya clientes cuentan con experiencia previa, tienen conocimiento de la manera en que trabaja Sigma Agro S.A. y han probado producto de la marca. Por otro lado, los no clientes traen consigo varias barreras a superar, una primera transacción siempre implica un mayor esfuerzo para que se concrete.

Actualmente, Sigma Agro S.A. cuenta con un market share del 5% de 2,4-D, indicador que se puede tomar como representativo de la segmentación bajo análisis.

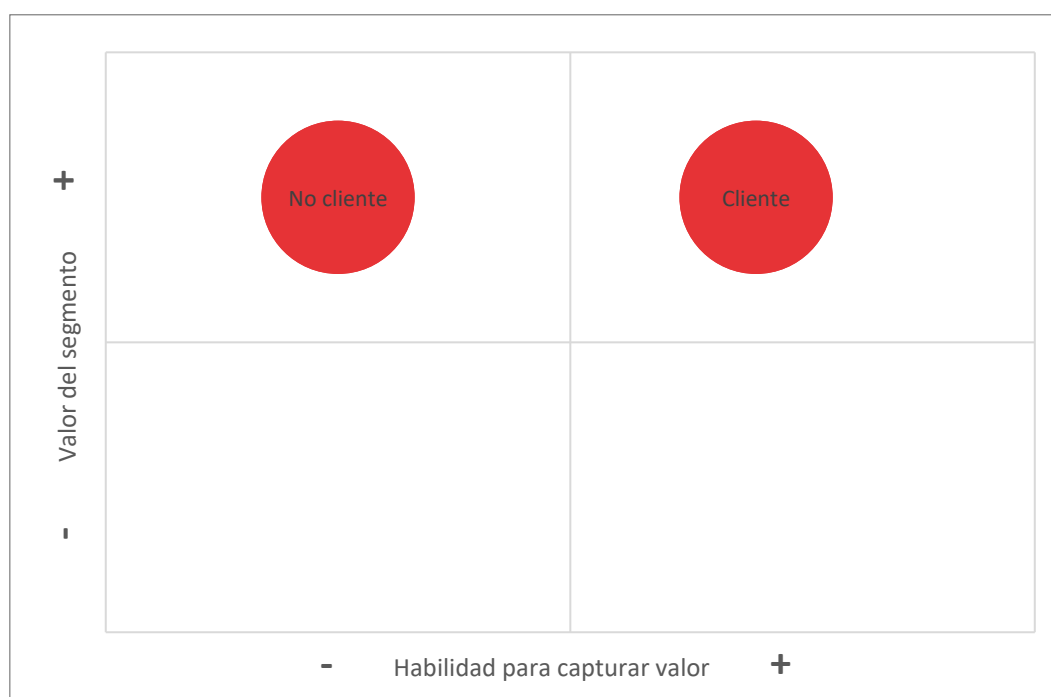


Figura 7.6. Selección de segmento cliente-no cliente

7.1.7. Ponderación

Para finalizar el análisis, en la Figura 7.7 se observa que se agrega una dimensión más a la matriz que se venía utilizando. Se ponderan las segmentaciones según su importancia, donde un mayor tamaño representa un mayor peso en la matriz.

Según conversaciones con la gerencia de la empresa, lo más importante es la condición de cliente—no cliente. Esto se debe a la inversión que hacen para forjar relaciones duraderas en el tiempo. Suelen trabajar codo a codo con sus clientes para ayudarlos con lo que esté a su alcance, diferenciándose así de la competencia. Lo siguiente en orden de relevancia es el área geográfica, dado que es donde cuentan con mejores costos logísticos y reputación. Luego le sigue el tamaño del cliente y finalmente el tipo de empresa.

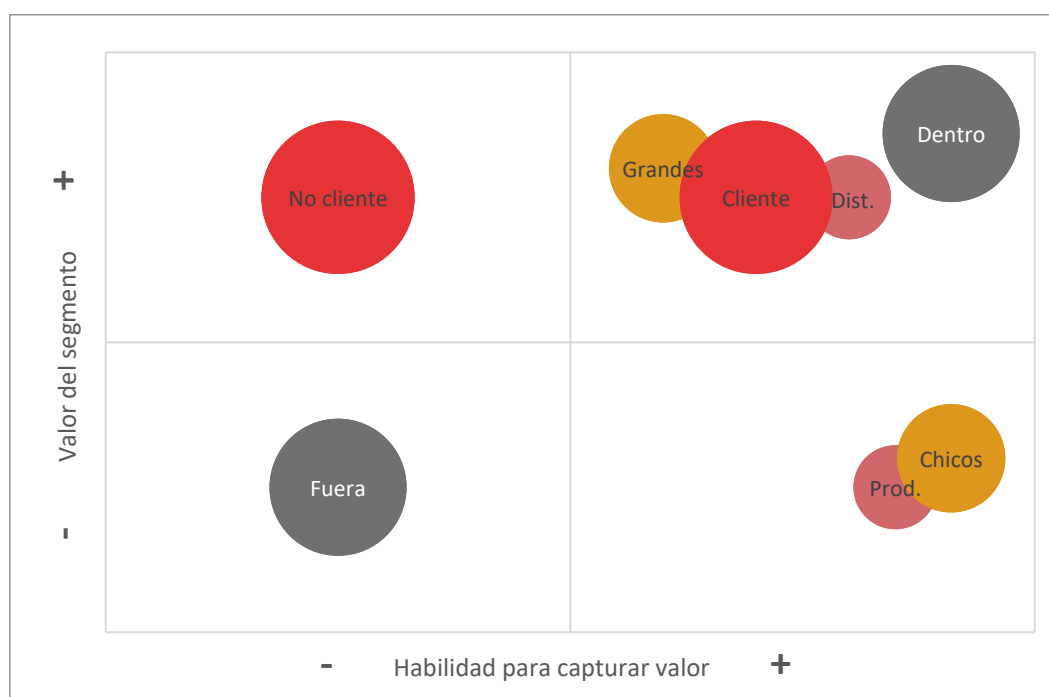


Figura 7.7. Ponderación de segmentos.

7.1.8. Conclusiones

En conclusión, es posible armar una combinación de segmentos de la siguiente manera: “Sigma Agro S.A. debería apuntar a sus ya clientes, que se encuentran dentro del área de alcance, que tienen un tamaño grande, y son del tipo distribuidor”. Al presentar a la empresa este análisis, se estima que el potencial es de, aproximadamente, un millón de litros de 2,4-D adicionales. Esta estimación se basa en el crecimiento de market share que Sigma viene teniendo dentro del segmento, el crecimiento de la demanda de herbicidas en general, y en el aumento en la capacidad de producción de la empresa que resultará de llevar a cabo este proyecto.

7.2. Posicionamiento

7.2.1. Análisis 4P

El análisis de las 4P es una herramienta de marketing que permite tener una mejor comprensión del negocio para luego poder plantear una estrategia efectiva. Consiste en un análisis de los precios, el producto, la promoción y la plaza.

Producto

El producto, como ya se enunció anteriormente, es un herbicida formulado a partir de 2,4-D éster. Se comercializa principalmente en forma líquida, en bidones de 20 litros. La estética del envase es dominada por distintos requerimientos legales que deben ser incluidos, como datos de seguridad, manual y recomendaciones del manejo del producto, precauciones y químicos incluidos en la composición. En la *Figura A2.1. Etiqueta de EHE.* del Anexo II se muestra un

ejemplo. El producto se comporta como un commodity, por lo que se hace difícil diferenciarse por la calidad del producto frente a los competidores.

Precio

El precio del producto difícilmente puede ser controlado por la empresa dado que se comporta como un commodity. El mismo se ve influenciado, aunque en menor medida, por la demanda de mercados emergentes, el dólar, el clima y la oferta y la demanda. En conclusión, difícilmente se puede considerar el precio como una variable de control para moldear una estrategia de marketing.

Plaza y Promoción

La plaza hace referencia a cómo el producto llega al consumidor. La venta es principalmente mayorista, con venta de cantidades grandes de producto a pocos clientes. Esto proporciona una ventaja al momento de obtener una mejor intimidad con el cliente, para lograr satisfacer de manera más eficiente sus necesidades. Como se menciona anteriormente, Sigma Agro S.A. realiza la mayoría de sus ventas por medio de distribuidores.

Esta particularidad también es relevante para el análisis de promoción, dado que estos distribuidores no sólo venden y se encargan de la logística de entrega del producto, sino que también mantienen relación con los clientes finales. De esta manera se les logra introducir y publicitar nuevos productos de manera efectiva.

En conclusión, como lo mencionado anteriormente, la estrategia de plaza es vender a grandes clientes actuales que se encuentran dentro del área de alcance y son del tipo distribuidor.

7.2.2. Conclusiones

Se presentan las siguientes variables como síntesis de la declaración de posicionamiento, a partir del análisis llevado a cabo en el presente capítulo:

- Point of pertenece (PoP): con la realización de este proyecto, Sigma Agro S.A. se convertirá en una de las 3 empresas sintetizadoras de 2,4-D éster en el país. Esta posición le aportará a la compañía una importante ventaja competitiva frente al resto de los competidores del mercado.
- Point of difference (PoD): al sintetizar los ésteres en su propia planta, Sigma Agro S.A. podrá aumentar el margen de ganancias por litro, y aumentar su capacidad para vender IBE y EHE.
- Reason to believe (RtB): Sigma Agro S.A. ha venido creciendo de manera muy pronunciada en los últimos años tanto en facturación (CAGR de 30,4% desde 2014), y en volumen total de ventas. Asimismo, las ventas de herbicidas 2,4-D éster también han aumentado en este último tiempo.

- Reason to win (RtW): la compañía ha venido creciendo en los últimos años, el margen de ganancia por litro y la capacidad de volumen a vender aumentarán, y la empresa ya cuenta con una vasta red de clientes que ya le compran IBE y EHE. Teniendo todo esto en consideración, Sigma Agro S.A. estará en una buena posición para seguir creciendo y ganando relevancia dentro del mercado argentino de herbicidas con 2,4-D.

8. PROYECCIÓN DE DEMANDA

8.1. Metodología

Para realizar las proyecciones de demanda del 2,4-D, primero se identifican los principales cultivos que en conjunto suman un alto porcentaje de la superficie sembrada total. De la Figura 8.1 pueden observarse los 5 mayores cultivos, que representan aproximadamente un 90% de toda el área sembrada del país. Ellos son el sorgo, trigo, girasol, maíz y soja (Subsecretaría de Agricultura, 2019).

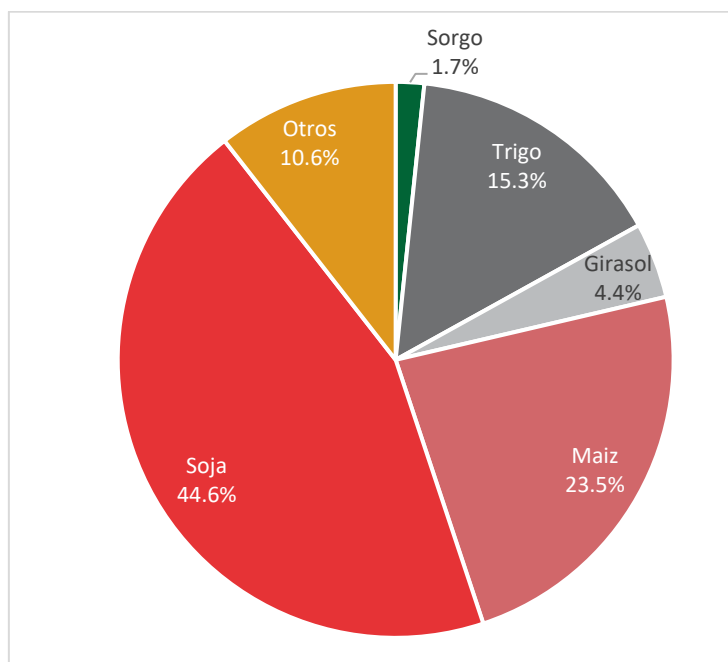


Figura 8.1. Share de cultivos en Argentina.

Por un lado, se procede a realizar la proyección de la superficie total anual sembrada en Argentina. Y por otro, se realizan las proyecciones del porcentaje que cada uno de estos cultivos representa del total sembrado. Una vez completadas ambas proyecciones, se multiplica la superficie total por el correspondiente porcentaje de cada cultivo. De este modo, se evita proyectar la superficie de cada cultivo individualmente, cuya suma total podría ser inconsistente con el total de hectáreas disponible para la actividad agrícola.

En un segundo paso, se analiza el consumo de herbicidas, particularmente de 2,4-D. Es importante tener en cuenta que la cantidad necesaria o recomendada en cada aplicación varía entre cultivos. Por lo tanto, a partir de la información de la superficie sembrada de cada cultivo y su respectivo consumo de herbicida por hectárea, es posible obtener un total de litros potenciales, desglosado por tipo de cultivo. Sumando estos valores es posible llegar a la cantidad potencial de litros totales que podría consumirse en el mercado en un determinado año, tanto en el futuro (a partir las anteriores proyecciones) como en el pasado (según datos históricos). Se compara esta demanda potencial con el volumen comercializado estimado por la industria, para entender el potencial de crecimiento que aún posee el 2,4-D.

8.2. Proyección de superficie sembrada total en Argentina

Para la proyección de la superficie total sembrada en Argentina se procede a realizar primero una regresión estadística que explique su variabilidad en el tiempo.

Para la regresión lineal se toman datos sobre la superficie sembrada en Argentina por año para las campañas desde la del 1992/1993 hasta la del 2017/2018, utilizando como variable significativa el tiempo. El coeficiente de regresión lineal R^2 obtiene un valor de 0,95. En cuanto al estadístico p, resulta ser de $3,9 \times 10^{-17}$, mucho menor que 0,05. El detalle de todos los parámetros estadísticos resultantes de la regresión se encuentra en el Anexo III: Proyecciones. En la Figura 8.2 es posible observar los datos históricos reales, junto con los valores estimados.

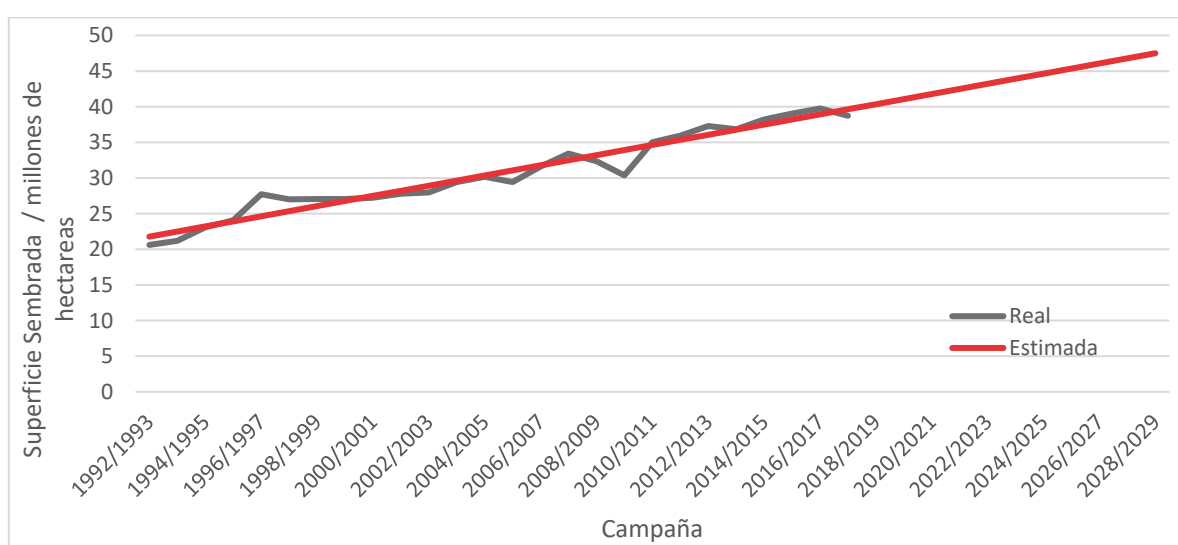


Figura 8.2. Proyección superficie sembrada Argentina.

8.3. Proyección del porcentaje sembrado de cada cultivo

Para la realización de las proyecciones del área sembrada de cada cultivo con relación al total, se opta por la elección de diferentes variables que podrían tener inferencia directa en cuánto se siembra de cada uno. Las variables analizadas son las siguientes:

- Precio promedio anual FOB Golfo de México del cereal en dólares por tonelada. (Index Mundi, 2017)
- Precio promedio anual FOB Golfo de México del cereal en dólares por tonelada del año anterior. (Index Mundi, 2017)
- PBI Nominal per cápita de Argentina en dólares. (Marketlina, 2017)
- Año, medido como “tiempo” considerando desde el número 1 a partir del primer año con datos disponibles, para capturar posibles tendencias.

En la Tabla 8.1 se representan los resultados relevantes de las regresiones realizadas para cada cultivo. Su interpretación es que, para cada cultivo, resultan significativas las siguientes variables, con sus respectivos parámetros estadísticos.

Tabla 8.1

Variables y resultados de las regresiones realizadas por cultivo

Cultivo	Variables Significativas	Parámetros estadísticos
Sorgo	PBI Nominal per cápita Tiempo	$R^2 = 0,723$
Trigo	Precio promedio anual Tiempo	$R^2 = 0,800$
Girasol	Tiempo	$R^2 = 0,736$
Maíz	Precio promedio anual PBI Nominal per cápita	$R^2 = 0,727$
Soja	Precio promedio anual PBI Nominal per cápita Tiempo	$R^2 = 0,723$

En los casos particulares del trigo, maíz y soja, donde el precio resulta ser una variable explicativa significativa para incluir en el modelo, hace falta determinar el precio futuro de cada uno de dichos cultivos para poder después realizar la estimación del porcentaje sembrado. Para la determinación de los precios futuros de estos tres cultivos, teniendo en cuenta que son precios de commodities, se hace uso del método matemático de mean reversion.

Cabe destacar que cada uno de los modelos fue evaluado y validado por sus respectivos parámetros estadísticos. Se tienen en cuenta como principales criterios para la elección y validación de los modelos las siguientes consideraciones:

- R^2 alto: se opta por modelos cuyos coeficientes de determinación sea lo más cercano posible al 100%, que indica que la variación explicada por el modelo es muy alta.
- S^2 bajo: Se procede a elegir modelos cuya variación residual sea lo más bajo posible, ya que dicho indicador explica que tan grande es el error esperado.
- $DET > 0,1$: todos los modelos tienen un determinante mayor a 0,1, lo que indica la correlación entre las variables explicativas incluidas.
- $c_p < 5p$: es necesario para que el modelo no deje información en las variables que no se tuvieron en cuenta para el armado del mismo.

- Valor Crítico de F: Se garantiza que para todos los modelos el valor sea menor al umbral aceptable de 5%, ya que la prueba de hipótesis analiza, dado un valor crítico, si los valores de los coeficientes son significativos o no.

El detalle de cada uno de los modelos resultantes, junto con el resto de los parámetros estadísticos correspondientes, se encuentra en el Anexo III: Proyecciones.

A continuación, en las Figuras 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 y 8.7 se presentan a modo de resumen los gráficos de las proyecciones realizadas, junto con los valores reales hasta la fecha.

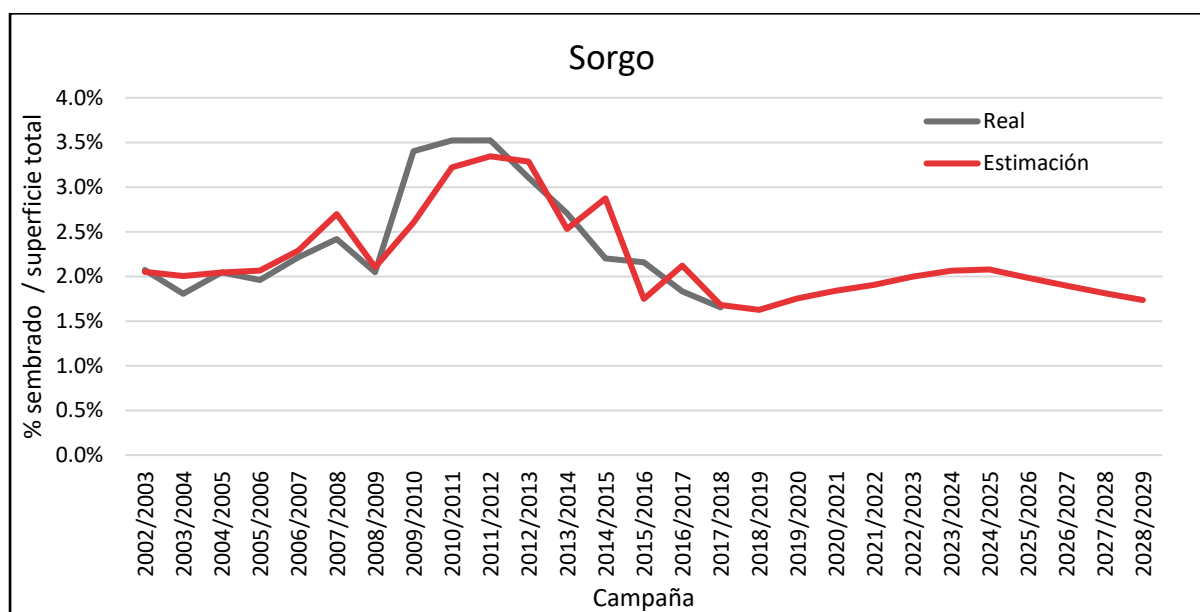


Figura 8.3. Proyección de sorgo.

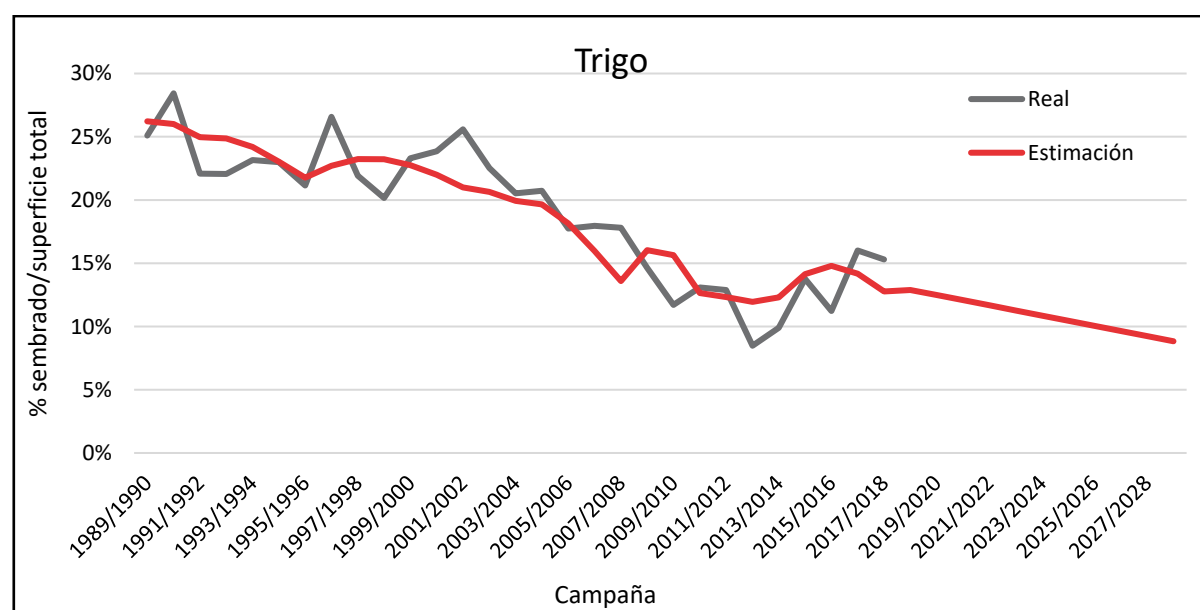


Figura 8.4. Proyección de trigo.

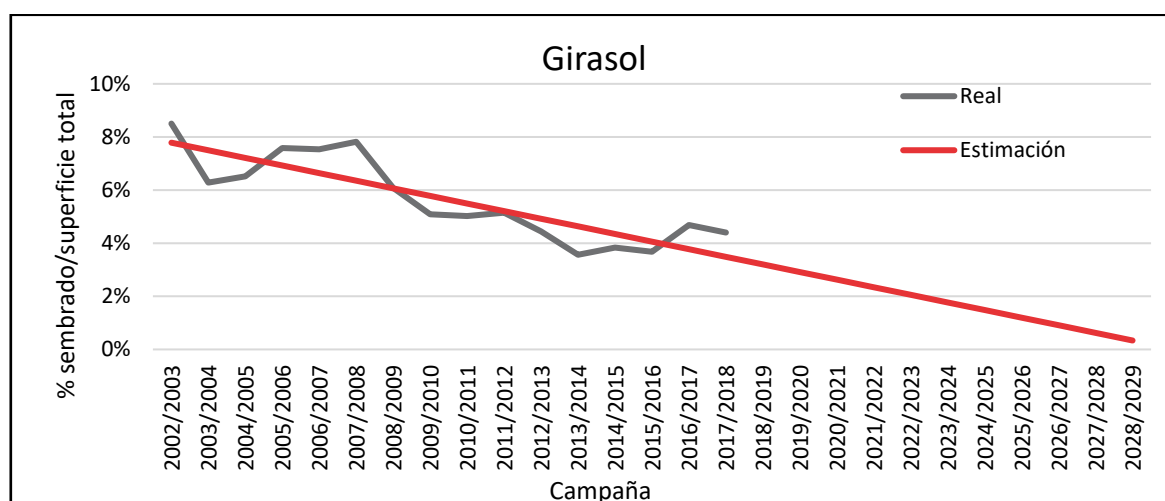


Figura 8.5. Proyección de girasol.

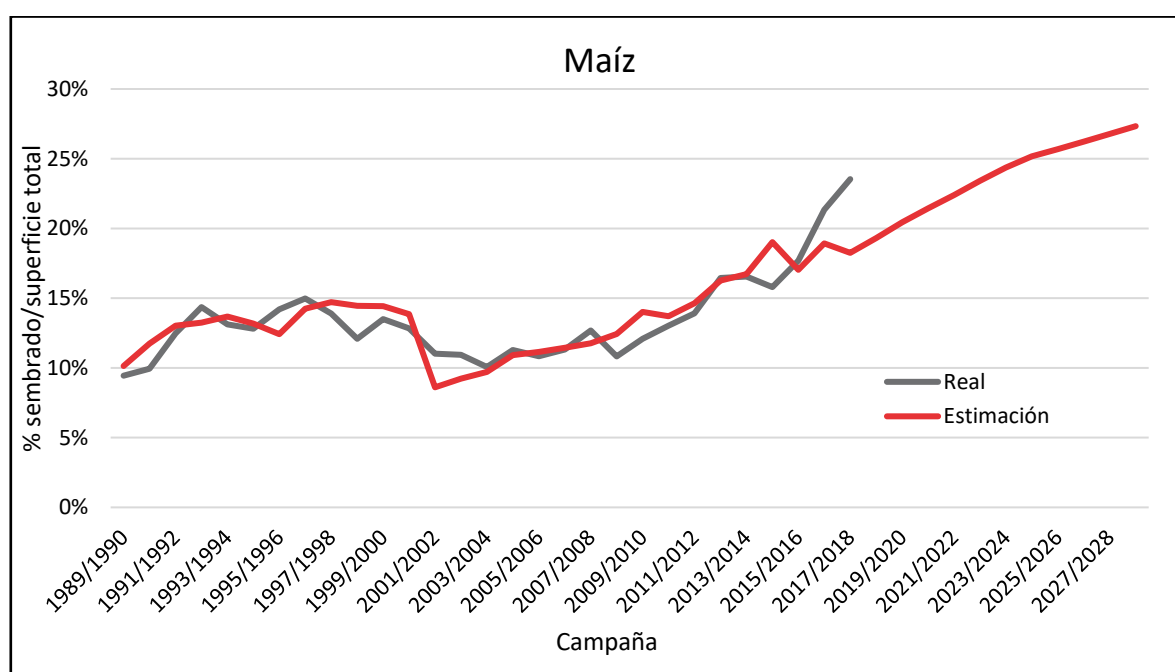


Figura 8.6. Proyección de maíz.

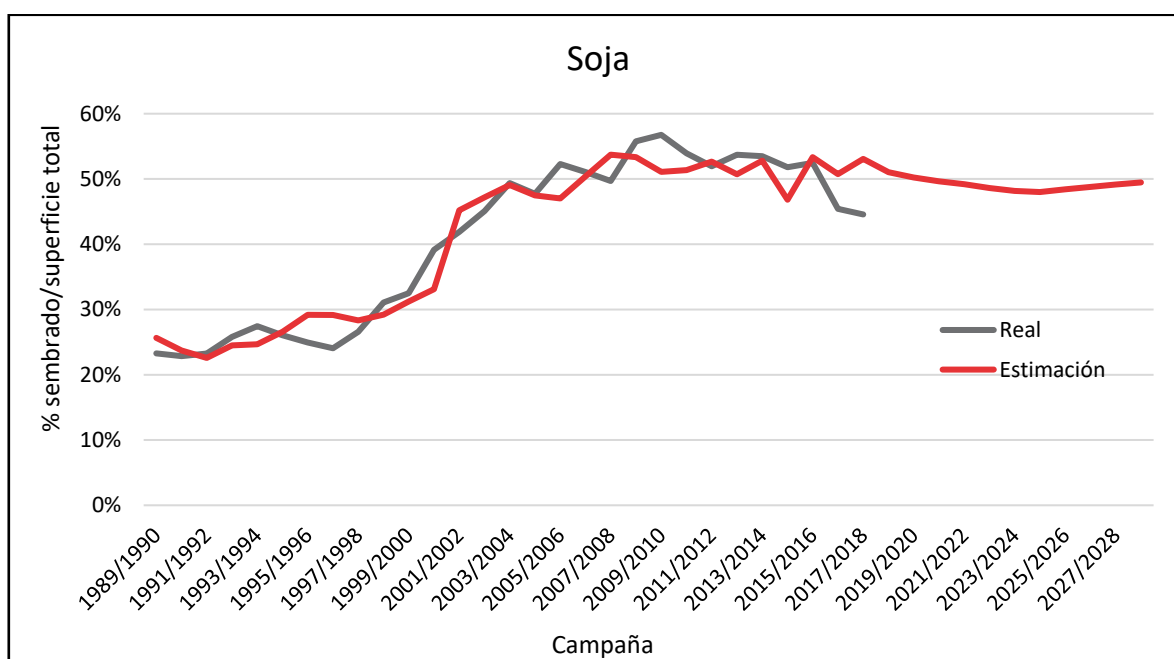


Figura 8.7. Proyección de soja.

En la Tabla 8.2 se presentan los valores históricos y proyectados para el porcentaje de área sembrada de cada cultivo con relación a la superficie sembrada total de cada año.

Tabla 8.2

Histórico y proyecciones superficie cultivo / total (en %)

Campaña	Sorgo	Trigo	Girasol	Maíz	Soja
1989/1990	3,65%	25,09%	12,77%	9,44%	23,27%
1990/1991	3,46%	28,43%	10,92%	9,94%	22,85%
1991/1992	3,83%	22,09%	12,66%	12,48%	23,26%
1992/1993	3,93%	22,06%	10,61%	14,36%	25,80%
1993/1994	3,16%	23,16%	10,41%	13,12%	27,45%
1994/1995	2,69%	23,00%	13,04%	12,81%	26,05%
1995/1996	2,79%	21,15%	14,18%	14,19%	24,95%
1996/1997	2,90%	26,57%	11,25%	14,98%	24,06%
1997/1998	3,41%	21,92%	13,01%	13,90%	26,58%
1998/1999	3,25%	20,16%	15,69%	12,09%	31,06%
1999/2000	3,03%	23,30%	13,26%	13,50%	32,50%
2000/2001	2,56%	23,85%	7,25%	12,83%	39,15%
2001/2002	2,07%	25,59%	7,38%	11,02%	41,89%
2002/2003	2,07%	22,53%	8,50%	10,94%	45,08%
2003/2004	1,80%	20,52%	6,28%	10,07%	49,36%
2004/2005	2,05%	20,73%	6,52%	11,28%	47,72%
2005/2006	1,96%	17,74%	7,58%	10,84%	52,29%

2006/2007	2,21%	17,95%	7,53%	11,32%	51,06%
2007/2008	2,42%	17,81%	7,82%	12,68%	49,69%
2008/2009	2,05%	14,63%	6,08%	10,82%	55,77%
2009/2010	3,40%	11,71%	5,09%	12,09%	56,76%
2010/2011	3,52%	13,08%	5,02%	13,02%	53,92%
2011/2012	3,52%	12,88%	5,15%	13,91%	51,95%
2012/2013	3,10%	8,48%	4,44%	16,44%	53,71%
2013/2014	2,71%	9,90%	3,56%	16,55%	53,48%
2014/2015	2,20%	13,77%	3,83%	15,80%	51,81%
2015/2016	2,16%	11,22%	3,68%	17,69%	52,47%
2016/2017	1,83%	16,01%	4,68%	21,33%	45,42%
2017/2018	1,65%	15,30%	4,40%	23,54%	44,55%
2018/2019	1,63%	12,88%	3,20%	19,31%	51,05%
2019/2020	1,75%	12,49%	2,91%	20,44%	50,22%
2020/2021	1,84%	12,08%	2,63%	21,45%	49,65%
2021/2022	1,91%	11,67%	2,34%	22,40%	49,20%
2022/2023	2,00%	11,27%	2,06%	23,41%	48,62%
2023/2024	2,06%	10,86%	1,77%	24,36%	48,16%
2024/2025	2,08%	10,46%	1,48%	25,17%	48,00%
2025/2026	1,98%	10,05%	1,20%	25,69%	48,40%
2026/2027	1,90%	9,64%	0,91%	26,23%	48,79%
2027/2028	1,81%	9,24%	0,62%	26,77%	49,14%
2028/2029	1,74%	8,83%	0,34%	27,33%	49,47%

8.4. Cálculo del consumo de 2,4-D

8.4.1. Mercado potencial de 2,4-D

Una vez que se obtienen estos valores, se procede a calcular las hectáreas sembradas desglosadas por cada uno de los cultivos y multiplicando por la dosis correspondiente a cada uno de ellos, se obtienen los litros de herbicidas con base 2,4-D. En las Tablas 8.3 y 8.4 se encuentran las dosis de aplicación de herbicida dependiendo el cultivo en cuestión, y la proyección resultante de la cantidad de litros potenciales de herbicidas con base 2,4-D del mercado para las campañas futuras, comprendidas entre 2018/2019 y 2028/2029.

Tabla 8.3

Dosis de aplicación de herbicida por cultivo litros/ha. (Cereales, 2018)

Cultivo	Dosis
Sorgo	0,79
Trigo	0,73
Girasol	0,72
Maíz	0,83
Soja	0,81

Tabla 8.4

Cantidad de litros totales de 2,4-D

Campaña	Cantidad
2018/2019	28.343.236
2019/2020	28.794.184
2020/2021	29.273.395
2021/2022	29.763.823
2022/2023	30.240.111
2023/2024	30.729.006
2024/2025	31.249.026
2025/2026	31.832.610
2026/2027	32.415.919
2027/2028	32.998.743
2028/2029	33.580.867

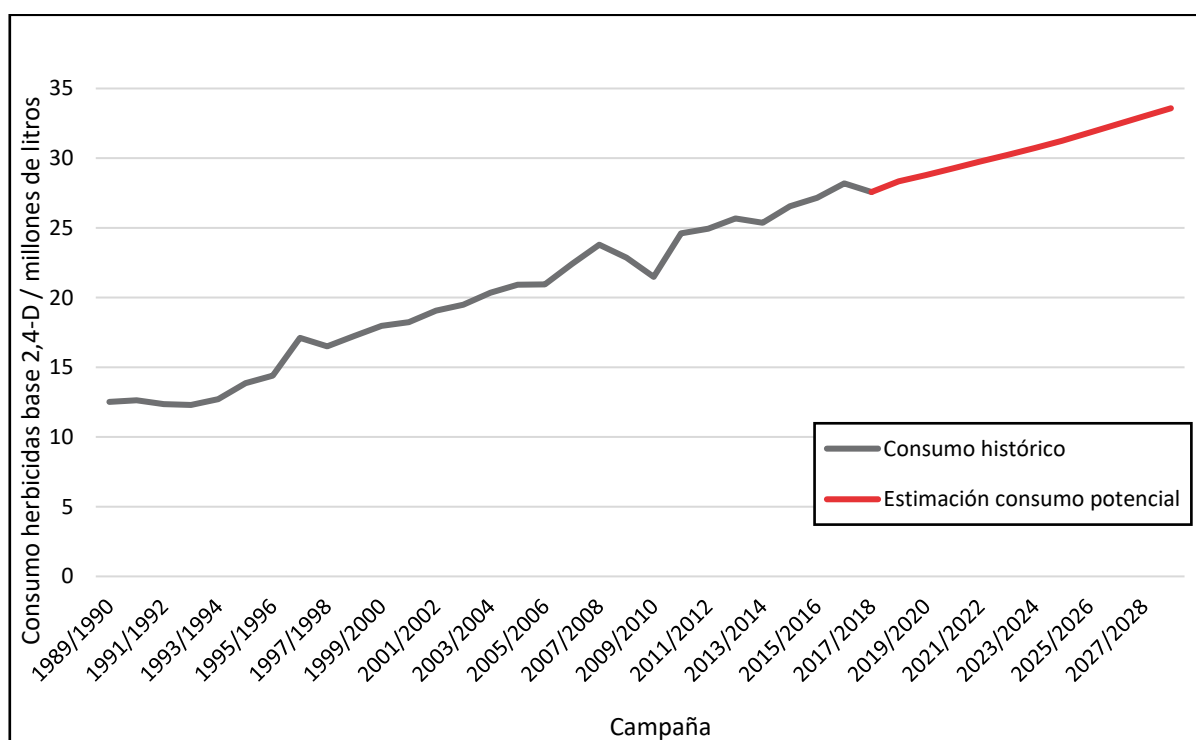


Figura 8.8. Evolución histórica demanda potencial de herbicidas base 2,4-D y su proyección.

De esta manera, se estima que el mercado potencial de 2,4-D, en Argentina, seguirá una tendencia al alza en los años venideros, tal como se observa en la Figura 8.8. Sin embargo, se debe calcular el mercado real de herbicida 2,4-D, con el fin de proyectar la cantidad a vender por la empresa.

8.4.2. Mercado real de 2,4-D

De acuerdo con múltiples fuentes de la industria, el consumo de 2,4-D en Argentina ronda los 20 millones de litros, el mismo nivel que en 2014 (Observatorio Socioambiental de la Soja, 2014). Como se mencionó previamente, el 2,4-D y otros herbicidas hormonales tuvieron un crecimiento muy importante en las campañas de 2012/13, principalmente debido al fortalecimiento de malezas (CASAFA). Esta situación provocó que los productores tuvieran que aumentar el uso de herbicidas selectivos y hormonales, ya que no fue posible controlar las malezas con los mismos métodos que venían siendo utilizados hasta ese momento.

Desde 2014, el consumo de 2,4-D ha sido relativamente estable y se ha mantenido en el mismo nivel desde ese año. Una forma de contrastar y confirmar esto es a partir de las cantidades importadas y exportadas de ácido 2,4-D técnico, mostradas en la Figura 8.9: hasta 2012, la cantidad neta (importaciones menos exportaciones) fue negativa, debido a que la única empresa que produce el precursor en Argentina (Atanor) no tenía suficiente demanda interna, por lo que el excedente se exportó a otros países del Mercosur. La caída en 2016 se explica, según fuentes de la industria, por un sobre-stock de las plantas formuladoras en el año anterior y una caída en el volumen de ventas en ese año, y luego repuntó en 2017 y 2018 hacia valores similares a

los de 2014 y 2015. Los datos definitivos de importaciones y exportaciones de 2,4-D para los últimos dos años aún no se encontraban publicados al momento de realizar este análisis.

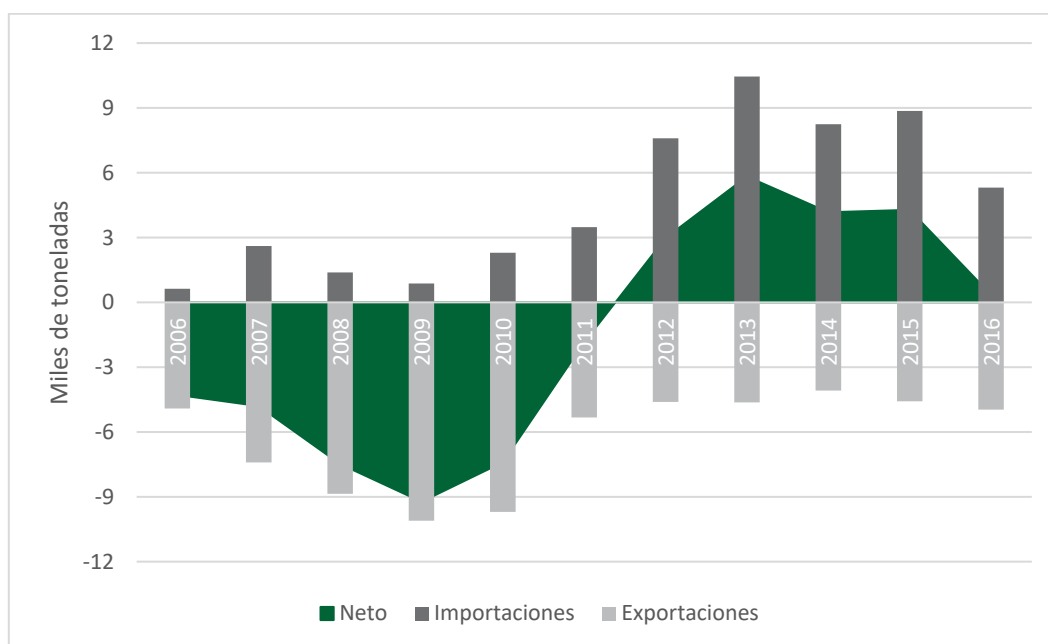


Figura 8.9. Balanza comercial ácido 2,4-D

Una característica del mercado de fitosanitarios en general en Argentina es la fuerte dependencia de las empresas sobre sus pronósticos de venta. En contraposición, en Europa y **Estados Unidos es habitual que las empresas formuladoras no produzcan grandes cantidades antes de tener órdenes de compra** emitidas. En el país existe una cultura arraigada por parte de los productores de comprar insumos en distribuidores locales con pocos días de preaviso, quienes deben tenerlos disponibles en sus almacenes. Esto genera que la cadena en general deba acumular suficientes stocks, y predominan estrategias logísticas de tipo push, **que ocasionan mayores fluctuaciones en volúmenes producidos y precios cuando los pronósticos no se cumplen.**

Por otra parte, si consideramos que la demanda potencial de 2,4-D para la campaña 2017/18 pudo haber sido de 27,6 millones de litros, aún existe espacio de crecimiento. Pero sería irrealista pensar que la demanda real iguale a la potencial en un futuro cercano. De todas formas, el mercado nacional de fitosanitarios está en aumento, y debido a la relación de complementación que existe entre estos y sus elasticidades cruzadas, hay fundamentos como para intuir un aumento en el consumo total de herbicidas 2,4-D. Es por esto que se utiliza un escenario intermedio para realizar las proyecciones, igualando la tasa de crecimiento del consumo real con la tasa de la demanda potencial. Se parte de un mercado total actual de 20 millones de litros (Sigma Agro, 2019).

Al mismo tiempo, se tienen en cuenta otras hipótesis para lograr proyectar la demanda real de IBE y EHE. En primer lugar, el market share interno entre los distintos herbicidas 2,4-D se mantiene constante, igualando el comportamiento del mercado. Esta es una hipótesis que, si bien afecta los valores finales de las proyecciones, en la realidad no presentaría un impacto tan significativo. Esto se debe a que, una vez concretado el proyecto, Sigma Agro va a tener la posibilidad de producir todos los productos de herbicidas 2,4-D. Por lo tanto, frente a cualquier cambio en la demanda esperada, la empresa va a poder adaptarse a los cambios de volúmenes rápidamente, equilibrando la capacidad ociosa y los picos de demanda con producciones a fasón.

Por otra parte, la relación entre el IBE y el EHE dentro de los ésteres, va a variar en el tiempo. Actualmente la relación volumétrica es de 60%–40% con el IBE predominante, pero para el 2025 se espera que la relación se armonice, llegando a 50%–50%. Esta suposición está basada en que el EHE tiene varios puntos de ventaja por sobre el IBE, pero debido a que es un producto relativamente nuevo en el mercado y al rechazo por parte de los productores a nuevos insumos, el EHE todavía se encuentra en su etapa temprana de adopción. Por lo tanto, se espera que su consumo crezca por sobre el volumen de IBE.

Finalmente, la última hipótesis que se tiene en consideración es el crecimiento interanual de las ventas de Sigma Agro. Debido a las ventajas que le representará a la empresa la realización del proyecto, se tiene como objetivo lograr aumentar las ventas de herbicidas 2,4-D en base éster en 1 millón de litros para el 2025, de acuerdo con la segmentación realizada y lo comentado por la gerencia de Sigma. Este volumen adicional surge en primera instancia de estimaciones internas de la empresa, pero como se detalló en secciones anteriores, es consistente con las estrategias de segmentación y posicionamiento planteadas. Para los años restantes del proyecto (2025 a 2029) se considera un crecimiento igual al del mercado, manteniendo el market share de la empresa constante.

Este objetivo se traduce en el análisis en un aumento interanual de 15% aproximadamente, y en un market share final de 9,40% del consumo real de herbicidas 2,4-D. Si se analizan las ventas históricas de Sigma Agro, se observa que el crecimiento interanual promedio (en litros) fue superior al 60% para todas las ventas de 2,4-D de la empresa, e incluso superior si se analiza el segmento de ésteres por separado (ver Figura 8.10).

Una vez alcanzado el market share objetivo, el crecimiento imitará la tasa de aumento de demanda proyectada. Es decir, se proyecta que las ventas crezcan a tasas similares al mercado, estimadas en el orden de 2% interanual. Es de esperar que una vez alcanzado el objetivo, el mercado esté más saturado y se dificulte crecer a tasas muy superiores a la media.

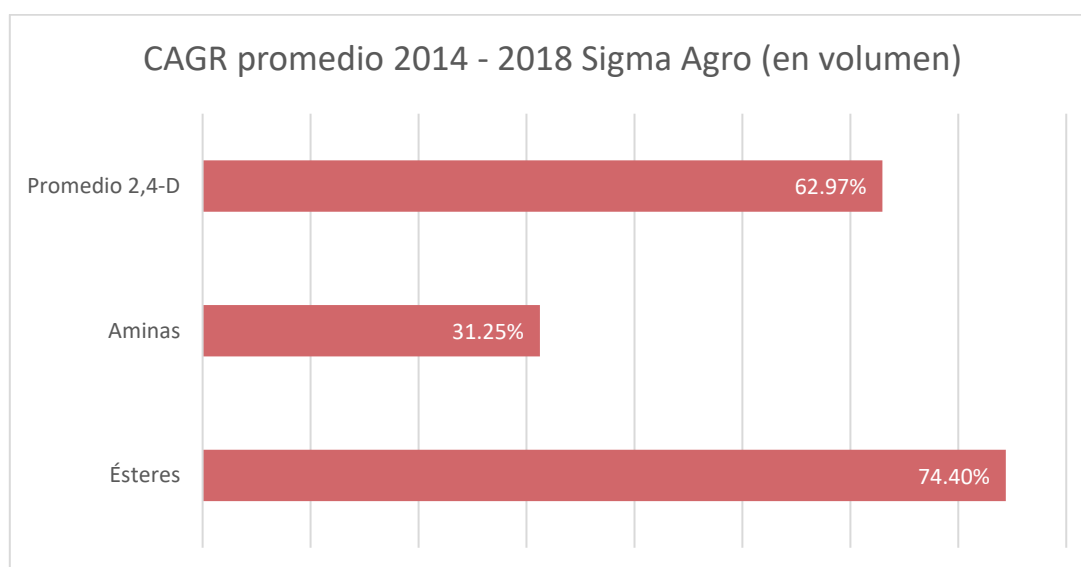


Figura 8.10. CAGR promedio 2014-2018 Sigma Agro (en volumen).

Con relación a las sales aminas, se realiza una proyección de la demanda utilizando los mismos fundamentos que para los ésteres. Se deja asentado en el Anexo III: Proyecciones.

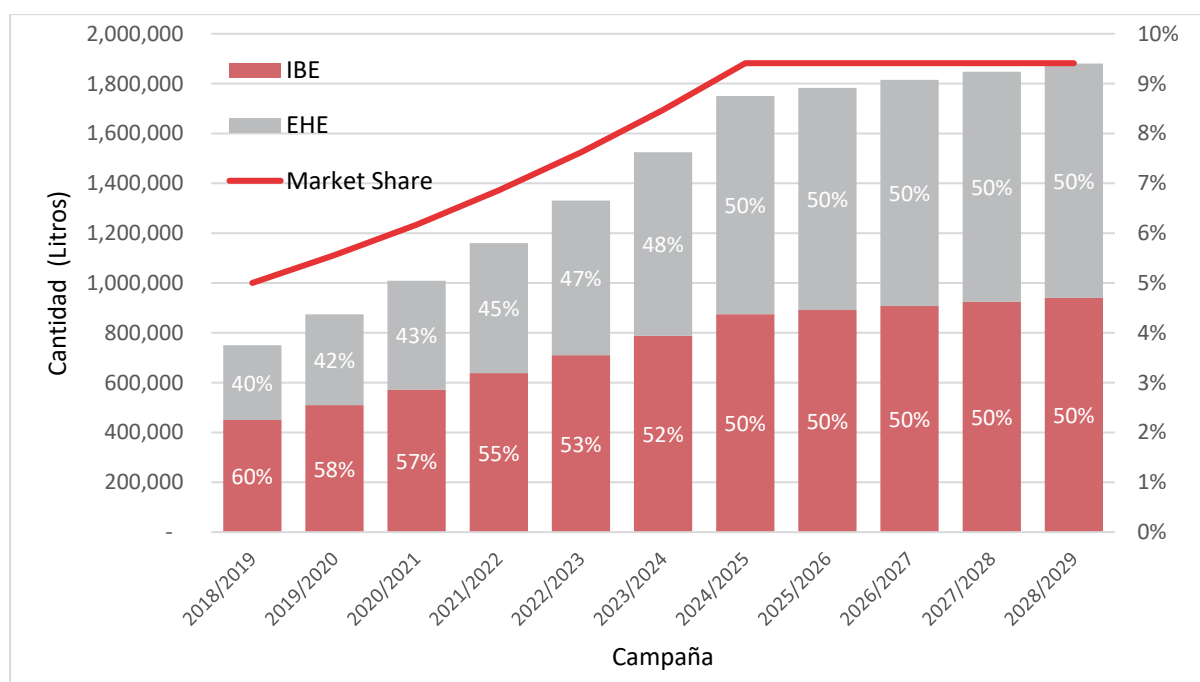


Figura 8.11. Proyección de crecimiento de las ventas de 2,4-D ésteres de Sigma Agro, la proporción entre ellos y el market share del mercado total.

En conclusión, se estima que el volumen total de ventas de herbicidas 2,4-D aumente en los próximos 10 años. Es posible distinguir una primera etapa de crecimiento acelerado, en línea con lo observado por la empresa en los últimos años, y una segunda etapa más moderada, donde el crecimiento se mueve en línea con el mercado. Además, la distribución de los market shares

internos de cada producto va a ir variando hasta llegar al equilibrio entre los dos productos en 2025, como se puede apreciar en la Figura 8.11.

9. PROYECCIÓN DE PRECIOS

9.1. Metodología

Para analizar la viabilidad financiera del proyecto es fundamental comprender no sólo las cantidades que el mercado será capaz de consumir, sino también estimar los precios a los cuales podrán ocurrir las transacciones en el futuro.

Sigma Agro instaló un nuevo software de gestión (ERP) en el año 2014, y en consecuencia cuenta con información transaccional digitalizada para todas las ventas facturadas a partir de ese año (precios y cantidades). Asimismo, este año coincide con la estabilización del mercado argentino de 2,4-D en un nivel en torno a los 20 millones de litros anuales, como fue comentado anteriormente.

Dado que los agroquímicos se comportan principalmente como un commodity, donde el poder de diferenciación y la capacidad de fijar un precio por parte de los productores es muy baja, se utilizarán modelos mean reversion para proyectar los precios futuros. Si bien las series históricas son relativamente pequeñas para este tipo de análisis, no hay que olvidar que antes de la campaña 2012/13 el consumo de 2,4-D era mínimo, por lo que aún contando con precios anteriores a esa fecha podrían no ser representativos del régimen de mercado y las condiciones de negocios actuales. La hipótesis principal de este modelo es que el promedio de los precios tiende a un valor de equilibrio en el largo plazo, que microeconómicamente se corresponde con el costo marginal de producción del producto.

Por otra parte, al tratarse de información transaccional, los datos corresponden a precios y cantidades reales, transados en el mercado, y no meramente indicativos. Asimismo, se cuenta con una serie de precios FOB promedio publicados por el Mercosur para los años 2016–2018, que se utilizarán a modo de referencia para verificar que los precios de Sigma Agro hayan estado en línea con el mercado sudamericano en ese período, pero no formarán parte del modelo.

Cabe aclarar que tanto la empresa como los consumidores y proveedores del mercado negocian y facturan los productos en dólares estadounidenses, y se pagan en esta divisa o activos equivalentes. Por lo tanto, casi no existe riesgo de volatilidad en el tipo de cambio en la cadena. Las series de precios se expresarán en esta moneda, deflactada por inflación (U.S. Bureau of Economic Analysis, 2019), y quedarán expresadas en USD constantes a enero de 2014.

Para utilizar un modelo de mean reversion es necesario validar los siguientes supuestos:

1. Alta correlación serial entre la serie de precios y la serie de precios desfasada un período ($|\rho| > 0,80$). Esto significa que el precio anterior (Y_{t-1}) es un buen predictor del precio actual (Y_t), que puede definirse como el precio anterior más un error ($Y_t = Y_{t-1} + e_{t-1}$).
2. Los errores no están correlacionados con el precio ($|\rho| < 0,25$).

Se aplicará este modelo a la serie de precios de sales aminas (a partir de ventas de DMA) y de ésteres (a partir de ventas de IBE). También se dispone de datos de ventas de EHE a partir de 2018, cuando Sigma Agro introdujo este producto. Debido a que esta serie es muy corta, y que de acuerdo con el sector comercial de la empresa y otras fuentes de la industria los precios entre ésteres y entre aminas casi no varían entre sí, sería correcto utilizar estas dos proyecciones como representativas de su familia de subproductos de 2,4-D.

Por último, es necesario tener en consideración que, debido al rápido crecimiento de Sigma Agro en el período analizado, los precios — especialmente al principio — pueden presentar distorsiones respecto a los precios de venta del resto del mercado. Básicamente, es posible descomponer la variación de un precio en dos factores:

1. Variaciones por cambios en las condiciones intrínsecas (oferta y demanda) del mercado en sí.
2. Variaciones por economías de escala, debido al trade-off entre ventas “minoristas” (alto margen y bajo volumen) y “mayoristas” (menor margen, pero mayor volumen).

Dado que se proyecta una continuidad en el crecimiento de Sigma Agro, que implica mayores volúmenes de venta en el futuro, se buscará reducir el impacto del segundo factor en el análisis para concentrarse en el primero. Para ello, como equilibrio de largo plazo no se utilizará el promedio simple (o lineal) de precios, sino el promedio ponderado por cantidades vendidas, también conocido como volume-weighted average price (VWAP). El VWAP se calcula como suma de facturación (precio por cantidad) dividido suma de cantidad. De este modo, tendrán mayor incidencia los precios de transacciones más grandes (generalmente con un precio más bajo) que los precios donde las cantidades hayan sido menores. En síntesis, esta metodología permitirá evitar una sobreestimación en la proyección de precios futuros.

9.2. Proyección para sales aminas a partir de ventas de DMA

Si bien el proyecto consiste en la construcción de una línea de síntesis y formulación de 2,4-D éster, la empresa produce y comercializa todas las variedades más importantes del herbicida, por lo que cambios en la proyección de precios de los formulados a partir de sales aminas pueden impactar en las decisiones tácticas de negocios. Todo el estudio realizado acerca de las sales aminas es meramente indicativo. Además, al tratarse de productos de la misma familia, se espera que exista cierta correlación entre las variables más importantes de cada uno.

Para la proyección de este grupo de formulados se utilizaron las ventas de 2,4-D DMA, el producto más popular. La serie de precios se construyó a partir de agregaciones mensuales de las ventas, y se eliminaron los meses sin ventas del producto analizado.

Se verifican los dos supuestos necesarios para aplicar el modelo, con una alta autocorrelación serial entre los precios (Y_t) y las series desfasadas (Y_{t-n}) y una baja autocorrelación entre las series de precios desfasadas (Y_{t-n}) y los errores (e_{t-n}).

En la Tabla 9.1 y Figuras 9.1, 9.2 y 9.3 se pueden observar los valores, proyecciones y principales características del modelo utilizado.

Tabla 9.1

Valores de referencia para el modelo mean-reversion.

Estadístico	Valor
Promedio lineal	USD 2,966
VWAP	USD 2,877
Desvío estándar	USD 0,474
Coef. de correl. ($Y_t; Y_{t-1}$)	0,888
Coef. de correl. ($Y_t; Y_{t-2}$)	0,834
Coef. de correl. ($Y_{t-1}; e_{t-1}$)	0,185
Coef. de correl. ($Y_{t-2}; e_{t-2}$)	0,188

A valores corrientes, el último precio registrado es de USD 2,688/L, y el promedio de largo plazo (VWAP) es de USD 3,113.

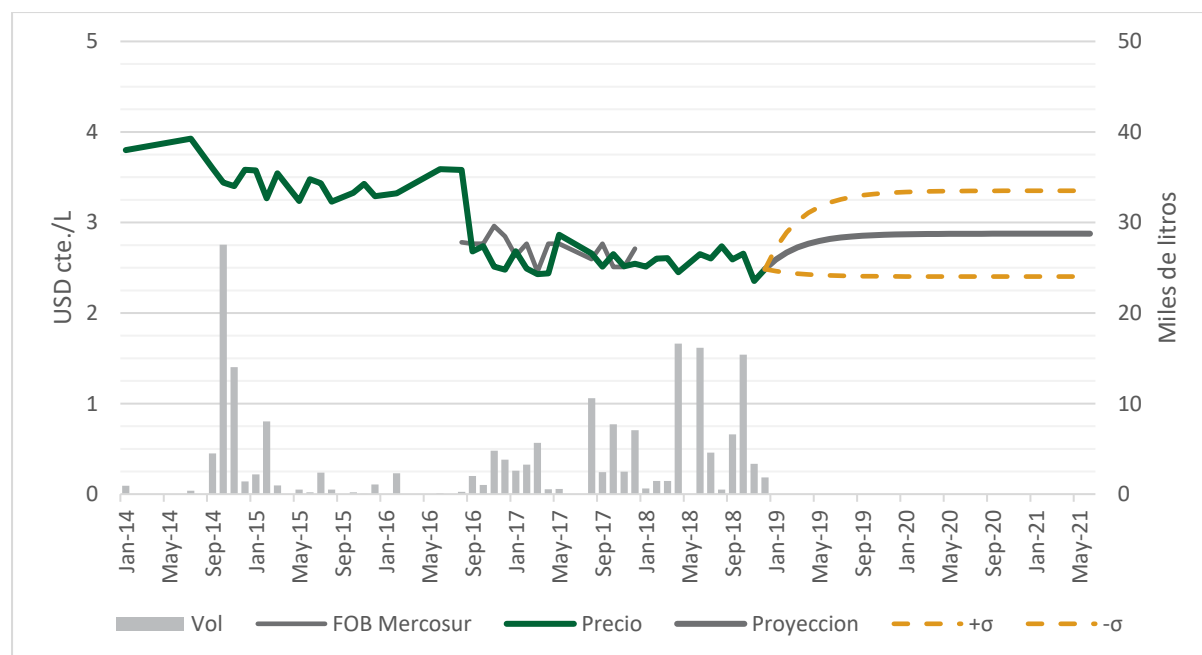


Figura 9.1. Modelo mean reversion para los precios de sales aminas a partir de DMA. Se muestran volúmenes y precios históricos, y proyecciones con un desvío estándar. Se incluye un promedio de precio FOB Mercosur a modo de referencia.

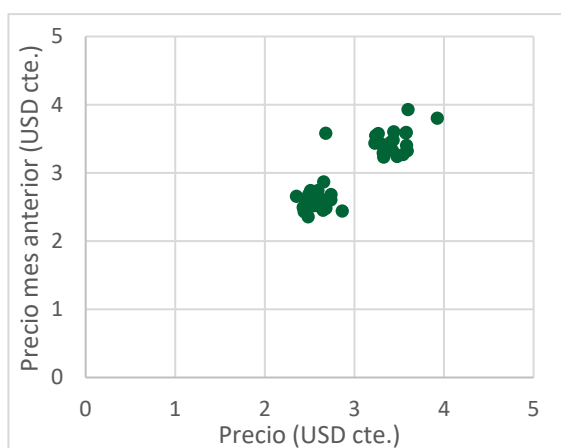


Figura 9.2. Gráfico de estación de la serie de precios con su desfase en un periodo.

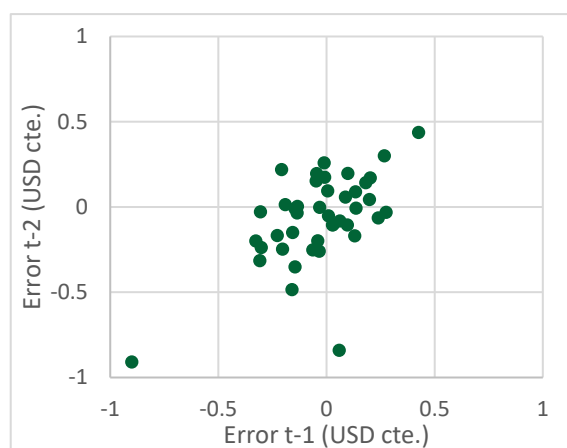


Figura 9.3. Gráfico de dispersión entre los errores de uno y dos periodos de desfases. Se observa baja correlación.

9.3. Proyección para ésteres a partir de ventas de IBE

Para la proyección del precio de ésteres se utilizan las ventas de 2,4-D IBE, el producto más popular de este grupo. Como ya se comentó, el precio del EHE es muy similar, y debido a la falta de una serie de datos más grande para este último producto, se utiliza la proyección del IBE como representativa para ambos. Dicha serie se construye a partir de agregaciones mensuales de las ventas, y se eliminan los meses sin ventas del producto analizado.

Se verifican los dos supuestos necesarios para aplicar el modelo, con una alta autocorrelación serial entre los precios (Y_t) y las series desfasadas (Y_{t-n}) y una baja autocorrelación entre las series de precios desfasadas (Y_{t-n}) y los errores (e_{t-n}).

En la Tabla 9.2 y Figuras 9.4, 9.5 y 9.6 se pueden observar los valores, proyecciones y principales características del modelo utilizado.

Tabla 9.2

Valores de referencia para el modelo mean-reversion.

Estadístico	Valor
Promedio lineal	USD 6,261
VWAP	USD 5,343
Desvío estándar	USD 0,474
Coef. de correl. ($Y_t; Y_{t-1}$)	0,982
Coef. de correl. ($Y_t; Y_{t-2}$)	0,976
Coef. de correl. ($Y_{t-1}; e_{t-1}$)	-0,078
Coef. de correl. ($Y_{t-2}; e_{t-2}$)	-0,113

A valores corrientes, el último precio registrado es de USD 5,042/L, y el promedio de largo plazo (VWAP) es de USD 5,795. En esta serie de datos se observa más claramente cómo influye el volumen en los precios transados; si se utilizase el promedio lineal la sobreestimación sería considerablemente alta (+17%).

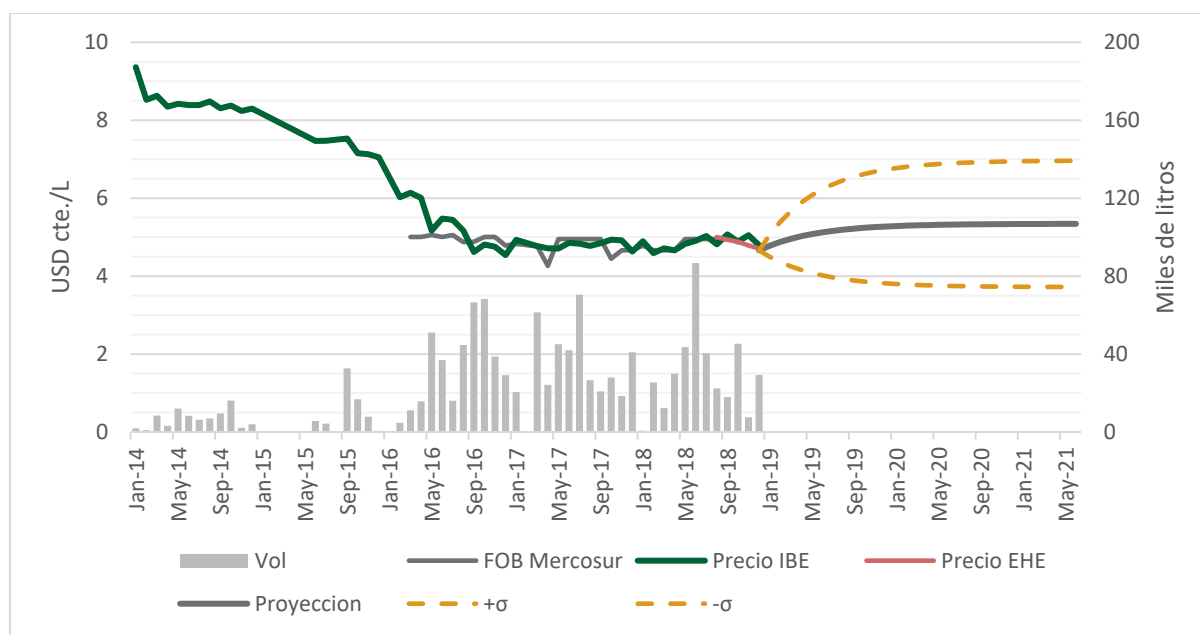


Figura 9.4. Modelo mean reversion para los precios ésteres a partir de IBE. Se muestran volúmenes y precios históricos, y proyecciones con un desvío estándar. Se incluye un promedio de precio FOB Mercosur y los precios disponibles de EHE, a modo de referencia.

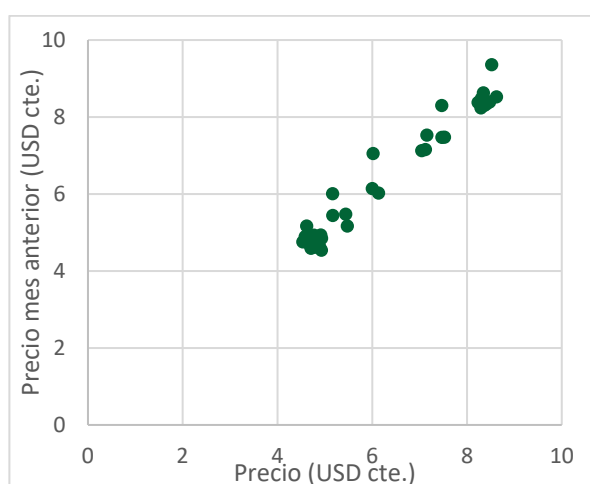


Figura 9.5. Gráfico de estación de la serie de precios con su desfase en un periodo.

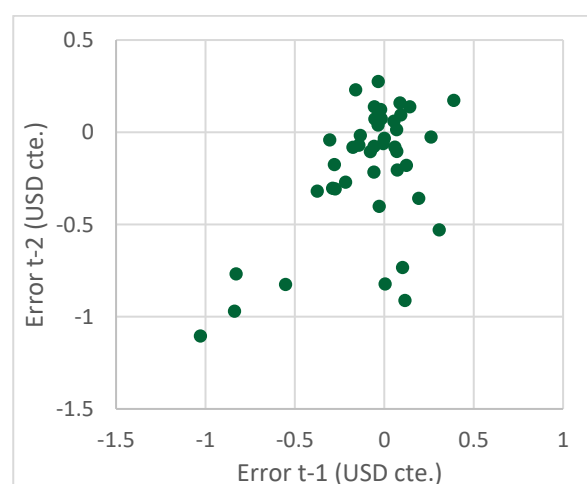


Figura 9.6. Gráfico de dispersión entre los errores de uno y dos periodos de desfases. Se observa alta correlación

10. CONCLUSIÓN ESTUDIO DE MERCADO

En síntesis, se proyectan los siguientes precios y demandas reales para el estudio de mercado realizado. Los precios se expresan como promedio para cada año, en dólares corrientes (valores actuales). Dado que las proyecciones se realizan a partir de dólares constantes, la inflación en esta moneda puede aumentar los valores. En la Tabla 10.1 se encuentran los valores proyectados para precio y volumen tanto de IBE como de EHE, y el market share resultante. La Figura 10.1 muestra la evolución de la facturación para cada producto a lo largo de la duración del proyecto.

Tabla 10.1

Proyecciones de precio y demanda real, junto con el market share estimado (USD constantes base 2014).

Año	Precio promedio (USD/L)	Volumen IBE (M Lts)	Volumen EHE (M Lts)	Market share (%)
2019	5,532	0,450	0,300	5,0
2020	5,770	0,510	0,364	5,6
2021	5,793	0,572	0,437	6,2
2022	5,795	0,638	0,522	6,9
2023	5,795	0,710	0,621	7,6
2024	5,795	0,788	0,737	8,5
2025	5,795	0,875	0,875	9,4
2026	5,795	0,891	0,891	9,4
2027	5,795	0,908	0,908	9,4
2028	5,795	0,924	0,924	9,4
2029	5,795	0,940	0,940	9,4

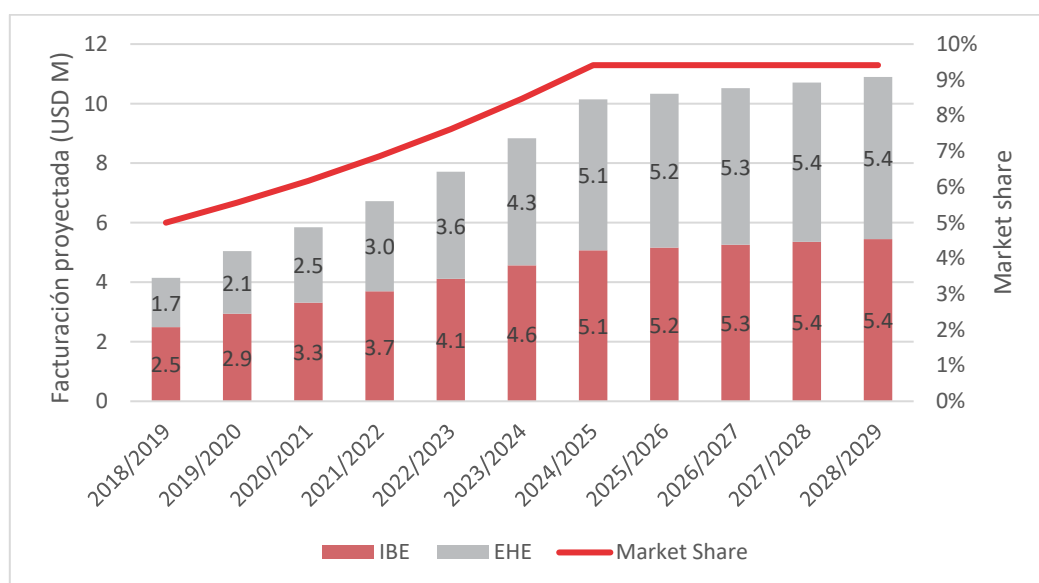


Figura 10.1. Proyección de ingresos de Sigma Agro para IBE y EHE luego de la ejecución del proyecto propuesto (USD constantes base 2014).

CAPÍTULO II:

ESTUDIO DE INGENIERÍA

RESUMEN

Concluido el análisis de mercado para el proyecto, se procede a abordar la ingeniería necesaria para su materialización.

En este capítulo, se inicia con la introducción a la síntesis química del 2,4-D éster y el proceso industrial necesario para su producción. Es así como, en pleno conocimiento del proceso y con las proyecciones de demanda del capítulo anterior, se realiza un balance de línea que dimensiona las tecnologías necesarias y, así, poder seleccionarlas en función de las ofertas recibidas.

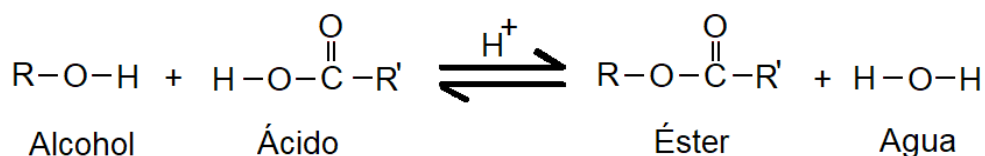
Posteriormente, se realiza el plan de producción para los 10 años de duración del proyecto.

Sin embargo, al tratarse de una planta de agroquímicos, hay factores regulatorios, de salud y medio ambiente que no pueden ser obviados.

Finalmente, se presenta un análisis de localización de la planta productiva, siguiendo un riguroso método cuali-cuantitativo que soporte la decisión de su emplazamiento definitivo. También, el dimensionamiento del layout requerido para la extensión de la línea, detallando la ubicación y distribución de las tecnologías seleccionadas.

11. SÍNTESIS QUÍMICA DE 2,4-D ÉSTER

El proceso químico para la síntesis de 2,4-D éster se denomina genéricamente “Esterificación de Fischer” y se basa en la síntesis de un éster a partir de un ácido carboxílico y un alcohol, como se muestra en la Ecuación 11.1 (Griffin, 1981). En el caso del proyecto, los reactivos a utilizar son ácido 2,4-D y 2-etilhexanol o 1-butanol, para la síntesis de etilhexil éster o butil éster, respectivamente.



Ecuación 11.1. Esterificación de Fischer genérica. R y R' representan grupos alquilo.

Dicha reacción se caracteriza por ser reversible, por lo que naturalmente posee un equilibrio según las concentraciones de reactivos y productos. Este equilibrio puede alcanzarse cuando aún quedan cantidades considerables de reactivos. Por lo tanto, con el fin de mejorar la eficiencia se busca desplazar el equilibrio hacia la derecha de la ecuación química, ya sea mediante exceso de reactivos y/o defecto de productos. La reversibilidad de la reacción también implica que debe prestarse atención a su cinética, dado que la velocidad a la cual se desenvuelve varía de acuerdo con cuán cerca se encuentran las concentraciones de cada compuesto respecto al equilibrio, y en consecuencia alcanzar un equilibrio de alto rendimiento puede demorar varias horas (San Kong, Aroua, & Raman, 2011) (Mandake, Anekar, & Walke, 2013).

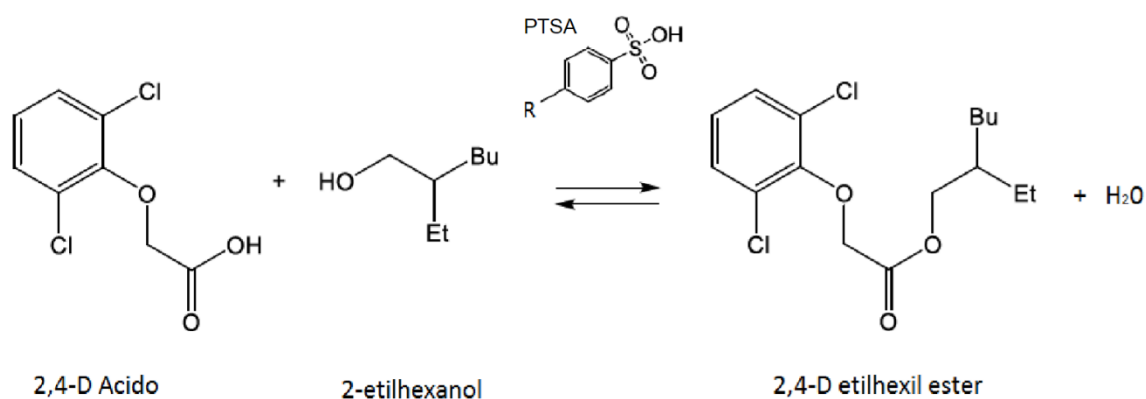
Al igual que casi cualquier síntesis química industrial, la reacción ocurre dentro de un reactor en condiciones controladas. Este proceso puede llevarse a cabo de forma continua o en batch. Para los tiempos de reacción y los volúmenes que se plantean producir, es conveniente la síntesis en batch. Esta elección se explicará en detalle más adelante. Un proceso continuo, en cambio, es más conveniente cuando los volúmenes son más grandes y los tiempos de reacción más cortos, ya que implica una inversión varias veces mayor en la infraestructura necesaria.

Si bien la reacción es termodinámicamente favorable, generalmente la energía de activación en procesos de esterificación es alta. Por lo tanto, se debe utilizar un catalizador ácido y calor para favorecer este proceso. El catalizador a utilizar será algún ácido toluenosulfónico (como el ácido p-toluenosulfónico —PTSA— o el ácido dodecilbencenosulfónico —ADBS) debido a su alta eficiencia y relativo bajo costo. El calor también ayuda a disminuir el tiempo de la reacción. Se buscará aplicar una temperatura de 140 °C, el máximo que puede aplicarse sin peligro de que aparezcan productos secundarios. Según lo consultado a expertos en el tema, alcanzar una conversión del 99% puede tardar al menos 8 horas bajo las condiciones propuestas. La presión en este caso no es un factor determinante para la etapa de síntesis, que se realizará bajo presión atmosférica.

Como consecuencia de la reacción, se forma agua que debe ser removida para evitar la hidrólisis del éster (esto es, el proceso inverso, que consiste en la descomposición de un éster a un alcohol y un ácido). De no hacerlo, el producto final perdería calidad y potencia, y no cumpliría con las especificaciones necesarias. La hidrólisis tampoco se produce de forma inmediata, sino que degrada el éster gradualmente mientras está almacenado. Asimismo, la remoción de agua (uno de los productos) ayuda a desplazar el equilibrio hacia un punto más favorable. Por lo tanto, se busca eliminar la mayor cantidad de agua posible a medida que se vaya dando la reacción, agregando al reactor una columna de destilación con una trampa de agua (se explicará en detalle más adelante). De hecho, una de las formas de conocer rápidamente el desarrollo de la reacción es a partir de la cantidad de agua generada. Con el método propuesto sólo queda en el producto final una cantidad despreciable de algunas partes por millón.

El alcohol utilizado como reactivo debe ser aplicado en exceso, por dos motivos. En primer lugar, porque favorece el desplazamiento del equilibrio hacia una mayor concentración de éster. Además, debido a que el ácido reactante en este caso es un polvo, el exceso de alcohol permite aumentar la superficie de contacto, lo que mejora las condiciones para que la transformación química efectivamente se dé.

Por otra parte, si se aplica un exceso muy elevado, la mejora en el rendimiento a partir del corrimiento del equilibrio puede ser marginal. Adicionalmente se consume más espacio en el reactor, cuya capacidad es limitada, por lo que se producirá menos producto (éster) por batch. Según lo investigado, un exceso molar de alcohol alrededor del 20% permite un trade-off óptimo entre las pérdidas en las cantidades de éster sintetizadas y la mejora de condiciones de la reacción que garantizan una alta calidad y tiempos razonables.



Ecuación 11.2. Esterificación de 2,4-D 2-etilhexil éster a partir de 2,4-D ácido con 2-etilhexanol. En el ejemplo se utiliza PTSA como catalizador.

A modo de ejemplo, la reacción correspondiente a la síntesis del EHE se muestra en la Ecuación 11.2. Si se desea sintetizar IBE, basta sustituir el 2-etilhexanol por 1-butanol, manteniendo constantes las relaciones estequiométricas y las cantidades de catalizador.

Técnicamente, al tratarse de un equilibrio al que se aproxima de modo asintótico, no existe un momento definitivo en que pueda considerarse que la reacción ha finalizado. Sin embargo, a los fines prácticos se denominará en adelante “fin de la reacción” al momento donde se haya alcanzado el equilibrio deseado: una conversión del ácido mayor al 99%. Además, debe aprobarse la calidad del producto en el laboratorio a partir de la toma de muestras.

Al haberse producido con exceso de alcohol, al finalizar la reacción se debe buscar separar dicho exceso del éster sintetizado. De esta forma además permite recuperar el alcohol que no reaccionó para ser utilizado como reactivo en un próximo batch. Este proceso, denominado “recuperación de solvente”, típicamente se realiza mediante una destilación en vacío. Al disminuir la presión, también disminuye el punto de ebullición de cada componente, de acuerdo con su diagrama de fases. Esto permite la destilación fraccionada de los mismos, que son condensados y almacenados en un tanque intermedio para su reutilización posterior.

Dado que el alcohol es más liviano que el éster, se buscará solamente evaporar el primero. Para ello, primero es necesario enfriar el reactor a temperatura ambiente. Si esto se omite, a la temperatura en que se encuentran los fluidos, y ante la aplicación de vacío, ambos se evaporarían, pero sólo se busca la evaporación del alcohol en exceso. Hecho esto, queda el éster en el reactor en estado líquido para poder ser bombeado a un tanque de asentamiento, donde se deja reposar el fluido para que decante el ácido 2,4-D remanente de la reacción. Este ácido no puede reutilizarse, debido a que se encuentra contaminado con pequeñas cantidades de alcohol, éster y catalizador, por lo que debe descartarse.

Luego, puede almacenarse el éster en un pulmón intermedio para ser formulado. Una vez vaciado el reactor, puede ser utilizado para un próximo batch.

En el Anexo IV: Propiedades fisicoquímicas de componentes, pueden consultarse las propiedades más importantes de los compuestos involucrados en el proceso de síntesis.

12. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL

El proceso industrial tiene como principales operaciones la esterificación y la formulación, pero además hay varias operaciones intermedias que deben realizarse para garantizar máxima eficiencia y calidad.

En la Figura 12.1 se puede observar el diagrama de bloques del proceso, con las entradas, las salidas y la realimentación. A lo largo de esta sección se explicará cada uno de los procesos involucrados para la síntesis y formulación de herbicidas a partir de 2,4-D ácido.

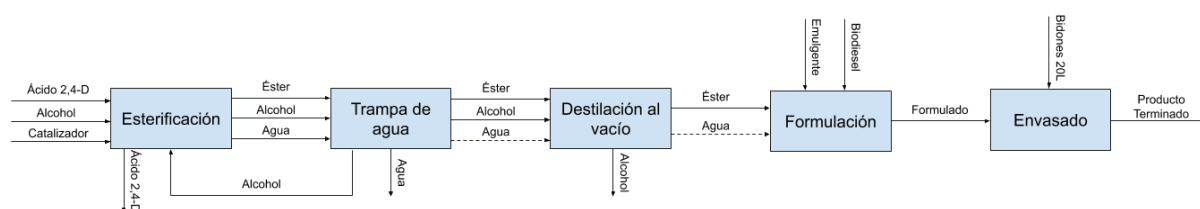


Figura 12.1. Diagrama de bloques del proceso

12.1 Recepción de materias primas

El proceso industrial comienza con la recepción de materias primas. Las más importantes son el ácido 2,4-D y los alcoholes (2-etilhexanol y 1-butanol), así como los envases. También se reciben cantidades menores de emulgentes y biodiésel (utilizado como solvente), y elementos accesorios como las tapas de los bidones y las etiquetas.

Los alcoholes se importan y se reciben en tanques IBC, que son descargados y bombeados a tanques para cada materia prima. El ácido 2,4-D también se importa y se recibe en big bags, que son almacenados hasta su uso. Si bien este producto es muy estable en términos químicos, el polvo es higroscópico por lo que se debe tomar recaudos en cuanto a la humedad del ambiente. En definitiva, esto no cambia las propiedades del ácido para la síntesis, pero la cristalización en grandes bloques dificulta la manipulación del polvo, aumenta el tiempo de disolución en el alcohol y puede dañar el mecanismo de agitación del reactor.

Una muestra de laboratorio de ácido 2,4-D puede observarse en la Figura 12.2.

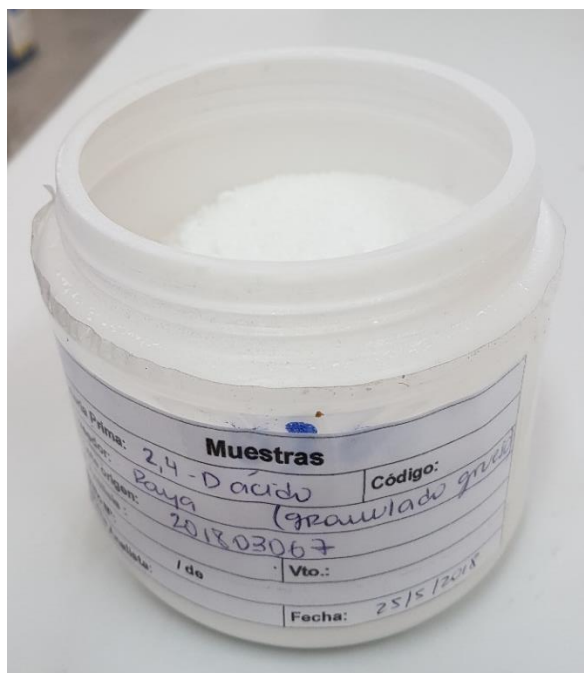


Figura 12.2. Muestra de ácido 2,4-D.

Los emulgentes principalmente también se importan, pero debido a las bajas cantidades se almacenan tal cual como vienen de origen, generalmente en tanques IBC, como se muestran en la Figura 12.3. El biodiésel se compra localmente, pero sí se almacena en tanques.



Figura 12.3. Ejemplo de tanques IBC para almacenamiento de materias primas.

En cuanto al almacenamiento de dichas materias primas, no tienen condiciones muy restrictivas más allá del control de humedad para el ácido 2,4-D por lo explicado previamente. Por lo consultado a los especialistas de la planta, hay que tener en consideración las temperaturas

elevadas que puedan darse en el galpón de almacenamiento durante el verano. Sin embargo, solo con situar los productos considerados de mayor riesgo en parte inferior de la estantería ya alcanzaría para que propiedades no se vean afectadas. Con respecto al tiempo de almacenamiento, todos los productos pueden estar en stock por más de 1 año, siempre que se mantengan las condiciones comentadas. Así, y dada la rotación que maneja Sigma, este aspecto no toma relevancia en el manejo del inventario.

12.2 Esterificación

El siguiente paso es la esterificación del ácido 2,4-D con el alcohol correspondiente, para la formación de IBE y EHE. Para esto se introduce el alcohol correspondiente en exceso, el catalizador necesario, se empieza a circular aceite caliente por la camisa y gradualmente se agrega el ácido 2,4-D en polvo. El mismo no puede agregarse muy bruscamente, ya que demasiado material sólido puede dañar el agitador del reactor. Una vez alcanzada la temperatura objetivo de 140 °C (90–100 minutos después), y a medida que se desarrolla la reacción, el agua generada se evapora hacia la columna de destilación, donde es condensada y retenida en la trampa de agua para eliminarla del proceso. Parte del alcohol también se evaporará, pero al tener una temperatura de condensación más baja que la del agua, se enfriará y condensará una vez pasada la trampa de agua. Al no utilizar ningún elemento que retenga el alcohol condensado, el mismo precipitará nuevamente dentro del reactor, generando la recirculación del mismo.

Una vez alcanzado el equilibrio deseado, cuando más el 99% del ácido ya reaccionó y los controles de calidad validan el producto, se da por finalizada la reacción. Se conecta la bomba de vacío para comenzar la etapa de recuperación del alcohol en exceso a muy baja presión. El alcohol comenzará a evaporarse antes que el éster (nuevamente, debido a que es más volátil), se condensará en la torre de destilación y se eliminará a un tanque auxiliar para su posterior reutilización en otro batch. Cuando se elimina todo el alcohol, el único producto resultante en el reactor será el éster, que se procede a bombear a su tanque de almacenamiento correspondiente.

12.3 Formulación

Para el proceso de formulación se bombea en un tanque el éster correspondiente, junto con las cantidades de biodiésel y emulgentes necesarias para cada producto. El tanque de formulación, como podría ser el de la Figura 12.4, cuenta con un mezclador para homogeneizar el producto final. Luego de aproximadamente tres horas de mezclado, a temperatura ambiente, el producto ya se encuentra terminado y listo para su fraccionamiento. Dependiendo del plan de producción, se puede bombear a un tanque pulmón intermedio, o proceder directamente con el envasado.



Figura 12.4. Ejemplo de tanque agitador para formulación (R1).

12.4 Envasado

El último proceso para obtener el producto final es el envasado. Existen dos alternativas para llevar a cabo esta etapa: envasado manual o envasado automático, utilizando una envasadora industrial que no requiere intervención por parte de los operarios. Si bien esta tecnología puede ser más eficiente, para los volúmenes manejados, la necesidad de tener completamente asiladas las dos líneas de IBE y EHE (para prevenir efectos de contaminación cruzada, como se explicará más adelante) hace poco práctica su adopción. En este escenario sería necesario tener dos máquinas idénticas, de modo que el grado de aprovechamiento sería muy bajo. Si en el futuro la demanda de alguno de los productos aumenta más que lo proyectado, puede reverse este cálculo.

Los bidones poseen una capacidad total de 21,5 litros, pero se llenan hasta 20 litros por cuestiones de seguridad. La Figura 12.5 muestra un bidón de producto agroquímico, ya llenado, con su sellado de seguridad colocado. Una vez envasados, los productos se conforman en pallets de 48 bidones (4x4x3), y se estiban para su despacho o almacenamiento, como se observa en la Figura 12.6.



Figura 12.5. Bidón listo para despachar mostrando el sellado de seguridad.



Figura 12.6. Zona de almacenamiento de producto terminado.

12.5 Diagrama de flujo del proceso

El diagrama de flujo del proceso, desde la recepción de materia prima, hasta el envasado y almacenamiento de producto terminado se puede encontrar en las Figuras 12.7 y 12.8.

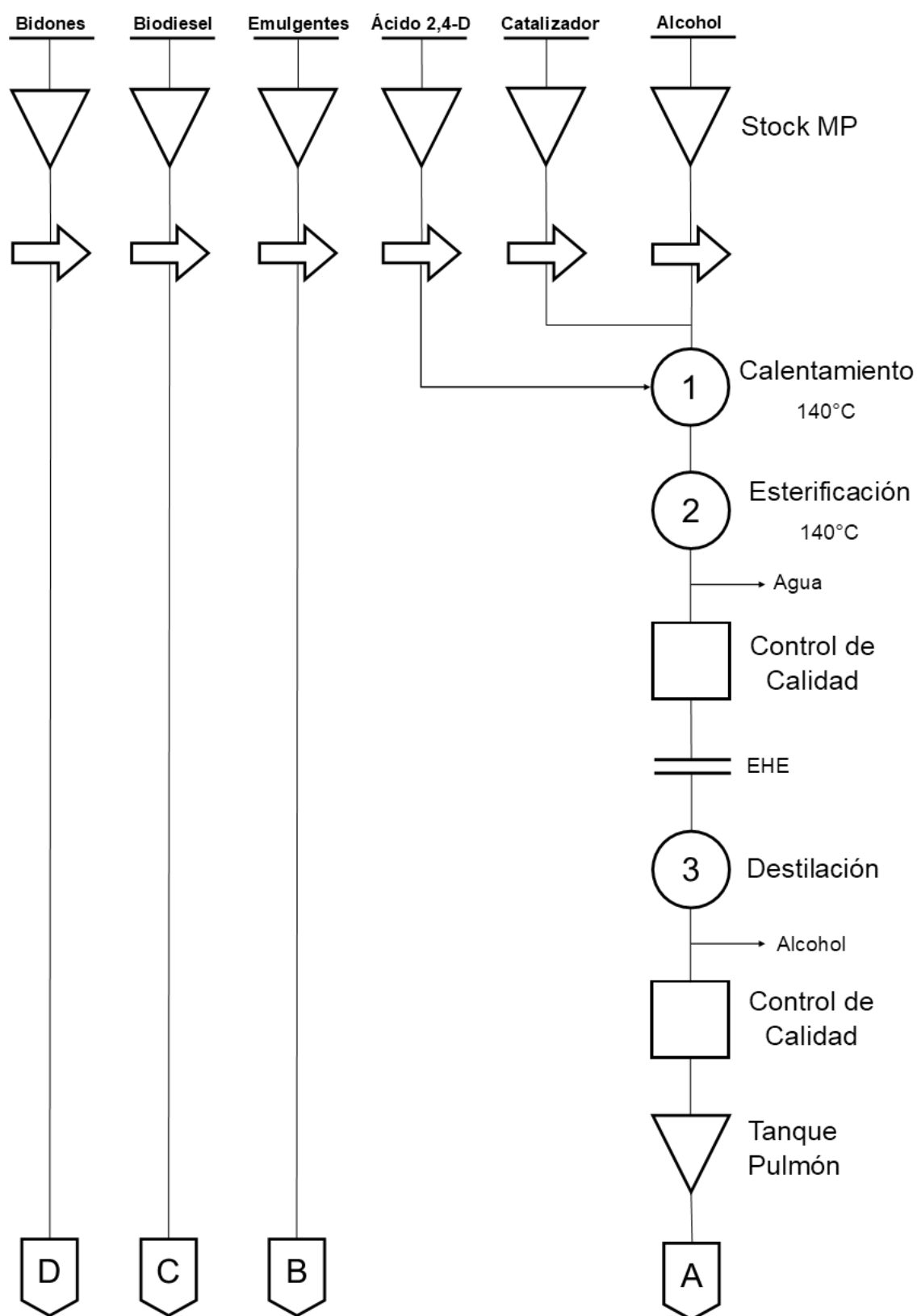


Figura 12.7. Diagrama de flujo del proceso.

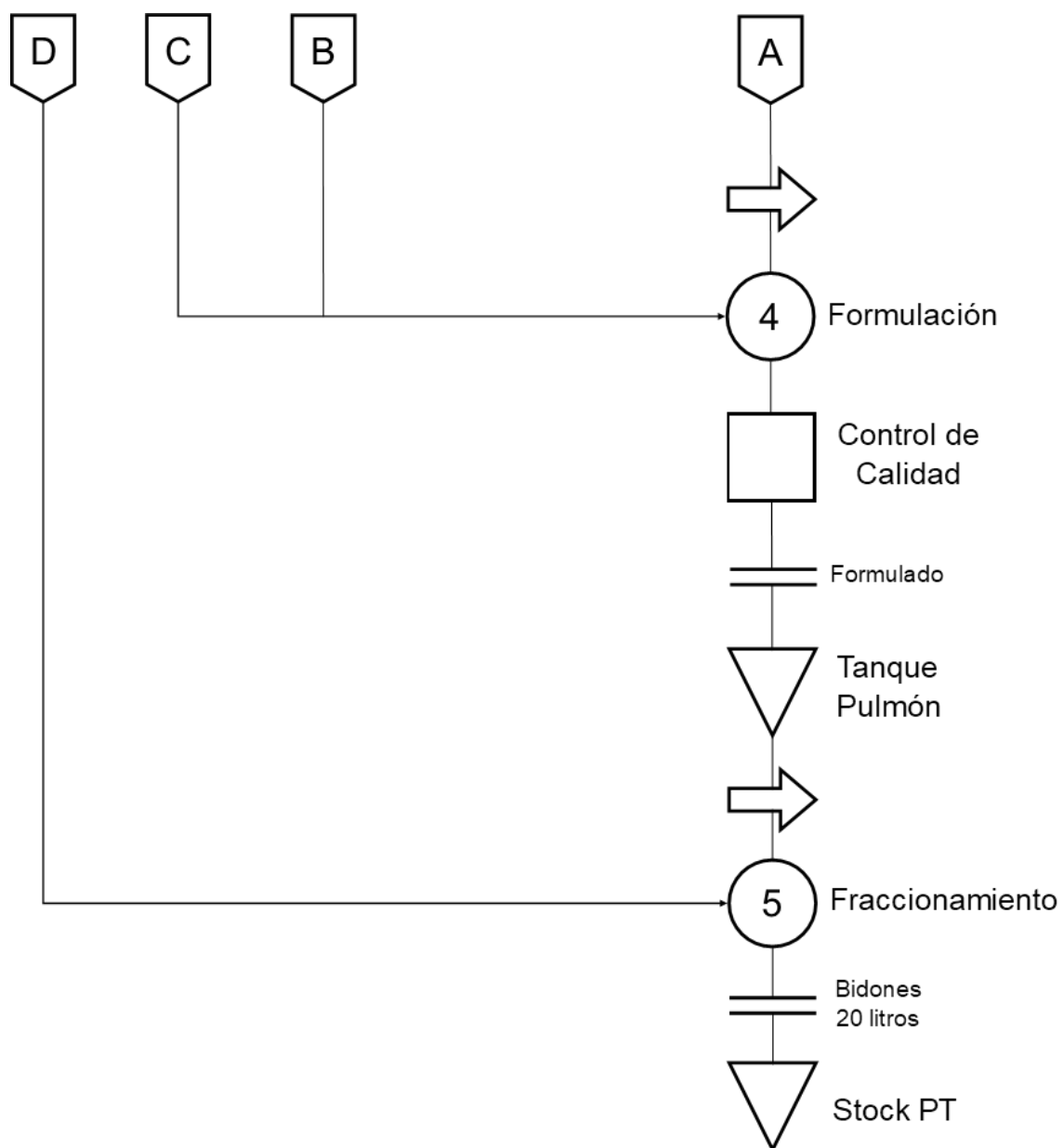


Figura 12.8. Continuación diagrama de flujo del proceso.

13. PROPIEDADES DEL PRODUCTO FORMULADO

Luego de la etapa de formulación, se obtiene el producto final listo para ser fraccionado y envasado. Las diferencias específicas entre 2,4-D EHE y 2,4-D IBE fueron descritas anteriormente, por lo que en esta sección se buscará explicar las propiedades que ambos formulados tienen en común, y que determinan la calidad del producto que se intenta comercializar.

A diferencia de otras variedades de 2,4-D, como las sales aminas, los formulados de ésteres no son solubles en agua. Por el contrario, la presencia de agua produce la hidrólisis del éster, degradando progresivamente sus propiedades químicas. En consecuencia, se utilizan otros solventes orgánicos, como biodiésel, que permiten almacenar de forma segura el producto terminado por largos períodos de tiempo.

Sin embargo, a la hora de aplicar el producto sobre cultivos, se diluye el formulado concentrado con agua, en un agitador. Se busca crear una suspensión homogénea, por lo que la inmiscibilidad de los ésteres, entonces, es problemática. Para ello, en la etapa de formulación se introducen pequeñas cantidades de emulgentes, cuya función es generar gotas más pequeñas, más homogéneas, y que se mantengan en suspensión por más tiempo. El solvente utilizado para los formulados también influye en las características de la suspensión. De hecho, una de las formas de medir la calidad del formulado es a partir del tiempo que tarda la suspensión en cortarse. Sigma Agro garantiza que, en un lapso de dos horas, la separación de la fase éster formará una capa con un espesor menor a 2 mm.

En la Figura 13.1 se observa una muestra de laboratorio de tres probetas con (a) emulsión de ácido 2,4-D EHE en agua, (b) el producto formulado (como lo vende la empresa), sin disolver, y (c) una solución de ácido 2,4-D DMA en agua.



Figura 13.1. De izquierda a derecha: (a) emulsión de 2,4-D EHE en agua, lista para aplicar; (b) 2,4-D éster formulado sin disolver, solución de (c) 2,4-D DMA en agua.

Si la mezcla aplicada no es homogénea, puede suceder que algunas zonas del cultivo se “quemen” más que otras, ya que habrá partes con mayor concentración del herbicida que otras.

Los ésteres de 2,4-D se caracterizan por su fuerte acción foliar. Para una aplicación efectiva, se busca que las gotas sean pequeñas, pero al mismo tiempo “mojen” una gran superficie de la hoja de la planta. Para que esto sea posible la tensión superficial debe ser considerablemente más baja que el agua. La elección del solvente y de los emulgentes debe tomar este efecto en consideración, si bien también es posible utilizar coadyuvantes para lograr tal fin.

El uso de biodiésel como solvente presenta numerosas ventajas frente a otros solventes tradicionales, como petroquímicos (Petrelli, Siepi, Miligi, & Vineis, 1993) (Kanthavelkumaran & Seenikannan, 2012):

- Es biodegradable
- No tóxico para animales y humanos
- No es cancerígeno
- Tensión superficial aproximadamente 2–3 veces menor al agua (30 mN/m) (Thangaraja, Anand, & Pramod, 2016)
- Suspensiones de nanopartículas estables para los tiempos de aplicación (propiedad que también se busca, por ejemplo, para el diseño de biocombustibles) (Abdalla, Reem, & Pizzi, 2017).

Más allá de la calidad del producto formulado en sí, no debe dejarse de tener en cuenta las características necesarias de los envases para su seguro transporte y manipulación. Los mismos son fabricados mediante soplado de polímeros como polietileno de alta densidad (HDPE) o mediante procesos de coextrusión (COEX) que permiten crear un producto de múltiples capas. Estos plásticos son inertes con el contenido de los formulados.

Asimismo, si bien la capacidad nominal de cada bidón es de 20 litros, la capacidad real debe ser un 5–10% mayor. Esto se debe a cuestiones de seguridad en el transporte, ya que, si el envase recibe golpes, movimientos bruscos, o cambios de temperatura, si hubiera muy poco aire pueden explotar las tapas por los cambios en la presión. Los bidones utilizados por Sigma Agro tienen una capacidad total de 21,5 litros. Además, se aplica un sellado de seguridad con una lámina de aluminio. En Argentina, la Ley 27.279 regula la gestión de envases vacíos de agroquímicos, por parte de quien los haya aplicado.

14. CONTAMINACIÓN CRUZADA

Se entiende por contaminación cruzada a la presencia no deseada de partículas de un producto específico en la composición de otro producto diferente, que se detecta mediante el estudio de cromatografía. Son impurezas residuales que aparecen en forma de ingredientes activos no definidos en las especificaciones del producto, comprometiendo la seguridad o eficacia de este, y pueden no cumplir con los requerimientos regulatorios (CropLife International, 2014).

Sigma Agro, al contar con una amplia cartera de productos, posee instalaciones con la capacidad de producir varios de ellos al mismo tiempo. Esta característica es común en la fabricación de fitosanitarios, por lo que se debe hacer énfasis en el riesgo de contaminación cruzada asociado.

Como método de prevención se toman varias medidas a lo largo de todo el proceso productivo, las cuales involucran buenas prácticas de la industria. La política que se decide llevar a cabo para prevenir el problema de raíz es limitar cada línea de producción a un único producto. Esto quiere decir que tanto el IBE y el EHE serán sintetizados y formulados en reactores y agitadores separados y destinados únicamente para el producto en cuestión.

Si bien los costos asociados a un menor grado de aprovechamiento de las máquinas que componen cada etapa del proceso pueden ser altos, las pérdidas asociadas a este problema pueden ser aún mayores. Un sustento firme para adoptar esta política es la complejidad que implica el lavado del reactor, formulador y cañerías para utilizarlos con un producto distinto al que venía circulando. En caso de querer cambiar el producto es necesario, además de realizar un triple lavado, tomar muestras y certificar que efectivamente las máquinas y tuberías están libres de contaminación. Dicha certificación sólo se puede realizar internamente en la planta por técnicos químicos capacitados, y cuenta con carácter de declaración jurada. Este proceso de lavado consume mano de obra, tiempo y recursos materiales que la empresa no está dispuesta a utilizar, ya que el problema es prevenible si se toman los recaudos necesarios. De acuerdo con la empresa, la producción debe pausarse hasta dos días completos para garantizar que la limpieza fue correctamente realizada.

15. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

El objetivo del presente apartado es el de describir, dimensionar y seleccionar las tecnologías necesarias para el proceso de productivo del 2,4-D éster. Vale realizar la diferenciación entre lo que son las tecnologías primarias y secundarias. Las primeras son las principales del proceso y los servicios requeridos, mientras que las segundas son sus complementarias.

Entre las tecnologías primarias se reconocen: el reactor, el servicio de calor, frío, vacío, y destilación. Para ellos se analizan diferentes proveedores y se los selecciona mediante el desarrollo de una matriz de selección.

Entre las complementarias se destacan: las bombas, tanques, formulador, y P&ID. En cuanto al proceso de formulación, también se la incluye dentro de las tecnologías complementarias dado que no es el foco del presente proyecto.

Por último, se presenta el diagrama representativo de la planta, con la cantidad de máquinas resultantes del cálculo de balance de línea realizado en forma simultánea e iterativa.

15.1 Reactor

Los reactores químicos son equipos dentro de los cuales ocurre una reacción química y son diseñados para maximizar su eficiencia o grado de conversión. Se pueden distinguir tres tipos de reactores: por batch, de flujo continuo y tipo pistón. En las figuras 15.1 y 15.2 se observa un esquema de un reactor básico con agitador y una fotografía de un montaje en producción. A continuación, se evalúan las principales ventajas y desventajas de cada uno de ellos (Dr. Nanda, 2018).

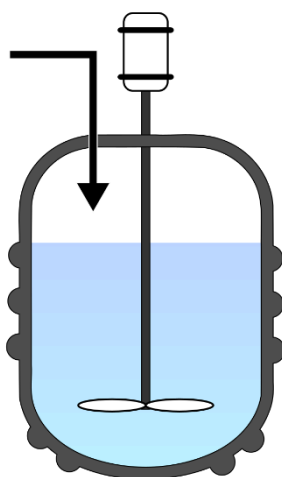


Figura 15.1. Esquema de reactor.



Figura 15.2. Foto de reactores.

15.1.1 Reactor tipo batch

El funcionamiento del reactor tipo batch se basa en agregar en una primera instancia todos los reactivos para luego de transcurrido el tiempo de reacción, retirar todos los productos. El

reactor suele tener un agitador y deflectores para optimizar la dinámica de los fluidos, homogeneizando el contenido lo máximo posible. También pueden tener sistemas de burbujeo, bombas y camisas externas para la transmisión de calor, entre otros.

Las principales ventajas son que es adecuado para la producción en baja escala (menos de 60.000 litros por lote) y que cuentan con una gran flexibilidad de utilización. Pueden realizarse reacciones de todo tipo ya sean orgánicas (como la síntesis de 2,4-D éster) o inorgánicas. Por último, su uso se destaca entre reacciones de larga duración.

La principal desventaja consiste en que se debe esperar a que finalice de forma completa la reacción antes de retirar los productos. No son recomendables en procesos a gran escala.

15.1.2 Reactores de flujo continuo

Los reactores de flujo continuo, como su nombre lo indica, funcionan de forma constante generando dentro de ellos un gradiente de conversión. Por un lado, entran los reactivos que a medida que avanzan por el reactor, impulsados por hélices, comienzan a reaccionar. Esto se esquematiza en la Figura 15.3. Finalmente son expulsados por la salida, donde se busca la máxima conversión posible.

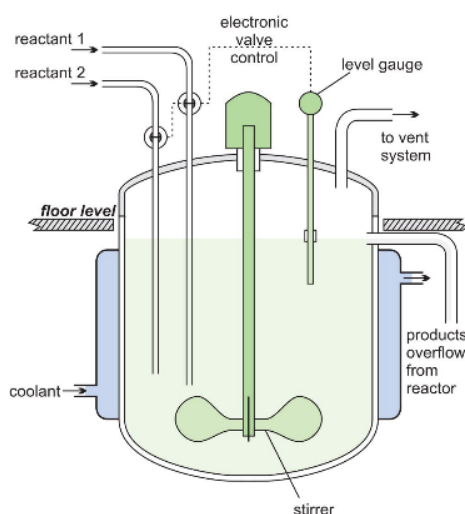


Figura 15.3. Esquema de un reactor tipo continuo.

Las ventajas principales son su flexibilidad de configuración, la posibilidad de remover producto en etapas intermedias y la obtención de un proceso de bajo costo al implementar varios reactores de flujo continuo en serie. Además, pueden ser presentados de forma vertical o horizontal, dependiendo de la alternativa que favorezca el proceso.

Por otro lado, el bajo costo trae consigo una alta complejidad de operación y grandes inversiones iniciales. La situación teórica comparada a la real varía mucho en este tipo de reactores debido a la diferencia que existe entre una mezcla ideal y lo que finalmente ocurre dentro del reactor.

15.1.3 Reactor de tipo pistón

Por último, el reactor de tipo pistón puede ser considerado de flujo continuo con la diferencia de que se modela y diseña como si existiera un “tapón” que avanza por un tubo delgado con un gradiente de reacción (asume que no hay mezcla axial). Se observa una fotografía en la Figura 15.4.

La principal ventaja es la alta eficiencia del sistema, pero es poco económico para lotes pequeños. Son ideales cuando se requiere alta transferencia de calor.



Figura 15.4. Reactor tipo pistón

Se puede resumir los tres tipos de reactores analizados en la Tabla 15.1 a continuación.

Tabla 15.1

Resumen de ventajas y desventajas de cada tipo de reactor.

	Batch	Continuo	Pistón
Ventajas	- Eficiente a baja escala - Alta flexibilidad - Ideal para tiempos largos de reacción	-Alta flexibilidad - Económico	- Alta eficiencia -Posibilita la alta transferencia de calor
Desventajas	- Proceso cerrado - Poco eficiente a gran escala	- Operación compleja - Inversión alta	- Operación compleja - Costoso

Se concluye que, para el caso de Sigma Agro, el reactor más adecuado es el de tipo batch. La escala se encuentra dentro del rango aceptable y la reacción de esterificación tiene una larga duración, como se explicó en apartados anteriores. Además, requieren una inversión inicial

más baja, y son los más sencillos de operar: dado que la empresa no cuenta con experiencia con este tipo de procesos industriales, es un buen punto de partida.

15.1.4 Material de reactor

Existen dos tipos principales de materiales para la construcción de reactores químicos. El primero, más utilizado, es el acero inoxidable. Este material es un metal con características adecuadas para llevar a cabo reacciones por su baja reactividad con muchos compuestos. Suele contar con la suficiente resistencia mecánica para las temperaturas y presiones de la gran mayoría de los procesos que se realizan industrialmente. Sin embargo, en ciertos casos como el de la esterificación de ésteres, la gran corrosión de los ácidos empleados vuelve al reactor inutilizable en poco tiempo.

Por lo tanto, se debe optar por una alternativa superadora como los reactores vidriados. Estos también cuentan con su estructura principal fabricada a partir de acero, pero están recubiertos de forma interna con una capa de vidrio que evita el accionar del ácido sobre el reactor. Se puede ver la apariencia del interior de un reactor vidriado en la Figura 15.5.



Figura 15.5. Interior de un reactor vidriado

En otras palabras, la combinación de ambos materiales trae consigo sus ventajas características: la resistencia estructural y mecánica del acero, junto con la resistencia química del vidrio.

15.1.5 Sistema de transferencia de calor

Cuando se trabaja con reactores existen dos métodos para transferir calor a la reacción. El primer sistema es a través de una camisa. Esto consiste en hacer a las paredes del reactor huecas para que pueda circular un líquido o un gas y sirve tanto para calentar como para enfriar a la mezcla. Usualmente se hace circular aceite o agua mediante un servicio complementario como una bomba de calor o torre de enfriamiento (dependiendo de lo que se busque). El funcionamiento del sistema de camisa se encuentra esquematizado en la Figura 15.6.

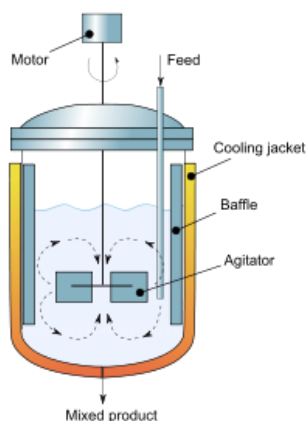


Figura 15.6. Esquema del sistema de suministro de calor a un reactor con camisa

El otro sistema que puede ser empleado es incorporar una serpentina o barras (resistencias eléctricas) sumergidas directamente en la mezcla, como se observa en la Figura 15.7. Utilizando este método no hace falta contar con un material refrigerante como mencionamos con anterioridad al aceite o al agua. En principio este sistema solo sirve para calentar la mezcla y no resulta apto para el proceso en cuestión debido a la corrosión provocada por la exposición de partes metálicas con la solución. Por lo que esta opción es descartada (Ablaze Chemical Process Systems, s.f.).

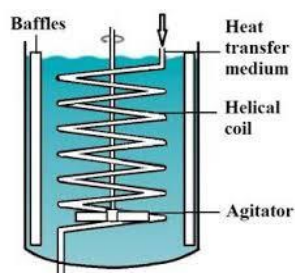


Figura 15.7. Esquema del suministro de calor a un reactor con serpentina

15.1.6 Agitador

En el interior del tanque hay un agitador cuyo fin es el de favorecer la reacción química. Es accionado por un motor y, dependiendo de las características requeridas por el proceso, se ajustan sus revoluciones por minuto.

Existe una gran variedad de agitadores de los cuales elegir. En la Figura 15.8 se muestra un conjunto de diferentes sistemas de agitación. Se centrará el análisis en los tres más utilizados en la industria química: los de paletas, ancla y hélice, que se encuentran esquematizados en las Figuras 15.9, 15.10 y 15.11, respectivamente.

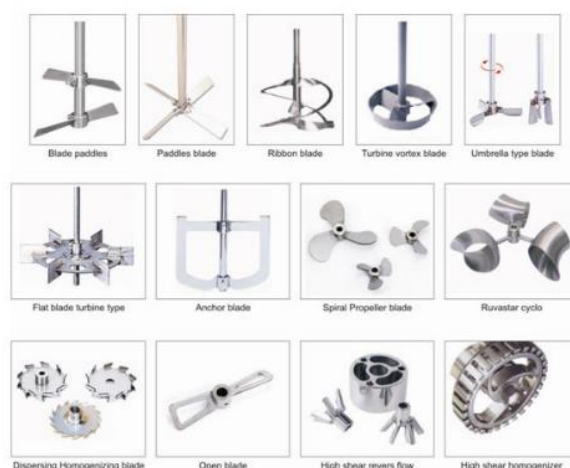


Figura 15.8. Tipos de agitadores

Los agitadores de tipo paleta son considerados los más tradicionales. Están diseñados para obtener un flujo laminar uniforme. Los de tipo ancla buscan el mayor alcance en el reactor, y son ideales si hay presencia de sólidos. Finalmente, las hélices agitan de forma axial al fluido. En la reacción de esterificación una gran cantidad del reactivo se encuentra en forma sólida. Por eso la mejor opción a implementar en los reactores de Sigma Agro son los de forma en ancla. Con los mismos se pueden reducir problemas por presencia de sólidos y obtener un mezclado adecuado para que la reacción ocurra de forma eficiente.



Figura 15.9. Agitador tipo paleta



Figura 15.10. Agitador tipo ancla



Figura 15.11. Agitados tipo hélice

15.1.7 Servicios

A su vez, el reactor debe contar con una serie de aberturas en su parte superior que actúan como entradas o salidas de los diferentes complementos que necesita la operación, entre los que se pueden encontrar:

- Entrada de materias primas al interior del tanque
- Sistema de vacío
- Salida de vapor hacia la torre de destilación
- Entrada de reflujo desde la torre de destilación
- Termómetro

- Manómetro

La Figura 15.12 muestra una sección transversal de un reactor, donde se observan las diferentes conexiones a los servicios.

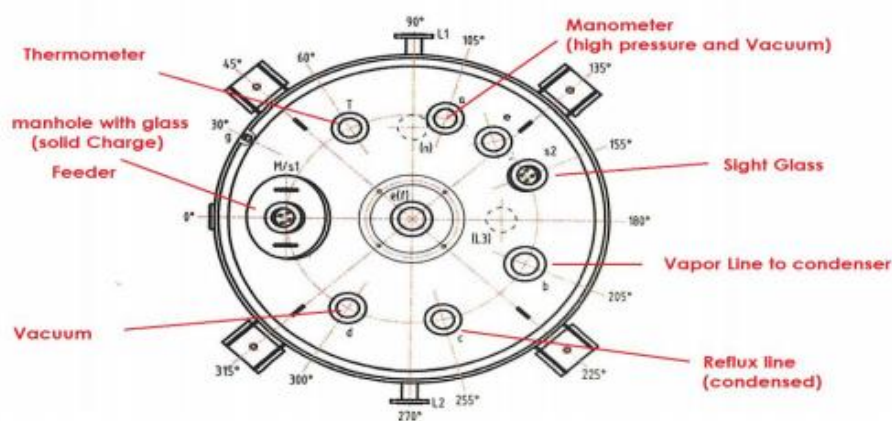


Figura 15.12. Vista superior de un reactor tipo batch.

15.1.8 Dimensionamiento y selección

La principal variable a tener en cuenta en el dimensionamiento de un reactor es su capacidad. Existen reactores para un amplio rango de tamaños, desde menores a 1 litro hasta mayores a 30.000 litros, pero pasado los 3.000 litros de capacidad la oferta varía de a miles de litros. Generalmente, este parámetro se decide según el volumen a producir, teniendo en cuenta que la producción puede fraccionarse en pocos batches grandes o muchos batches más pequeños.

Se debe tener en cuenta que un reactor grande es difícil de operar e implica mayores riesgos: no sólo es más difícil mantener acotadas las variables del rango de operación (como temperatura y presión), sino que cualquier falla puede implicar la pérdida de un lote mayor, e incluso representar un alto riesgo de seguridad si se trata de compuestos químicos inflamables o explosivos. Sigma no cuenta con experiencia en procesos de síntesis por lo que se buscará un balance entre capacidad y facilidad de operación. Esto significa, descartar reactores mayores a 10.000 litros de capacidad.

Se toma el año de mayor demanda, el 2029, para el dimensionamiento del reactor. En base a la ecuación estequiométrica, rendimientos y eficiencias se llega al requerimiento diario necesario. Estos datos se encuentran plasmados en la Tabla 15.2

Tabla 15.2

Requerimiento de volumen diario de síntesis para el año con mayor demanda.

	IBE	EHE	
Demanda anual PT	940.294	940.294	litros de formulado
Días de producción	198	198	días
Demanda diaria PT	4.749	4.749	litros de formulado/día
Requerimiento diario síntesis	4.629	4.247	litros/día.

En base a los requerimientos diarios de síntesis se estimó el aprovechamiento para los diferentes tamaños de reactores disponibles en el mercado. La capacidad anunciada no es la capacidad real, esta última es menor debido al volumen de seguridad que se requiere dejar vacío.

En las Tablas 15.3 y 15.4 se presentan para ambos productos los resultados obtenidos. Se incluye el volumen anunciado, la capacidad real del reactor, la cantidad de reactores necesarios para cubrir los requerimientos diarios de síntesis y el grado de aprovechamiento.

Tabla 15.3

Aprovechamiento de reactores para EHE

Volumen DIN	Volumen real	Cantidad	Aprove.
10.000	8.000	1	53%
8.000	6.500	1	65%
6.300*	5.000	1	85%
5.000	4.000	2	53%
4.000	3.200	2	66%
3.000	2.400	2	88%
2.500	2.000	3	71%
2.000	1.600	3	88%
1.600	1.300	4	82%
1.000	800	6	88%
630	500	9	94%

Tabla 15.4

Aprovechamiento de reactores para IBE

Volumen DIN	Volumen real	Cantidad	Aprove.
10.000	8.000	1	58%
8.000	6.500	1	71%
6.300*	5.000	1	93%
5.000	4.000	2	58%

4.000	3.200	2	72%
3.000	2.400	2	96%
2.500	2.000	3	77%
2.000	1.600	3	96%
1.600	1.300	4	89%
1.000	800	6	96%
630	500	10	93%

Realizando un balance entre la poca experiencia de Sigma en este tipo de procesos y los resultados cuantitativos, se decide trabajar con dos reactores de 6.300 litros. Estos aportan un alto grado de aprovechamiento pero también permiten un margen de crecimiento en caso de que la producción supere las expectativas.

Se decidió descartar las opciones de menor tamaño debido a que la flexibilidad que aportan viene acompañada de una compleja instalación y operación. Por ejemplo, para utilizar reactores de 3.000 litros serían necesarios 4 de estos en total. Cada uno de ellos requiere de diferentes servicios (frío, calor, vacío, entre otros). Las tuberías y herramental necesario para operar todos ellos en paralelo sería altamente compleja.

15.1.9 Resumen de requerimientos técnicos

Los reactores vidriados suelen ser de similares características, por lo que los requerimientos que diferencien a unos de otros se resumen en cuestiones de orientación del tanque, capacidad, temperatura y presión de operación, y utilidad de los orificios en su cubierta superior. Los requerimientos técnicos del reactor para la síntesis del 2,4-D son:

- Orientación vertical del reactor
- Capacidad real del tanque de 6.300 L
- Capacidad operativa de 5.000 L
- Temperatura de operación de 140° C
- Contar con camisa externa
- Contar con deflectores internos
- Motor de agitación, con agitador tipo ancla
- Debe contar con entradas y salidas para todos los servicios complementarios: calor, frío, columna de destilación y vacío.

Se muestran esquemas de un prototipo similar al necesario en la Figura 15.13.

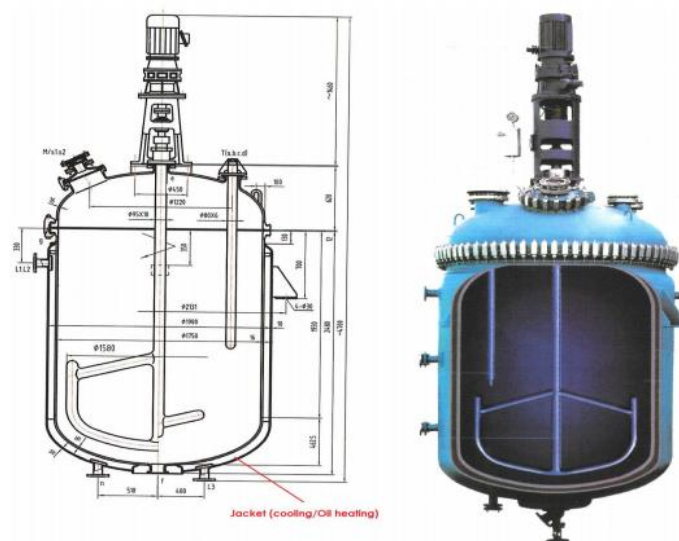


Figura 15.13. Vista transversal y prototipo de reactor tipo batch.

Dado que los requerimientos técnicos están estandarizados dependiendo de la capacidad de planta a instalar, se procederá a realizar la selección de proveedores.

Factores obligatorios

Para la elección del proveedor, se establecerán las siguientes cualidades obligatorias que deben cumplir:

- Capacidad ofrecida sea mayor o igual a la requerida en todos sus parámetros.
- Lead time menor a 100 días, con el fin de arrancar la producción en el menor tiempo posible.
- Reactor nuevo, directo de fábrica, a fin de asegurar la calidad del producto adquirido y contar con la garantía de origen.
- Material resistente a sustancias químicas.

Factores deseables

Para seleccionar un proveedor por sobre el otro, en caso de que sus ofertas superen el filtro de los factores obligatorios, se utilizarán los siguientes factores deseables: el costo del equipo, la reputación del vendedor, el lead time de entrega y la duración de la garantía.

El costo del reactor será el factor de decisión más importante de los cuatro dado que tiene un impacto directo en la rentabilidad del proyecto, cuestión que se considerará en todo el proceso de selección de tecnologías. La reputación del vendedor será otro factor relevante en la decisión dado que es el artefacto con mayor injerencia en el proceso y resulta necesario asegurar la respuesta y confiabilidad del proveedor. Finalmente, el lead time de entrega y extensión de la garantía se comportan como factores complementarios en el proceso de decisión. Así es que resulta la siguiente ponderación de factores:

- Costo del reactor, ponderado con un 45% del total.
- Reputación del proveedor, ponderado con un 35% del total.
- Lead time, ponderado con un 10% del total.
- Extensión de la garantía, ponderado con un 10% del total.

Matriz de selección

Antes de plantear la matriz de selección para el reactor vidriado, se presentan los siguientes proveedores posibles con sus respectivas características:

A. Briturechem Co. (a partir de ahora llamada “empresa A”):

- a. Origen: China
- b. Costo CIF - Buenos Aires: 12.200 USD/Set
- c. Reputación: 3
- d. Lead time: 60 días
- e. Garantía: 1 año

B. Liaoning Huaying Engineered Products Co. (a partir de ahora llamada “empresa B”):

- a. Origen: China
- b. Costo CIF - Buenos Aires: 14.460 USD/Set
- c. Reputación: 7
- d. Lead time: 90 días
- e. Garantía: 1 año

C. Wuxi Naipaul Machinery Manufacturing Co. (a partir de ahora llamada “empresa C”):

- a. Origen: China
- b. Costo CIF - Buenos Aires: 28.790 USD/Set
- c. Reputación: 8
- d. Lead time: 120 días
- e. Garantía: 1 año

Cabe destacar que la reputación del oferente se determina según las certificaciones que tenga y la escala de calificación de la página de internet Alibaba (Alibaba, s.f.), referente en el mundo de las transacciones industriales. Por otra parte, se requirió a los proveedores la cotización del costo CIF dado que el reactor es el instrumento de mayor fragilidad del proceso y se busca contar con el seguro cubierto hasta el puerto de Buenos Aires.

En la Figura 15.14 se presenta la matriz de selección para los diferentes proveedores de reactores vidriados.

Factor		Ponderación	Alternativas		
			A	B	C
Obligatorio	Requerimientos mínimos	-	Si	Si	Si
	Lead time < 60 días	-	Si	Si	No
	Reactor nuevo	-	Si	Si	Si
Deseable	Costo	45%	9	8	-
	Reputación	35%	4	7	-
	Lead time	10%	7	4	-
	Garantía	10%	5	5	-
		100%	6,65	6,95	-

Figura 15.14. Matriz de selección del reactor vidriado.

Al tener un lead time mayor a los 60 días, la empresa C queda descartada en el nivel de los factores obligatorios de selección. Entonces, prosiguiendo con el análisis de los factores deseables para las empresas A y B, resultó que la segunda obtuvo un mayor puntaje. Si bien presenta un costo y lead time mayores al de la primera empresa, es su mayor reputación la que lleva a optar por ella.

15.2 Calor

Se utiliza un calentador para calentar el aceite que circula por la camisa del reactor. Dado que Sigma Agro S.A. no cuenta con acceso a una red de gas natural en su planta de Mercedes, se recurre a un equipo eléctrico, con resistencias que calientan el aceite circulante.

El aceite, impulsado por una bomba, crea un flujo continuo entre el tanque del calentador y la camisa del reactor. Se forma un circuito cerrado en el que el fluido sale caliente de la caldera y retorna a una menor temperatura, habiendo realizado la transferencia energética hacia el contenido del tanque del reactor (Wattco, s.f.). Este proceso se representa en la Figura 15.15.

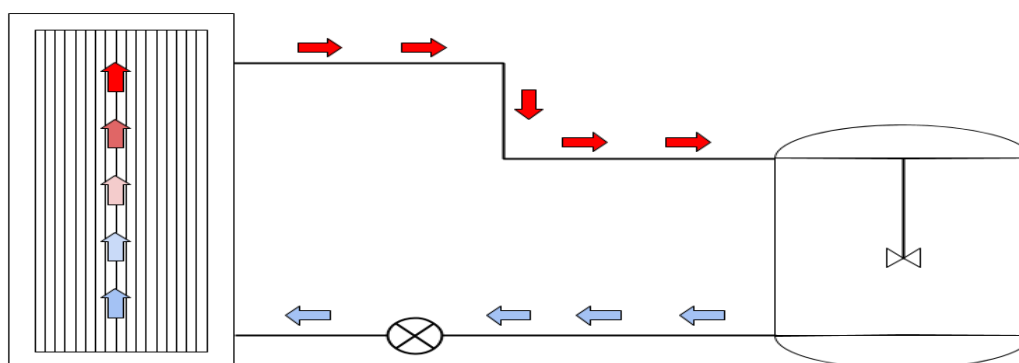


Figura 15.15. Esquema del sistema de calentamiento eléctrico.

15.2.1 Dimensionamiento

Para el dimensionamiento del calentador se debe conocer el fluido de trabajo, temperatura de operación, la cantidad de calor requerida por el reactor y su tasa de transferencia, que depende en parte de las características del reactor, pero también de restricciones de la reacción que se lleva a cabo en él.

En primer lugar, el fluido de trabajo será aceite mineral, el más común en este tipo de aplicaciones. El mismo se puede calentar de forma segura hasta 180 °C, lo que permitirá alcanzar sin dificultades la temperatura objetivo de 140 °C.

El siguiente paso consiste en calcular la energía que debe transferirse al reactor. Para ello, se modelará la transferencia en dos pasos: una primera etapa de calentamiento, donde se llevan los reactivos desde temperatura ambiente (20 °C) hasta la temperatura objetivo (140 °C); y una segunda etapa, donde se debe aplicar calor para compensar las pérdidas del reactor y mantener constante la temperatura.

La cantidad de calor total de la primera etapa puede aproximarse mediante la Ecuación 15.1.

$$Q = \Delta T \cdot \sum_i m_i \cdot C_{p_i}$$

Ecuación 15.1. Calor total para mezcla de múltiples materiales.

Se conocen las masas y calores específicos (C_p) de los componentes en el reactor (alcoholes y ácido 2,4-D). Los calores específicos del 1-butanol y 2-etilhexanol son muy similares si se expresan por unidad de masa y se corrigen por los volúmenes de cada uno utilizados por batch, por lo que no hay grandes diferencias entre los reactores para cada uno de los alcoholes. Se tomará para estos cálculos la esterificación del 2-etilhexanol, que es ligeramente más demandante. Al resolver la ecuación anterior se obtiene un total de 1.644 MJ a transferir al reactor.

A partir de este valor se debe calcular la potencia del calentador, que dependerá del tiempo en que se busque llegar al objetivo. Si bien menor tiempo implicaría menor tiempo total de reacción, no hay que olvidar que se trata de un reactor vidriado, por lo que el gradiente térmico no debe ser muy elevado. Además, es aconsejable que la temperatura sea homogénea para toda la mezcla, efecto que se consigue mediante un calentamiento más lento. Se pudo consultar que un tiempo de calentamiento de 90 a 100 minutos es razonable, lo que arroja una potencia máxima en torno a 300 kW. Este valor es un promedio, pero debe tenerse en cuenta que la transferencia es más alta al principio debido a que la diferencia de temperatura entre el aceite y el reactor será mayor. Sin embargo, también es posible controlar el caudal de aceite (por ejemplo, mediante PLC) para compensar este efecto, y no afectar drásticamente la temperatura del aceite ni sobrecargar el calentador. La Ecuación 15.2. permite conocer el tiempo teórico en que se alcanza la temperatura objetivo, conociendo la superficie (A) y el coeficiente de

transmisión de calor (U) de la camisa, y estimando la temperatura promedio a la que sale el aceite ($\bar{T}_2$) por la salida fría.

$$t = \frac{\ln(T_1 - T_{amb})}{\ln(T_1 - \bar{T}_2)} \cdot \frac{1}{A \cdot U} \sum_i m_i \cdot C_{p_i}$$

Ecuación 15.2. Tiempo de calentamiento.

El coeficiente de transmisión de calor de la camisa (U) puede estimarse en torno a $230,5 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ para un reactor vidriado (Glascoat). Puede utilizarse la ecuación anterior para despejar $\bar{T}_2$ si se busca que el tiempo de calentamiento sea de 95 min., lo que arroja un valor de $145,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Posteriormente se utilizará la misma ecuación para aproximar la curva de calentamiento.

En segundo lugar, se debe calcular las pérdidas de la segunda etapa estacionaria. Las mismas se pueden aproximar a partir de la Ecuación 15.3, que devuelve una potencia.

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (T_1 - T_{amb})$$

Ecuación 15.3. Flujo de calor de pérdidas.

Utilizando los mismos parámetros que en las ecuaciones anteriores se obtienen pérdidas en el estado estacionario por $70,3 \text{ kW}$. Por lo tanto, la capacidad total del calentador debe estar en torno a 370 kW , de modo de poder calentar el reactor dimensionado en menos de 100 minutos. En la práctica, sin embargo, es posible que este valor sea menor, dado que durante la etapa de calentamiento las pérdidas son menores a 70 kW cuando la temperatura del reactor aún sea baja. Esto puede permitir un abaratamiento del calentador, pero se utilizará este valor para los cálculos subsiguientes ya que se trata de una cota superior razonable.

En la Figura 15.16 se muestra la curva de calentamiento aproximada mediante la Ecuación 15.2, y la potencia neta en cada etapa, según el área roja.

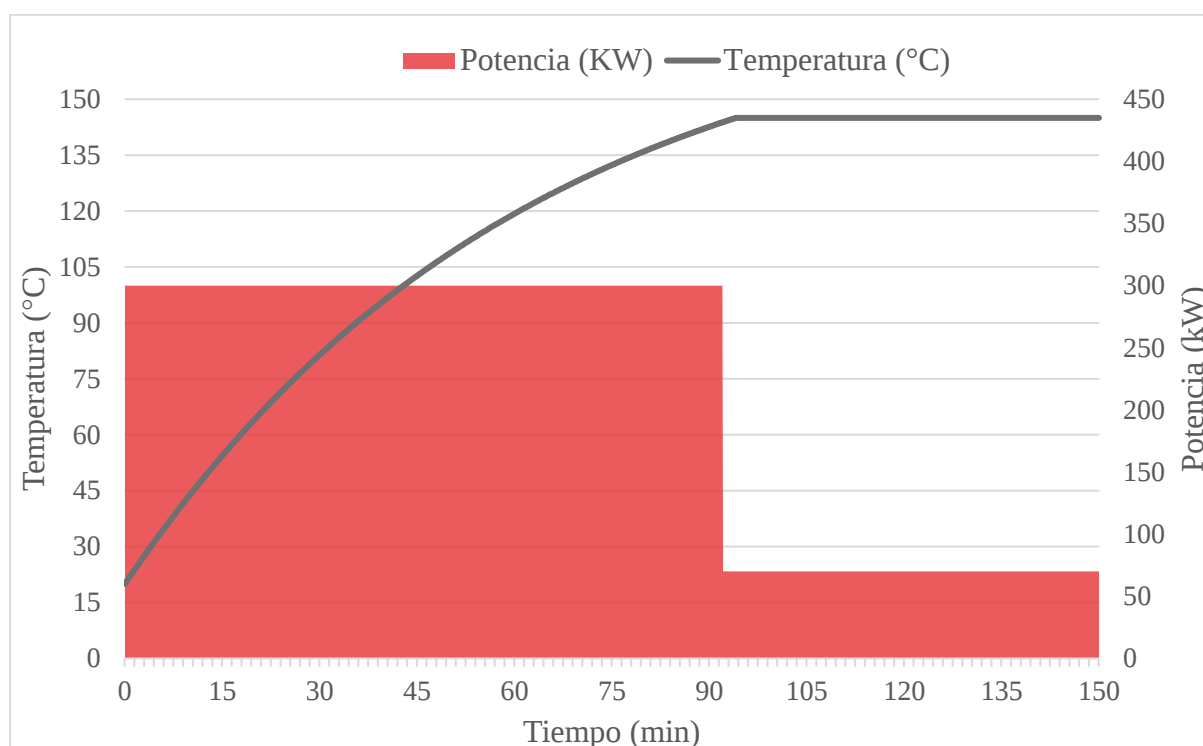


Figura 15.16. Curva de calentamiento (eje izquierdo) y potencia requerida (eje derecho).

15.2.2 Requerimientos técnicos. Selección del proveedor.

Para cada batch de síntesis se requiere elevar la temperatura del reactor a 140°C, durante 1,5hs. Debido a que la planta opera únicamente en un turno, el tiempo que tarda la caldera en proveer dicha temperatura no juega un papel fundamental en la selección. Aun así, no se puede adquirir un calentador que tarde la mitad del tiempo del batch en lograr la temperatura indicada.

Según el dimensionamiento realizado, se requiere una caldera de una potencia de 370 kW, implicando 300 kW para alcanzar la temperatura deseada y 70 kW para mantenerla durante la síntesis, compensando las pérdidas. Cabe destacar que el contar con una caldera de una potencia superior brinda flexibilidad para una eventual expansión, por lo que será un factor a considerar como deseable.

Factores obligatorios

Para la elección del proveedor, se establecerán las siguientes cualidades obligatorias que deben cumplir:

- Capacidad ofrecida mayor o igual a la requerida en todos sus parámetros.
- Bombas necesarias para el movimiento del fluido incluidas en la compra.

Factores deseables

Para seleccionar un proveedor por sobre el otro, en caso de que sus ofertas superen el filtro de los factores obligatorios, se utilizarán los siguientes factores deseables: el costo y potencia de la caldera, la reputación del vendedor y su lead time.

Se asigna el mismo peso tanto al costo como a la potencia del equipo. El primero, como se comentó previamente, tiene un impacto directo en la rentabilidad del proyecto mientras que el segundo tiene injerencia en los tiempos y capacidad de calentamiento. Con respecto a la reputación del vendedor, se asigna una ponderación menor que a la del rector al ser un equipo más simple y menos sofisticado. Finalmente, se le dará un carácter complementario al lead time que ofrezca el proveedor. Así es como resultan los siguientes factores de ponderación:

- Costo de la caldera, ponderado con un 35% del total.
- Potencia de la caldera, ponderado con un 35% del total.
- Reputación del vendedor, ponderado con un 20% del total.
- Lead time, ponderado con un 10% del total.

Matriz de selección

Antes de plantear la matriz de selección para la caldera, se presentan los siguientes proveedores posibles, con sus respectivas características:

A. Laiyuan Co. (a partir de ahora llamada “empresa A”):

- a. Origen: China
- b. Costo FOB: 11.300 USD/Set
- c. Potencia: 450 kW
- d. Reputación: 7
- e. Lead time: 40 días

B. Yancheng Innovation Alloy Electric Heater Co. (a partir de ahora llamada “empresa B”):

- a. Origen: China
- b. Costo FOB: 10.000 USD/Set
- c. Potencia: 500 kW
- d. Reputación: 4
- e. Lead time: 30 días

C. Yancheng DragonPower Electric Co. (a partir de ahora llamada “empresa C”):

- a. Origen: China
- b. Costo FOB: 9.850 USD/Set

- c. Potencia: 420 kW
- d. Reputación: 8
- e. Lead time: 40 días

En la figura 15.17 se presenta la matriz de selección para los diferentes proveedores de calentadores eléctricos.

Factor		Ponderación	Alternativas		
			A	B	C
Obligatorio	Requerimientos mínimos	-	Si	Si	Si
	Bombas incluidas	-	Si	Si	Si
Deseable	Costo	35%	4	6	7
	Potencia	35%	7	8	7
	Reputación	20%	7	4	8
	Lead Time	10%	5	7	7
		100%	8,50	11,10	11,65

Figura 15.17. Matriz de selección de servicio del calentador eléctrico.

Al obtener un puntaje ponderado de 11,65 en la matriz de selección, la empresa C resulta elegida para proveer el calentador eléctrico.

15.3 Frío

El dispositivo utilizado para enfriar el aceite que circula en la camisa es un intercambiador de calor. Contrariamente al calentador eléctrico, su objetivo es reducir la temperatura del interior del reactor vidriado al final del proceso de síntesis. (Ingeniero Marino, s.f.)

Su principio de funcionamiento es la transferencia de energía entre dos fluidos, desde el caliente hacia el líquido que se utiliza como refrigerante. Ésta se produce a través de placas metálicas o tubos, evitando la mezcla de sustancias.

Existen diferentes tipos de intercambiadores según su estructura y dirección del flujo circulante. A fines de seleccionar el tipo de intercambiador a utilizar, se los diferenciará según su estructura: de placas, de tubo y carcasa, de tubos concéntricos y refrigerados por aire.

15.3.1 Intercambiador de placas

Consiste en un intercambiador formado por varias láminas de metal corrugado, con alto coeficiente de transferencia. La conformación corrugada permite obtener flujos turbulentos a velocidades relativamente pequeñas.

Su principio de funcionamiento es sencillo: mientras por una placa circula fluido caliente, por la inmediatamente contigua circula el frío a contraflujo. Esto puede observarse en la Figura 15.18.

Sus principales ventajas son su alto coeficiente de transferencia, su reducido tamaño y su simple mantenimiento.

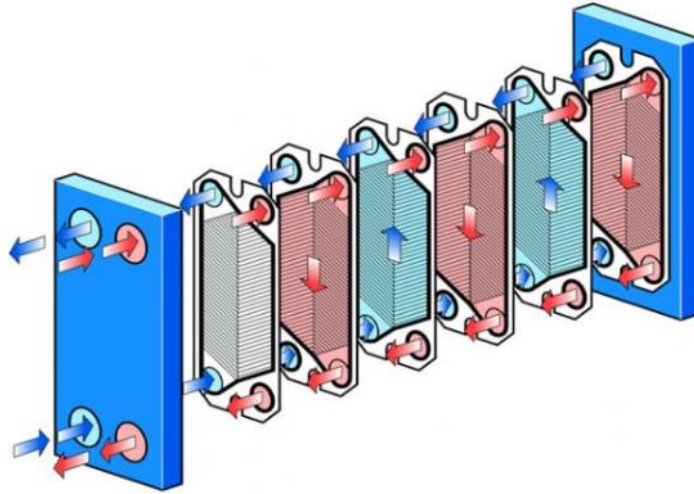


Figura 15.18. Esquema de intercambiador de calor de placas.

15.3.2 Intercambiador de tubo y carcasa

La configuración de tubos y carcasa es la más básica y común en los intercambiadores de calor. Uno de los dos fluidos circula por los tubos y el otro por la carcasa, realizando así la transferencia de calor. En el interior de la carcasa hay unos deflectores que fuerzan la dirección del flujo y favorecen la transferencia energética, como se muestra en la Figura 15.19.

En los sistemas en los que la diferencia entre los fluidos es considerable, el de mayor presión circula por los tubos, mientras que el restante por la carcasa.

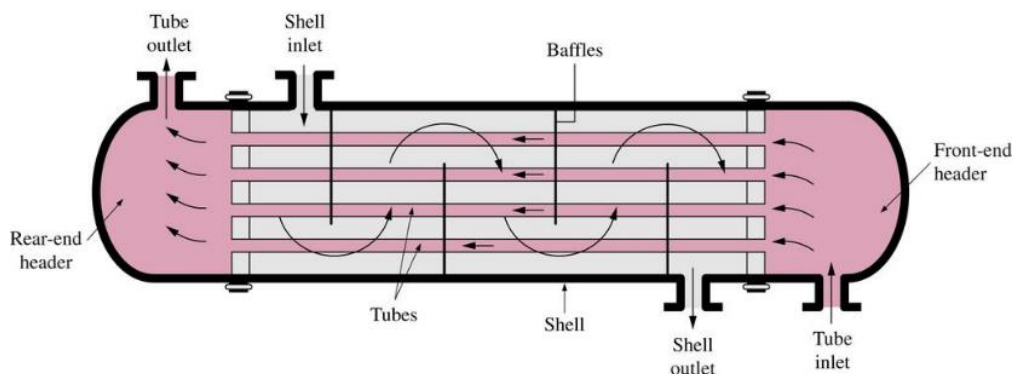


Figura 15.19. Esquema de intercambiador de calor de tubo y carcasa.

15.3.4 Intercambiador refrigerado por aire

Consiste en una serie de tubos situados en una corriente de aire, natural o forzada con ayuda de un ventilador. A fin de favorecer el coeficiente de transferencia, los tubos cuentan con una serie de aletas en su periferia. Se esquematiza su funcionamiento en la Figura 15.20.

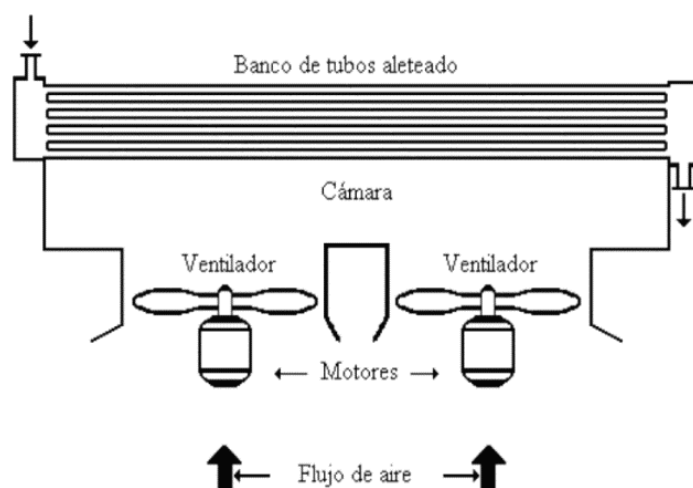


Figura 15.20. Esquema de intercambiador de calor refrigerado por aire.

15.3.5 Intercambiador de tubos concéntricos

Su estructura consiste en dos tubos concéntricos, de diferente diámetro, que contienen un fluido diferente. Generalmente, circula el caliente por el tubo interior y el de menor temperatura por el exterior. Son de sencilla construcción y adaptables a las necesidades estructurales de cada aplicación.

A modo de resumen, se presenta la Tabla 15.5 con ventajas y desventajas de cada tipo de intercambiador de calor (Arrieta & Mendoza, 2017):

Tabla 15.5

	Placas	Tubo y Carcasa	Aire	Tubos concéntricos
Ventajas	- Alta transferencia - Pequeños - Simple mantenimiento	- Eficientes por alta turbulencia - Altas presiones y temperaturas - Sin sellos	- Alta eficiencia - Posibilita la alta transferencia de calor	- Altas presiones - Simple mantenimiento - Adaptables
Desventajas	- Limitado servicio a bajas presiones y temperaturas	- Elevado factor de ensuciamiento	- Operación compleja - Costoso	- Grandes y pesados

- Grandes y pesados	- Costo elevado por unidad de área
- Baja transferencia de calor	

Para enfriar aceite, el tipo de intercambiador de calor más recomendado es el de placas. Sus ventajas lo diferencian de sus competidores, utilizando agua como líquido refrigerante. El proceso de selección será realizado para este tipo de intercambiadores.

15.3.6 Dimensionamiento

Se busca enfriar el contenido de reactor a temperatura ambiente (25 °C), para poder realizar correctamente la destilación en vacío como se explicó anteriormente. Para dimensionar el intercambiador de calor necesario, se asumirán las condiciones más demandantes: el aceite se enfría desde 140 °C hasta 25 °C, y no hay pérdidas. En la práctica, puede suceder que se recircule parte del aceite que no haya sido calentado (entonces la temperatura inicial es ligeramente menor, aunque al pasar por el reactor caliente absorbería más energía), y además las pérdidas del reactor jugarían a favor, especialmente al principio cuando la temperatura de este es mayor.

En el caso del agua que se utilizará para refrigerar el aceite, asumiremos que puede enfriarse desde 60 °C a 20 °C mediante una torre de enfriamiento, valores razonables en la industria (Lenntech B.V., 2019).

Con estos datos es posible calcular la diferencia de temperatura media logarítmica, según la Ecuación 15.4.

$$LMTD = \frac{\Delta T_{aceite} - \Delta T_{agua}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{aceite}}{\Delta T_{agua}}\right)}$$

Ecuación 15.4. Diferencia de temperatura media logarítmica (log-mean temperature difference).

Este cálculo arroja un valor de 71,0 °C. Con este dato es posible calcular la potencia específica del intercambiador de calor, a partir de la Ecuación 15.5.

$$\frac{\dot{Q}}{A_{placas}} = U_{intercambiador} \cdot LMTD$$

Ecuación 15.5. Flujo de calor de un intercambiador, expresado por unidad de superficie.

Se utilizará un valor estándar de catálogo para el coeficiente de transmisión de calor (U) de $3.000 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ (Bühler Technologies, 2019). Entonces, el intercambiador requiere una potencia específica de $213 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$. A mayor cantidad y superficie de placas, mayor será la

potencia total del reactor, lo que permitirá enfriar más rápido el aceite con menos caudal de agua. Por otra parte, un intercambiador grande puede ser muy costoso y elevar demasiado la temperatura del agua, que luego no podría ser enfriada totalmente por la torre de enfriamiento, y causando demasiadas pérdidas por vapor (es decir, caudal de agua que se debe reponer). El dimensionamiento de la torre de enfriamiento quedará enteramente sujeto a las características finales del intercambiador de calor; se buscará optimizar la eficiencia y la inversión inicial de todo el sistema que provea el servicio de enfriamiento.

15.3.7 Requerimientos técnicos. Selección del proveedor.

A partir del dimensionamiento anterior, y teniendo en cuenta que los valores elegidos pueden cambiar posteriormente de acuerdo con los costos y la eficiencia del sistema, se buscará seleccionar un proveedor que pueda cotizar un intercambiador de calor de placas con un coeficiente de transferencia de $3.000 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Cabe aclarar, además, que un fabricante de intercambiadores generalmente puede ofrecer múltiples productos a partir de un rango amplio de parámetros de diseño.

Factores obligatorios

Para la elección del proveedor, se establecerán las siguientes cualidades obligatorias que deben cumplir:

- Capacidad ofrecida sea mayor o igual a la requerida en todos sus parámetros.

Factores deseables

En el caso del intercambiador de calor, se dejará el costo del producto de lado, realizando una selección de carácter cualitativo entre proveedores. Esto se debe a que no se cuenta con una gran exigencia en el tiempo de enfriamiento. Un intercambiador más grande requerirá una torre más grande, por lo que los costos se podrían elevar de sobremanera. En este caso, se podría recircular más veces el agua por la torre y el aceite por el intercambiador.

Se realizará una comparativa de costos medios de los proveedores, para productos de similares características. En cuanto a los factores de decisión, se considerarán: la reputación del vendedor, el lead time y el costo medio del proveedor. En este caso, el costo será el factor menos importante en la decisión, por lo expuesto previamente. Es así como la reputación del vendedor cobra mayor relevancia y un mayor peso en el proceso. Finalmente, el lead time tendrá un peso medio en la decisión.

- Reputación del vendedor, ponderado con un 45% del total.
- Lead time, ponderado con un 30% del total.
- Costo medio del proveedor, ponderado con un 25% del total.

La selección final se realizará al evaluar el costo de las diferentes alternativas ofrecidas por los proveedores.

Matriz de selección

Antes de plantear la matriz de selección para el intercambiador de calor de placas, se presentan los siguientes proveedores posibles, con sus respectivas características. En cuanto al costo, se asignará un puntaje de acuerdo con la comparativa entre productos similares del proveedor. Se toma como referencia un intercambiador de calor de 100 placas, con una superficie de contacto de 400 m²:

A. Liaoning Success Thermal Technology Co. (a partir de ahora llamada “empresa A”):

- a. Origen: China
- b. Costo FOB: 5
- c. Reputación: 9
- d. Lead time: 30 días

B. Jinan Tonsen Equipment Co. (a partir de ahora llamada “empresa B”):

- a. Origen: China
- b. Costo FOB: 8
- c. Reputación: 4
- d. Lead time: 30 días

En la Figura 15.21 se presenta la matriz de selección para los diferentes proveedores de intercambiadores de calor de placas.

Factor		Ponderación	Alternativas	
			A	B
Obligatorio	Requerimientos mínimos	-	Si	Si
Deseable	Costo	25%	5	8
	Reputación	45%	9	4
	Lead time	30%	6	6
		100%	10,95	10,80

Figura 15.21. Matriz de selección de intercambiador de calor.

Como resultado del análisis de selección, se determina que en esta instancia resulta elegida la empresa A, haciendo énfasis en que será revisado al obtener ofertas concretas.

15.4 Torre de enfriamiento

Por otra parte, con el objetivo de enfriar el agua que circule por el intercambiador de placas, se debe adquirir una torre de enfriamiento acorde a las características especificadas.

Las torres de enfriamiento se utilizan para enfriar agua en grandes volúmenes a fin de aprovecharla como fuente fría en otros procesos industriales, como es el caso del

intercambiador de calor. Se extrae el calor del agua mediante un mecanismo de transferencia conocido como evaporación, en el cual parte del agua a enfriar se evapora para transferir su energía al aire. Utiliza el aire del ambiente como insumo (Galciar Ingeniería, s.f.).

En las torres de tiro inducido, las más comunes del mercado, el agua caliente ingresa a la torre por su parte media-alta, siendo pulverizada. El aire ambiente lo hace través de sus aberturas inferiores. Un ventilador, ubicado en la parte superior, actúa succionando el aire y generando una corriente ascendente. Entre la entrada de agua y aire, hay una zona conocida como superficie de intercambio, hecha de PVC generalmente.

Al descender, el agua caliente se encuentra de frente con el aire natural y se genera la evaporación: el vapor presente es arrastrado por la corriente. Para esto, es necesario que el agua ceda calor, por lo que el resultado final es la salida de agua a menor temperatura y una corriente de aire húmedo por la parte superior. Este principio se representa en la Figura 15.22.

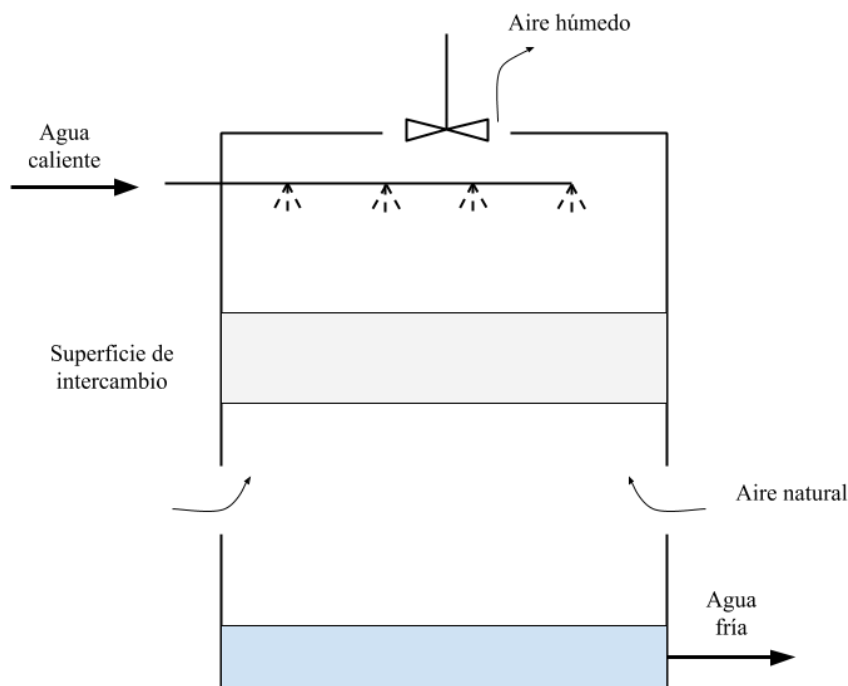


Figura 15.22. Diagrama esquemático de una torre de enfriamiento.

15.4.1 Dimensionamiento y selección

Como se mencionó en el análisis del intercambiador de calor de placas, se buscará una torre de enfriamiento capaz de reducir la temperatura del agua desde 60 °C a 20 °C.

Consecuente al proceso de selección del intercambiador de calor en función de la oferta del proveedor, se dimensionará la torre de enfriamiento necesaria.

Factores obligatorios

Para la elección del proveedor, se establecerán las siguientes cualidades obligatorias que deben cumplir:

- Capacidad ofrecida sea mayor o igual a la requerida en todos sus parámetros.

Factores deseables

Siendo este caso similar al del condensador de grafito, se realizará una comparativa de costos medios de los proveedores, para productos de similares características:

- Reputación del vendedor, ponderado con un 45% del total.
- Lead time, ponderado con un 30% del total.
- Costo medio del proveedor, ponderado con un 25% del total.

La selección final se realizará al evaluar el costo de las diferentes alternativas ofrecidas por los proveedores.

A. Xinxiang Juahui FRP Enviromental Equipment Co. (a partir de ahora llamada “empresa A”):

- Origen: China
- Costo FOB: 6
- Reputación: 7
- Lead time: 30 días

B. Jinan Tonsen Equipment Co. (a partir de ahora llamada “empresa B”):

- Origen: China
- Costo FOB: 8
- Reputación: 6
- Lead time: 30 días

Factor		Ponderación	Alternativas	
			A	B
Obligatorio	Requerimientos mínimos	-	Si	Si
Deseable	Costo	25%	6	8
	Reputación	45%	7	6
	Lead time	30%	6	6
		100%	10,80	11,40

Figura 15.23. Matriz de selección de torre de enfriamiento.

Como resultado del análisis de selección, que se resume en la Figura 15.23, se determina que en esta instancia resulta elegida la empresa B, haciendo énfasis en que será revisado al obtener ofertas concretas.

15.5 Vacío

La bomba de vacío es un instrumento utilizado para extraer gases del interior de un recipiente, redes de tuberías o de cualquier proceso, a fin de reducir la presión a niveles por debajo de la atmosférica. Los principales tipos de bombas son de paletas, de membrana o diafragma, y anillo líquido.

Su funcionamiento es comparable al de un compresor, con la diferencia de que su finalidad es la de extraer gases en lugar de comprimirlos.

Los principales tipos de bombas de vacío son la bomba de membrana o diafragma (que será explicada más adelante) y la bomba de anillo líquido.

15.5.1 Bomba de anillo líquido

Este tipo de bomba se suele utilizar para manejar mezclas de gases que contienen vapores condensables. Contiene un rodete giratorio que, al rotar, genera que el líquido del interior se desplace a la periferia del recinto por acción de la fuerza centrífuga. Cuando el gas entra, es encerrado entre las paletas del rotor y el líquido. Cuando rota, el anillo líquido comprime al gas y lo impulsa hacia la salida. Se observa un esquema de una bomba de este tipo en la Figura 15.24.

El anillo líquido, a su vez, absorbe el calor generado en la compresión, fricción y condensación. Suele utilizarse agua, aceite, glicol u otros líquidos que no vaporizan en el proceso.

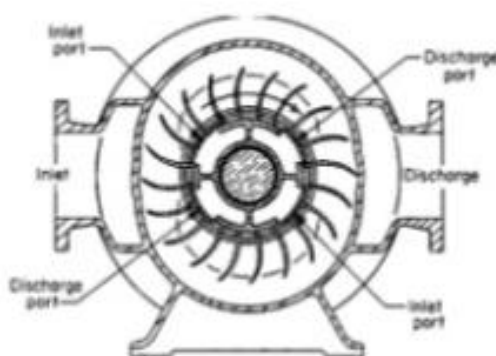


Figura 15.24. Esquema de bomba de anillo líquido.

15.5.2 Dimensionamiento

El vacío que requiere el proceso de recuperación de solvente no es extremadamente exigente, sino que se busca disminuir la presión lo suficiente para que comience a evaporarse el alcohol en exceso remanente en el reactor. En consecuencia, se estimará una caída de presión desde

presión atmosférica (1 bar) hasta 1 mbar. En manuales y tablas de bombas de vacío suele expresarse la caída de presión mediante un factor de bombeo (pump-down factor), que no es más que el logaritmo del cociente de presiones. En este caso, el cálculo devuelve un factor de $6,91 \approx 7$ (Vac Aero International, Inc., 2019).

El volumen de aire a bombear es igual a la diferencia capacidad total del reactor (6.300 L) y el volumen de líquido remanente en el reactor al finalizar la reacción. Nuevamente, la síntesis con 1-butanol y 2-etilhexanol tiene valores muy similares, pero se utilizará el caso del 1-butanol dado que el volumen generado de éster es ligeramente menor. En este caso la diferencia corresponde a un volumen libre de 1.595 litros. Además, se considerará un volumen adicional de 300 L en concepto de la torre de destilación, tuberías, y accesorios, totalizando aproximadamente 1.900 litros.

La Ecuación 15.6 muestra la equivalencia entre el caudal de una bomba de vacío y el tiempo total de aspiración, para las condiciones establecidas anteriormente.

$$t = \frac{V}{\dot{Q}} \ln \left(\frac{P_i}{P_f} \right) = \frac{V}{\dot{Q}} f$$

Ecuación 15.6. Tiempo de aspiración de una bomba de vacío, en función del volumen (V), caudal (Q) y factor de bombeo (f) (Pfeiffer, 2019).

A partir de la ecuación anterior puede graficarse la curva de diseño de la bomba necesaria, que se muestra en la Figura 15.25. Se observa que los tiempos de aspiración son relativamente bajos para los tiempos totales del proceso. Es posible elegir cualquier equipo a lo largo de la curva; a mayor caudal, la bomba será más grande y costosa, pero permitirá generar las condiciones de vacío más rápidamente.

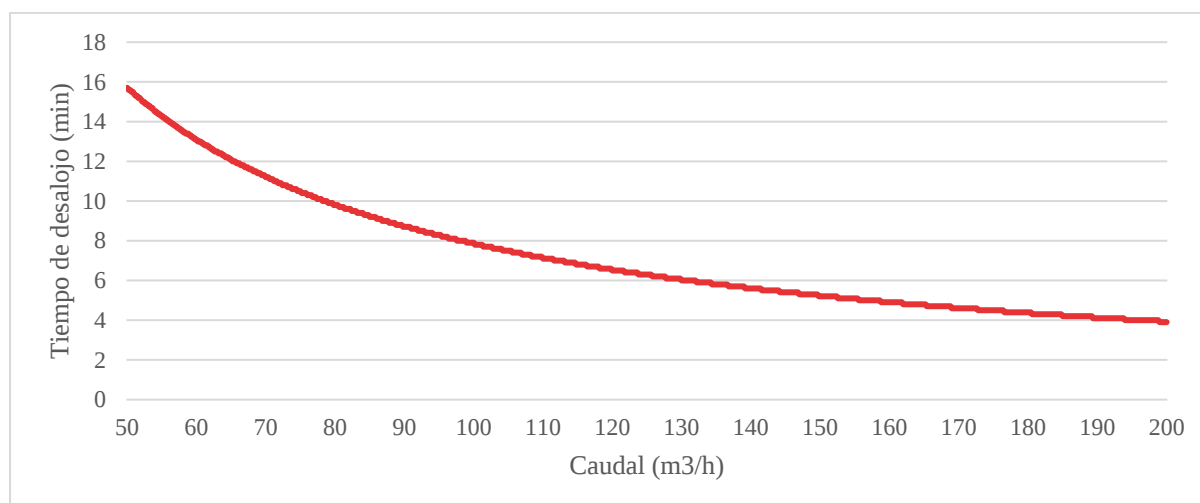


Figura 15.25. Curva de tiempo de desalojo en función del caudal de la bomba de vacío.

15.5.3 Requerimientos técnicos. Selección del proveedor.

Como fue mencionado previamente, se puede seleccionar una bomba en todo el rango operativo. Se adoptará un caudal intermedio de $135 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ para la selección de proveedores, pero al igual que en la selección del sistema de refrigeración, este valor queda sujeto a la optimización de eficiencia y costos. En cuanto al tipo de bomba requerida, no existen grandes restricciones dado que el fluido extraído del reactor contiene mayoritariamente aire, con algunos vapores de alcohol. No existen grandes restricciones en cuanto al material de la bomba o su lubricación. Por consiguiente, se considerarán todos los tipos de bomba de vacío como posibles candidatas.

Factores obligatorios

Para la elección del proveedor, se establecerán las siguientes cualidades obligatorias que deben cumplir:

- Capacidad ofrecida sea mayor o igual a la requerida en todos sus parámetros.

Factores deseables

Para seleccionar un proveedor por sobre el otro, en caso de que sus ofertas superen el filtro de los factores obligatorios, se utilizarán los siguientes factores deseables:

- Costo de la bomba, ponderado con un 35% del total.
- Flujo de succión, ponderado con un 35% del total.
- Reputación del vendedor, ponderado con un 20% del total.
- Lead time de entrega, ponderado con un 10% del total.

Matriz de selección

Antes de plantear la matriz de selección para la bomba de vacío, se presentan los siguientes proveedores posibles, con sus respectivas características:

A. Liaoning Weijieer International Trading Co. (a partir de ahora llamada “empresa A”):

- Origen: China
- Costo FOB: 1.800 USD/Set
- Flujo: 145 m³/h
- Reputación: 8
- Lead time: 30 días

B. Wenling Hongbaoshi Vacuum Equipment Factory Co. (a partir de ahora llamada “empresa B”):

- Origen: China
- Costo FOB: 2.500 USD/Set

- c. Flujo: 150 m³/h
- d. Reputación: 9
- e. Lead time: 20 días

En la Figura 15.26 se presenta la matriz de selección de proveedores para la bomba de vacío.

Factor		Ponderación	Alternativas	
			A	B
Obligatorio	Requerimientos mínimos	-	Si	Si
Deseable	Costo	35%	8	7
	Flujo	35%	7	8
	Reputación	20%	8	9
	Lead time	10%	5	7
		100%	10,00	11,95

Figura 15.26. Matriz de selección de la bomba de vacío.

Como resultado del análisis de selección, se determina que el proveedor elegido es la empresa B. Cabe aclarar que todos los cálculos del dimensionamiento corresponden a un reactor. Si bien es posible utilizar una única bomba para ambos procesos simultáneamente, es conveniente adquirir un equipo adicional en caso de que alguna falle.

15.6 Destilación

La destilación es un proceso a través del cual se separan dos o más sustancias, aprovechando sus diferentes temperaturas de volatilización. Se calienta un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a fase vapor y, a continuación, se los enfría para volverlos al estado líquido, pero separados.

En el proceso de síntesis particularmente, se utiliza en dos etapas: durante la síntesis, para separar del agua y recuperar el alcohol evaporado y reutilizarlo en otro batch, y una vez que la síntesis termina, se hace vacío para extraer el alcohol restante, prácticamente sin agua para ese entonces. El ensamble entre reactor y torre está controlado por una válvula.

En la primera etapa, el vapor entra, el agua condensa cuando se enfría a 100 °C (ingresa a presión atmosférica, prácticamente), siendo retenida en una trampa de agua. Se recupera el alcohol restante en un tanque, listo para ser utilizado en el próximo batch de producción.

El agua destilada contiene pequeñas cantidades ácido 2,4-D, el cual debe ser considerado en la etapa de tratamiento de efluentes. Dada su naturaleza corrosiva para una gran cantidad de materiales, el condensador debe ser capaz de resistir su acción química. Es en este aspecto que se destaca el condensador de grafito, por su amplio rango y alto nivel de resistencia a la corrosión. Tolera ácidos, disolventes, cloruros y otros compuestos halogenados.

En su interior, está formado por numerosas capas de grafito, con las aberturas necesarias para que circule el vapor a través suyo y, al encontrarse con una temperatura menor al punto de ebullición, condensará y escapará por su correspondiente salida (Flowproen, s.f.). Se muestran diferentes partes de un destilador de grafito en la Figura 15.27.



Figura 15.27. Esquema de destilador de grafito.

15.6.1 Dimensionamiento y selección

Debido a la complejidad y cantidad de variables relacionadas con el dimensionamiento de una columna de destilación, se realizaron consultas a técnicos químicos para establecer un orden de magnitud estimado del condensador necesario. Se pudo concluir que el proceso requiere un condensador de grafito con un área de contacto entre vapor y placas de aproximadamente 50 m².

Factores obligatorios

Para la elección del proveedor, se establecerán las siguientes cualidades obligatorias que deben cumplir:

- Capacidad ofrecida sea mayor o igual a la requerida en todos sus parámetros.

Factores deseables

Para seleccionar un proveedor por sobre el otro, en caso de que sus ofertas superen el filtro de los factores obligatorios, se utilizarán los siguientes factores deseables: costo del condensador, área de contacto, reputación del proveedor y lead time.

En este caso, el costo del producto será el que reciba el mayor peso en la decisión, dado su impacto en la rentabilidad del proyecto, como se menciona con anterioridad. Por otro lado, el área de contacto entre el flujo de vapor y las placas del condensador será el siguiente factor en su escala de relevancia dado que impacta directamente en la eficiencia del proceso. A su vez, a fin de asegurar la confiabilidad y respuesta del proveedor, se le dará una importancia similar.

Finalmente, el lead time será un factor complementario en la decisión. Así es que resulta la siguiente ponderación de factores deseables:

- Costo del condensador, ponderado con un 45% del total.
- Área de contacto, ponderado con un 25% del total.
- Reputación del vendedor, ponderado con un 20% del total.
- Lead time, ponderado con un 10% del total.

Matriz de selección

Antes de plantear la matriz de selección para el condensador de grafito, se presentan los siguientes proveedores posibles, con sus respectivas características:

A. Weihai Newera Chemical Machinery CO. (a partir de ahora llamada “empresa A”):

- Origen: China
- Costo FOB: 15.400 USS/Set
- Área de contacto: 50 m²
- Reputación: 6
- Lead time: 30 días

B. Shanghai Xinqiu Environmental Sci-Tech Co. (a partir de ahora llamada “empresa B”):

- Origen: China
- Costo FOB: 16.000 USS/Set
- Área de contacto: 50 m²
- Reputación: 10
- Lead time: 30 días

En la Figura 15.28 se presenta la matriz de selección de proveedores para el condensador de grafito.

Factor		Ponderación	Alternativas	
			A	B
Obligatorio	Requerimientos mínimos	-	Si	Si
Deseable	Costo	45%	8	8
	Área de contacto	25%	10	10
	Reputación	20%	6	10
	Lead time	10%	5	5
		100%	9,60	10,00

Figura 15.28. Matriz de selección del condensador de grafito

Como resultado de la matriz de selección para el condensador de grafito, se determina que la empresa proveedora a elegir es la B.

15.7 Bombas

Las bombas sirven para transformar la energía con la que es accionada en energía hidráulica, con el fin de mover fluidos a través de una cañería. Existen variados tipos de bombas, con sus respectivas características que las vuelven más o menos aptas para determinados procesos. A continuación, se exponen los principales tipos de bombas que se utilizarán en el proceso con sus principios de funcionamiento (Industrias BJT C.A., 2018).

15.7.1 Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas (se observa un diagrama en la Figura 15.29) tienen como principio de funcionamiento la conversión de energía cinética del fluido a presión. La energía cinética se obtiene por medio de la rotación de del impulsor, direccionando el flujo al diafragma donde se genera el aumento de presión. Las principales características que las diferencian son:

- Tipo de flujo, radial, axial o mixto.
- Posición del eje de rotación, horizontal, vertical o inclinado.
- Succión simple o doble.

Tienen como ventajas principales un flujo continuo, capacidad para grandes caudales, fácil regulación de la presión requerida variando la velocidad angular del impulsor. Las principales desventajas son que son sensibles al fenómeno de surge, fenómeno de cavitación del fluido y que no alcanzan altos cambios de presión por etapa, por lo que se requieren muchas etapas a fin de conseguir presiones altas (Bombas de agua tech, s.f.).

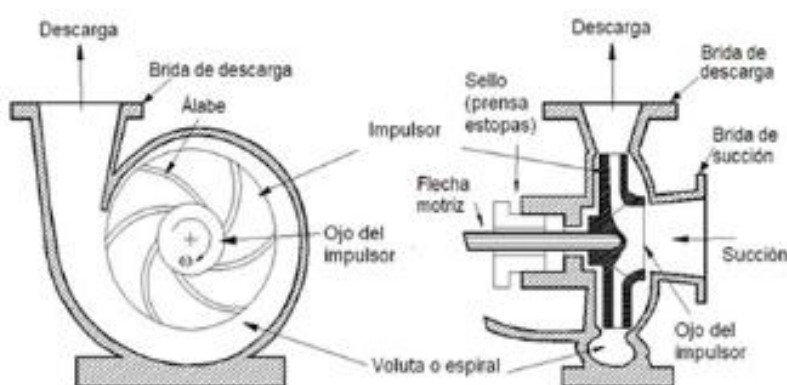


Figura 15.29. Diagrama esquemático de bomba centrífuga.

15.7.2 Bomba de membrana o diafragma

Combina la acción de una membrana o diafragma de teflón o caucho con válvulas para bombear gases, como se muestra en la Figura 15.30. Cuenta con válvulas en la entrada y salida del dispositivo y un líquido o aire hidráulicos que accionan la membrana. Si se bloquea la salida y abre la entrada, el movimiento de la membrana permitirá succionar el fluido del interior del reactor. Posteriormente, se cierra la entrada y abre la salida, impulsando su contenido hacia el exterior.

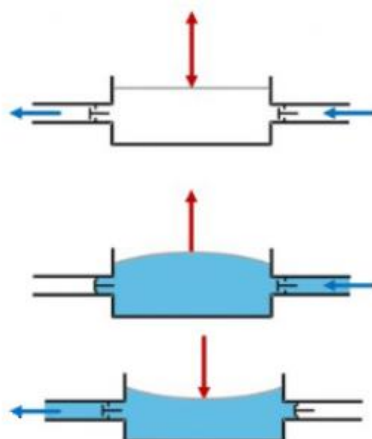


Figura 15.30. Esquema de bomba de membrana o diafragma.

A modo de resumen, se presenta la Tabla 15.6 con ventajas y desventajas de las diferentes bombas:

Tabla 15.6

Descripción de la tabla

Tipo	Centrífuga	Diafragma
Ventajas	- Pocas piezas móviles, durables	- Versátiles
	- Fácil ajuste de caudal	- Libres de lubricación
Desventajas	- No requiere válvula de seguridad	- Funcionamiento en seco
	- Peligro de cavitación en altas temperaturas o bajas presiones	- Simple mantenimiento
	- Para altas presiones de elevación se requieren varias etapas	- Carecen de sellos o empaques

15.7.3 Requerimientos técnicos

En el caso de la síntesis de 2,4-D éster, se requieren bombas en diferentes etapas del proceso, a saber:

- Bomba centrífuga para el circuito cerrado del calentador, incluidas en su compra.
- Bomba centrífuga para el circuito de enfriamiento del aceite.

Se requiere una bomba centrífuga capaz de proveer un caudal de 5 L/s de agua al intercambiador de placas. El costo estimado es de \$19.000, adquirida a proveedores locales.

- Bomba centrífuga para el circuito de etilhexil que alimente a los reactores.

Para el caso de la alimentación del reactor, el caudal de entrada no necesita ser de alto calibre, por lo que se utilizará una bomba convencional, que provea un caudal capaz de llenar el reactor en un tiempo considerable. El costo estimado es de \$9.000 para una bomba capaz de llenar el reactor en, aproximadamente, 30 minutos.

- Bomba centrífuga para el circuito de butanol.

Se estima usar una bomba similar a la anterior, por un costo de \$9.000.

- Bomba centrífuga para la descarga de los reactores.

En un caso similar al de la carga, se utilizará una bomba centrífuga capaz de descargar el reactor en un tiempo considerable. El costo estimado será también de \$9.000.

Cabe mencionar que se suele contar con dos bombas por cada estación, a fines de tener un repuesto y que no frene la producción en caso de que una falle o se le deba efectuar un proceso de mantenimiento preventivo.

En el caso de las bombas cuyo objetivo sea trasladar fluidos, no se realiza el análisis de selección, dado que se podrán adquirir de los mismos proveedores que el resto de la maquinaria, o mismo ser adquiridas a proveedores locales.

15.8 Tanques

Los tanques utilizados para almacenar materias primas, productos en proceso y productos terminados, en estado líquido se detallan a continuación. El dimensionamiento de cada uno de ellos fue realizado en base al plan de producción.

Para el almacenamiento de 2-etilhexanol, 1-butanol, biodiesel, EHE final e IBE final:

- Marca: MILENIOS
- Línea: Milenios
- Modelo: 14-100
- Orientación: Vertical
- Capacidad máxima: 10.000 L

- Capacidad en volumen: 10.000 L
- Altura: 350 cm
- Ancho: 190 cm
- Profundidad: 190 cm
- Materiales de la estructura: Ac- Inox 304

Para almacenar EHE técnico e IBE técnico:

- Marca: MILENIOS
- Línea: Milenios
- Modelo: 2-60
- Orientación: Vertical
- Capacidad máxima: 6.000 L
- Capacidad en volumen: 6.000 L
- Altura: 306 cm
- Ancho: 161 cm
- Profundidad: 161 cm
- Materiales de la estructura: Ac- Inox 304

Para almacenar 2-etilhexanol recuperado, 1-butanol recuperado, agua y alcohol recuperados:

- Marca: MILENIOS
- Línea: Milenios
- Modelo: HOME500
- Orientación: Vertical
- Capacidad máxima: 500 L
- Capacidad en volumen: 500 L
- Altura: 78 cm
- Ancho: 97 cm
- Profundidad: 97 cm
- Materiales de la estructura: Ac- Inox 304



Figura 15.31. Tanque Milenios de 6.000 L.

Se eligieron todos los tanques de una misma marca, Milenios, ya que simplificaba la elección de las válvulas necesarias, su implementación y su eventual reemplazo. Se muestra un ejemplo en la Figura 15.31. Todos los tanques requieren una válvula de entrada, una de salida, y el mismo material (acero inoxidable). Se diferencian únicamente en sus capacidades. Las piletas de contención se implementan para algunos de los tanques, pero su instalación es independiente del tipo de tanque elegido (se explica con mayor profundidad más adelante).

15.9 Formulación

Esta etapa del proceso, como ya se explicó anteriormente, consiste en introducir el éster, el biodiesel y el emulgente en un tanque con agitador. Aquí estos productos se mezclan por aproximadamente tres horas a temperatura ambiente hasta que se adquieren las características deseadas.

Este dispositivo, a veces también llamado reactor de formulación, es mucho más sencillo que el reactor químico donde se realiza la síntesis, como se desprende de la Figura 15.32. Esta etapa del proceso no posee ningún requerimiento técnico especial que dificulte su adquisición.

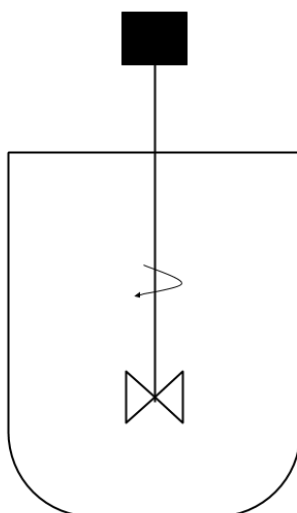


Figura 15.32. Esquema del tanque formulador.

15.10 Sistema de tuberías

Para el sistema de tuberías, se recomendarán los materiales a utilizar para los distintos productos a transportar, pero no se hará foco en el dimensionamiento específico de las mismas.

Para el transporte de agua y combustibles (ésteres), se utilizarán tuberías de polietileno reticulado, que son muy resistentes a las altas temperaturas e ideales para zonas de calderas o calentadores. Se suele utilizar colores (azul o rojo) para diferenciar si es fluido caliente o frío recorriendo su interior. Por otro lado, para el transporte de 2-etilhexanol, 1-butanol, y los materiales técnicos para la formulación (EHE e IBE), se utilizarán tuberías de acero inoxidable, que presentan una gran resistencia a la corrosión, a pesar de su elevado costo.

15.11 Transporte interno

El transporte interno de materia prima o producto terminado se realiza en grandes volúmenes. La primera, se recibe en big bags en el caso del ácido 2,4-D y en pallets de bidones para el resto de los insumos, mientras que el producto final se comercializa también paletizado. De esta manera, se determina que para el transporte, carga y descarga de material es necesario contar con autoelevadores.

Se estima la cantidad promedio de pallets que se debe transportar por día, en función del promedio diario, sobre una base de 198 días laborales. En un pallet caben 48 bidones de producto terminado o materia prima, y un big bag de ácido 2,4-D. Es así, que para el primer año, se estiman una cantidad de 16 pallets a cargar/descargar por día, conformados por 8 de producto terminado y 8 de materias primas.

Sin embargo, dado que la dinámica de las importaciones y despachos indica que no se realizan de manera estable y que el promedio es una manera relativamente vaga de calcular requerimientos de transporte, se estima que el contar con dos autoelevadores es lo más adecuado. Si bien se proyecta que cuenten con capacidad ociosa, es necesario que se brinde respuesta efectiva en el caso de una avería, o poder operar en sincronía despachos y recepciones en caso de ocurrir.

15.12 Diagrama de planta

Para brindar una mejor comprensión de las diferentes partes que componen la planta de síntesis se diseñó un diagrama de planta. A continuación, se presentan los diferentes servicios y principales sistemas a considerar.

Se comienza con el sistema para cargar el ácido 2,4-D a los reactores. La tarea se realiza a través de la boca de hombre. Para llegar a la misma se utilizan dos grúas colgadas de forma permanente sobre rieles, como se muestra en la Figura 15.33 a continuación.

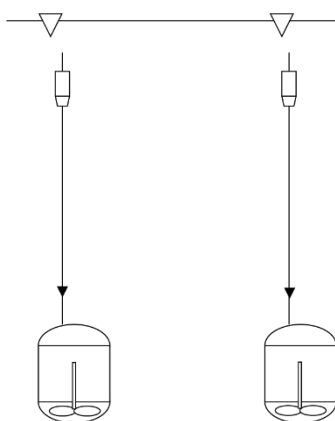


Figura 15.33. Diagrama de planta: carga del ácido 2,4-D.

En la Figura 15.34 se muestra el sistema principal de provisionamiento de alcoholes junto al sistema de recuperación de solvente (alcohol en exceso). Existen dos tanques de materia prima, uno para cada tipo de alcohol, y dos bombas para hacerlo llegar a los reactores. Luego, desde el destilador se recupera y dirige a un tanque de recuperación. Desde ahí puede ser bombeado para ser utilizado nuevamente.

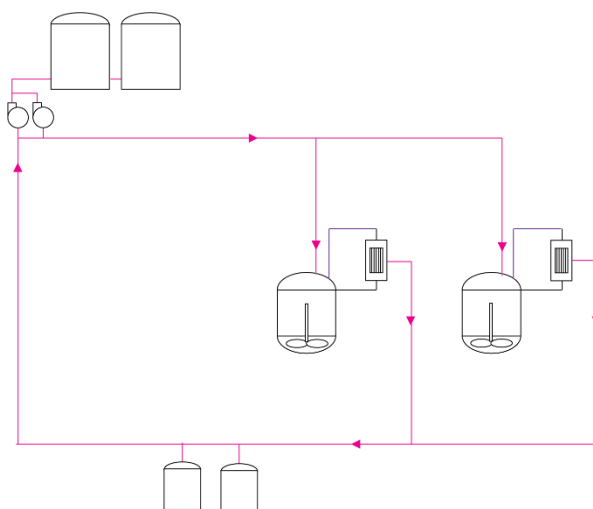


Figura 15.34. Diagrama de planta: provisionamiento de alcoholes.

Recordamos que, una vez finalizada la reacción, el éster se dirige un tanque de asentamiento, para luego ser bombeado a los tanques finales donde son puestos a disposición de la etapa de formulación. Esto puede verse en la Figura 15.35.

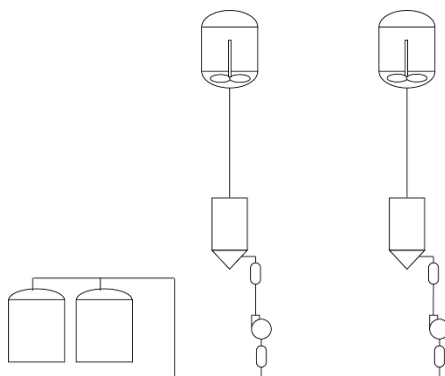


Figura 15.35. Diagrama de planta: tanque de asentamiento y decantación

Además del éster, también se obtiene agua como producto de la reacción. Esta tiene que ser retirada a medida que se genera para evitar la hidrólisis. En la Figura 15.36 se muestra el sistema que cumple esta tarea.

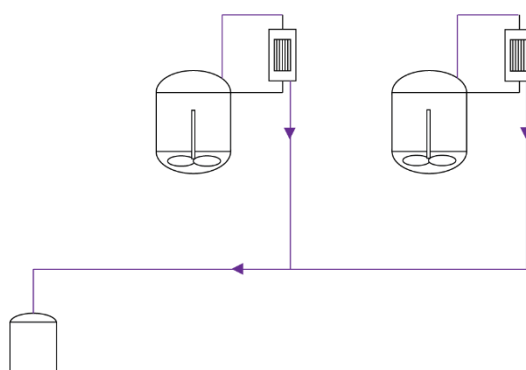


Figura 15.36. Diagrama de planta: remoción de agua generada por la reacción.

En cuanto a los servicios, encontramos por un lado al sistema de calor, que consiste en un calentador eléctrico con una bomba que hace circular aceite caliente a través de la camisa, como se ve en la Figura 15.37.

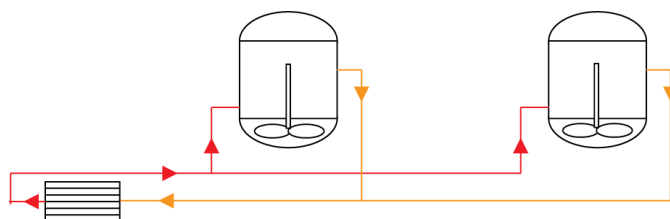


Figura 15.37. Diagrama de planta: servicio de calor.

Por otra parte, el sistema de frío se compone de un intercambiador de calor y una torre de refrigeración. Aquí también se cuenta con bombas para hacer circular el aceite por la camisa de los reactores, pero esta vez con el objetivo de extraer calor de la reacción. Se muestra un diagrama en la Figura 15.38.

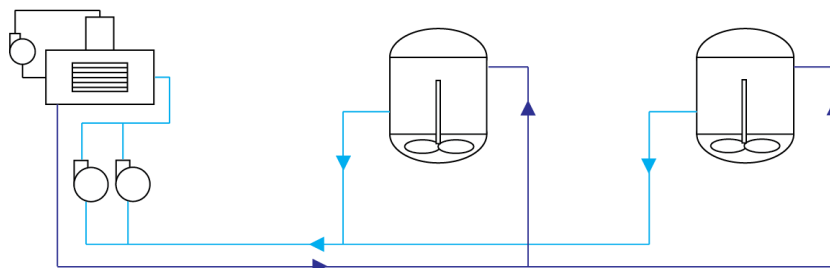


Figura 15.38. Diagrama de planta: servicio de frío.

En la etapa final de destilación es necesario aplicar vacío. Para esto se trabaja con una bomba de vacío conectada al reactor, como se observa en la Figura 15.39.

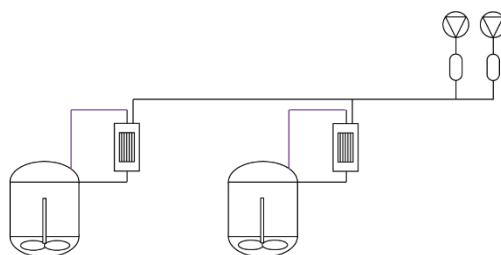


Figura 15.39. Diagrama de planta: servicio de vacío.

Si juntamos todos los aspectos presentados anteriormente, obtenemos un diagrama del sistema completo, representado en la Figura 15.40.

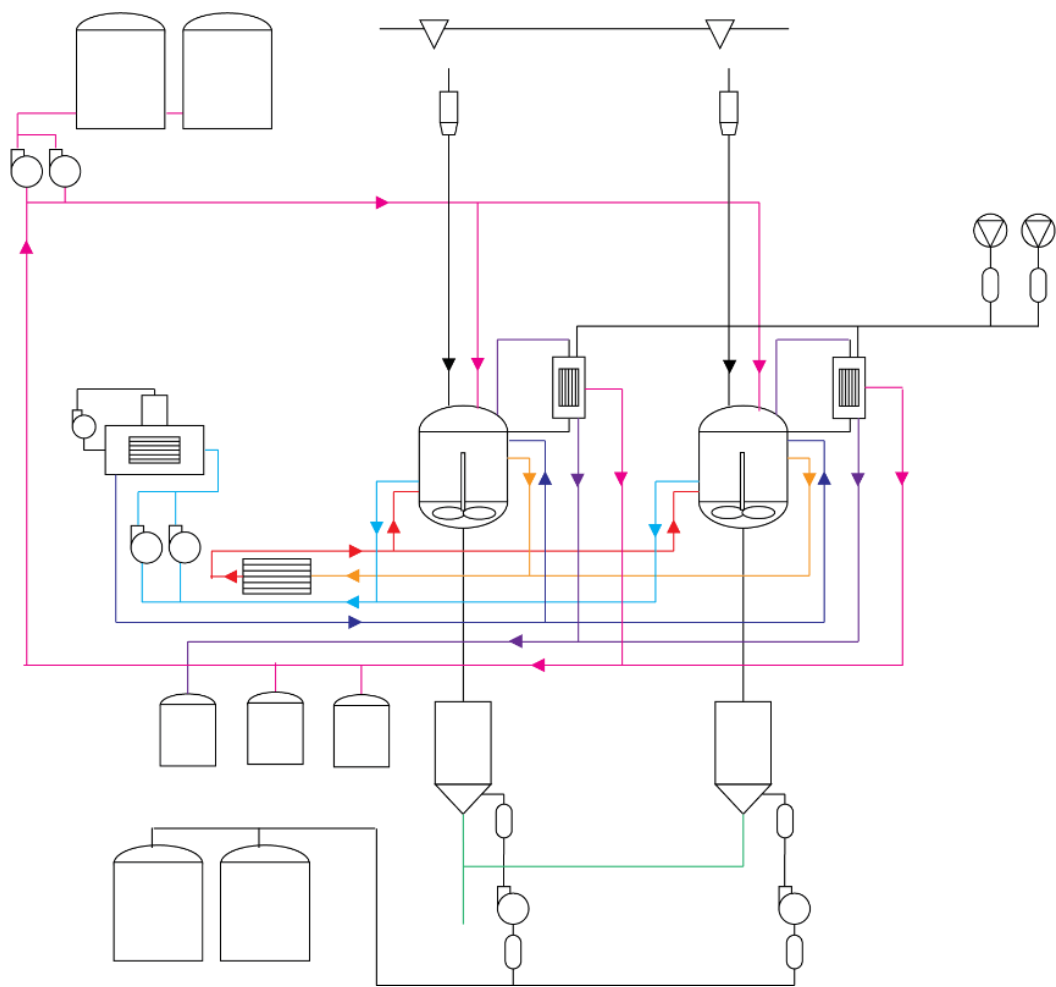


Figura 15.40. Diagrama de planta completo.

15.13. Resumen de inversiones

Como corolario del dimensionamiento y selección de tecnologías, se resume en la Tabla 15.7 el costo unitario declarado y lead time de cada producto.

Tabla 15.7

Resumen de las inversiones a realizar en activos fijos.

Bien	Costo* [USD]	Incoterm	Lead time [meses]	Instalación [meses]
Reactor	14.460	CIF	3	2
Calentador de aceite	9.850	FOB	3	1
Torre de destilación	16.000	FOB	2,5	2
Bomba de vacío	2.500	FOB	2,5	1
Intercambiador de placas	18.880	FOB	2	1
Torre de enfriamiento	5.000	FOB	2	1
Tanques pulmón	1.250	Nacional	1	2
Tanques de formulación	5.000	FOB	2	2
P&L	850	Nacional	2	2
Herramientas auxiliares	4.130	Nacional	1	-
Naves y galpones	165	Nacional	-	8
Autoelevadores	16.500	Nacional	2	-
Sistema de tratamiento de efluentes	12.400	FOB	2	2
Registros SENASA	3.780	Nacional	2	-

* Algunos datos fueron determinados en el próximo capítulo, económico-financiero.

15.14. Cronograma de ejecución

En el cronograma de ejecución se incluyen las máquinas (reactor, torre de destilación etc.), en inmuebles naves y galpones, y registro de SENASA. Se analizan los tiempos en dos categorías distintas, el lead time y los tiempos de instalación. En la siguiente tabla se pueden observar los tiempos para cada concepto.

En el caso de las máquinas, el lead time y tiempo de instalación se deben acordar directamente con los respectivos proveedores. En cuanto al registro de SENASA, se considera lead time al tiempo requerido para realizar el trámite de habilitación. Por otra parte, para la construcción de naves y galpones solo se considera el tiempo de instalación, fijado en 8 meses. Considerando esto se procede a realizar un diagrama de Gantt (Figura 15.41), que muestra el tiempo de inicio del proyecto y los tiempos límites para el pedido de maquinarias a fin de iniciar operaciones en el primer día del 2020.

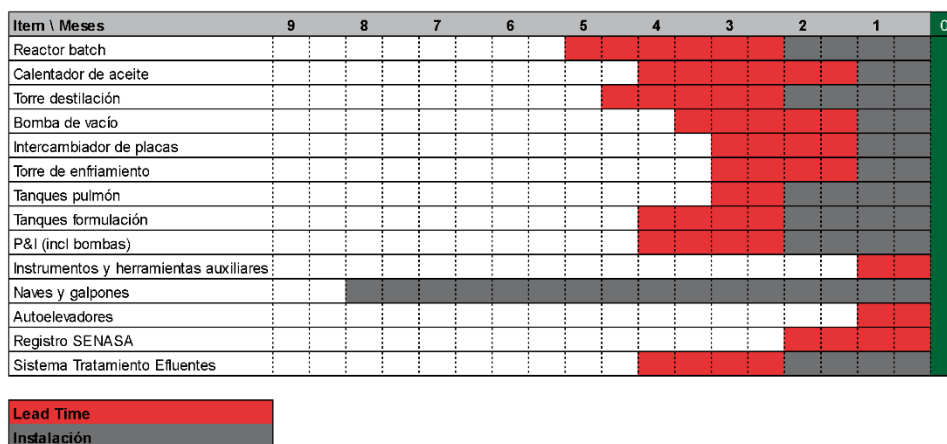


Figura 15.41. Cronograma de ejecución.

16. BALANCE DE LÍNEA

16.1 Balance de producción

La Figura 16.1 muestra un resumen de las etapas que conforman proceso de producción del proyecto.

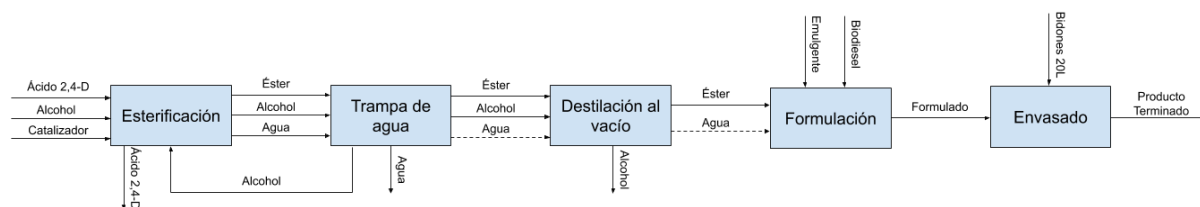


Figura 16.1. Diagrama del proceso de producción del EHE o IBE.

Se continúa el análisis de ingeniería con el balance de la producción. El mismo consiste en obtener un plan consolidado de producción para los años proyectados. Se analizará entre los años 2020 y 2029, partiendo de los datos obtenidos en la sección de proyección de demanda.

Se comienza el balance calculando la cantidad de producto que se obtiene por batch en la reacción de síntesis. Los parámetros principales que rigen el resultado son el grado de conversión de la reacción y el volumen disponible dentro del reactor. La eficiencia de reacciones orgánicas de este tipo (esterificaciones) es del 99%, mientras que el volumen del reactor es de 6.300 litros de los cuales 5.000 litros son realmente utilizables (esto es así por razones de diseño y seguridad del reactor).

Como se explicó anteriormente, se utilizan como reactivos el ácido 2,4-D y un alcohol, en presencia de catalizador. Luego de transcurrida la reacción se obtiene el éster y agua. Si bien las cantidades a utilizar de cada componente se basan en las relaciones estequiométricas, en la realidad la reacción se lleva a cabo en exceso de alcohol. La relación molar recomendada alcohol-ácido es de 1,2.

Respetando los parámetros establecidos y realizando los cálculos correspondientes obtenemos las siguientes cantidades de reactivos y productos para la reacción del EHE, resumidas en las Tablas 16.1 y 16.2.

Tabla 16.1

Ingresos por batch EHE al reactor

Componente	Densidad	Peso	Volumen
2-etilhexanol	0,833	2328,95	2795,86
2,4-D ácido	1,500	3294,11	2196,08
Catalizador PTSA	1,240	10,00	8,06

Densidad en g/cm³, peso en kg y volumen en litros.

Tabla 16.2

Egresos por batch EHE del reactor

Componente	Densidad	Peso	Volumen
H ₂ O	1,002	265,57	265,57
EHE	1,152	4916,99	4268,22
2,4-D ácido	1,5	32,94	21,94

Densidad en g/cm³, peso en kg y volumen en litros.

En este caso, la restricción se encuentra en los volúmenes de reactivos. El máximo volumen luego de finalizada la reacción es de 4555,75 litros mientras que los reactivos se llevan hasta 5000 litros.

En el caso del IBE, los resultados obtenidos se plasman en las Tablas 16.3 y 16.4. Nuevamente el reactor alcanza su máxima capacidad en los reactivos.

Tabla 16.3

Ingresos por batch IBE al reactor

Componente	Densidad	Peso	Volumen
Butanol	0,810	1747,12	2097,39
2,4-D ácido	1,500	4341,82	2894,55
Catalizador PTSA	1,240	10,00	8,06

Densidad en g/cm³, peso en kg y volumen en litros.

Tabla 16.4

Egresos por batch IBE del reactor

Componente	Densidad	Peso	Volumen
H ₂ O	1,00	350,03	350,03
IBE	1,24	5389,75	4346,57
2,4-D ácido	1,50	43,42	28,58

Densidad en g/cm³, peso en kg y volumen en litros.

Por lo tanto, por cada batch de EHE se obtiene 4.268,22 litros y en el de IBE 4346,57 litros. Independientemente del éster que se esté sintetizando, el tiempo de reacción es de 8 horas como base. Este tiempo puede verse afectado por la experiencia de los operarios con el proceso. Como se verá más adelante, existe una curva de aprendizaje que afecta al rendimiento.

Vale la pena recordar que el producto final consiste en envasar la solución proveniente de la formulación de uno de los ésteres junto a biodiesel y emulsionantes, estos últimos en baja cantidad. Por lo tanto, en el balance de línea se debe determinar las entradas y salidas de los procesos de envasado, formulación y síntesis.

Basándose en los datos de demanda proyectados en el inciso de mercado, se puede realizar el balance de línea comenzando con el volumen de ventas. Para cada año se toma el valor proyectado y se calcula la cantidad de bidones necesarios. El proceso de envasado es el mismo para cualquiera de los dos productos, por lo que para el balanceo se pueden sumar. La única consideración a tener en cuenta es que la máquina llenadora tiene que ser diferente para evitar la contaminación cruzada. Sin embargo, esta es una simple canilla doble por lo que no representa mayores preocupaciones.

En la Tabla 16.5 se muestra un resumen de las cantidades de bidones necesarias.

Tabla 16.5

Ventas totales y necesidad de envasado

Año	Ventas totales	Bidones
2020	874	43,7
2021	1.009	50,45
2022	1.160	58
2023	1.331	66,55
2024	1.525	76,25
2025	1.750	87,5
2026	1.783	89,13
2027	1.815	90,77
2028	1.848	92,40
2029	1.881	94,03

Ventas en miles de litros, bidones en miles por unidad de 20L

En el proceso de formulación no existen pérdidas ni descartes, por lo que la relación entre entradas y salidas es 1:1. En las Tablas 16.6 y 16.7 se muestra un resumen del balance de línea para formulación de ambos productos.

Tabla 16.6

Balance de línea para formulación EHE

Año	Ventas	Formulación
2020	364,00	365,83
2021	437,00	439,20
2022	522,00	524,62

2023	621,00	624,12
2024	737,00	740,70
2025	875,00	879,40
2026	891,34	895,82
2027	907,67	912,24
2028	923,99	928,64
2029	940,29	945,02

Ventas en miles de litros, formulación en miles de litros.

Tabla 16.7

Balance de línea para formulación IBE

Año	Ventas	Formulación
2020	510,00	512,56
2021	572,00	574,87
2022	638,00	641,21
2023	710,00	713,57
2024	788,00	791,96
2025	875,00	879,40
2026	891,34	895,82
2027	907,67	912,24
2028	923,99	928,64
2029	940,29	945,02

Ventas en miles de litros, formulación en miles de litros.

Continuando con las necesidades de síntesis, los dos productos fabricados cuentan con estrictas normas del SENASA por lo que deben estar registrados. Parte del requerimiento es indicar exactamente la composición del producto. Para el EHE, se indica que la concentración de éster etilhexílico del ácido 2,4-D es de 89 gramos cada 100 cm³ (Figura 16.2) Mientras que para el IBE se indica 97 gramos de éster butílico del ácido 2,4-D por cada 100 cm³ (Figura 16.3).



Figura 16.2. Etiqueta producto formulado a partir de EHE.



Figura 16.3. Etiqueta producto formulado a partir de IBE.

Además, se debe informar el equivalente en ácido 2,4-D dado que éste es el que realmente aporta el efecto terapéutico sobre el cultivo. Vemos que en el caso del IBE es mayor que el de EHE. Esto quiere decir que su proceso de síntesis debería involucrar mayor cantidad de este reactivo, situación que se confirma con el cálculo del batch por reactor realizado previamente.

En las Tablas 16.8 y 16.9 se puede encontrar más información acerca de la composición.

Tabla 16.8

Característica EHE

Producto final EHE		
EHE	890	g/L

2,4-D (equiv.)	590	g/L
EHE	77,257	% vol
Biodiesel	22,288	% vol
Emulgentes	0,455	% vol
Densidad	1,086	g/cm ³

Tabla 16.9

Característica IBE

Producto final IBE		
IBE	970	g/L
2,4-D (equiv.)	774	g/L
IBE	78,226	% vol
Biodiesel	21,339	% vol
Emulgentes	0,435	% vol
Densidad	1,158	g/cm ³

Con esta información se puede calcular las necesidades de síntesis de los ésteres, que se muestra en las Tablas 16.10 y 16.11.

Tabla 16.10

Balance de línea reactor EHE

Año	Formulación	Síntesis
2020	365,83	325,59
2021	439,20	390,88
2022	524,62	466,91
2023	624,12	555,47
2024	740,70	659,23
2025	879,40	782,66
2026	895,82	797,28
2027	912,24	811,89
2028	928,64	826,49
2029	945,02	841,07

Formulación en miles de litros, síntesis en toneladas.

Tabla 16.11

Balance de línea reactor IBE

Año	Formulación	Síntesis
2020	512,56	497,19
2021	574,87	557,63
2022	641,21	621,97
2023	713,57	692,16
2024	791,96	768,20
2025	879,40	853,02
2026	895,82	868,95
2027	912,24	884,87
2028	928,64	900,78
2029	945,02	916,67

Formulación en miles de litros, síntesis en toneladas.

Además, en base a los requerimientos de la formulación y de la síntesis, y utilizando los cálculos anteriores de la reacción batch, se obtiene la cantidad de materia prima necesaria por año (Tabla 16.12).

Tabla 16.12

Requerimientos de materia prima

Año	Bidones	Biodiesel	Emul.	Ácido 2,4-D	Catalizador	2-etilhexanol	Butanol
2020	43,70	190,91	3,89	618,64	1,53	127,23	132,96
2021	50,45	220,56	4,50	711,08	1,77	152,74	149,13
2022	58,00	253,75	5,18	813,85	2,04	182,45	166,33
2023	66,55	291,37	5,94	929,72	2,34	217,06	185,10
2024	76,25	334,08	6,82	1060,49	2,69	257,60	205,44
2025	87,50	383,65	7,83	1211,51	3,09	305,84	228,12
2026	89,13	390,82	7,97	1234,13	3,14	311,55	232,38
2027	90,77	397,98	8,12	1256,75	3,20	317,26	236,64
2028	92,40	405,14	8,26	1279,34	3,26	322,96	240,89
2029	94,03	412,28	8,41	1301,91	3,32	328,66	245,14

1-butanol, 2-etilhexanol, biodiésel y emulgentes en miles de litros, ácido 2,4-D en miles de kilogramos, bidones en miles de unidades.

16.2 Grados de aprovechamiento

Se continúa el análisis evaluando el cuello de botella del proceso de producción de Sigma Agro. Para el mismo se obtienen los siguientes datos de las máquinas y procesos (Tabla 16.13).

Tabla 16.13

Información máquinas y procesos

Máquina/proceso	Capacidad teórica	Unidades	Rend/Supl
Reactor EHE	4.916,99	kg/día	curva
Reactor IBE	5.389,75	kg/día	curva
Formulador EHE	8.000	litros/día	0,98
Formulador IBE	8.000	litros/día	0,98
Envasado manual	160	bidones/día	0,30
Envasado automático	3.000	bidones/día	0,95

En el caso de los reactores, los rendimientos son altamente dependientes de la experiencia que tienen los operarios con un proceso de tal magnitud. Sigma Agro nunca ha realizado la síntesis de sus productos químicos dentro de sus instalaciones, por lo que la mejor manera de realizar una estimación de su desempeño es aplicando una curva de aprendizaje. Dicha curva puede interpretarse como una eficiencia en el proceso de síntesis, no en términos de material (es decir, desperdicios), sino en términos de tiempo (se ralentiza el proceso hasta que los operarios y supervisores adquieren la experiencia necesaria). Se muestran los valores planteados en la Tabla 16.14 y la Figura 16.4.

Tabla 16.14

Curva de aprendizaje reactores

Año	Rendimiento
2020	80,00%
2021	90,00%
2022	95,00%
2023	98,00%
2024	98,50%
2025	98,75%
2026	98,75%
2027	98,75%
2028	98,75%
2029	98,75%

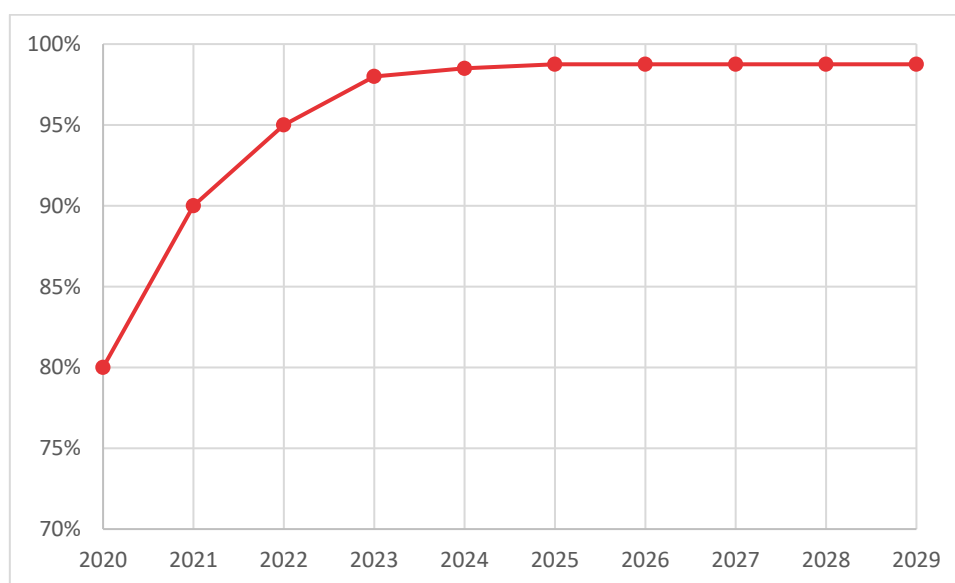


Figura 16.4. Curva de aprendizaje de reactores.

Los valores teóricos para los reactores se originan del cálculo previo del proceso batch. A diferencia del proceso de síntesis, Sigma Agro cuenta con gran experiencia en la formulación de agroquímicos. Por lo que en este proceso su rendimiento es alto.

A modo de ejemplo se muestran los resultados del último año proyectado con mayor demanda, el 2029, en la Tabla 16.15. Se puede identificar a los reactores como cuello de botella del proceso. El resto de los años se encuentran disponibles en el Anexo V: Plan de producción.

Tabla 16.15

Utilización para el año 2029

Máquina/proceso	Requerimiento	Cap. real	Cantidad	Aprov.
Reactor EHE	4.247,81	4.855,53	1,00	87,48%
Reactor IBE	4.629,64	5.322,37	1,00	86,98%
Formulador EHE	4.247,81	7.840,00	1,00	54,18%
Formulador IBE	4.772,82	7.840,00	1,00	60,88%
Envasado manual	474,90	123,08	4,00	96,46%

16.3 Tercerización de servicios

Una vez que el producto final es envasado y almacenado en la nave de productos terminados, comienza una nueva etapa dentro de la cadena, la logística externa. Sigma Agro cuenta con varios centros de distribución a lo largo de su territorio de acción. Estos se encuentran en las localidades de Mercedes, Tandil, Pehuajó, Río Cuarto y Cintra. Aquí es donde termina la participación de la empresa dentro de la cadena. Los productos siguen su recorrido a los distribuidores locales, que se encargan de vender el producto a los consumidores finales.

Actualmente, la distribución de los productos finales, desde la planta de producción hasta los cinco depósitos, se terceriza. La compañía contrata a una empresa de logística que se encarga del transporte mediante el uso de camiones. La carga y descarga de los mismos se realizan dentro de la planta y depósitos de Sigma, que se encarga de realizarlas con sus autoelevadores. Este sistema de logística externa no se verá afectado por la realización del presente proyecto. Cabe aclarar que tanto el EHE como el IBE forman parte de una gran matriz de productos que comercializa la compañía, por lo que no tiene sentido analizar la logística del proyecto de forma independiente. La distribución de los productos terminados seguirá en manos de la empresa responsable actualmente. En los años venideros sí se espera un incremento en el volumen de ventas por parte de Sigma Agro, pero se validó con la compañía transportista que no exceda su capacidad. A modo de corolario, Sigma Agro se encuentra conforme con el nivel de servicio provisto por dicha compañía desde su asociación.

17. PLAN DE PRODUCCIÓN

Para el armado del plan de producción se toman las ventas de Sigma Agro de ésteres en los últimos tres años, y se calcula la participación mensual promedio. Los resultados se plasman en la Tabla 17.1.

Tabla 17.1

Distribución anual de ventas Sigma Agro

Mes	Participación
Enero	6,29%
Febrero	3,11%
Marzo	6,44%
Abril	6,37%
Mayo	9,37%
Junio	9,61%
Julio	9,28%
Agosto	9,96%
Septiembre	9,93%
Octubre	9,96%
Noviembre	9,84%
Diciembre	9,84%

Basado en histórico de productos 2,4-D

Se identifican dos principales períodos, uno de baja y otro de alta demanda. La baja temporada es de enero a abril y la alta temporada de mayo a diciembre, ambos con una demanda mensual relativamente estable dentro su grupo. Una vez obtenida esta información se puede combinar con las proyecciones de demanda anuales desde el 2020 al 2029, y asumiendo que se mantendrán aproximadamente constantes, calcular un plan detallado de producción.

Algunos factores importantes a tener en cuenta son que se toman 198 días hábiles laborales, dato corroborado con la información histórica de la empresa. Además, dos días al mes se dedican exclusivamente al mantenimiento de equipos. Esto incluye inspección, limpieza y reemplazo de partes. Para esta área del negocio Sigma Agro no suele producir en febrero por vacaciones, por lo que no fueron considerados para el plan.

A modo de ejemplo se incluye el cronograma para el primer año del EHE y el IBE en las Tablas 17.2 y 17.3 (resto de los años disponibles en el Anexo V: Plan de producción). En este caso no se cuenta con stock inicial entonces es necesario producir más para compensarlo.

Tabla 17.2

Plan de producción año 2020 EHE

Mes	Ventas	Bidones	Formulado	Stock	Batches	Aprov.
01-2020	22.896	1.711	34.216	15.260	6	33,33%
02-2020	11.320	0	0	3.940	0	
03-2020	23.442	975	19.502	5.935	4	22,22%
04-2020	23.187	863	17.252	1.826	3	16,67%
05-2020	34.107	1.614	32.281	5.875	6	33,33%
06-2020	34.980	1.455	29.106	2.691	5	27,78%
07-2020	33.779	1.554	31.089	7.067	7	33,33%
08-2020	36.254	1.459	29.187	2.609	5	27,78%
09-2020	36.145	1.677	33.536	4.619	6	33,33%
10-2020	36.254	1.582	31.635	6.520	7	33,33%
11-2020	35.818	1.465	29.297	2.499	5	27,78%
12-2020	35.818	1.666	33.319	4.837	6	33,33%

Ventas, formulado y stock en litros. Bidones y batches en unidades.

Tabla 17.3

Plan de producción anual año 2020 IBE

Mes	Ventas	Bidones	Formulado	Stock	Batches	Aprov.
01-2020	32.079	2.397	47.940	22.338	8	44,44%
02-2020	15.861	0	0	6.477	0	
03-2020	32.844	1.318	26.367	7.644	6	27,78%
04-2020	32.487	1.242	24.843	2.365	4	22,22%
05-2020	47.787	2.271	45.422	2.193	7	38,89%
06-2020	49.011	2.341	46.818	7.599	9	44,44%
07-2020	47.328	1.986	39.729	7.886	8	38,89%
08-2020	50.796	2.146	42.910	4.704	7	38,89%
09-2020	50.643	2.297	45.939	1.676	7	38,89%
10-2020	50.796	2.456	49.120	5.297	8	44,44%
11-2020	50.184	2.244	44.887	2.728	7	38,89%
12-2020	50.184	2.373	47.456	6.961	9	44,44%

Ventas, formulado y stock en litros. Bidones y batches en unidades.

La columna de mayor relevancia es la cantidad de procesos batch a realizar cada mes. Los tiempos de reacción son largos por lo que, trabajando un turno, solo se puede realizar un proceso batch al día. En caso de que la cantidad de batches necesarios supere los días hábiles disponibles por mes (en promedio 18 días) no se lograría cubrir la producción necesaria. Sin embargo, con la planificación y capacidad instalada no habría inconvenientes para el período 2020 - 2029.

El máximo número de batches alcanzados por tipo de éster, es de 15 al mes, por lo que aún queda espacio para aumentar la producción (por mes es posible realizar 18 batches, uno por día de cada tipo de producto). La operación de cada uno de los reactores requiere de un equipo de 3 personas. Sin embargo, para optimizar recursos es posible trabajar con solo un equipo hasta la mitad del año tres, cuando la demanda obliga a realizar más de 18 batches por mes en conjunto. Por ejemplo, al principio se podría trabajar una semana en el reactor de EHE y otra semana en el de IBE y de todas formas alcanzar la cuota mensual necesaria.

A partir de ese momento, es necesario contar con dos equipos, uno para cada reactor. Se considera un tiempo de entrenamiento necesario de 6 meses. Por lo que a partir del comienzo del año 3 (año calendario 2022) habría dos equipos trabajando en conjunto.

Un punto que vale la pena mencionar es que se optimizó el modelo para contar con un stock de seguridad superior a un desvío estándar de acuerdo con la variación mes a mes de las ventas históricas de Sigma para este tipo de producto (calculado para cada año individualmente). Los desvíos se muestran en las Tablas 17.4 y 17.5.

Tabla 17.4

Desvío ventas EHE

Año	SS (L) 1σ
2020	988
2021	1.187
2022	1.418
2023	1.686
2024	2.001
2025	2.376
2026	2.420
2027	2.465
2028	2.509
2029	2.553

Tabla 17.5

Desvío ventas IBE

Año	SS (L) 1σ
2020	1.385
2021	1.553
2022	1.733
2023	1.928
2024	2.140
2025	2.376
2026	2.420
2027	2.465
2028	2.509
2029	2.553

Por implementar esta consideración se crea un efecto de sobrestock de producto terminado ya que el proceso es batch. Por ejemplo, si el stock se encuentra por debajo del de seguridad por 500 litros no es posible fabricar solo ese volumen. Corresponde hacer un batch completo que es casi 10 veces esa cantidad. Esto se observa en las Figuras 17.1 y 17.2.

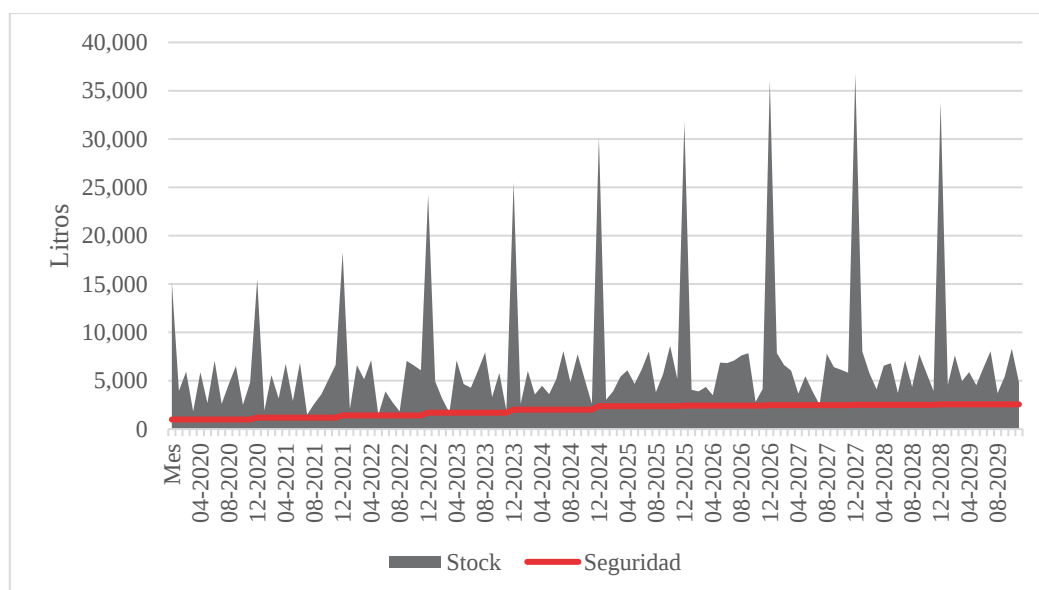


Figura 17.1. Stock comparado con el de seguridad para EHE.

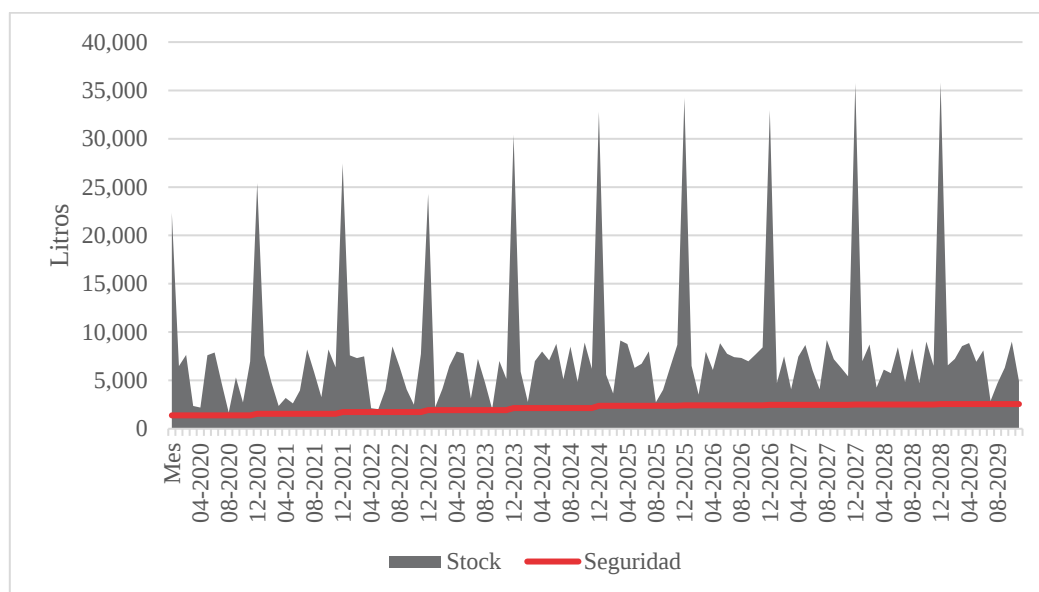


Figura 17.2. Stock comparado con el de seguridad IBE.

Los picos más altos que se observan en los gráficos corresponden al stock en enero. Como en febrero no se formula producto, es necesario fabricar las ventas de ese mes con anterioridad.

Como entregable final se puede encontrar en el anexo correspondiente el plan de producción mensual detallado con número de batches a sintetizar, litros a formular y bidones a envasar.

18. SALUD Y MEDIOAMBIENTE

18.1 Tratamiento de efluentes

Como ya se vio en la descripción del proceso, es fundamental ir removiendo el agua que se genera en la reacción de esterificación de Fischer. Al tener una determinada solubilidad, una parte del 1% del ácido 2,4-D que no reacciona se pierde en la trampa de agua. El caudal, de 43 mil litros por año, posee una concentración de ácido 2,4-D considerada riesgosa para el medioambiente, por lo que se estudiarán métodos para el tratamiento de dicho efluente. La concentración máxima permisible determinada por la OMS es de 0,1 mg por litro. (OMS, 1993)

Hay varios métodos distintos de purificación del agua contaminada, que se diferencian principalmente por el tiempo de proceso requerido, nivel de remoción del contaminante, costo del proceso y su dificultad de implementación. En el Anexo VI: Tratamiento de efluentes se puede encontrar una tabla comparativa con los principales métodos de remoción del 2,4-D ácido de efluentes líquidos.

Los tratamientos se pueden dividir en dos categorías principales: los procesos destructivos, y los no destructivos. Los procesos destructivos son procesos que no alteran de forma permanente las propiedades físicas y químicas del material que se remueve. En contraposición los procesos no destructivos son los que no lo alteran. Se aclara también que es una posibilidad implementar combinaciones de estos tratamientos para obtener los resultados requeridos.

Las principales opciones para el tratamiento incluyen degradación fotocatalítica, remoción por adsorción, procesos biológicos, y Photo-Fenton.

La degradación fotocatalítica utiliza ilmenita y rutilo en sus formas cristalinas, llamados anatasa y rutilo respectivamente, como fotocatalizadores. Estos se utilizan para obtener distintas fuentes de luz (ultravioleta o luz visible) para degradar el ácido 2,4-D presente en el agua. Este método remueve aproximadamente 80% del contaminante y tiene una duración total de 2hs. Presenta un costo alto debido principalmente a las fuentes de luz y su necesidad de ser cambiadas periódicamente. (Qurratu & Reehan, 2016) (Bautista, Mohedano, Casas, Zazo, & Rodriguez, 2008)

El método de remoción por adsorción utiliza paredes simples de nanotubos de carbono como material de adsorción. Se pueden utilizar también paredes simples de carbono, pero la forma de nanotubos incrementa la eficiencia debido a una mayor superficie de contacto con el agua. Los principales factores que afectan el ritmo del proceso son: el tipo y dosis del adsorbente, tiempo de contacto, concentración inicial y el pH del medio. Este método es muy utilizado en el tratamiento de agua contaminada con ácido 2,4-D debido a su alto porcentaje de remoción, aproximadamente 98%, su bajo costo y su fácil instalación. (Michigan, 2019)

El proceso biológico consiste en el uso de una comunidad de microbios que descomponen el ácido 2,4-D como su fuente de energía. Se logran altos porcentajes de remoción (aproximadamente 91,75%) con un período de proceso mínimo de 150 días.

Otro tratamiento posible es el denominado Photo-Fenton, un proceso destructivo que utiliza 3 reactores en serie y un filtro. El primer reactor se llena con el agua contaminada, peróxido de hidrogeno, sulfato ferroso y un componente que controla el pH de la solución. El segundo se utiliza para la neutralización mezclando con un agente alcalino, para luego realizar la floculación en el tercer reactor.

Se opta por la tecnología de remoción por adsorción debido a su gran eficiencia y bajo costo, utilizando nanotubos de carbono en una columna de adsorción.

18.2 Seguridad e higiene

Las normas IRAM vigentes que certifican temas de seguridad e higiene se encuentran mencionadas en Anexo VII: Normas IRAM de EPP y manejo de productos químicos.

18.2.1 Seguridad e higiene en depósitos de fitosanitarios

Requerimientos generales

- Se deben cumplir las distancias de seguridad establecidas por las normas vigentes para la ubicación del depósito.
- El piso del depósito (instalaciones) debe tener un nivel que supere la cota de inundabilidad de los predios aledaños.
- Se debe disponer de caminos mejorados (broza, ripio, etc.), aunque se recomienda caminos asfaltados.
- Debe estar rodeado por muro o alambrado olímpico perimetral, convenientemente iluminado.
- Debe disponer de un cartel externo con nombre de la empresa y teléfonos de emergencia.
- El predio se debe mantener limpio, ordenado y con el pasto corto.
- El depósito o instalaciones deben contar con por lo menos desde sus lados con libre acceso para los vehículos y equipos de extinción del fuego, a ser utilizados en caso de emergencia.

Estructuras y edificios del depósito

- Los edificios o partes de ellos en los que se almacenen deben ser contruidos con materiales no combustibles e impermeables a los productos almacenados.
- Anualmente se debe revisar y actualizar la carga de fuego del depósito.

- Pisos: Los pisos deben ser impermeables y resistentes al ataque de productos químicos, debe presentar un declive de como mínimo 1% y ser construidos y mantenidos de manera de contener y controlar los derrames y el agua resultante del control del fuego.
- Techos: Deben estar en buenas condiciones y libres de infiltraciones. Sus paredes perimetrales deben prolongarse hacia arriba como mínimo 0,5m a partir del techo, a modo se cortafuego.
- Paredes: Deben ser de materiales no combustibles, e impermeabilizadas hasta la altura de contención de derrames.
- Ventanas: En el depósito deben estar preferentemente sobre la altura de la cabeza (1,80m) y poseer malla de 8 mm en su composición, no debe ser posible su apertura y deben evitar el ingreso de personas no habilitadas.
- Puertas: Deben ser robustas para brindar protección al depósito. Deben tener al menos RF 90, y misma resistencia al fuego que la pared. Las de los medios de escape deben ser de doble contacto y cierre automático.
- Control de derrame: Se debe dar contención para evitar el flujo de fitosanitarios en condiciones de emergencia hacia áreas construidas adyacentes, propiedades o recursos naturales. Se puede observar un ejemplo en la Figura 18.1.
- Drenaje: El derrame y el agua resultante del control del fuego debe ser contenido dentro de las instalaciones o dirigido a un sistema de drenaje exterior, a un tanque de almacenamiento secundario. Este sistema debe ser independiente del drenaje de aguas pluviales y cloacales. La capacidad del sistema debe ser diseñado para cumplir con lo siguiente:
 - El 110% de la cantidad contenida en el envase más grande dentro del depósito;
 - El volumen que el organismo competente (ejemplo bomberos) determine.
- Salidas de emergencia: deben estar demarcadas en el piso, libres de obstáculos y señalizadas. Todas las puertas deben abrir hacia el sentido del escape de emergencia.
- Las oficinas administrativas, baños, taller, vestuarios y comedor deben encontrarse fuera del área de almacenamiento.
- La estructura del edificio debe impedir el acceso a personas ajenas. Debe contar con sistema de alarma.
- Debe contar con sistema de detección de humo y alarma para dar aviso de un incendio en el lugar con alarma audible, o transmitirla a un sitio remoto permanentemente atendido.
- Se deben delimitar y señalizar las zonas de almacenamiento, carga y descarga para evitar el tránsito del personal por sectores por donde circulen vehículos. Los vehículos deben disponer de suficiente espacio para la realización de las operaciones.



Figura 18.1. Ejemplo de pileta de contención para tanques pulmón dentro de Sigma Agro.

Ventilación

- El sistema de ventilación debe mantener, como mínimo seis cambios de aire por hora, y que la concentración de fitosanitario esté por debajo del límite aceptado de exposición humana. El sistema de ventilación del depósito puede ser por Ventilación Natural o Mecánica siempre que se respeten los cambios de aire propuestos.
- Las aberturas para entrada y salida del aire se deben ubicar para proveer, en la medida de lo posible, de movimiento de aire en todas las porciones del suelo para prevenir la acumulación de vapores tóxicos o inflamables. El aire debe ser extraído al exterior del depósito sin que recircule.

Instalaciones eléctricas

- Las instalaciones eléctricas se deben regir de acuerdo con la reglamentación vigente para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles.
- El panel de control general de la instalación debe estar fuera del edificio, debe ser de fácil acceso y estar correctamente identificado.
- Se debe disponer de pararrayos y puesta a tierra. Se debe presentar un informe anual de su estado, y si hubiera maquinaria medición de continuidad.

Iluminación

- El depósito debe disponer, en todo momento, de suficiente luz (natural / artificial) para desarrollar las tareas. Anualmente se debe verificar el cumplimiento del Protocolo para la Medición de la Iluminación en el Ambiente Laboral. (Resolución 84/2012 de la SRT)

- Debe existir un sistema de iluminación de emergencia.

Instalaciones de carga y descarga

- El piso debe ser impermeable y debe tener inclinación o curvas para evitar el desborde.
- Deben tener un tanque de almacenamiento secundario. El tanque debe conectarse al sistema de drenaje o debe permitir el almacenamiento en las zonas de descarga.

Gestión de productos

- Se debe documentar en un procedimiento las operaciones de carga, descarga y manejo de productos en los depósitos.
- Se debe conservar una copia de las hojas de seguridad de todos los productos almacenados en el depósito fuera del mismo.
- Productos vencidos o impropios para usar. Se debe documentar un procedimiento para aquellos productos vencidos, como aquellos fuera de especificación o con el envase dañado. Para evitar la generación de esta clase de productos se debe respetar la regla FIFO.
- Derrame de envases Los envases dañados o con derrame deben ser inmediatamente tratados sobre-enzasándolos o re-empaquetándolos u otros métodos apropiados. Los materiales sobre-enzasados deben ser aislados y almacenados hasta su disposición final de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Disposición: Los materiales contaminados con fitosanitarios deben ser eliminados o descontaminados de acuerdo con las especificaciones nacionales, provinciales o municipales y de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Todos los productos deben estar registrados en SENASA y contar con sus etiquetas legibles y en buen estado.
- Todos los productos deben ser trazables a su proveedor/cliente inmediato.

Control de fuentes de ignición

- Está prohibida la acumulación de residuos de materiales combustibles en el área de almacenamiento.
- Se debe poner carteles de “NO FUMAR” que estén visibles en la entrada y en las áreas de almacenamiento.
- Se debe documentar un programa de mantenimiento de maquinaria (ej. autoelevador).
- No se deben almacenar dentro del depósito garrafas de combustible o su repuesto para los autoelevadores.
- Los tanques para el almacenamiento de combustible deben cumplir con lo exigido por la reglamentación vigente. Los combustibles deben almacenarse fuera del depósito en un lugar apropiado.

- Las obras de mantenimiento en el área de almacenamiento se deben llevar a cabo solamente con autorización específica.

Identificación del Peligro – Señalización General

- Todas las instalaciones deben tener un sistema de identificación del peligro.
- Todas las salidas, equipamientos, almacenamientos, procesos, sistemas de control de fuego deben estar señalizados de acuerdo con la legislación y normas vigentes.
- Señalética: Deben estar presentes las señales:
 - De prohibición (ej. No Fumar)
 - De advertencia (ej. Productos Tóxicos)
 - De obligatoriedad (ej. Uso EPP)
 - Informativas (ej. Dirección de circulación)

Capacitación

- En forma anual se debe elaborar un Programa de Capacitación, por medio del cual se debe brindar a todo el personal información y entrenamiento para el desarrollo seguro y confiable de su tarea, sobre los riesgos que ella conlleva y sobre la respuesta ante emergencias.
- Las personas responsables de la operación y mantenimiento de las zonas de almacenamiento deben ser capacitadas en el riesgo químico y físico.
- Las personas responsables de la operación y mantenimiento de las aéreas en que los fitosanitarios son almacenados deben ser entrenadas para entender la secuencia de mitigación y acciones de protección necesarias para contener y controlar los derrames de productos.
- Se debe asentar en una planilla de capacitación al personal respecto de los riesgos inherentes a su actividad. Los coordinadores de emergencia deben ser entrenados de acuerdo con los requerimientos para la persona a cargo.

Almacenamiento de fitosanitarios

- Se debe disponer de un plano de almacenamiento del depósito indicando la ubicación de cada grupo de productos almacenados.
- Requerimientos de separación. Los fitosanitarios deben estar separados por una pared impermeable de las áreas en que se encuentren los alimentos y materiales en contacto con personas como ser vestimentas, telas, muebles, semillas, o productos veterinarios u otros enseres en general.
- Separación de materiales incompatibles (por toxicidad, inflamabilidad y características de sus residuos). Los materiales incompatibles no deben ser almacenados a menos de 7,6 m del área de almacenamiento de pesticidas salvo que estén separados por una pared impermeable con una resistencia al fuego de 60 minutos.

- Los elementos utilizados para acopio y estiba de los productos en el depósito deben ser preferiblemente de material no inflamable, anticorrosivos e impermeables. Deben ser de fácil limpieza.
- Las estibas deben separarse de las paredes como mínimo 0,5m, y del techo y sus luminarias como mínimo 1 m.
- Ubicación del almacenamiento de fitosanitarios Los fitosanitarios deben ser almacenados solo en una planta baja.
- Los fitosanitarios deben ser almacenados de manera de evitar el contacto dañino con humedad, calor excesivo o temperaturas extremas que pueden afectar tanto la integridad del envase o la estabilidad del producto.
- Los envases deben apilarse de manera estable.
- Los envases vacíos de fitosanitarios deben ser tratados como envases llenos. No deben ser reutilizados para ningún fin. Deben ser eliminados previo triple lavado.

Protección del personal

- Se debe cumplir con el procedimiento de uso de EPP y se debe capacitar al personal en su correcto uso. Se debe llevar registro de la mencionada capacitación.
- Debe existir un listado que se encuentre a la vista, de los elementos de seguridad y protección personal disponibles en el depósito, y su ubicación en el mismo.
- Se debe disponer de un botiquín de primeros auxilios ubicado en el exterior del depósito (hay que controlar el buen estado de los elementos periódicamente).

Respuesta a incidentes

- Deben estar visibles los números telefónicos de emergencias, hospital, cuerpo de bomberos y policía.
- Deben estar visibles tanto un plano de evacuación como el rol de incendios.
- Deben elaborarse tanto un plan de respuesta a emergencias como un plan de gestión de materiales peligrosos.
- Se debe designar a un coordinador del plan de respuesta a emergencias. El coordinador debe ser responsable de la implementación del plan y de la relación con los organismos externos.
- El equipo y los materiales para llevar adelante el plan de emergencias deben estar disponibles y accesibles. Como parte del equipo de emergencia se debe disponer de camillas para el personal accidentado.
- Se debe realizar un simulacro de emergencias en forma semestral.
- Se debe informar a la autoridad competente en el caso de un incidente de derrame de cantidad considerable.

- El responsable de depósito o responsable designado debe, ante un derrame, activar el plan de respuesta a emergencias.
- El plan de respuesta a emergencias y el plan de gestión de residuos peligrosos deben ser revisados toda vez que haya una modificación, que cambien los productos almacenados, los métodos de trabajo o bianualmente, lo que sea más frecuente.

Ducha y lavaojos de emergencia

- El depósito debe contar con ducha de emergencia y lavaojos próximo a la zona de almacenamiento a menos de 15 metros, en la Figura 18.2 pueden observarse estos elementos ya instalados en la planta de Sigma Agro.
- La ducha de emergencia y el lavaojos deben ser desobstruidos y suministrados accionados periódicamente para asegurar la circulación y renovación del agua.



Figura 18.2. Ducha y lavaojos de emergencia instalados en la planta de Sigma Agro.

Equipos y materiales de absorción de derrames

- En el lugar de almacenamiento se debe disponer equipos y materiales de absorción en cantidad suficiente para resolver los derrames, conformado como mínimo por lo siguiente:
 - Conjunto de EPP y recipientes específicos para solucionar derrames de envases dañados.
 - Recipiente con material absorbente (turba, vermiculita, arena u otros).
 - Embalaje para recolección de los residuos, que una vez envasados sean derivados al destinatario para su disposición final.
 - Pala y escobillón ambos de material antichispa.
 - Material para aislar y señalizar el área (conos, cinta de peligro, otros).

18.2.2 Elementos de protección personal

Por la exposición reiterada a ciertas condiciones de trabajo, existe el riesgo de sufrir accidentes o enfermedades profesionales.

El riesgo es la posibilidad de algo suceda. Los EPP nos protegen contra las enfermedades profesionales y disminuyen los riesgos, minimizando las consecuencias de los accidentes. Existen varios factores adversos al uso de EPP, incorrecta selección, incorrecto uso del equipo, mantenimiento eficiente del equipo o desinformación sobre su utilización. A continuación, se detalla la clasificación de los EPP en la Tabla 18.1.

Tabla 18.1

Descripción de los elementos de protección personal

Zona a proteger	Medio de protección	¿De qué protege?
Cabeza	Casco	Golpes Diferentes temperaturas
Oídos	Protectores de copa	Ruido ambiental
	Tapones auditivos	
Ojos	Antiparras y anteojos	Proyección de partículas Salpicaduras Gases nocivos
Rostro	Máscaras faciales	Deslumbramiento Rayos intensos Chispas y calor
Manos	Guantes	Diferentes temperaturas Contacto con químicos Electrocuciones Elementos punzocortantes
Pies	Calzado	Contacto con químicos Diferentes temperaturas Electrocuciones Elementos punzocortantes Caídas de objetos

Nariz y boca	Protectores buco nasales	Polvo en suspensión
	Respiradores autónomos	Humos
	Equipos de suministro de aires	Gases nocivos
Cuerpo	Arnés de seguridad	Detiene una caída Sostiene el operario
	Mamelucos	Polvos y salpicaduras Contacto con químicos

Una vez conocidos los EPP, se describirán en profundidad aquellos utilizados por los empleados de Sigma Agro en la producción de EHE e IBE, según la Tabla 18.2.

Tabla 18.2

Clasificación de los EPP según tarea a realizar.

Elemento de protección	Zona de carga y descarga	Derrame	Limpieza
Ropa de trabajo	X	X	X
Calzado de seguridad	X	X	X
Guantes	X	X	X
Casco	X	X	X
Lentes de seguridad	X	X	X
Barbijo			X
Máscara		X	
Protección auditiva	X		

Protección del cuerpo: delantal

Protege al empleado de salpicaduras y derrames de productos químicos (Figura 18.3).



Figura 18.3. Señalización de protección obligatoria del cuerpo.

Protección en los pies: calzado

En Sigma Agro los empleados utilizan calzados con puntera de seguridad (Figura 18.4).



Figura 18.4. Señalización de uso obligatorio de calzado de seguridad.

Protección de las manos: guantes de acetonitrilo

Protegen a los empleados del contacto directo con productos químicos. Tienen puños largos para ampliar la zona de protegida (Figura 18.5).



Figura 18.5. Señalización de uso obligatorio de guantes.

Protección de la cabeza: casco

Su uso es obligatorio para todas aquellas personas que están expuestas a sufrir accidentes en esta parte del cuerpo (Figura 18.6). Los accidentes a los que puede estar expuesta la cabeza no son solo golpes con objetos contundentes, sino también choques eléctricos, atrapamiento de cabellos, carga térmica, contacto con productos químicos, etc.



Figura 18.6. Señalización de obligación de usar casco de seguridad.

Protección ocular: anteojos de seguridad

Protegen los ojos de lesiones debido a agentes físicos, químicos y radiaciones (Figura 18.7). En Sigma Agro se utilizan principalmente para la protección ante salpicaduras de productos químicos.



Figura 18.7. Señalización de uso obligatorio de gafas.

Protección facial y nasal: máscara de protección facial y buco nasal

Protege el rostro y las vías buco nasales. Se utiliza en las áreas próximas al área de envasado (Figura 18.8).



Figura 18.8. Señalización de uso obligatorio de la máscara.

Protección auditiva: protectores de copa

Cubren el oído externo formando una barrera acústica. Se utilizan en zonas de mucho ruido ambiental (Figura 18.9).



Figura 18.9. Señalización de uso obligatorio de protección auditiva.

18.2.3 Manejo de sustancias peligrosas

Consideramos sustancia peligrosa aquella que, por su naturaleza, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal y/o a la propiedad.

Clasificación

- Por su grado de peligrosidad: Toxicidad, inflamabilidad y reactividad (Figura 18.10)



Figura 18.10. Señalización de toxicidad, inflamabilidad y reactividad.

- Por su estado físico: sólido, líquido o gaseoso (Figura 18.11)



Figura 18.11. Ejemplo de sustancias peligrosas en distintos estados físicos.

Identificación

Para que los riesgos sean comunicados, se requiere que se identifiquen los químicos tanto por sus nombres como por los peligros que presentan. La identificación se realiza por medio de:

- Etiquetas (Figura 18.12)
- Hojas de seguridad
- Etiquetas de advertencia
- Placas



Figura 18.12. Señalización de rombo NFPA 704.

18.2.4 Pautas generales sobre manipulación de agroquímicos

Todos los productos deben conservarse siempre con sus envases y etiquetas originales en toda la cadena de comercialización. Deben garantizar al usuario seguridad en su manipulación. Los distribuidores y sus empleados deben otorgar información a sus clientes sobre los medios de seguridad a adoptar en la utilización de productos agroquímicos. Para ello, deben estar

familiarizados con las disposiciones relativas a la seguridad en el transporte, almacenamiento de los diferentes productos y envases. Los productos deben ser dispuestos de manera de facilitar su manipulación en el pallet. Los envases deben ser dispuestos de manera que en el mismo pallet solo haya envases del mismo producto. Igual criterio se debe seguir cuando se apilen pallets. Cada distribuidor de productos agroquímicos debe vender los productos fitosanitarios únicamente en los embalajes originales. Los embalajes no deben abrirse para vender el producto en pequeñas cantidades.

19. LOCALIZACIÓN

La localización de la planta productiva es uno de los factores más relevantes a determinar en un proyecto de inversión. Esto se debe a su dificultosa y costosa alteración.

Es así como la decisión de dónde ubicar la fábrica se compone tanto de un factor oportunista, constituido por la posibilidad de compra de un terreno, como por uno analítico, fundado en factores cualitativos y cuantitativos.

El estudio se basa en un camino de lo macro hacia lo micro, pasando por tres niveles de decisión de ubicación: nacional, regional y emplazamiento definitivo.

A continuación, se presenta un análisis de localización para el presente proyecto de inversión.

19.1 Situación actual

Sigma Agro S.A. cuenta con su planta formuladora sobre la ruta provincial N°42 y cruce con acceso La Verde, a 20km del centro de Mercedes, Buenos Aires. Está situada en un terreno propio de 3 hectáreas, con una superficie cubierta que alcanza los 2.700 m². Se observa la posición en un mapa en la Figura 19.1.



Figura 19.1. Localización actual de planta formuladora de Sigma Agro. (Google Maps, s.f.)

Con motivo del estudio de factibilidad de la ampliación de la línea de 2,4-D éster, se evaluará la conveniencia de mudar la planta a otra ubicación o la permanencia en el lugar actual.

19.2 Análisis nacional

Sigma Agro S.A. cuenta con la totalidad de su mercado ubicado en Argentina, concentrado en la zona de la Pampa Húmeda. Este factor vuelve sencillo afirmar que permanecerá en el país.

En el largo plazo y ante la existencia de un mercado internacional para los productos de Sigma, se podrá evaluar la posibilidad de mudar la planta a algún otro país.

19.3 Análisis regional

Una vez determinado que permanecerá en Argentina, en el siguiente paso del análisis de localización, se debe definir la región geográfica en la cual se ubicará la planta de Sigma Agro.

Este estudio abarca aspectos cualitativos y cuantitativos que brindarán soporte a la decisión tomada. Es así como requiere la previa definición de los factores a ser evaluados.

19.3.1 Factores de decisión

Los factores de decisión se dividen en dos categorías: factores obligatorios y factores deseables. Los primeros se comportan como condiciones necesarias, pero no suficientes, que la región seleccionada debe cumplir. Ellos permiten una primera discriminación entre las áreas aptas y no aptas para emplazar la industria. Por otro lado, se encuentran los factores deseables, que son los que permiten elegir la mejor región dentro de las posibles.

La metodología de análisis consiste en ubicar posibles regiones en las cuales ubicar la planta, filtrarlas según los factores obligatorios y priorizarlas según la ponderación de los factores deseables en una matriz de selección, obteniendo soporte cuantitativo para la decisión final.

A continuación, se presenta la lista de factores a considerar.

Factores obligatorios:

- Infraestructura industrial

Para favorecer toda operación logística de entrada y salida de material de la planta, se requiere de rutas adecuadas y pavimentadas.

- Red de energía eléctrica suficiente

La maquinaria que utiliza Sigma Agro en su operación se alimenta con energía eléctrica, por lo que se necesita una zona que cuente con una red de abastecimiento apta para el emplazamiento de una industria.

- Habilitación legal

Como se introdujo en el marco normativo que rodea a los ésteres de 2,4-D, existen zonas del país en las cuales está prohibido su uso y aplicación.

Factores deseables:

- Costo de transporte de insumos y producto terminado

Se le dará mayor prioridad a una zona que minimice los costos de transporte entre las entradas y salidas de la fábrica.

- Costo y disponibilidad de mano de obra idónea

Sigma Agro cuenta con un químico encargado de control de calidad, supervisión e I+D. Así también, con operarios para diferentes partes del proceso. Se buscará una zona con una población de al menos 20 veces la dotación requerida, en la cercanía de la planta. Dado que la cantidad de operarios de Sigma es reducida, no se comportará como un factor obligatorio de decisión.

- Costo de la energía eléctrica

Se buscará que los costos de energía eléctrica sean moderados.

- Acceso a una red de gas

El proceso de la síntesis de 2,4-D éster cuenta con reacciones a temperatura controlada y se deben calentar equipos. Aun así, el acceso a una red de gas no se comporta como un factor obligatorio dado que se puede recurrir a la energía eléctrica para calentar. Dado el menor costo del gas por sobre la electricidad, se incluye como un factor deseable.

- Confiabilidad de servicios

A fin de que no frene la operación de la planta a causa de una falta de abastecimiento de servicios, se lo tendrá en cuenta en la matriz de selección.

- Densidad poblacional

Preferentemente, las plantas productoras de agroquímicos deben ubicarse en zonas con una baja densidad poblacional, en un terreno alejado de la localidad seleccionada. Esto se debe al peligro de algún accidente químico, potencial explosión o dispersión de efluentes nocivos para las personas.

19.3.2 Metodología de análisis

Sigma Agro S.A. comercializa la mayoría de sus productos en la zona de la Pampa Húmeda, mientras que la mayoría de sus insumos son importados e ingresan desde el puerto de Buenos Aires. Por lo tanto, es de esperar que la planta productiva se ubique en algún punto entre el puerto y las zonas de consumo.

Asimismo, dentro de los factores de decisión deseables, se le dará mayor ponderación al costo de transporte, dado que es el que cuenta con mayor sensibilidad al cambio de ubicación de la

planta. Más aún, Argentina es un país extenso con elevados costos de transporte y los clientes de Sigma Agro se encuentran dispersos geográficamente. Si además se considera que el producto a comercializar es muy sensible al precio, cualquier costo que se agregue puede afectar fuertemente la rentabilidad del proyecto.

A fin de acotar las posibles áreas en las cuales emplazar la fábrica, la metodología de análisis propuesta consiste en encontrar el punto óptimo de ubicación de la planta en función del costo de transporte de ingresos y egresos, ponderando cada uno por su volumen. Una vez obtenida, se procederá a encontrar las localidades/ciudades cercanas al punto y ahora sí, filtrarlas según los factores de decisión obligatorios y priorizarlas según los deseables.

En caso de que ninguna de las áreas cercanas cumpla con los requerimientos necesarios, se dejará de lado esta metodología de análisis y se procederá a una de mayor carácter cualitativo.

19.3.3 Transporte

Básicamente, existen cuatro modalidades de transporte que podrían utilizarse en Argentina: terrestre, fluvial, aéreo, y ferroviario. Debido a que el producto es voluminoso y de bajo valor agregado por unidad de masa, la modalidad aérea puede descartarse rápidamente dado que sería imposible de solventar. El transporte ferroviario es poco confiable y demora muchos días, además que requiere un volumen muy grande para ser viable (como ocurre, por ejemplo, con productos a granel como granos). El transporte fluvial podría ser una alternativa para los clientes en el norte del país. Sin embargo, dado que en general será necesaria una última etapa por tierra, y que las distancias para que esta modalidad presente una reducción de costos significativa (por ejemplo, comercio exterior entre Buenos Aires y Paraguay), se descartará en un primer análisis. El transporte terrestre, si bien para grandes distancias es más costoso, es el que presenta mayor flexibilidad y no requiere volúmenes muy elevados de producto en comparación con las demás.

Se propone entonces, en una primera instancia, el desarrollo de un modelo matemático que permita encontrar la ubicación donde los costos de transporte terrestre sean mínimos. Para ello, se requiere conocer los siguientes parámetros:

- Ubicación de los clientes de Sigma Agro

Sigma Agro posee cuatro depósitos regionales (Tandil, Pehuajó, Río Cuarto y Cintra), además de la planta actual que cuenta con almacenamiento. Los depósitos sirven a los distribuidores de la zona y clientes finales cercanos. Por eso se utilizará la ubicación de los depósitos como puntos representativos de los destinos finales de la producción. También se incluirá a la planta actual dado que algunos clientes son servidos directamente de su almacén.

- Ponderación de las cantidades vendidas (transportadas) a cada cliente

De acuerdo con el análisis hecho en el estudio de mercado, se ponderarán los centros de distribución de acuerdo con el share de volumen que representen sobre las ventas totales de 2,4-D éster.

- Ubicación de los proveedores

Los insumos principales (ácido 2,4-D, 2-etil hexanol, butanol) son importados de China. Por lo tanto, se utilizará el puerto de Buenos Aires como punto de referencia. Además, se debe tener en cuenta el transporte de los envases utilizados, dado que la relación de volumen transportado es prácticamente uno a uno. Existen múltiples posibles proveedores de envases, que en su mayoría se concentran en Córdoba o en el sudoeste del conurbano bonaerense. Con el fin de simplificar el análisis, se elegirán puntos representativos de estas dos ubicaciones, y el modelo elegirá aquel cuyo costo de transporte en relación a la iteración en curso sea menor.

- Equivalencia volumétrica entre insumos y productos terminados

Se calcula que, por cada camión de materias primas líquidas importadas, se puede llenar hasta 1.5 camiones de formulados envasados. Esto se debe a que los pallets de productos terminados ocupan más espacio que el material importado en contenedores IBC (solventes líquidos) o big bags (ácido 2,4-D en polvo). La relación con los envases es prácticamente uno a uno, aunque existen múltiples fabricantes: los más importantes se ubican en las cercanías de Córdoba y de la Ciudad de Buenos Aires, como se describió anteriormente.

- Función de costos logísticos

Los costos de transporte terrestre dependen principalmente de la distancia transportada, y en menor medida, del peso transportado, ya que afecta el consumo de combustible. Sin embargo, para simplificar el análisis, sólo se considerará el costo en función de la distancia.

La Subsecretaría de Mercados Agropecuarios del Ministerio de Producción de la República Argentina publica periódicamente un relevamiento de los costos de transporte terrestres promedio para una serie de distancias establecidas. Para este análisis, no es tan importante el costo en términos absolutos, sino en términos relativos a otras distancias. En el Anexo VI: Datos de costo de transporte se encontrarán los datos publicados al mes de mayo de 2019.

Los puntos obtenidos a partir de los datos se pueden interpolar con una función lineal, pero a simple vista se observa que existen dos quiebres importantes donde cambia significativamente la pendiente de la función. Por eso, se utilizará una regresión lineal de tres partes, que representa mejor la forma, además de resultar en un mayor ajuste. Esto se observa en la Figura 19.2.

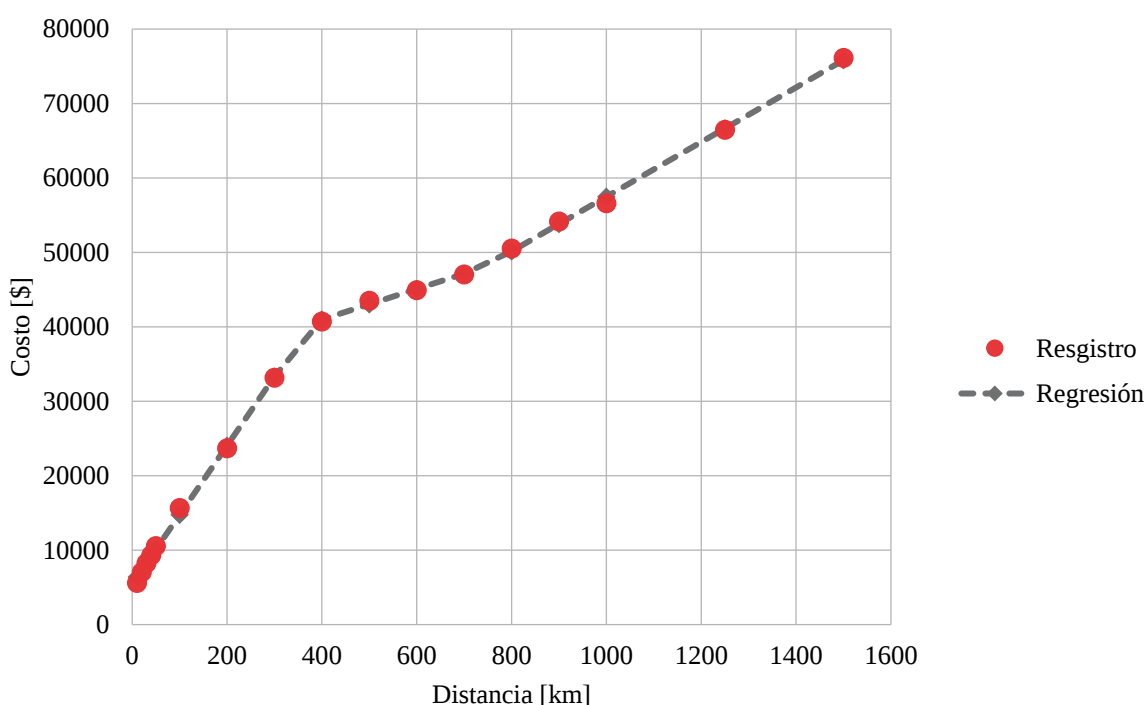


Figura 19.2. Cálculo de costos de transporte en función de los kilómetros recorridos.

Se establecen, además, las siguientes suposiciones:

- La función de costos de transporte es idéntica para el transporte de cualquier producto
- Se trabajarán con proporciones entre productos de acuerdo con la capacidad de un único tipo de camión. Por lo tanto, las principales limitaciones serán el volumen y peso máximo. Por ejemplo, es evidente que, para transportar un camión de formulados desde la planta, se requiere que ingrese un camión de igual capacidad con los mismos bidones.
- Las distancias entre la planta y los puntos relevantes se medirán en forma lineal.

Optimización

En función de estos parámetros, se crea un modelo donde se calcula la distancia lineal a todos los puntos relevantes, a partir de un par de coordenadas (latitud, longitud). Luego se aplica la función de costos a este valor, para obtener el costo de transporte del producto entre las coordenadas seleccionadas al punto relevante. Por último, se multiplica este costo por el factor de equivalencia (para homogeneizar las cantidades de productos según destino, y teniendo en cuenta las equivalencias de volumen para las materias primas). En el caso de los envases se utiliza el punto con menor costo. La suma de estos costos para todos los puntos relevantes será el costo total de transporte, que se busca minimizar con alguna herramienta de optimización, como puede ser el add-in Solver de Microsoft Excel.

Distancias en ruta

A partir de los parámetros ingresados y con el modelo propuesto se obtiene un óptimo en las coordenadas (-34.713184, -58.951570), que se ubica a 15 km. al sur de la localidad de General Rodríguez (ver Figura 19.3).



Figura 19.3. Localización óptima a partir del modelo de utilizado. (Google Maps, s.f.)

Uno de los supuestos utilizados es la linealidad de las distancias entre el óptimo y cada punto relevante, cosa que no es enteramente cierta debido a que la distancia en ruta puede diferir significativamente, especialmente en la proximidad de grandes centros urbanos como la Ciudad de Buenos Aires.

Para que la solución obtenida represente una mejor aproximación a este problema, se aplicará un factor de corrección a las distancias calculadas, de acuerdo con la distancia real en ruta entre el óptimo y cada punto relevante (según GPS). Si al recalcular la minimización de costos el nuevo óptimo se encuentra cerca del anterior, se puede concluir que la aproximación es lo suficientemente adecuada para eliminar este supuesto. En caso contrario, se recalcularán los factores de corrección y se iterará con este procedimiento hasta que la solución converja a un nuevo punto.

Resultados. Conclusión

Tras aplicar la mejora descrita anteriormente, se obtiene un punto óptimo que no difiere significativamente del primero. Por lo tanto, se concluye que el modelo converge a este resultado.

Cabe destacar que esta optimización representa nada más un punto de partida para profundizar el análisis de ubicación. Si bien un modelo matemático puede ser preciso, difícilmente tenga en cuenta todos los factores, de índole cualitativos o difíciles de medir numéricamente, que influyen en la selección final. En las próximas secciones se evaluará si existen lugares en la proximidad de la zona calculada que cumplan con los demás requisitos.

19.3.4 Selección

Partiendo del anterior análisis, se determinan zonas cercanas al punto obtenido en los cuales emplazar la industria, asumiendo que la variación en los costos de transporte representa valores despreciables.

El punto óptimo se ubica 15 km de General Rodríguez, Provincia de Buenos Aires, por lo que se considerarán las regiones en la Tabla 19.1 como candidatas para el emplazamiento de la industria.

Tabla 19.1

Regiones candidatas en el análisis de localización

	Mercedes	Luján	Gral. Las Heras
Población [hab]	63.000	106.000	13.000
Distancia al punto óptimo [km]	63	32	30

Fuente: (INDEC, 2010)

Análisis de factores obligatorios

Los factores obligatorios que deben cumplir las potenciales regiones en las cuales emplazar la planta son: infraestructura industrial, acceso a red eléctrica y habilitación legal.

En cuanto a la infraestructura industrial y a lo comentado en relación a la necesidad de ubicar la planta en a una distancia considerable de las viviendas, General Las Heras pierde consideración en relación a sus competidoras. Tanto Mercedes, como Luján son localidades de mayor tamaño, con mayor infraestructura y calles asfaltadas, aptas para albergar la planta, facilitando las tareas logísticas de entrada y salida de camiones.

En referencia a la habilitación legal, cabe mencionar que las tres localidades candidatas se ubican en la Provincia de Buenos Aires, en la cual se restringe la utilización de IBE entre el

primer día del mes de octubre y el último de marzo. No así el EHE, por lo que se podrá comercializar durante todo el año.

Se muestra un resumen de la comparación en la Tabla 19.2.

Tabla 19.2

Comparación de candidatos

Factor	Mercedes	Luján	Gral. Las Heras
Infraestructura industrial	Si	Si	No
Acceso a red eléctrica	Si	Si	Si
Habilitación legal	Si	Si	Si

Dada la falta de infraestructura industrial adecuada, la localidad de Gral. Las Heras pierde consideración en el proceso de selección, no cumpliendo con todos los factores obligatorios. Se prosigue, entonces, a realizar el análisis de los factores deseables para Luján y Mercedes.

Análisis de factores deseables

El análisis de los factores deseables se realiza mediante la aplicación de una matriz de ponderación, para aquellas localidades candidatas que hayan pasado el filtro de los factores obligatorios de decisión.

El método de la matriz de selección consiste en puntual a las candidatas en cada factor deseable, en una escala del 1 al 10, representando el 10 el mayor beneficio para la empresa. Acto seguido, se deben ponderar los diferentes factores según su importancia relativa, a fin de que el puntaje del factor más relevante signifique más que los demás para la toma de la decisión final.

En cuanto este último aspecto, dado que se encontraron zonas con posibilidad de albergar la planta en la cercanía del punto óptimo, el costo de transporte deja de ser un factor a ponderar, asumiendo una diferencia mínima entre ellas. Es así como los factores a ponderar se ordenarán descendientemente según densidad poblacional, confiabilidad de servicios, costo de la energía eléctrica, costo y disponibilidad de mano de obra y acceso a una red de gas.

Por otro lado, y en cuanto a las características de cada localidad que determinan el puntaje asignado en cada factor deseable, se detalla:

- Densidad poblacional

Mercedes cuenta con una densidad poblacional de 60 hab/km², mientras que Luján de 93 hab/km².

- Confiabilidad de servicios

Luján es una ciudad que, en su historia, ha sufrido una gran cantidad de inundaciones. Esto se debe a las repetidas crecidas del Río Luján, causada por abundantes lluvias. Así, el suministro eléctrico se ve afectado en grandes áreas de la ciudad, disminuyendo la confiabilidad del servicio.

- Costo de la energía eléctrica

En cuanto al costo de la EE, ambas localidades se encuentran provistas por EDEN, la Empresa Distribuidora de Energía Norte S.A, la que cuenta con uno de los cuadros tarifarios más costosos a nivel nacional. (Casas, 2019)

- Costo y disponibilidad de MO calificada

En la localidad de Mercedes, Sigma Agro ya cuenta con un cuerpo de operarios idóneos para su operación, por lo que la disponibilidad no representa una dificultad. Sin embargo, considerando la mayor población de Luján y una normativa laboral sin diferencias sustanciales, se estima que Luján cuenta con una mayor oferta laboral.

- Acceso a la red de gas

En la planta actual de Sigma Agro no cuentan con abastecimiento de gas ni posibilidad de obtenerla directamente de la red. Sin embargo, se estima que el Luján sería posible acceder a un terreno que sí tenga.

Teniendo en cuenta las ponderaciones y características mencionadas previamente, se presenta la Tabla 19.3 como resumen de la matriz de selección.

Tabla 19.3

Matriz de selección

Factores de decisión		Ponderación	Alternativas		
			Mercedes	Luján	Gral. Las Heras
Obligatorios	Infraestructura industrial	-	Si	Si	No
	Acceso a EE	-	Si	Si	Si
	Habilitación legal	-	Si	Si	Si
Deseables	Densidad poblacional	40%	8	4	-
	Confiabilidad de servicios	20%	7	4	-

Costo EE	15%	3	3	-
Costo y disponibilidad de MO calificada	15%	9	10	-
Acceso a red de gas	10%	1	8	-
	100%	6,5	5,15	-

Dada la matriz de selección presentada, se concluye que Mercedes es la ciudad que presenta mayor aptitud para albergar la planta completa de Sigma Agro, que cuente con la unidad formuladora y la ampliación hacia una línea de síntesis de 2,4-D éster.

19.4 Emplazamiento definitivo

Como último paso del análisis de localización de la planta de Sigma Agro S.A., se procede a su emplazamiento definitivo. Este apartado pretende analizar diferentes terrenos, dentro de la región seleccionada en el análisis regional, a fin de determinar en cuál realizar la inversión.

Dado que la región idónea para la instalación de la planta resultó Mercedes, misma localidad en la cual se emplaza al día de la fecha, no resulta necesario buscar diferentes terrenos candidatos.

Se determina que la planta permanezca en el mismo lugar en el cual se encuentra al día de la fecha: ruta provincial N°42 y cruce con acceso La Verde, a 20km del centro de Mercedes, Buenos Aires.

19.5 Conclusión

El análisis de localización es una herramienta fundamental a la hora de determinar la ubicación exacta en la cual construir una planta. Sin embargo, a la hora evaluar la factibilidad de un proyecto de ampliación de una línea en una fábrica ya existente, se espera llegar a la conclusión de que no es necesario mudarla.

Del análisis previamente realizado, se llegó a conclusión esperada, mediante una metodología de análisis de aplicación de un modelo matemático, y la evaluación de aspectos cualitativos y cuantitativos que brindan soporte a la decisión tomada.

Cabe destacar que, aún en el caso que la localidad de Luján hubiera obtenido un puntaje ligeramente mayor en la matriz de selección, se hubiera optado por que la planta permanezca donde está al día de la fecha. Esto se debe a que, a menos que se perciba una gran ventaja al mudarla, no justificaría la inversión.

Durante el proceso de mudanza, la empresa debería enfrentar una serie de desafíos propios de un cambio de ubicación, entre los que se pueden destacar factores de movimiento de maquinaria y costo de flete asociado, posibles cambios en el personal por la nueva ubicación,

con las indemnizaciones correspondientes, cese de operaciones durante el proceso de mudanza, construcción de la nueva fábrica, reajuste de layout, conocimiento del nuevo layout, entre otros.

20. LAYOUT

Una vez determinada la localización de la planta, y habiendo estudiado la maquinaria necesaria para el proceso y la planificación de la producción, cabe analizar la disposición del espacio en la planta productiva. Una correcta distribución del área disponible debe permitir minimizar los movimientos, tanto de insumos como de personal, entre las distintas etapas productivas y las distancias recorridas, maximizando la eficiencia en el uso de los espacios.

La Figura 20.1 muestra una vista aérea de la planta actual de Sigma Agro.



Figura 20.1. Planta de producción en Mercedes de Sigma Agro.

La planta está ubicada en Mercedes, Provincia de Buenos Aires. El predio es de 36 hectáreas aproximadamente, y cuenta con poco más de 4.800 metros cuadrados edificados. A continuación, se muestra un plano de la planta con sus respectivos sectores.

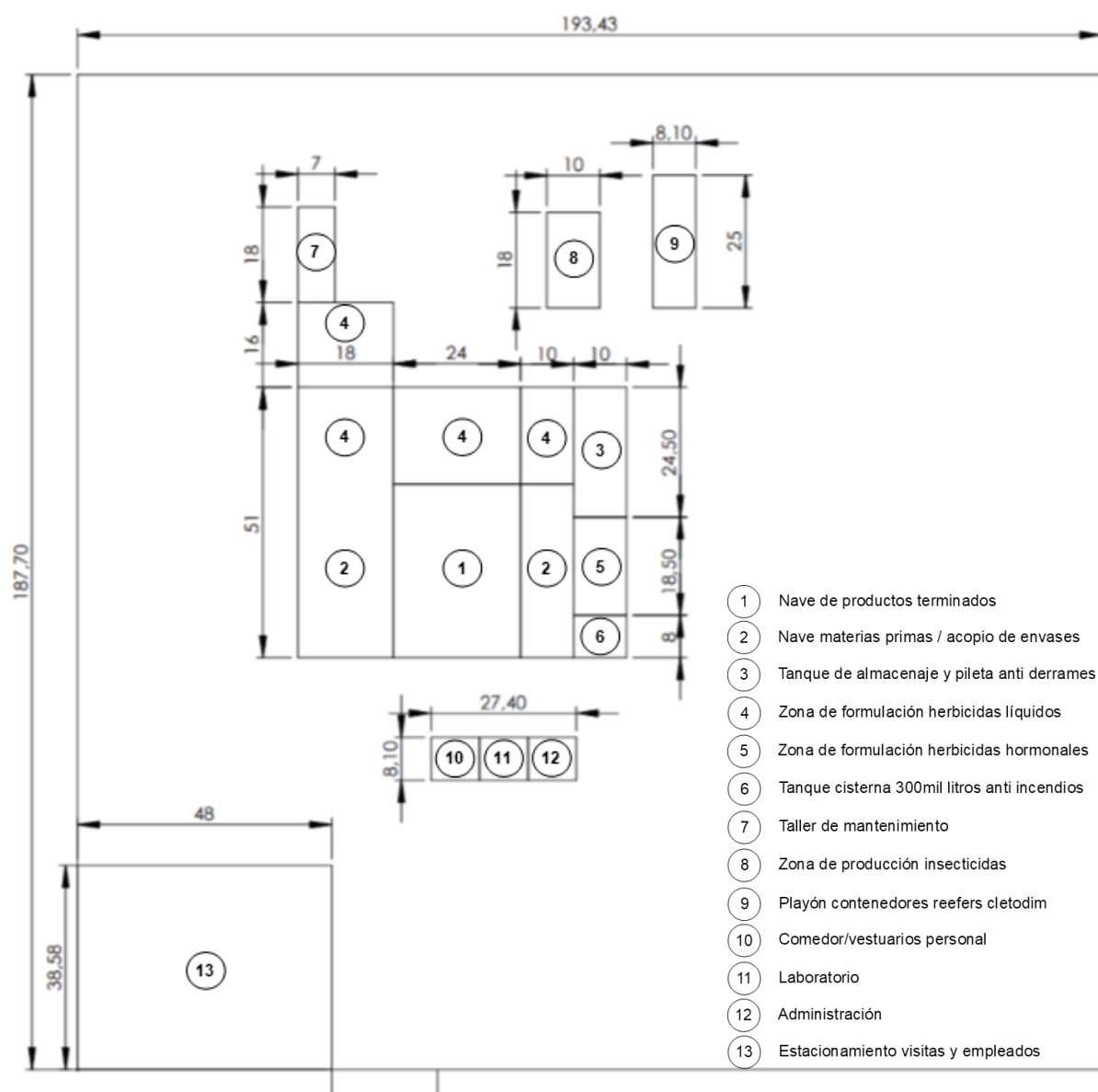


Figura 20.2. Layout actual de la planta de producción de Sigma Agro.

Como se puede apreciar en la Figura 20.2, la planta cuenta con una gran playa de estacionamiento en la parte inferior izquierda, donde se ubica la entrada y salida de los vehiculos, incluidos los camiones que transportan los bienes. Siguiendo en direccion hacia hacia la parte superior, se encuentra el edificio que cuenta con el comedor y vestuarios para el personal, el laboratorio de control de calidad y las oficinas de la administracion.

Luego, en el edificio de mayor tamaño, se encuentran las naves de almacenamiento de materias primas y de producto terminado. Además se encuentran las zonas de formulación, los tanques de almacenamiento con las piletas antiderrames, y el tanque cisterna anti incendios. En la esquina superior izquierda se encuentra el taller de mantenimiento. Finalmente en la parte superior derecha se encuentran la zona de produccion de insecticidas y un playón de contenedores.

Dado el nivel de ocupación de las edificaciones actuales, es necesario la construcción de nuevos edificios para poder introducir la línea de síntesis química de 2,4-D. Además, debido a las cantidades de herbicidas a producir, se incorporará una nueva nave de productos terminados integral para toda la planta. Por último, se incorporará una planta de trata de efluentes. El layout propuesto se puede encontrar en la Figura 20.3.

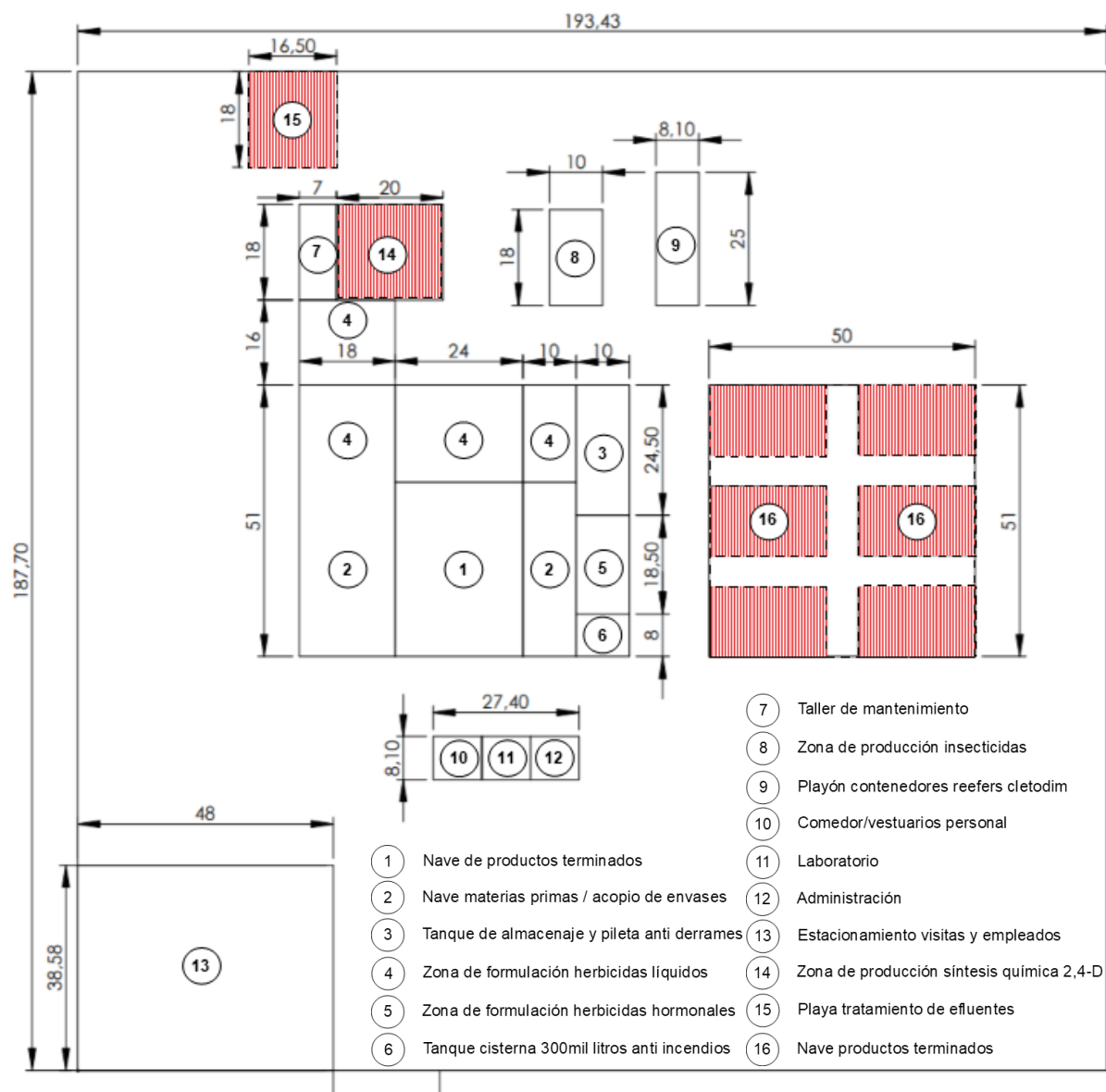


Figura 20.3. Layout propuesto para la planta de producción de Sigma Agro.

En el boceto anterior se pueden observar las nuevas áreas propuestas resaltadas en rojo para una mejor identificación.

El nuevo almacén de productos terminados se incorpora al layout propuesto por dos razones. La primera es el aumento en la cantidad de productos a comercializar por parte de Sigma. Es una compañía que viene creciendo mucho en ventas para todos sus productos, y sumado a la

incorporación de la línea sintetizadora, los números de ventas proyectados para los años futuros indican la necesidad de un nuevo almacén de mayor tamaño. Por otro lado, el sistema de carga de camiones de productos terminados actualmente no es muy fluido. Con el nuevo depósito propuesto, los camiones podrán realizar tareas de carga y descarga más cerca del producto para minimizar el movimiento del mismo. Como ya se mencionó en el capítulo de seguridad e higiene, hay varios requisitos y recomendaciones para los depósitos de productos fitosanitarios.

A continuación, en la Figura 20.4 se presenta un boceto ilustrativo del layout propuesto específicamente para el área de síntesis química de 2,4-D. Se muestran los principales componentes del proceso para poder observar cómo es el flujo de productos, dentro del mismo.

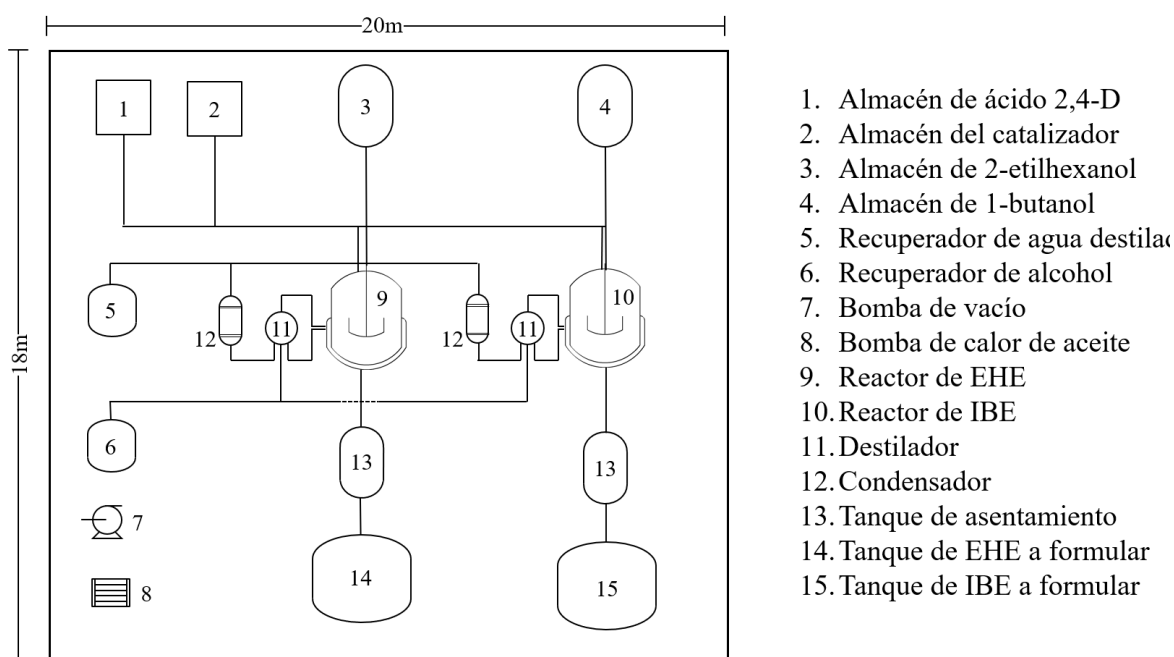


Figura 20.4. Layout ilustrativo del área de síntesis química de 2,4-D. Los elementos representados no se encuentran a escala

21. MARCO REGULATORIO

Debido a la naturaleza peligrosa de los productos químicos en cuestión, su uso es regulado por SENASA. Para la producción propia con estos productos se requieren tener principalmente dos habilitaciones. Una de ellas es para el hacer uso del principio activo. Sigma ya cuenta con la habilitación requerida para hacer uso de 2,4-D ácido en la planta.

La otra habilitación requerida es sobre el formulado final, que no solo habilita al productor, sino que establece requerimientos estrictos en las propiedades del producto. Estas propiedades están estipuladas más abajo, siendo algunas principales la composición final del producto, densidad, PH etc. Las patentes para los formulados finales son dificultosas para conseguir, y se requiere del cumplimiento de una serie de pasos explicados más adelante en este capítulo. A su vez el proceso de registro, y la aceptación del formulado final por parte de SENASA es arduo, costoso y puede demorar hasta 4 años. En el caso del 2,4-D éster y butílico, Sigma Agro también cuenta con el registro del formulado final en cuestión.

La Resolución N°87/96 del SENASA especifica el procedimiento de inscripción para las sustancias activas y/o sus formulaciones, en vigor desde el 10 de diciembre de 1996 (Secretaría de Agricultura, 1998).

En el capítulo II de la resolución se especifican los documentos a presentar por toda persona jurídica que quiera sintetizar y/o formular productos fitosanitarios en la región del Mercosur:

- Nota solicitando la inscripción en papel membrete
- Solicitud de Inscripción para la libre circulación de Sustancias Activas Grado Técnico y/o sus correspondientes Formulaciones de productos Fitosanitarios según Resolución N° 48/96 del GRUPO MERCADO COMUN.
- Nombre de las Sustancias Activas Grado Técnico sintetizadas y/o de los Productos Formulados.
- Identificación de los establecimientos industriales donde se desarrollan los referidos procesos (en caso de pluralidad, deberá especificar cuáles productos corresponden a cada Planta o Establecimiento Industrial).
- Dirección.

Para el registro de sustancias activas, se deberán presentar datos de Identidad, Composición y Propiedades fisicoquímicas:

- Identidad:
 - Solicitante.
 - Nombre y Dirección.
 - Fabricante/Registrante.

- Nombre común: aceptado por ISO, o propuesto, en su orden, por BSI, ANSI, WSSA o el fabricante, hasta su aceptación o denominación por ISO. Indicar a cuál corresponde.
- Sinónimos.
- Nombre químico: Aceptado o propuesto por IUPAC.
- Grupo químico.
- Fórmula empírica.
- Fórmula estructural.
- Isómeros.
- Aditivos.
- Composición:
 - Certificado de composición cuali-cuantitativa de la sustancia activa grado técnico, incluyendo sus impurezas con concentraciones iguales o superiores al 0,1% y aquellas toxicológicamente reconocidas.
 - Métodos analíticos para la identificación de la Sustancia Activa Grado Técnico.
- Propiedades fisicoquímicas:
 - Estado físico.
 - Color.
 - Olor.
 - Punto de fusión.
 - Punto de ebullición.
 - Densidad.
 - Presión de vapor.
 - Volatilidad.
 - Solubilidad en agua.
 - Solubilidad en solventes orgánicos.
 - Coeficiente de partición en n-octanol/agua.
 - Estabilidad en agua (Hidrólisis).
 - Inflamabilidad (punto de ignición).
 - Tensión superficial.
 - Propiedades explosivas.
 - Propiedades oxidantes.
 - Propiedades corrosivas.
 - Reactividad con el material de envases.
 - pH.
 - Constante de disociación en agua.
 - Distribución de partículas por tamaño.

- Fotólisis.

Todas las propiedades fisicoquímicas deberán estar acompañadas por las correspondientes referencias y por la identificación del método de determinación internacionalmente reconocido.

Por otra parte, para el registro de formulaciones a partir de las sustancias activas, se deben presentar los siguientes datos de descripción General, Composición y Propiedades fisicoquímicas de las Formulaciones.

- Descripción general:
 - Solicitante.
 - Formulador/Registrante.
 - Nombre comercial.
 - Clase de uso.
 - Tipo de Formulación.
- Composición:
 - Certificado de composición de la Sustancia Activa Grado Técnico, expresado en porcentaje. p/p o en p/v.
 - Certificado de composición cuali-cuantitativa de la Formulación con todos sus componentes.
 - Declaración con los tenores máximos y mínimos de cada componente de la Formulación.
 - Métodos analíticos para la determinación de la Sustancia Activa Grado Técnico.
- Propiedades fisicoquímicas:
 - Aspecto.
 - Estado físico.
 - Color.
 - Olor.
 - Estabilidad en almacenamiento.
 - Densidad relativa.
 - Inflamabilidad.
 - Acidez/Alcalinidad.
 - pH.
 - Explosividad.
- Propiedades físicas relacionadas con su uso:
 - Humectabilidad.
 - Persistencia de espuma.
 - Suspensibilidad.

- Análisis granulométrico.
- Estabilidad de la emulsión.
- Corrosividad.
- Incompatibilidad con otros productos.
- Densidad a 20°C en g/ml.
- Punto de inflamación.
- Viscosidad.
- Índice de sulfonación.
- Dispersión.
- Desprendimiento de gas.
- Soltura o fluidez.
- Índice de Iodo.
- Índice de saponificación.

A su vez, se deben presentar muestras suficientes como para realizar las pruebas necesarias.

En cuanto al plazo para la conclusión del proceso de registro, será de 180 días de corrido a partir de la presentación de todas las informaciones establecidas en los requisitos de inscripción.

22. CONCLUSIÓN ESTUDIO DE INGENIERÍA

El estudio de ingeniería permite determinar la tecnología a utilizar, la mano de obra, la localización y el layout en planta, para lograr producir un producto que cumpla con las especificaciones necesarias, y en las cantidades proyectadas en el estudio de mercado.

A partir del estudio realizado se determinó que el proyecto se llevará a cabo en el predio que la planta posee actualmente, ubicada en la localidad de Mercedes, Buenos Aires, Argentina.

Para llevar a cabo el proyecto se analizaron distintas metodologías para cumplir con el plan de producción, y se dimensionaron y seleccionaron las tecnologías involucradas en el proceso. Se determinaron las cantidades necesarias de insumos y maquinaria, para satisfacer las demandas proyectadas hasta el año 2029, para cada producto (EHE e IBE). Se concluye que la mayoría de los insumos y maquinaria necesaria serán adquiridas a proveedores en China.

CAPÍTULO III:

ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

RESUMEN

Ningún proyecto de inversión puede llevarse a cabo sin conocer sus aspectos económicos y financieros. Por eso, con la información recolectada y generada en el estudio de mercado y en el dimensionamiento de las tecnologías necesarias en la sección de ingeniería, se procede a realizar el análisis económico del proyecto.

El capítulo inicia con la proyección de las diferentes variables macroeconómicas que afectan al proyecto, como puede ser el tipo de cambio, el riesgo país o mismo la inflación en dólares y pesos. Es en este aspecto donde cabe destacar que el mercado de herbicidas, y el campo en general, se encuentra dolarizado y se compran materias primas a proveedores extranjeros, por lo que no puede ignorarse la inflación en dólares y los efectos del tipo de cambio. Se analizan, también, los impuestos nacionales y provinciales que se deben abonar, junto con las retenciones y otras tasas que afectan la importación de insumos.

Sigma Agro cuenta con parte de la infraestructura necesaria para llevar a cabo el proyecto (por ejemplo, depósitos en su planta y un terreno suficientemente grande para construir las naves necesarias), además de otros activos intangibles como registros, mano de obra calificada y experiencia comercial y técnica en la industria. Sin embargo, a los fines de realizar una valuación más precisa, se busca analizar el proyecto de forma independiente a la empresa. De no hacerlo, sería más difícil y difuso determinar si el mismo es viable financieramente sin perjuicio de los recursos de la empresa (que podrían ser utilizados para otros proyectos).

Anexo a la selección y dimensionamiento de tecnologías, se incluyen las inversiones necesarias para la instalación de la planta. De esta manera, se obtiene el monto del proyecto a financiar para lo que se analizan diferentes estrategias y alternativas.

Se describe el sistema de costeo adoptado, prosiguiendo así a la presentación del estado de resultados del proyecto.

Se analizan activos, pasivos y patrimonio neto del proyecto para verificar su balance. También se realizan análisis del flujo de fondos del IVA, del proyecto y del inversor para cuantificar la rentabilidad del proyecto en sus 10 años de duración, mediante indicadores como el VAN, TIR y TOR, así como el período de repago.

23. PROYECCIONES MACROECONÓMICAS

Para plantear el desarrollo de un proyecto productivo, es necesario estimar un conjunto de variables macroeconómicas. Las proyecciones económicas y financieras del proyecto están basadas en este contexto.

Dado que los bienes producidos tienen un comportamiento similar a un commodity, con precios de referencia internacionales, y a su vez se necesita otro conjunto de commodities para producirlos, uno de los factores determinantes es el tipo de cambio. Otra variable que se busca proyectar es la inflación.

Generalmente, es posible conocer la evolución implícita esperada de una variable a través de datos del mercado, ya sea en forma directa o indirecta. Algunas variables, como las tasas de interés, poseen un mercado de derivados profundo y líquido a partir del cual es posible ver la estructura temporal de tasas de interés futuras.

En otros casos, partiendo de la hipótesis de que no existe la posibilidad de arbitrajes, la evolución de una variable está implícita en el comportamiento de dos o más productos financieros. Por ejemplo, la inflación implícita del dólar puede estimarse a partir de la relación entre los rendimientos de bonos del tesoro norteamericano (que pagan o devengan interés nominal) y los bonos del tesoro ajustados por inflación (TIPS). En la medida que sea posible, se busca utilizar este enfoque directo o indirecto.

23.1. Inflación en dólares

La inflación se define como la pérdida de poder adquisitivo constante de una moneda, lo que produce incrementos nominales del nivel de precios. Para el análisis se busca estimar tanto la inflación interanual en pesos como en dólares. Existen principalmente dos motivos por los que es importante estimar esta variable:

- En el mediano y largo plazo, las variaciones de tipo de cambio se correlacionan con la inflación, especialmente en economías emergentes donde la variación del nivel de precios suele ser más elevada (Eatzaz & Saima, 1999) (Abdurehman & Samet, 2016).
- Si bien representan una fracción menor de los costos, aquellos en pesos se ajustan en buena medida con esta variable (por ejemplo, los salarios).

Como se comentó previamente, la inflación del dólar puede conocerse a partir de la relación entre bonos del tesoro de interés nominal y real (TIPS). Para un par de bonos cupón cero con mismo vencimiento la relación queda representada en la *Ecuación 23.1*.

$$E(\pi_{USD}) = \frac{1 + y_{treasury}}{1 + y_{TIPS}} - 1$$

Ecuación 23.2. Expectativa implícita de inflación, a partir del arbitraje entre tasas nominales y reales.

En la *Ecuación 23.3*, y son las tasas de interés (nominales o reales) y $E(\pi_{USD})$ la expectativa de inflación (ambos expresados como tasas de interés efectivas). Si la inflación real fuera diferente a la esperada, alguna de las partes obtendría una renta mayor a la otra. Si bien los valores esperados pueden terminar difiriendo de los reales, con la información disponible a un momento dado, el mercado fijará sus expectativas, que por arbitraje se traducen en la fórmula anterior. Esto permite a los agentes establecer estrategias de especulación o cobertura, si desean aumentar o disminuir su exposición a un determinado riesgo, respectivamente.

Se toman datos de todos los TIPS en circulación para realizar un promedio de los rendimientos (reales) por cada año de término remanente. Para los rendimientos nominales, se utiliza el compósito publicado por la FED y para los años en que no existe un valor publicado se realiza una interpolación. Con la ecuación anterior, se calcula la inflación implícita.

Cabe destacar que el valor obtenido representa la inflación implícita promedio anual, entre el momento actual y el plazo correspondiente. Por lo tanto, para conocer la inflación implícita interanual, se deben calcular las tasas forward de un año. Para una serie de tasas spot y (como las anteriores) con plazos n (en años), se puede conocer la tasa forward de un año $f_{n,1}$ a partir de la siguiente *Ecuación 23.4*, que se conoce como bootstrapping.

$$f_{n,1} = \frac{(1 + y_{n+1})^{n+1}}{(1 + y_n)^n} - 1$$

Ecuación 23.5. Método de bootstrapping para calcular la tasa forward de un año, que corresponde a la variación interanual de una variable.

La estructura de la *Ecuación 23.6* se asemeja a la anterior dado que ambas se basan en el principio de no-arbitraje. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente Tabla 23.1.

Tabla 23.2

Resultado del análisis de inflación implícita en dólares.

Año	Rend. TIPS	Rend. US-treasury Bonds	Inflación implícita	Inflación interanual
2020	0,28%	1,54%	1,26%	1,26%
2021	0,31%	1,61%	1,29%	1,33%
2022	0,26%	1,61%	1,35%	1,46%
2023	0,20%	1,63%	1,43%	1,68%
2024	0,16%	1,65%	1,49%	1,71%
2025	0,20%	1,70%	1,49%	1,53%
2026	0,22%	1,75%	1,52%	1,72%
2027	0,24%	1,78%	1,53%	1,58%

2028	0,24%	1,81%	1,56%	1,83%
2029	0,20%	1,84%	1,64%	2,33%

23.2. Inflación en pesos

Desafortunadamente, no existe en Argentina un mercado de bonos en pesos lo suficientemente líquido, para todos los plazos necesarios, que permita realizar una estimación de esta variable a partir del mismo método anterior. En su lugar, se toma el último informe publicado por el FMI que contiene una proyección de la inflación para los próximos años. Se ajustan estas proyecciones por la diferencia entre el valor para 2019 con el último dato de inflación interanual disponible (octubre), para reflejar el aumento del nivel de precios reciente y su potencial impacto en el futuro. Asimismo, se establece un valor de convergencia del 5% constante a partir del año 2025.

Tabla 23.3

Proyección de inflación anual en pesos.

Año	Inflación ARS
2020	29,7%
2021	23,6%
2022	16,4%
2023	10,5%
2024	7,4%
2025	5,0%
2026	5,0%
2027	5,0%
2028	5,0%
2029	5,0%

Elaboración propia a partir de (International Monetary Fund, 2019)

23.3. Tipo de cambio

Al igual que en el caso anterior, debido a la ausencia de un mercado líquido y con plazos suficientes de instrumentos de tasas fijas en pesos, no es posible conocer el valor implícito del tipo de cambio nominal para toda la duración del proyecto. Sin embargo, sí existen múltiples emisiones significativas de bonos soberanos denominados en dólares, e indexados por inflación (a través del Coeficiente de Estabilización de Referencia, publicado diariamente por el BCRA y que ajusta según el nivel de precios). La relación de arbitraje de las tasas de interés de ambos tipos de activos, sumados a las tasas de inflación en dólares calculados anteriormente, dan como resultado la variación implícita del tipo de cambio real.

El tipo de cambio real (TCR) se define como el tipo de cambio entre dos monedas ajustado por las variaciones en el poder adquisitivo de cada una. Esto significa que las variaciones en el tipo de cambio nominal se corrigen por la inflación en cada moneda. Por ejemplo, si la diferencia (geométrica) entre la inflación en pesos y dólares es del 10% en un año, y el tipo de cambio se mantiene constante en valores nominales, significa que el tipo de cambio real peso-dólar se apreció (disminuyó) un 10%, porque los mismos pesos tienen un poder de compra menor en Argentina y mayor en Estados Unidos respecto a un año atrás.

Se calculan los rendimientos en dólares y en CER de ambos tipos de activos, y se computa su duration modificada. Para que los instrumentos sean comparables, sólo se consideran emisiones bajo ley local para la curva en dólares (iguales condiciones de emisión a los bonos CER). De este modo se evita introducir un error, dado que en el mercado normalmente existe una diferencia en la prima de riesgo de acuerdo con la legislación (ley argentina vs ley de Nueva York). Luego se realiza una regresión de cada serie para poder estimar valores de referencia para cada año del proyecto.

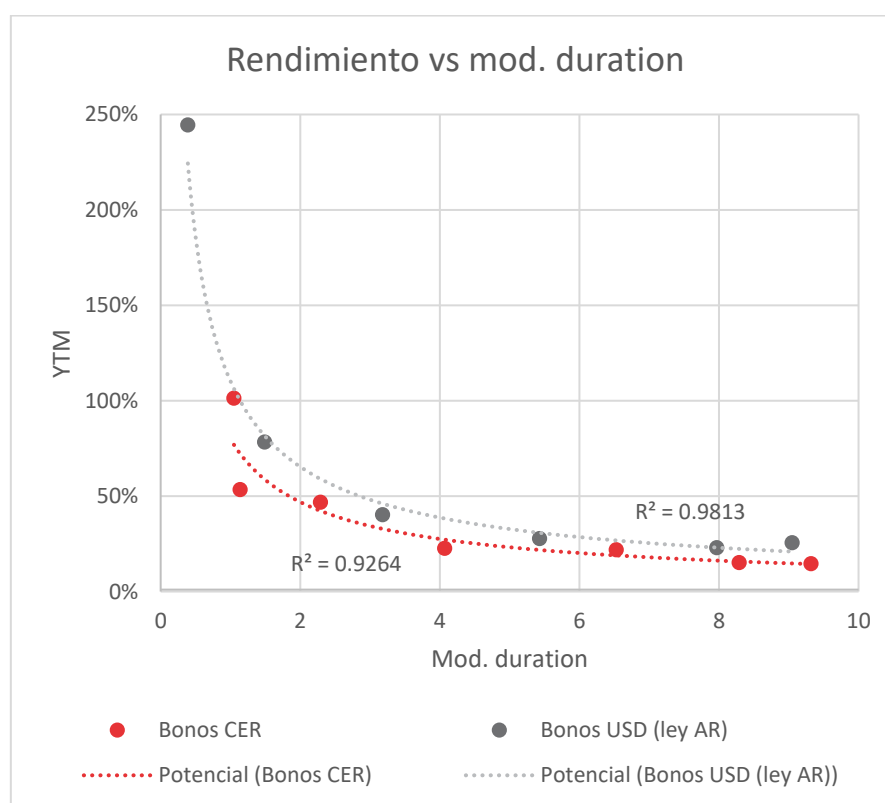


Figura 23.1. Rendimiento de bonos en USD e indexados por CER, en función de su duration.

Se puede utilizar la misma Ecuación 23.1 para estimar la variación implícita del tipo de cambio real. Si además se incorpora el valor de la inflación esperada en dólares (multiplicando geométricamente por el valor anterior), la variación del tipo de cambio real queda expresada solamente en términos de pesos. Es decir, al multiplicar por la inflación proyectada en dicha moneda, puede calcularse directamente el tipo de cambio nominal. Nuevamente, para conocer

la variación implícita interanual es necesario transformar la serie de TCR promedio a tasas forward a través de la Ecuación 23.2. Los resultados finales se presentan en la Tabla 23.4.

Tabla 23.5

Resultados análisis tipo de cambio real.

Año	USD	CER	Implícito TCR	Tasa fwd
2020	110,3%	79,8%	-13,39%	-13,39%
2021	65,4%	46,9%	-10,01%	-6,51%
2022	48,1%	34,4%	-8,08%	-4,08%
2023	38,7%	27,6%	-6,75%	-2,66%
2024	32,7%	23,2%	-5,80%	-1,88%
2025	28,5%	20,2%	-5,10%	-1,54%
2026	25,4%	17,9%	-4,52%	-0,98%
2027	23,0%	16,2%	-4,07%	-0,82%
2028	21,0%	14,8%	-3,66%	-0,36%
2029	19,4%	13,6%	-3,27%	0,31%



Figura 23.2. Variación implícita interanual del tipo de cambio real, durante la vida del proyecto.

Cabe aclarar que el método utilizado es una aproximación de las expectativas de mercado, que en este caso no pueden conocerse de forma más precisa. Por un lado, porque se utilizan curvas interpoladas de acuerdo con una regresión. Y por otro, porque se computan las tasas internas de retorno (TIR) y duration en función de este resultado, que pueden no ser representativas de un único punto en el tiempo. Esto se debe a los supuestos subyacentes a la TIR, como el de reinversión de cupones a la misma tasa. Los supuestos podrían verse distorsionados en aquellos bonos con duration más larga, sobre todo si se consideran las altas tasas nominales que presenta Argentina en este contexto, y la convexidad de dichos instrumentos.

Incluso con estas consideraciones, cualquier estimación proveniente de mercados transparentes y competitivos reflejará adecuadamente las expectativas actuales de todos los agentes en forma agregada. Para entender si los valores obtenidos son coherentes, se comparan las proyecciones propias con valores históricos del (sub)índice de Tipo de Cambio Real Multilateral (Estados Unidos), publicado por el BCRA. Se ajusta el último valor disponible por la brecha entre los tipos de cambio del dólar oficial y el dólar MEP¹, para eliminar los efectos del actual cepo cambiario.

Como se observa en la Figura 23.3, el mercado espera apreciación cambiaria para los primeros años, para luego converger a valores próximos al promedio histórico de la serie. De haberse utilizado un enfoque del tipo “mean reversion”, probablemente los resultados serían muy similares.

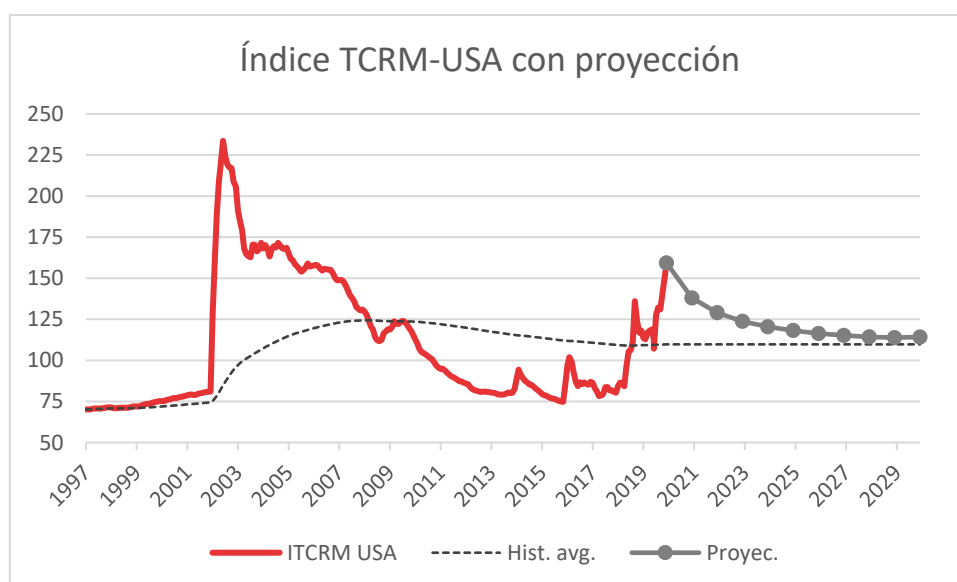


Figura 23.4. Serie histórica del subíndice EE. UU. del ITCRM, con promedio acumulado y evolución a partir de proyecciones utilizadas.

23.4. Riesgo país

El Riesgo País se define como “el riesgo de una inversión económica debido sólo a factores específicos y comunes a un cierto país”. En términos financieros, representa el diferencial de tasa (spread) al que un país puede endeudarse respecto a la tasa libre de riesgo (bonos del tesoro de EE. UU.) Debido a que tiene en cuenta el entorno político, económico, seguridad pública, entre otros, cambia año a año según la variación del país analizado.

¹ Se denomina dólar MEP (medio electrónico de pagos) a la divisa norteamericana que integra el Sistema Nacional de Pagos del BCRA (por ejemplo, a través de depósitos en dólares en cuentas argentinas). También son llamados “argendólares”. Se debe realizar la conversión a divisas internacionales para poder llevar a cabo operaciones en el exterior (por ejemplo, comercio exterior). Como se analizaron bonos emitidos bajo ley local, se corrigió el ITCRM por la cotización (libre) de la moneda en esta forma.

A pesar de la inestabilidad presente en Argentina al momento de realizar este trabajo, se toma un riesgo país constante de 700 puntos, que representa el promedio histórico de Argentina desde que el índice fue instaurado en 1998 (exceptuando el período de default 2001-2005). Asimismo, si se analizan los últimos stress financieros del país (2001-2005 y 2008-2009), se observa que al final cada etapa de inestabilidad el índice se ubicó en la zona de 460 y 770 puntos básicos, respectivamente. Por lo tanto, el valor que se asume es un objetivo razonable toda vez que se disipe la inestabilidad financiera y política que conforman la coyuntura actual.

23.5. Impuestos

A continuación, se detallan los distintos impuestos que impactan en el análisis económico y financiero del proyecto.

23.5.1. Impuesto a las Ganancias

En primer lugar, tal como lo establece la Ley N° 20.628, modificada por la Ley N° 27.430 (reforma tributaria), dado que se trata de una persona jurídica, se toma el Impuesto a las Ganancias como una alícuota del 25%, para los ejercicios iniciados a partir de 2020.

Para la simplificación de los estados contables se asume que el impuesto se paga el mismo ejercicio en que se devenga. Asimismo, se considera que de haber quebranto (resultados negativos), el resultado a favor del impuesto puede ser utilizado dentro de los siguientes cinco ejercicios, tal como establece la Ley.

En caso de no ser utilizado durante los próximos 5 períodos fiscales a haberse generado el quebranto, se contabiliza como una pérdida en el ejercicio siguiente.

23.5.1. Impuesto al Valor Agregado

El IVA es un impuesto nacional gravado sobre el consumo de bienes y servicios, calculado en base mensual sobre la actividad comercial de la empresa. Una compañía típicamente compra insumos con IVA (crédito fiscal) y vende con IVA (débito fiscal), por lo que la diferencia entre ambos es lo que se debe entregar al ente recaudador, la AFIP.

Puede suceder que se compra más de lo que se vende en algún mes, por lo que se acumula un exceso de crédito fiscal que puede ser utilizado cuando se dé el caso contrario. Este crédito no tiene fecha de vencimiento, puede ser utilizado en cualquier momento. Sin embargo, dadas las diferentes alícuotas que gravan a los diferentes bienes y servicios, puede que se compre con más IVA del que se vende, sin necesariamente incurrir en pérdidas para la empresa. En dicho caso se incurre en un crecimiento sostenido del crédito fiscal, conocido como generación de IVA estructural. A fin de aliviar su impacto económico, la Nación permite utilizar ese crédito para aliviar el Impuesto a las Ganancias. Esta situación no es tomada en cuenta en el desarrollo del presente análisis económico financiero, a fin de simplificar los cálculos dado que se trata de un estudio de prefactibilidad.

En cuanto a las diferentes alícuotas que gravan el consumo, se destacan (AFIP, 2019):

- Consumo de bienes y servicios general (nacionales e importados): 21%.
- Consumo de energía eléctrica: 27%.

Estas son las alícuotas utilizadas para realizar los diferentes cálculos. El caso particular de las importaciones se analiza posteriormente.

No se tiene en cuenta la retención del IVA adicional del 20% típicamente aplicada a las importaciones, pues al tratarse de crédito fiscal de libre disponibilidad, podría utilizarse para cancelar otros impuestos nacionales (como el Impuesto a las Ganancias). Asimismo, se considera que todo el débito fiscal neto de IVA se paga el mismo ejercicio en que se devenga.

23.5.2. Ingresos Brutos

El Impuesto a los Ingresos Brutos es del 3% en la Provincia de Buenos Aires para la actividad desarrollada por la empresa. El impuesto se calcula como la alícuota multiplicada por el ingreso total de todas las ventas (netas de IVA). Los pagos se realizan en el mismo ejercicio en que se devengan. A los fines prácticos el impuesto constituye un gasto (variable) adicional en la estructura de costos de la empresa.

23.5.3. Alumbrado, Barrido y Limpieza

El ABL es un impuesto municipal conformado por la tasa retributiva de los servicios de alumbrado, barrido y limpieza, y el impuesto inmobiliario. La obligación es anual y se divide en 12 cuotas fijas mensuales. En el análisis, se considera el ABL para las zonas aledañas a Mercedes.

23.5.4. Aduaneros

Los Derechos de Importación y la Tasa Estadística son calculados sobre la base del costo CIF de los bienes adquiridos.

Los Derechos de Importación merecen un análisis particular, dado que su valor es dependiente del producto. Para los bienes de uso se utiliza un arancel del 35%, el máximo posible. Sin embargo, el ácido 2,4-D técnico y los demás insumos importados son afectados por un 12,5% en promedio.

Cabe recordar que en las primeras secciones del presente trabajo se introdujo que la importación de EHE técnico (que se busca sintetizar) es la que se encuentra arancelada al 35%, mientras que su precursor técnico apenas por el 12,5%, lo que vuelve atractivo el proyecto de extensión de la línea.

En síntesis, se deben considerar los siguientes aranceles:

- Tasa Estadística: 2,5% (Boletín Oficial de la República Argentina, 2019).
- Derechos de importación: 35% para los bienes de uso, 12,5% para materias primas.

El valor resultante de la suma del costo CIF, Tasa Estadística y Derechos de Importación forman la base imponible para los siguientes impuestos. Adicionalmente se considera un cargo de 3% que representa costos adicionales del trámite de importación (honorarios del despachante, costos fijos de Aduana, logística, comisiones bancarias por giros al exterior, entre otros). De este modo el costo total es del 40,5% para los bienes de uso, y 18% para los bienes de cambio.

Adicionalmente, en las importaciones se cobran otros aranceles en concepto de retenciones de otros impuestos (principalmente IVA, II. GG. e II. BB.) Dado que dichas retenciones pueden ser utilizadas como crédito en el mismo ejercicio, no son consideradas por separado, pues su efecto neto en términos de resultados es nulo.

Así resulta que el valor de activación contable de la maquinaria resulta de la sumatoria entre el costo CIF, los Derechos de Importación, la Tasa Estadística y el porcentaje adicional mencionado.

24. INVERSIONES

Es necesaria la adquisición de diferentes bienes para la instalación de la línea de producción. A continuación, se presenta el análisis contable de las diferentes inversiones.

24.1. Terreno

Como se comentó previamente, el emplazamiento definitivo para el proyecto es el terreno propio de Sigma Agro S.A., ubicado en la ruta provincial N°42 y cruce con acceso La Verde, a 20km del centro de Mercedes, Buenos Aires.

Si bien el terreno es propio y no debe comprarse, su uso acarrea un costo de oportunidad de alquilarlo a terceros, o mismo la venta de los metros cuadrados correspondientes. De esta manera, se debe añadir el valor de la superficie utilizada para el proyecto, cotizada en 280 USD/m². Estimando, según layout, dimensiones de 660 m², el costo del terreno se estipula en USD 184.800.

24.2. Instalaciones y maquinaria

Para el emplazamiento de la línea en la fábrica de Sigma Agro S.A. se estima la construcción de un galpón de 660 m², según el layout presentado. El precio a julio del 2019 para el m² de galpones metálicos, según el CoPAIPA, fue de \$15.738 (Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesionales Afines, 2019). Si se dolariza dicho monto, al tipo de cambio considerado para el 2019, el valor es de aproximadamente 200 USD/m².

Se estima que el tiempo de construcción del galpón es de 8 meses.

En el caso de la adquisición de maquinaria, se debe diferenciar cuáles máquinas son importadas de las adquiridas localmente. En el análisis de dimensionamiento y selección de tecnologías se eligieron los diferentes proveedores para los principales bienes de uso del proceso productivo.

Para la compra de maquinaria importada se cotiza, en la mayoría de los casos, el costo FOB del producto y se obtiene el precio aproximado de USD 2.337 en concepto de flete de un contenedor TEU desde China hasta el puerto de Buenos Aires, según el presupuesto de uno de los proveedores. El costo del seguro marítimo se considera como el 1% del costo CFR (FOB + Flete).

Cada máquina contempla sus tiempos de instalación y lead times compartidos por los diferentes proveedores.

Previamente, en la sección de análisis de dimensionamiento y selección de tecnologías se comentó que algunos de los bienes de uso se seleccionarían en función del mejor precio hallado al momento de realizar el análisis económico del proyecto, dado que no tenían grandes requerimientos técnicos o porque se encuentra poca diferenciación entre proveedores.

Entre ellos, se pueden encontrar las bombas centrífugas, adquiridas a proveedores locales por un valor aproximado de \$20.000 para las de mayor potencia y \$10.000 para las de menor requerimiento. Se considera la compra de dos bombas por posición, a fin de contar con una idéntica de repuesto en caso de rotura de la primera y que no sufra paradas la producción. A su vez, el costo de las tuberías se estima en un 50% del costo de los equipos de bombeo.

También, el intercambiador de calor de placas valuado en un costo FOB de USD 18.880, la torre de enfriamiento en USD 5.000, y un sistema de tratamiento de efluentes adquirido nacionalmente por USD 15.000. La construcción de los tanques pulmón se estima en USD 2.500, conformado por USD 1.500 del equipo y USD 1.000 de la construcción de la base contenedora de cemento del mismo volumen que el recipiente.

Se estiman los costos de instalación de aquellas máquinas que lo requieran en un 20% del valor de compra (Agricultural Information Modules, s.f.).

24.3. Registros de SENASA

Para poder sintetizar, formular o comercializar productos que contienen ácido 2,4-D, SENASA exige dos registros que se renuevan cada 2 años. Debido a la recurrencia de inversión y su relevancia para el proyecto, se los toma con un activo fijo intangible, con vida útil de 2 años.

Los registros necesarios son:

- “Inscripción de producto formulado propio o referenciado a base de molécula preexistente”
- “Inscripción de principio activo de producto fitosanitario y PACKS en cualquier combinación”

24.4. Desglose de inversiones

En la Tabla 24.1 se presenta el análisis para las diferentes inversiones en activos fijos del proyecto. Se considera la cantidad a comprar de cada máquina y se realizan dos tipos de análisis dependiendo si el origen de bienes de uso es nacional o importado.

Tabla 24.2

Resumen de las inversiones en activos fijos.

Concepto	Vida útil real	Importado o Nacional	Inversión total (en pesos, año 0)
Terreno	0	-	\$133.056.00
Reactor batch	20	Importado	\$2.867.640
Calentador de aceite	20	Importado	\$1.220.858
Torre destilación	20	Importado	\$3.671.593
Bomba de vacío	20	Importado	\$971.863
Intercambiador de placas	20	Importado	\$2.123.768
Torre de enfriamiento	20	Importado	\$735.907
Tanques pulmón	20	Nacional	\$357.025
Tanques formulación	20	Importado	\$1.471.813
P&I (incl bombas)	5	Nacional	\$61.200
Instrumentos y herramientas auxiliares	3	Nacional	\$297.521
Naves y galpones	20	Nacional	\$7.854.545
Autoelevadores	15	Nacional	\$2.380.165
Registro SENASA	2	Nacional	\$228.091
Sistema Tratamiento Efluentes	20	Nacional	\$892.562

Para la maquinaria importada, se calculan los costos de transporte y seguro para formar el precio CIF y se calculan los impuestos previamente expuestos, logrando el valor de activación como la suma entre el Costo CIF, los Derechos de Importación, Tasa Estadística, tasas fijas de aduana y los costos de instalación y puesta en marcha.

Por otro lado, los bienes de uso comprados en territorio nacional se encuentran gravados con IVA, por lo que debe ser descontado para llegar al valor de activación. Es así como el precio de compra se establece como la sumatoria entre la base imponible IVA y el IVA propiamente dicho. Los registros del SENASA no se encuentran gravados.

Finalmente, la vida contable de los diferentes activos se corresponde con los principios generales de contabilidad generalmente aceptados en Argentina.

24.5. Amortizaciones

Para las amortizaciones se toman los valores de activación en pesos de cada inversión. Se asumen en aquellos con vida útil más corta (registros de SENASA, bombas, etc.). Para los cálculos, estos valores se pesifican al momento de la compra (con el correspondiente tipo de cambio), y se definen los valores en pesos de las amortizaciones anuales. La Tabla 24.4 muestra un resumen de las amortizaciones anuales producto de las inversiones realizadas en el año 0. Lógicamente, para las inversiones cuya vida útil (real) es menor a la duración del proyecto, se

debe reinvertir. Las sumas anuales producto de las amortizaciones pueden verse posteriormente en el análisis del cuadro de resultados.

Cabe destacar que la reinversión de la maquinaria se da en función de su vida útil real y no de la contable.

Tabla 24.3

Resumen de las amortizaciones iniciales (no se consideran reinversiones en esta tabla).

Concepto	Vida útil contable	Amortización anual (en miles de pesos)
Terreno	-	-
Reactor batch	10	286,8
Calentador de aceite	10	122,1
Torre destilación	10	367,2
Bomba de vacío	10	97,2
Intercambiador de placas	10	212,4
Torre de enfriamiento	10	73,6
Tanques pulmón	10	35,7
Tanques formulación	10	147,2
P&I (incl bombas)	5	12,2
Instrumentos y herramientas auxiliares	3	99,2
Naves y galpones	20	392,7
Autoelevadores	5	476,0
Registro SENASA	2	114,0
Sistema Tratamiento Efluentes	10	89,3

25. COSTOS

25.1. Sistema de costeo

Para el proyecto se decide utilizar un sistema de costeo por absorción multicentro-multiproducto, donde los costos directos se hunden en cada centro, y son absorbidos por el siguiente a medida que los productos avanzan el proceso de producción. Se consideran los siguientes grupos de centros de costos:

- **Materias primas (MP):** representa los inventarios de insumos que son comprados por la empresa a proveedores externos, tanto nacionales como importados.
- **Producto en proceso (PP):** representa la etapa de síntesis química en el reactor batch. A este centro ingresan materias primas y se obtienen los compuestos químicos técnicos que son almacenados en un pulmón intermedio.
- **Producto terminado (PT):** representa la etapa de formulación y envasado, a la cual ingresan los componentes técnicos y otras materias primas, para obtener bidones de 2,4-D listos para su comercialización. Los egresos de este centro representan las ventas.

A su vez, se consideran dos líneas de producto independientes para el 2,4-D EHE y el 2,4-D IBE, con el fin de representar con mayor precisión la contabilidad de los costos respecto al proceso de producción real. En la Figura 25.1 se puede observar un diagrama ilustrativo del sistema de costeo utilizado.

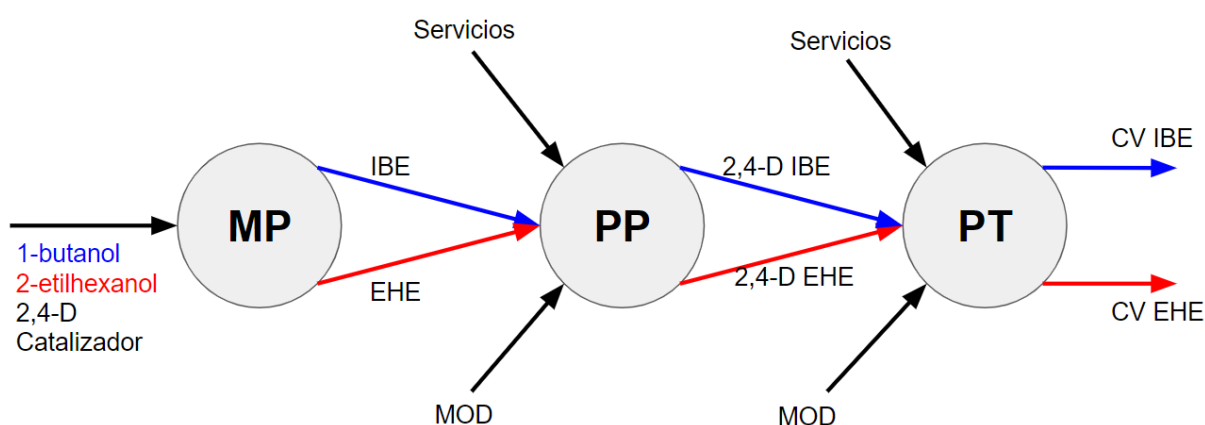


Figura 25.1. Diagrama ilustrativo del sistema de costeo.

El stock y costeo de cada producto se lleva por separado. Se consideran los siguientes factores de costos directos individuales:

- **Materias primas físicas**
 - 1-butanol

- 2-etilhexanol
- Ácido 2,4-D (técnico)
- Biodiésel
- Emulgentes
- Catalizadores
- Bidones
- Mano de obra directa
- Electricidad
- EHE técnico (PP)
- IBE técnico (PP)
- 2,4-D EHE (PT)
- 2,4-D IBE (PT)

Algunos insumos, como los bidones y el biodiésel, van directamente desde el almacén (materia prima) a la etapa de producto terminado, ya que son utilizados para la formulación y no para la síntesis (PP). Otros costos, como la mano de obra directa y electricidad, sólo se consideran para las etapas PP y PT.

Las amortizaciones no son tenidas en cuenta dentro del mecanismo de absorción de costos. En el cuadro de resultados, se expresan en forma separada.

25.2. Valuación de inventarios

Para la valuación de inventarios se decidió adoptar un sistema de valuación histórico (historical volumen-weighted average cost), donde los productos se revalúan a su precio promedio cada vez que hay cambios en el inventario. Dicha metodología es sencilla de computar, y si bien los valores finales pueden diferir ligeramente respecto de un sistema real en producción con otra política (como FIFO), la aproximación es más que suficiente para el estudio de prefactibilidad. Debido a la alta rotación de inventarios, se concluyó que esta metodología permite un nivel de precisión y granularidad suficiente para analizar la evolución de costos del proyecto.

Cada vez que ingresan nuevos productos a un centro de costos, el costo promedio debe recalcularse; sólo si el precio que ingresa es igual al histórico del período anterior no habrá cambios en la valuación. El proceso para el recálculo es el siguiente:

1. En cada período, se toman las cantidades que ingresan al centro de costos y su valuación. Por ejemplo, si se trata de materias primas, el valor será el precio pagado al proveedor más costos asociados (transporte, importación, etc.). Si se trata de producto

en proceso, el valor que ingresa corresponde al costo promedio calculado de las materias primas.

2. Se recalcula el valor promedio, a partir la suma de la valuación del stock del período anterior más la valuación de los productos que ingresan, dividido por la suma de las unidades disponibles en el período anterior más las unidades que ingresan.
3. Todos los egresos del período (por ejemplo, unidades de materia prima que se utilizan para la síntesis) se valúan a la cantidad egresada multiplicado por el nuevo costo promedio calculado en el paso anterior.
4. Se calcula el valor del inventario final como la diferencia entre stock anterior, más ingresos, menos egresos.

Esta metodología presenta numerosas ventajas, entre ellas su consistencia. Siempre se verifica que el stock inicial (período anterior) más los ingresos es igual a los egresos más el stock final, tanto en unidades físicas como monetarias. Además, los egresos de un centro deben ser ingresos a otro centro o una salida de inventarios (es decir, ventas). Por lo tanto, también es fácil verificar la ecuación anterior para todo el sistema, en lugar de un solo centro: si en un período ingresa en total más valor del que egresa, habrá una suba en la valuación del inventario. Lógicamente, para sumar ingresos, egresos e inventarios de forma agregada sólo es posible utilizar unidades monetarias.

Los egresos de los centros de producto terminado representan el costo de ventas, e impactan directamente en el cuadro de resultados. Como el sistema trabaja por absorción, todos los costos incurridos en etapas previas (“aguas arriba” del proceso), eventualmente impactarán en el costo de ventas del producto final, con mayor o menor rezago de acuerdo con las políticas de seguridad de cada tipo de inventario.

25.3. Materia Prima

Las materias primas importadas son 1-butanol, 2-etilhexanol, y ácido 2,4-D, además de catalizador y emulgente. Por otro lado, el biodiesel y los bidones se compran a proveedores nacionales.

Cada insumo posee una unidad física que se respeta a lo largo de todo el proceso. Por lo tanto, si un producto se compra en kg., también se utiliza esta unidad en todos los movimientos de material entre centros de costos. Lo mismo sucede con los productos intermedios del proceso, IBE y EHE.

25.4. Factores de costos no acumulables

Como se desprende del listado de factores de costos, hay una serie de costos que no son stockeables. Ellos son mano de obra directa y electricidad.

La mano de obra directa representa las horas-hombre incurridas por los operarios que trabajan en cada uno de los procesos de síntesis (PP) y formulación (PT). Se prorratean las horas-hombre totales pagadas entre cada producto.

Por último, la electricidad es un costo variable, se mide en kWh, y se estima el consumo de cada proceso (PP y PT) para imputar costos en este concepto.

25.4.1. Gastos en energía eléctrica

La energía eléctrica juega un rol clave en el cálculo de los costos generales de fabricación variables. Los principales equipos utilizados para el proceso de síntesis y formulación de herbicidas son accionados eléctricamente. De tal manera, se puede aproximar el costo mensual teniendo en cuenta la potencia de cada equipo, el tiempo que se utiliza para cada batch (a fin de lograr la energía consumida), la cantidad de kilogramos en cada batch y la cantidad de kilogramos que se producen en dicho mes.

Los parámetros utilizados se obtienen de los diferentes proveedores de la maquinaria o se desprenden del análisis ingenieril del proyecto. Estos consumos se dividen por el volumen de producción para establecer un costo promedio variable por kg. de producto, tanto para la síntesis (PP) como para los productos terminados. Dichos valores se encuentran en la Tabla 25.1.

Tabla 25.1

Resumen del consumo de energía eléctrica.

Concepto	Potencia	Consumo aproximado por batch	Consumo por kg
Síntesis			
Reactor batch (motor)	7,5	67,50	0,0137279
Calentador de aceite (máxima)	370	585,83	0,1191445
Calentador de aceite (estacional)	70	519,17	0,1055861
Torre destilación	2,5	22,50	0,0045760
Bomba de vacío	2,5	1,25	0,0002542
Intercambiador de placas	500	4500	0,9151922
Torre de enfriamiento	1,2	10,80	0,0021965
P&I (incl bombas)	13,48	44,82	0,0091153
Formulación			
Tanques formulación	7,5	22,5	0,0041746
Envasado	150	1350	0,2504731

P&I (incl bombas)	6	3	0,0005566
-------------------	---	---	-----------

Potencia en kW, consumos en kWh.

Finalmente, debe considerarse la tarifa de energía eléctrica y su evolución en el tiempo, teniendo en cuenta la inflación que la afecte. Se obtuvo la tarifa actual en comparativa a los precios de la empresa Edenor, en su estructura tarifaria de “Tarifa 3” para consumos mayores a los 300 kW de potencia contratada en Baja Tensión (tensiones hasta 1kV, inclusive). Asimismo, se calcula la facturación en función de un cargo fijo por cada kW de capacidad de suministro otorgado y un cargo variable en función de los kWh consumidos, en categoría “resto”. Se utiliza la tarifa de resto a fin de simplificar los cálculos y evitar calcular picos y valles de demanda. Este costo inicial se afecta por inflación, obteniendo el costo en USD/kWh para cada año del proyecto, presentado en la Tabla 25.2.

Tabla 25.2

Resumen del precio de la electricidad para cada año.

Año	Precio electricidad [USD/kWh]
2020	0,046
2021	0,047
2022	0,049
2023	0,051
2024	0,052
2025	0,054
2026	0,055
2027	0,056
2028	0,057
2029	0,058

*USD corrientes

25.5. Matriz de imputación de costos

A continuación, en la Tabla 25.3, se muestra la matriz de imputación, que determina cuántas unidades se absorben de un factor (centro de costos) a otro. Las filas representan origen y las columnas destino (similar a una matriz desde-hacia). Además, pueden observarse las unidades utilizadas en cada caso; los valores numéricos están expresados en unidades del factor de destino sobre unidades del factor de origen.

La mano de obra directa (MOD) y las amortizaciones son un caso especial, ya que se expresan como porcentaje del costo total incurrido en cada factor. De este modo, se garantiza que todos los sueldos y amortizaciones devengados sean incluidos en los costos de ventas y/o inventarios.

Tabla 25.3

Matriz de prorrateo de costos.

Producto	Unidad	IBE [kg]	EHE [kg]	2,4-D IBE [L]	2,4-D EHE [L]
1-butanol	Kg	0,2674			
2-etilhexanol	Kg		0,3908		
Ácido 2,4-D	Kg	0,8056	0,6699		
Biodiésel	L			0,2145	0,2240
Bidones	U			0,0500	0,0500
Emulgente	L			0,0044	0,0046
Catalizador	Kg	0,0019	0,0022		
IBE	Kg			0,9749	
EHE	Kg				0,8945
MOD Operarios	% hh total	0,2400	0,3000	0,2100	0,2500
MOD Supervisores	% hh total	0,2400	0,3000	0,2100	0,2500
Electricidad	kWh/kg	1,1698	1,1698	0,2552	0,2552

25.6. Gastos Generales de Administración, Comercialización y Finanzas

Para estimar los gastos generales de administración y comercialización se realiza un estudio de los Estados Contables de años anteriores de Sigma Agro. De ellos se obtuvo la relación entre cada una de las categorías en función de los ingresos, presentados en la Tabla 25.4.

Tabla 25.4

Desglose Gastos Generales de Admin. y Com.

Concepto	Porcentaje de ventas
Publicidad	1,00%
Movilidad y viáticos	0,28%
Limpieza y mantenimiento	0,35%
Logística, depósitos y fletes	2,88%
Viajes y estadías	0,35%
Atención a clientes	0,08%
Librería y papelería	0,01%
Honorarios profesionales	1,50%
Seguros	0,22%
Alquileres y expensas	0,20%
Servicios informática	0,18%
Refrigerios y comedor	0,15%
Bonus Vendedores	1,00%

Todos los valores están expresados como porcentaje de la facturación. Estos gastos no son variables, pero se considera que al modelarlos de esta manera se consiguen números anuales ciertos. Es decir, el acumulado en el tiempo es representativo de la realidad. Estos gastos no se cuantifican en el sistema de costeo, ya que no son costos directos de producción.

25.7. Política de stocks de seguridad

Para cada grupo de centros de costos se establecieron políticas de inventarios mínimos, que se resume a continuación en la Tabla 25.5.

Tabla 25.5

Política de stock de seguridad (en días de inventario)

Materia prima	Producto en proceso	Producto terminado
15	5	30

25.8. Resumen de costos

Con las consideraciones anteriores, es posible analizar la incidencia de cada factor en los costos de ventas totales, durante la evolución del proyecto. Para el escenario planteado, donde no se esperan grandes variaciones en los precios de los commodities, la incidencia de cada factor se mantiene estable a lo largo del tiempo, como puede observarse en la Figura 25.2. Se destaca que el ácido 2,4-D representa más del 70% de la estructura de costos de ambos productos.

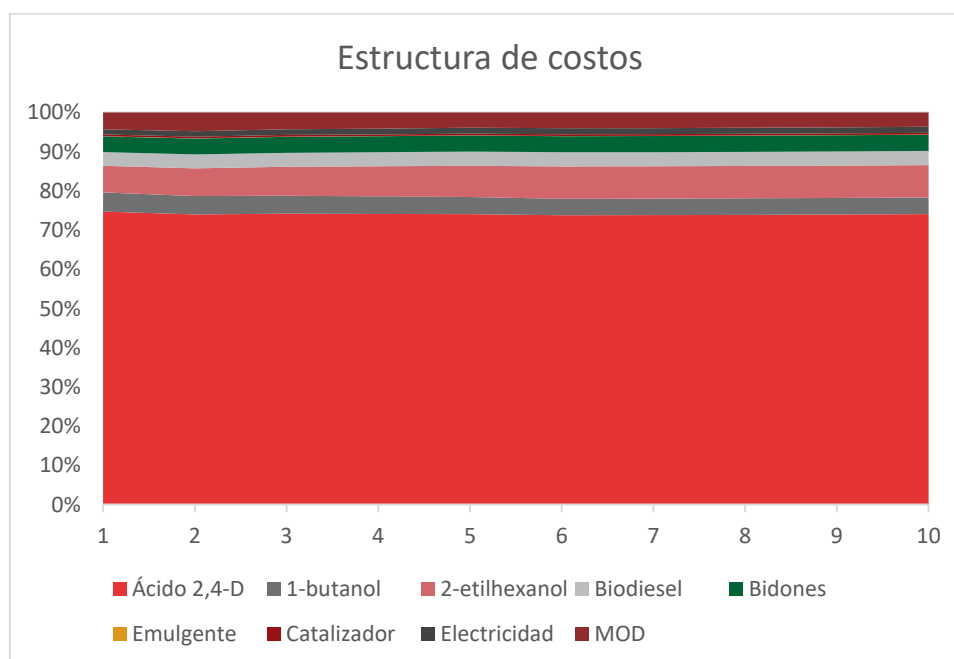


Figura 25.3. Evolución de la incidencia de insumos en el costo total de ventas.

26. FINANCIAMIENTO

26.1. Monto a financiar

El monto inicial a financiar es igual a la inversión necesaria del proyecto en el año cero (CAPEX). Para simplificar el análisis, se establece que todo el financiamiento se acredita al inicio del proyecto, y el monto se reparte entre prestamistas (deuda) e inversores (capital). La proporción entre uno y otro se decide de modo que se minimice la tasa de descuento, o costo de capital promedio (WACC), del proyecto.

26.2. Costo del capital (K_e)

El costo del capital se define como la tasa de retorno esperada por los inversores que conformarán el capital inicial del proyecto. Según el modelo CAPM, puede calcularse como la tasa libre de riesgo más una prima de mercado multiplicado por el beta (β) del proyecto, que es una medida de riesgo sistémico del proyecto frente al mercado.

Dado que el proyecto está localizado en Argentina, se descompuso la prima de mercado como el riesgo país (*EMBI*, 700 puntos básicos) y una prima de capital argentino basado en retornos históricos del mercado (R_m), de 594 bps (Damodaran, Country Default Spreads and Risk Premiums, 2019).

A su vez, dada la poca profundidad del mercado de capitales argentino y la falta de empresas públicas del rubro del proyecto, es difícil estimar un valor para β . En consecuencia, se utiliza el beta desapalancado (unlevered beta, o asset beta) del sector económico más similar catalogado en el mercado de Estados Unidos, que corresponde a la industria química especializada. Dicho beta es de 0.94 (Damodaran, Betas by Sector (US), 2019), y para el cálculo del costo de capital deberá volver a ser apalancado de acuerdo al ratio de deuda/capital (D/E). El modelo a utilizar para el cálculo del costo de capital propio, en función del D/E, se resume en la *Ecuación 26.1*.

$$K_e \left(\frac{D}{E} \right) = R_f + EMBI + \beta_u \left(1 + (1 - t) \left(\frac{D}{E} \right) \right) R_m$$

Ecuación 26.2. Costo de Capital Propio en función de la relación D/E. t representa el impuesto a las ganancias.

26.3. Endeudamiento

Se consideran dos tipos de endeudamiento para el proyecto: deuda de corto y de largo plazo. La deuda de corto plazo está representada por el financiamiento otorgado por los proveedores extranjeros de Sigma Agro, quienes permiten un plazo de pago relativamente alto, como se explicó previamente. Dicho financiamiento está implícito en el capital de trabajo (mayores deudas comerciales en el pasivo corriente).

Por otra parte, se decide financiar parte del proyecto con deudas de mayor plazo. Las principales posibilidades son préstamos bancarios y emisión de títulos de deuda (obligaciones

negociables). Hay múltiples motivos por los cuales se cree conveniente optar por la segunda alternativa:

- En Argentina existe un programa impulsado la Comisión Nacional de Valores, denominado “ON Simple”, que simplifica los requerimientos para que PyMEs puedan emitir obligaciones negociables en el mercado. Sigma Agro calificaría para dicho programa.
- Existen varios mecanismos impulsados desde el Estado, como el FONDEP, que a través de fondos comunes de inversión adquieren títulos de deuda de PyMEs (principalmente cheques y obligaciones negociables), bajando así los costos de financiación.
- El plazo del proyecto, y en particular el tiempo de repago, es relativamente corto y no requiere de un préstamo bancario de mayor duración.
- Dado que la estructura de costos del proyecto está fundamentalmente dolarizada, pero no se trata de un proyecto exportador, es más difícil conseguir crédito en dólares en la banca convencional.
- Existen antecedentes de otras PyMEs del sector de insumos agroindustriales, comparables a Sigma Agro, que han colocado exitosamente obligaciones negociables en el mercado en los últimos años.
- El monto a financiar del proyecto es relativamente pequeño en comparación con algunas de estas emisiones de deuda.
- Al tratarse de subastas públicas y existir un mercado secundario, hay mayor transparencia en los precios de los títulos, lo que permite estimar mejor el costo financiero de la deuda de dichas empresas a través de un análisis comparativo.

26.4. Análisis comparativo de empresas emisoras

Se seleccionaron algunas PyMEs del sector de insumos agroindustriales en Argentina, para realizar un análisis comparativo.

Tabla 26.1

Resumen del análisis comparativo de empresas

	Fecha últ. balance	Ventas anuales (Mill. de pesos)	Margen pre-tax	Activo total (Mill. de pesos)	D/E
Agroempresa Colon SA	06-2019	1.491	8,15%	2.679	9,15

Red Surcos SA	12-2018	3.100	12,75%	4.914	7,70
Meranol SACI	06-2019	2.317	12,62%	3.311	5,33
Sigma Agro SA	12-2018	817	5,87%	523	4,42
Alianza Semillas SA	03-2019	1.425	8,41%	1.652	5,67
Insumos Agropecuarios SA	03-2019	994	3,24%	1.323	14,11
Petroagro SA	05-2019	1.258	5,73%	1.254	3,15
Tecnoseeds SA	12-2018	1.273	19,17%	1.906	1,23

Varias de estas empresas colocaron obligaciones negociables en los últimos años, que se detallan en la Tabla 26.2.

Tabla 26.3

Resumen de emisiones comparables de obligaciones negociables

Emisora	Fecha emisión	Plazo (años)	TIR corte	Monto (M. USD)	EMBI+	Spread
Agrofina	2017-02-16	2	7,19%	4,379	4,59%	2,60%
Red Surcos	2017-02-27	1	8,24%	11,666	4,69%	3,55%
Red Surcos	2017-06-22	2	7,45%	5,281	4,23%	3,22%
Agroemp. Colon	2017-07-18	2	7,08%	4,000	4,35%	2,73%
Agroemp. Colon	2017-10-09	2,5	5,83%	0,400	3,62%	2,21%
Agroemp. Colon	2017-10-23	4	5,88%	0,300	3,42%	2,46%
Agrofina	2017-11-10	2	7,08%	20,000	3,81%	3,27%
Tecnoseeds	2017-12-18	3	6,40%	11,569	3,55%	2,85%
Alianza Semillas	2017-12-21	2,5	7,71%	3,000	3,47%	4,24%
Agroemp. Colon	2018-01-12	3	7,64%	0,400	3,64%	4,00%

Petroagro	2018-05-09	1,75	8,77%	8,472	4,91%	3,86%
Meranol	2018-12-13	2	12,36%	0,500	7,46%	4,90%
Petroagro	2019-08-16	1,5	10,92%	6,243	7,81%	3,11%

A partir de estos datos, es posible realizar un análisis de regresión del spread de tasa (TIR de colocación menos el riesgo país al momento de la adjudicación) versus el ratio D/E de dichas empresas al momento de la emisión de deuda. Cabe aclarar que, como el spread se mide solamente contra el riesgo país, dicho valor tiene implícito la tasa libre de riesgo.

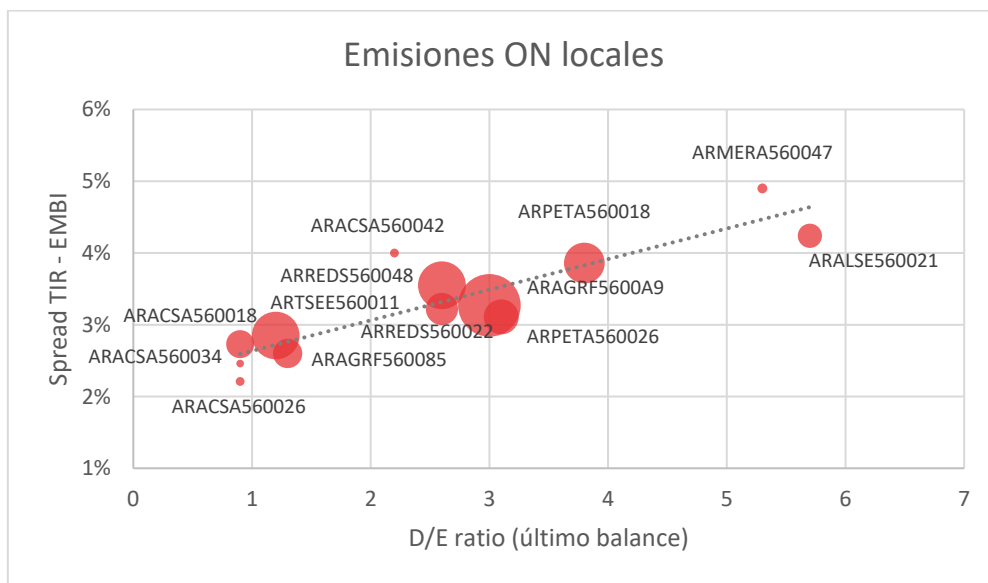


Figura 26.1. Spread entre tasa de corte de licitaciones primarias y riesgo país, para emisiones locales de deuda del sector agroquímico, en los últimos años. El área de las burbujas representa el monto de la emisión.

La regresión muestra que existe un factor fijo (ordenada) de 2,21%, y un factor variable de 0,43% por punto de D/E ($R^2 = 0.776$).

26.5. Costo de la deuda (K_d)

Finalmente, con los resultados anteriores, y habiéndose tomado la decisión de financiar parte del proyecto con obligaciones negociables, es posible calcular el costo de la deuda, de forma dinámica, en función del ratio D/E.

El costo de la deuda será del riesgo país ($EMBI$), más el factor fijo (K_f) calculado anteriormente, más el factor variable (K_v) por el ratio D/E en cuestión. Además, el costo de la deuda debe multiplicarse por el complemento del impuesto a las ganancias (o la tasa impositiva efectiva que corresponda), para considerar el beneficio fiscal del “tax shield” en el ahorro del impuesto por pago de intereses. El modelo utilizado se resume en la Ecuación 26.3, que representa el costo de la deuda (antes de impuestos) en función del D/E.

$$K_d \left(\frac{D}{E} \right) = EMBI + K_f + K_v \left(\frac{D}{E} \right)$$

Ecuación 26.4. Costo de Deuda en función de la relación D/E

26.6. Tasa de descuento — WACC

Por último, con las funciones del costo de deuda y costo de capital, es posible calcular la tasa de descuento promedio ponderada, o WACC. El objetivo ahora es buscar el ratio D/E óptimo que minimice dicho valor.

Con los parámetros establecidos anteriormente, la WACC óptima es de 12,57%, y corresponde a un ratio D/E en torno a 2,3.

El costo de la deuda es de 10.19% (antes de impuestos), y el costo del capital propio de 28.14%. El beta apalancado en estas condiciones es de 2.56.

26.7. Emisión de deuda

La emisión de deuda inicial se realizará por un monto de USD 527.400, de modo de financiar el CAPEX con el ratio D/E óptimo. En la Tabla 26.4 se presenta un resumen de las condiciones de emisión, que como se analizó anteriormente, están en línea con el mercado.

Tabla 26.5

Condiciones de emisión ON

Característica	Valor
Plazo	3 años
TNA	9.82%
Frecuencia de pago	Trimestral
Cuotas de amortización	6
Período de gracia	18 meses
Monto	USD 527.400
YTM	10.19%

Si bien es posible llevar a cabo todo el proyecto con este financiamiento, se plantea realizar una segunda emisión luego del primer año. Esto permitiría, por un lado, suavizar los aportes de capital necesarios por los accionistas, ya que como se verá más adelante, el flujo de fondos aún es negativo. De este modo es posible mejorar el retorno de los inversores.

Por otra parte, dado que el proyecto experimenta un fuerte crecimiento en los primeros años, el ratio D/E (considerando sólo deudas financieras) se diluye con el incremento del activo. Entonces una segunda emisión permite que el mismo no se aleje tanto del óptimo. Si bien las

deudas con proveedores no devengan intereses, el monto de la segunda emisión tampoco puede ser muy elevado, ya que de lo contrario impactaría fuertemente en el D/E global.

En consecuencia, a fines del año 1 el proyecto estaría en condiciones para realizar una segunda emisión, idéntica a la primera, salvo por el monto, que será del 50% de la misma.

27. CUADRO DE RESULTADOS

Se comienza el cuadro de resultados basándose en las proyecciones de demanda obtenidas en el análisis de mercado. En función de los volúmenes y los precios ajustados por la inflación en dólares, expresados en pesos, se obtienen los ingresos totales. Luego, se resta el impuesto a los ingresos brutos y se calcula el costo de ventas a partir de los egresos de los centros de costos de producto terminado.

	Año 1 2020	Año 2 2021	Año 3 2022	Año 4 2023	Año 5 2024	Año 6 2025	Año 7 2026	Año 8 2027	Año 9 2028	Año 10 2029
Ventas IBE										
Volumen	510.000	572.000	638.000	710.000	788.000	875.000	891.341	907.674	923.994	940.294
Precio	\$ 377,55	\$ 460,93	\$ 523,66	\$ 571,47	\$ 611,15	\$ 641,27	\$ 676,89	\$ 715,68	\$ 760,48	\$ 814,16
Total	\$ 192.551	\$ 263.652	\$ 334.092	\$ 405.745	\$ 481.588	\$ 561.112	\$ 603.343	\$ 649.604	\$ 702.682	\$ 765.552
Ventas EHE										
Volumen	364.000	437.000	522.000	621.000	737.000	875.000	891.341	907.674	923.994	940.294
Precio	\$ 377,55	\$ 460,93	\$ 523,66	\$ 571,47	\$ 611,15	\$ 641,27	\$ 676,89	\$ 715,68	\$ 760,48	\$ 814,16
Total	\$ 137.429	\$ 201.426	\$ 273.348	\$ 354.884	\$ 450.419	\$ 561.112	\$ 603.343	\$ 649.604	\$ 702.682	\$ 765.552
Total	\$ 329.980	\$ 465.078	\$ 607.440	\$ 760.628	\$ 932.006	\$ 1.122.224	\$ 1.206.686	\$ 1.299.208	\$ 1.405.365	\$ 1.531.104
IIBB	\$ 9.899	\$ 13.952	\$ 18.223	\$ 22.819	\$ 27.960	\$ 33.667	\$ 36.201	\$ 38.976	\$ 42.161	\$ 45.933
CV										
MP	\$ 247.452	\$ 329.550	\$ 429.227	\$ 538.244	\$ 659.782	\$ 794.343	\$ 853.681	\$ 918.917	\$ 993.400	\$ 1.081.282
MOD	\$ 12.899	\$ 17.349	\$ 20.195	\$ 24.125	\$ 27.853	\$ 34.687	\$ 36.421	\$ 38.242	\$ 40.154	\$ 42.162
Electricidad	\$ 3.989	\$ 5.083	\$ 6.751	\$ 8.619	\$ 10.767	\$ 13.216	\$ 14.064	\$ 15.143	\$ 16.380	\$ 17.845
Total	\$ 264.339	\$ 351.983	\$ 456.173	\$ 570.988	\$ 698.402	\$ 842.245	\$ 904.166	\$ 972.302	\$ 1.049.934	\$ 1.141.289
Operativo	\$ 55.741	\$ 99.143	\$ 133.044	\$ 166.821	\$ 205.645	\$ 246.313	\$ 266.320	\$ 287.929	\$ 313.270	\$ 343.882

Figura 27.1. Extracto del cuadro de resultados que muestra el cálculo del resultado operativo del proyecto. Expresado en miles de pesos argentinos con excepción en el volumen y precio de venta.

De esta manera se obtiene el margen operativo. Se continúa el cuadro de resultados incorporando los gastos generales de administración y comercialización. Como aún no se restaron las amortizaciones o se incluyeron resultados extraordinarios, el resultado es el EBITDA ajustado.

Operativo	\$ 55.741	\$ 99.143	\$ 133.044	\$ 166.821	\$ 205.645	\$ 246.313	\$ 266.320	\$ 287.929	\$ 313.270	\$ 343.882
Gastos										
Publicidad	\$ 3.300	\$ 4.651	\$ 6.074	\$ 7.606	\$ 9.320	\$ 11.222	\$ 12.067	\$ 12.992	\$ 14.054	\$ 15.311
Movilidad y viáticos	\$ 924	\$ 1.302	\$ 1.701	\$ 2.130	\$ 2.610	\$ 3.142	\$ 3.379	\$ 3.638	\$ 3.935	\$ 4.287
Limpieza y mantenimiento	\$ 1.155	\$ 1.628	\$ 2.126	\$ 2.662	\$ 3.262	\$ 3.928	\$ 4.223	\$ 4.547	\$ 4.919	\$ 5.359
Logística, depósitos y fletes	\$ 9.503	\$ 13.394	\$ 17.494	\$ 21.906	\$ 26.842	\$ 32.320	\$ 34.753	\$ 37.417	\$ 40.475	\$ 44.096
Viajes y estancias	\$ 1.155	\$ 1.628	\$ 2.126	\$ 2.662	\$ 3.262	\$ 3.928	\$ 4.223	\$ 4.547	\$ 4.919	\$ 5.359
Atención a clientes	\$ 264	\$ 372	\$ 486	\$ 609	\$ 746	\$ 898	\$ 965	\$ 1.039	\$ 1.124	\$ 1.225
Librería y papelería	\$ 33	\$ 47	\$ 61	\$ 76	\$ 93	\$ 112	\$ 121	\$ 130	\$ 141	\$ 153
Honorarios profesionales	\$ 4.950	\$ 6.976	\$ 9.112	\$ 11.409	\$ 13.980	\$ 16.833	\$ 18.100	\$ 19.488	\$ 21.080	\$ 22.967
Seguros	\$ 726	\$ 1.023	\$ 1.336	\$ 1.673	\$ 2.050	\$ 2.469	\$ 2.655	\$ 2.858	\$ 3.092	\$ 3.368
Alquileres y expensas	\$ 660	\$ 930	\$ 1.215	\$ 1.521	\$ 1.864	\$ 2.244	\$ 2.413	\$ 2.598	\$ 2.811	\$ 3.062
Servicios informática	\$ 594	\$ 837	\$ 1.093	\$ 1.369	\$ 1.678	\$ 2.020	\$ 2.172	\$ 2.339	\$ 2.530	\$ 2.756
Refrigerios y comedor	\$ 495	\$ 698	\$ 911	\$ 1.141	\$ 1.398	\$ 1.683	\$ 1.810	\$ 1.949	\$ 2.108	\$ 2.297
Bonus Vendedores	\$ 3.300	\$ 4.651	\$ 6.074	\$ 7.606	\$ 9.320	\$ 11.222	\$ 12.067	\$ 12.992	\$ 14.054	\$ 15.311
Sueldos	\$ 7.925	\$ 9.795	\$ 11.401	\$ 12.598	\$ 13.531	\$ 14.207	\$ 14.918	\$ 15.663	\$ 16.447	\$ 17.269
Cargas Sociales	\$ 3.962	\$ 4.897	\$ 5.701	\$ 6.299	\$ 6.765	\$ 7.104	\$ 7.459	\$ 7.832	\$ 8.223	\$ 8.634
ABL	\$ 1.000	\$ 1.297	\$ 1.603	\$ 1.866	\$ 2.062	\$ 2.215	\$ 2.325	\$ 2.441	\$ 2.564	\$ 2.692
Tratamiento efluentes	\$ 778	\$ 962	\$ 1.120	\$ 1.237	\$ 1.329	\$ 1.395	\$ 1.465	\$ 1.538	\$ 1.615	\$ 1.696
Total	\$ 40.724	\$ 55.088	\$ 69.635	\$ 84.372	\$ 100.111	\$ 116.943	\$ 125.115	\$ 134.010	\$ 144.088	\$ 155.841
Adj EBITDA	\$ 15.018	\$ 44.056	\$ 63.410	\$ 82.449	\$ 105.533	\$ 129.370	\$ 141.205	\$ 153.919	\$ 169.181	\$ 188.040
	3%	9%	10%	11%	11%	12%	12%	12%	12%	12%

Figura 27.2. Extracto del cuadro de resultados que muestra los gastos de administración y comercialización. Expresado en miles de pesos argentinos.

Para llegar al EBITDA, se incorporan las cuentas generadas en una potencial liquidación del negocio (resultado por venta de bienes de uso, bienes de cambio y pago de indemnizaciones). Además, en esta sección también se introducen las pérdidas generadas por vencimiento de quebrantos de IIGG si no se utilizaron durante los cinco ejercicios siguientes permitidos.

Adj EBITDA	\$ 15.018	\$ 44.056	\$ 63.410	\$ 82.449	\$ 105.533	\$ 129.370	\$ 141.205	\$ 153.919	\$ 169.181	\$ 188.040
	5%	9%	10%	11%	11%	12%	12%	12%	12%	12%
Extraordinarios										
Resultado venta BC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (30.984)
Resultado venta BU	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 21.004
Resultado venta terreno	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13.655
Indemnizaciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (13.284)
Quebranto vencido	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (9.609)
EBITDA	\$ 15.018	\$ 44.056	\$ 63.410	\$ 82.449	\$ 105.533	\$ 129.370	\$ 141.205	\$ 153.919	\$ 169.181	\$ 178.431

Figura 27.3. Extracto del cuadro de resultados que muestra los gastos extraordinarios del proyecto. Expresado en miles de pesos argentinos.

En esta sección se introducen las amortizaciones del periodo correspondiente para llegar al EBIT. Luego se incorporan los intereses pagados por la deuda y las utilidades generadas por la misma por la variación en el tipo de cambio, dado la ON es en moneda dólar. Por último, se incorpora el impuesto a las ganancias para llegar al resultado neto.

EBITDA	\$ 15.018	\$ 44.056	\$ 63.410	\$ 82.449	\$ 105.533	\$ 129.370	\$ 141.205	\$ 153.919	\$ 169.181	\$ 178.431
Amortizaciones	\$ 2.526	\$ 2.526	\$ 2.594	\$ 2.680	\$ 2.733	\$ 2.271	\$ 2.347	\$ 2.347	\$ 2.374	\$ 2.410
EBIT	\$ 12.492	\$ 41.530	\$ 60.815	\$ 79.769	\$ 102.801	\$ 127.099	\$ 138.858	\$ 151.572	\$ 166.807	\$ 176.021
Intereses	\$ 3.491	\$ 5.884	\$ 4.035	\$ 1.009	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidades por TC	\$ (3.904)	\$ (8.295)	\$ (5.584)	\$ (1.155)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EBT	\$ 5.097	\$ 27.352	\$ 51.196	\$ 77.604	\$ 102.801	\$ 127.099	\$ 138.858	\$ 151.572	\$ 166.807	\$ 176.021
IIGG	\$ 1.274	\$ 6.838	\$ 12.799	\$ 19.401	\$ 25.700	\$ 31.775	\$ 34.714	\$ 37.893	\$ 41.702	\$ 44.005
Resultado Neto	\$ 3.823	\$ 20.514	\$ 38.397	\$ 58.203	\$ 77.101	\$ 95.324	\$ 104.143	\$ 113.679	\$ 125.105	\$ 132.016

Figura 27.4. Extracto del cuadro de resultados que muestra el cálculo del resultado neto del proyecto. Expresado en miles de pesos argentinos.

En la Figura 27.5, se presenta el cuadro de resultados completo.

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

	Año 1 2020	Año 2 2021	Año 3 2022	Año 4 2023	Año 5 2024	Año 6 2025	Año 7 2026	Año 8 2027	Año 9 2028	Año 10 2029
Ventas IBE										
Volumen	510.000	572.000	638.000	710.000	788.000	875.000	891.341	907.674	923.994	940.294
Precio	\$ 377,55	\$ 460,93	\$ 523,66	\$ 571,47	\$ 611,15	\$ 641,27	\$ 676,89	\$ 715,68	\$ 760,48	\$ 814,16
Total	\$ 192.551	\$ 263.652	\$ 334.092	\$ 405.745	\$ 481.588	\$ 561.112	\$ 603.343	\$ 649.604	\$ 702.682	\$ 765.552
Ventas EHE										
Volumen	364.000	437.000	522.000	621.000	737.000	875.000	891.341	907.674	923.994	940.294
Precio	\$ 377,55	\$ 460,93	\$ 523,66	\$ 571,47	\$ 611,15	\$ 641,27	\$ 676,89	\$ 715,68	\$ 760,48	\$ 814,16
Total	\$ 137.429	\$ 201.426	\$ 273.348	\$ 354.884	\$ 450.419	\$ 561.112	\$ 603.343	\$ 649.604	\$ 702.682	\$ 765.552
Total	\$ 329.980	\$ 465.078	\$ 607.440	\$ 760.628	\$ 932.006	\$ 1.122.224	\$ 1.206.686	\$ 1.299.208	\$ 1.405.365	\$ 1.531.104
IIBB	\$ 9.899	\$ 13.952	\$ 18.223	\$ 22.819	\$ 27.960	\$ 33.667	\$ 36.201	\$ 38.976	\$ 42.161	\$ 45.933
CV										
MP	\$ 247.452	\$ 329.550	\$ 429.227	\$ 538.244	\$ 659.782	\$ 794.343	\$ 853.681	\$ 918.917	\$ 993.400	\$ 1.081.282
MOD	\$ 12.899	\$ 17.349	\$ 20.195	\$ 24.125	\$ 27.853	\$ 34.687	\$ 36.421	\$ 38.242	\$ 40.154	\$ 42.162
Electricidad	\$ 3.989	\$ 5.083	\$ 6.751	\$ 8.619	\$ 10.767	\$ 13.216	\$ 14.064	\$ 15.143	\$ 16.380	\$ 17.845
Total	\$ 264.339	\$ 351.983	\$ 456.173	\$ 570.988	\$ 698.402	\$ 842.245	\$ 904.166	\$ 972.302	\$ 1.049.934	\$ 1.141.289
Operativo	\$ 55.741	\$ 99.143	\$ 133.044	\$ 166.821	\$ 205.645	\$ 246.313	\$ 266.320	\$ 287.929	\$ 313.270	\$ 343.882
Gastos										
Publicidad	\$ 3.300	\$ 4.651	\$ 6.074	\$ 7.606	\$ 9.320	\$ 11.222	\$ 12.067	\$ 12.992	\$ 14.054	\$ 15.311
Movilidad y viáticos	\$ 924	\$ 1.302	\$ 1.701	\$ 2.130	\$ 2.610	\$ 3.142	\$ 3.379	\$ 3.638	\$ 3.935	\$ 4.287
Limpieza y mantenimiento	\$ 1.155	\$ 1.628	\$ 2.126	\$ 2.662	\$ 3.262	\$ 3.928	\$ 4.223	\$ 4.547	\$ 4.919	\$ 5.359
Logística, depósitos y fletes	\$ 9.503	\$ 13.394	\$ 17.494	\$ 21.906	\$ 26.842	\$ 32.320	\$ 34.753	\$ 37.417	\$ 40.475	\$ 44.096
Viajes y estadias	\$ 1.155	\$ 1.628	\$ 2.126	\$ 2.662	\$ 3.262	\$ 3.928	\$ 4.223	\$ 4.547	\$ 4.919	\$ 5.359
Atención a clientes	\$ 264	\$ 372	\$ 486	\$ 609	\$ 746	\$ 898	\$ 965	\$ 1.039	\$ 1.124	\$ 1.225
Librería y papelería	\$ 33	\$ 47	\$ 61	\$ 76	\$ 93	\$ 112	\$ 121	\$ 130	\$ 141	\$ 153
Honorarios profesionales	\$ 4.950	\$ 6.976	\$ 9.112	\$ 11.409	\$ 13.980	\$ 16.833	\$ 18.100	\$ 19.488	\$ 21.080	\$ 22.967
Seguros	\$ 726	\$ 1.023	\$ 1.336	\$ 1.673	\$ 2.050	\$ 2.469	\$ 2.655	\$ 2.858	\$ 3.092	\$ 3.368
Alquileres y expensas	\$ 660	\$ 930	\$ 1.215	\$ 1.521	\$ 1.864	\$ 2.244	\$ 2.413	\$ 2.598	\$ 2.811	\$ 3.062
Servicios informática	\$ 594	\$ 837	\$ 1.093	\$ 1.369	\$ 1.678	\$ 2.020	\$ 2.172	\$ 2.339	\$ 2.530	\$ 2.756
Refrigerios y comedor	\$ 495	\$ 698	\$ 911	\$ 1.141	\$ 1.398	\$ 1.683	\$ 1.810	\$ 1.949	\$ 2.108	\$ 2.297
Bonus Vendedores	\$ 3.300	\$ 4.651	\$ 6.074	\$ 7.606	\$ 9.320	\$ 11.222	\$ 12.067	\$ 12.992	\$ 14.054	\$ 15.311
Sueldos	\$ 7.925	\$ 9.795	\$ 11.401	\$ 12.598	\$ 13.531	\$ 14.207	\$ 14.918	\$ 15.663	\$ 16.447	\$ 17.269
Cargas Sociales	\$ 3.962	\$ 4.897	\$ 5.701	\$ 6.299	\$ 6.765	\$ 7.104	\$ 7.459	\$ 7.832	\$ 8.223	\$ 8.634
ABL	\$ 1.000	\$ 1.297	\$ 1.603	\$ 1.866	\$ 2.062	\$ 2.215	\$ 2.325	\$ 2.441	\$ 2.564	\$ 2.692
Tratamiento efluentes	\$ 778	\$ 962	\$ 1.120	\$ 1.237	\$ 1.329	\$ 1.395	\$ 1.465	\$ 1.538	\$ 1.615	\$ 1.696
Total	\$ 40.724	\$ 55.088	\$ 69.635	\$ 84.372	\$ 100.111	\$ 116.943	\$ 125.115	\$ 134.010	\$ 144.088	\$ 155.841
Adj EBITDA	\$ 15.018	\$ 44.056	\$ 63.410	\$ 82.449	\$ 105.533	\$ 129.370	\$ 141.205	\$ 153.919	\$ 169.181	\$ 188.040
	5%	9%	10%	11%	11%	12%	12%	12%	12%	12%
Extraordinarios										
Resultado venta BC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (30.984)
Resultado venta BU	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 21.004
Resultado venta terreno	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13.655
Indemnizaciones	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (13.284)
Quebranto vencido	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (9.609)
EBITDA	\$ 15.018	\$ 44.056	\$ 63.410	\$ 82.449	\$ 105.533	\$ 129.370	\$ 141.205	\$ 153.919	\$ 169.181	\$ 178.431
Amortizaciones	\$ 2.526	\$ 2.526	\$ 2.594	\$ 2.680	\$ 2.733	\$ 2.271	\$ 2.347	\$ 2.347	\$ 2.374	\$ 2.410
EBIT	\$ 12.492	\$ 41.530	\$ 60.815	\$ 79.769	\$ 102.801	\$ 127.099	\$ 138.858	\$ 151.572	\$ 166.807	\$ 176.021
Intereses	\$ 3.491	\$ 5.884	\$ 4.035	\$ 1.009	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidades por TC	\$ (3.904)	\$ (8.295)	\$ (5.584)	\$ (1.155)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EBT	\$ 5.097	\$ 27.352	\$ 51.196	\$ 77.604	\$ 102.801	\$ 127.099	\$ 138.858	\$ 151.572	\$ 166.807	\$ 176.021
IIGG	\$ 1.274	\$ 6.838	\$ 12.799	\$ 19.401	\$ 25.700	\$ 31.775	\$ 34.714	\$ 37.893	\$ 41.702	\$ 44.005
Resultado Neto	\$ 3.823	\$ 20.514	\$ 38.397	\$ 58.203	\$ 77.101	\$ 95.324	\$ 104.143	\$ 113.679	\$ 125.105	\$ 132.016

Figura 27.6. Extracto del cuadro de resultados completo. Expresado en miles de pesos argentinos.

28. BALANCE

Una parte fundamental del análisis económico financiero es corroborar que el activo de la empresa equivale a la suma de su pasivo y patrimonio neto. En caso de no ser así, evidenciaría que se incurrió en un error de cálculo que pudiera estar arrojando resultados incorrectos.

En los activos se contemplan las disponibilidades en caja, créditos por ventas otorgados a clientes, impuestos a favor (IVA principalmente e IIGG si ocurren ejercicios con resultados a pérdida), bienes de uso ya amortizados, stocks de materia prima, producto semielaborado y terminado. Además, si los accionistas reciben mayores cantidades de dinero a las ganancias del ejercicio y resultados acumulados hasta ese entonces, se contabiliza como adelanto de resultados a los socios. Esto sucede en un escenario extremo donde la diferencia entre los días de pago y días de cobro es muy grande a favor del proyecto, generando excedentes de caja.

	Año 0 2019	Año 1 2020	Año 2 2021	Año 3 2022	Año 4 2023	Año 5 2024	Año 6 2025	Año 7 2026	Año 8 2027	Año 9 2028	Año 10 2029
ACTIVOS											
Caja	\$ -	\$ 4.583	\$ 6.459	\$ 8.437	\$ 10.564	\$ 12.945	\$ 15.586	\$ 16.760	\$ 18.045	\$ 19.519	\$ -
Créditos por venta	\$ -	\$ 109.993	\$ 155.026	\$ 202.480	\$ 253.543	\$ 310.669	\$ 374.075	\$ 402.229	\$ 433.069	\$ 468.455	\$ -
Crédito IVA	\$ 6.962	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Crédito IIGG	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
BU	\$ 38.440	\$ 35.915	\$ 33.755	\$ 31.716	\$ 29.506	\$ 26.909	\$ 25.860	\$ 23.513	\$ 21.750	\$ 20.177	\$ -
Adelanto resultados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Stock MP	\$ -	\$ 11.378	\$ 14.073	\$ 18.302	\$ 22.886	\$ 28.001	\$ 33.672	\$ 35.814	\$ 38.561	\$ 41.702	\$ -
Stock PP	\$ -	\$ 3.580	\$ 4.484	\$ 5.812	\$ 7.263	\$ 8.877	\$ 10.686	\$ 11.378	\$ 12.242	\$ 13.230	\$ -
Stock PT	\$ -	\$ 22.028	\$ 29.332	\$ 38.014	\$ 47.582	\$ 58.200	\$ 70.187	\$ 75.347	\$ 81.025	\$ 87.495	\$ -
Total	\$ 45.402	\$ 187.477	\$ 243.129	\$ 304.761	\$ 371.344	\$ 445.599	\$ 530.066	\$ 565.040	\$ 604.692	\$ 650.578	\$ -

Figura 28.1. Extracto del balance que muestra los activos del proyecto. Expresado en miles de pesos argentinos.

En el pasivo se encuentran las deudas comerciales generadas por los días de pago otorgado por los proveedores y la deuda financiera de largo plazo.

PASIVOS											
Deudas comerciales	\$ -	\$ 94.813	\$ 113.484	\$ 147.822	\$ 184.616	\$ 225.709	\$ 271.270	\$ 287.225	\$ 309.402	\$ 334.666	\$ -
Deudas financieras	\$ 31.644	\$ 53.321	\$ 47.924	\$ 15.288	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total	\$ 31.644	\$ 148.134	\$ 161.408	\$ 163.110	\$ 184.616	\$ 225.709	\$ 271.270	\$ 287.225	\$ 309.402	\$ 334.666	\$ -

Figura 28.2. Extracto del balance que muestra los pasivos del proyecto. Expresado en miles de pesos argentinos.

Finalmente, el patrimonio neto puede calcularse como el capital con que cuenta la empresa proveniente de los aportes de capital de los socios y la suma de las utilidades acumuladas.

PATRIMONIO NETO											
Capital	\$ 13.758	\$ 35.520	\$ 57.385	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ -
Resultados acumulados	\$ -	\$ 3.823	\$ 24.337	\$ 62.733	\$ 107.811	\$ 140.973	\$ 179.879	\$ 198.898	\$ 216.373	\$ 236.994	\$ -
Total	\$ 13.758	\$ 39.343	\$ 81.721	\$ 141.651	\$ 186.728	\$ 219.890	\$ 258.796	\$ 277.815	\$ 295.290	\$ 315.911	\$ -

Figura 28.3. Extracto del balance que muestra las cuentas de patrimonio neto del proyecto. Expresado en miles de pesos argentinos.

En la Figura 28.4, se presenta el balance completo.

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

	Año 0 2019	Año 1 2020	Año 2 2021	Año 3 2022	Año 4 2023	Año 5 2024	Año 6 2025	Año 7 2026	Año 8 2027	Año 9 2028	Año 10 2029
ACTIVOS											
Caja	\$ -	\$ 4.583	\$ 6.459	\$ 8.437	\$ 10.564	\$ 12.945	\$ 15.586	\$ 16.760	\$ 18.045	\$ 19.519	\$ -
Créditos por venta	\$ -	\$ 109.993	\$ 155.026	\$ 202.480	\$ 253.543	\$ 310.669	\$ 374.075	\$ 402.229	\$ 433.069	\$ 468.455	\$ -
Crédito IVA	\$ 6.962	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Crédito IIGG	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
BU	\$ 38.440	\$ 35.915	\$ 33.755	\$ 31.716	\$ 29.506	\$ 26.909	\$ 25.860	\$ 23.513	\$ 21.750	\$ 20.177	\$ -
Adelanto resultados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Stock MP	\$ -	\$ 11.378	\$ 14.073	\$ 18.302	\$ 22.886	\$ 28.001	\$ 33.672	\$ 35.814	\$ 38.561	\$ 41.702	\$ -
Stock PP	\$ -	\$ 3.580	\$ 4.484	\$ 5.812	\$ 7.263	\$ 8.877	\$ 10.686	\$ 11.378	\$ 12.242	\$ 13.230	\$ -
Stock PT	\$ -	\$ 22.028	\$ 29.332	\$ 38.014	\$ 47.582	\$ 58.200	\$ 70.187	\$ 75.347	\$ 81.025	\$ 87.495	\$ -
Total	\$ 45.402	\$ 187.477	\$ 243.129	\$ 304.761	\$ 371.344	\$ 445.599	\$ 530.066	\$ 565.040	\$ 604.692	\$ 650.578	\$ -
PASIVOS											
Deudas comerciales	\$ -	\$ 94.813	\$ 113.484	\$ 147.822	\$ 184.616	\$ 225.709	\$ 271.270	\$ 287.225	\$ 309.402	\$ 334.666	\$ -
Deudas financieras	\$ 31.644	\$ 53.321	\$ 47.924	\$ 15.288	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total	\$ 31.644	\$ 148.134	\$ 161.408	\$ 163.110	\$ 184.616	\$ 225.709	\$ 271.270	\$ 287.225	\$ 309.402	\$ 334.666	\$ -
PATRIMONIO NETO											
Capital	\$ 13.758	\$ 35.520	\$ 57.385	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ 78.917	\$ -
Resultados acumulados	\$ -	\$ 3.823	\$ 24.337	\$ 62.733	\$ 107.811	\$ 140.973	\$ 179.879	\$ 198.898	\$ 216.373	\$ 236.994	\$ -
Total	\$ 13.758	\$ 39.343	\$ 81.721	\$ 141.651	\$ 186.728	\$ 219.890	\$ 258.796	\$ 277.815	\$ 295.290	\$ 315.911	\$ -

Figura 28.5. Extracto del balance del proyecto completo. Expresado en miles de pesos argentinos.

El último año el balance queda en cero debido a que el negocio es liquidado. Se cancelan las deudas y créditos, se vende el terreno, los bienes de cambio y bienes de uso y se pagan las indemnizaciones correspondientes. La caja restante se devuelve a los socios. Si todas las transacciones fueron bien computadas, todas las cuentas deberían quedar en cero. Esto ocurre en el modelo presentado.

29. FLUJO DE FONDOS

Se comienza la confección del flujo de fondos desde el resultado de EBIT del cuadro de resultados. Luego, se aplica la tasa de impuestos a las ganancias correspondiente. A partir de aquí, se afecta el flujo de fondos por las diferentes cuentas involucradas.

Entre ellas se encuentran sumar las amortizaciones del periodo, restarle el quebranto generado de IIGG, sumar el vencimiento de quebranto de IIGG, restar el aumento de créditos por venta, sumar el aumento de deudas comerciales y restarle el aumento en capital de trabajo y bienes de cambio. Adicionalmente, en el caso de una potencial liquidación del proyecto se lleva a cabo la venta de los bienes de cambio en posesión, la venta de los bienes de uso y del terreno. Estas tres transacciones se realizan al contado y afectan el flujo de fondo por lo que debe tenerse en cuenta.

	Año 0 2019	Año 1 2020	Año 2 2021	Año 3 2022	Año 4 2023	Año 5 2024	Año 6 2025	Año 7 2026	Año 8 2027	Año 9 2028	Año 10 2029
Proyecto											
+ EBIT * (1-IIGG)	\$ -	\$ 9.369	\$ 31.148	\$ 45.612	\$ 59.827	\$ 77.101	\$ 95.324	\$ 104.143	\$ 113.679	\$ 125.105	\$ 132.016
+ Amortizaciones	\$ -	\$ 2.526	\$ 2.526	\$ 2.594	\$ 2.680	\$ 2.733	\$ 2.271	\$ 2.347	\$ 2.347	\$ 2.374	\$ 2.410
- Δ Créditos IIGG	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+ quebranto vencido	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
- Δ Créditos por ventas	\$ -	\$ (109.993)	\$ (45.033)	\$ (47.454)	\$ (51.063)	\$ (57.126)	\$ (63.406)	\$ (28.154)	\$ (30.841)	\$ (35.386)	\$ 468.455
- Δ Bienes de cambio	\$ -	\$ (36.986)	\$ (10.903)	\$ (14.239)	\$ (15.603)	\$ (17.346)	\$ (19.468)	\$ (7.993)	\$ (9.289)	\$ (10.599)	\$ (12.496)
+ Δ Deudas proveedores	\$ -	\$ 94.813	\$ 18.672	\$ 34.337	\$ 36.794	\$ 41.093	\$ 45.561	\$ 15.954	\$ 22.177	\$ 25.264	\$ (334.666)
- Inversiones BU	\$ (38.440)	\$ -	\$ (366)	\$ (555)	\$ (470)	\$ (136)	\$ (1.222)	\$ -	\$ (585)	\$ (801)	\$ -
+ Venta BC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 154.922
+ Venta BU	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.461
+ Venta Terreno	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13.306
FCFF	\$ (38.440)	\$ (40.272)	\$ (3.957)	\$ 20.295	\$ 32.165	\$ 46.319	\$ 59.060	\$ 86.298	\$ 97.489	\$ 105.958	\$ 428.408

Figura 29.1. Extracto del flujo de fondos propio del proyecto. Expresado en miles de pesos argentinos.

Se continua el armado del flujo de fondos con las operaciones de IVA. Este impuesto no genera resultados económicos, pero sí efectos financieros que deben tenerse en cuenta. Los principales cargos que generan movimientos de IVA son las compras (que incluye materia prima y gastos), y ventas de cada ejercicio junto a las inversiones del año cero.

Si se juntan los dos flujos de fondos anteriores se obtiene el flujo del proyecto.

IVA inversiones	\$ (6.962)	\$ -	\$ (77)	\$ (117)	\$ (99)	\$ (28)	\$ (257)	\$ -	\$ (123)	\$ (168)	\$ -
IVA compras MP	\$ -	\$ (55.511)	\$ (73.916)	\$ (95.796)	\$ (119.907)	\$ (146.664)	\$ (176.871)	\$ (189.875)	\$ (204.184)	\$ (220.486)	\$ (239.671)
IVA electricidad	\$ -	\$ (1.077)	\$ (1.372)	\$ (1.823)	\$ (2.327)	\$ (2.907)	\$ (3.568)	\$ (3.797)	\$ (4.089)	\$ (4.423)	\$ (4.818)
IVA gastos	\$ -	\$ (4.989)	\$ (7.032)	\$ (9.184)	\$ (11.501)	\$ (14.092)	\$ (16.968)	\$ (18.245)	\$ (19.644)	\$ (21.249)	\$ (23.150)
IVA ventas	\$ -	\$ 69.296	\$ 97.666	\$ 127.562	\$ 159.732	\$ 195.721	\$ 235.667	\$ 253.404	\$ 272.834	\$ 295.127	\$ 321.532
IVA pago AFIP	\$ -	\$ (756)	\$ (15.269)	\$ (20.642)	\$ (25.898)	\$ (32.029)	\$ (38.003)	\$ (41.487)	\$ (44.795)	\$ (48.801)	\$ (53.893)
Saldo	\$ 6.962	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FFCF IVA	\$ (6.962)	\$ 6.962	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FFCF + FCFF IVA	\$ (45.402)	\$ (33.310)	\$ (3.957)	\$ 20.295	\$ 32.165	\$ 46.319	\$ 59.060	\$ 86.298	\$ 97.489	\$ 105.958	\$ 428.408

Figura 29.2. Extracto del flujo de fondos del IVA del proyecto. Expresado en miles de pesos argentinos.

Luego, se elabora el flujo de fondos de la deuda. El mismo involucra los movimientos de capital del préstamo, el pago de intereses generado sobre los saldos deudores de la misma y el tax-shield. Este incluye el ahorro de IIGG por el pago de intereses y los resultados por variación en el tipo de cambio debido a que la deuda es en moneda dólar.

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

Si se adiciona este tercer flujo a los anteriores, finalmente se obtiene el flujo de fondos de los inversores. Se debe destacar que se introduce una condición de caja mínima como capital de trabajo para el proyecto. Aquí se pueden observar los aportes de capital o retiros de los accionistas.

Deuda													
Capital	\$	31.644	\$	17.774	\$	(13.692)	\$	(38.220)	\$	(16.443)	\$	-	\$ -
Intereses	\$	-	\$	(3.491)	\$	(5.884)	\$	(4.035)	\$	(1.009)	\$	-	\$ -
Tax Shield	\$	-	\$	1.849	\$	3.545	\$	2.405	\$	541	\$	-	\$ -
Saldo deuda	\$	31.644	\$	53.321	\$	47.924	\$	15.288	\$	-	\$	-	\$ -
FCFD	\$	31.644	\$	16.131	\$	(16.032)	\$	(39.850)	\$	(16.911)	\$	-	\$ -
Inversores													
Subtotal caja	\$	(13.758)	\$	(17.179)	\$	(19.988)	\$	(19.555)	\$	15.253	\$	46.319	\$ 59.060
Caja mínima	\$	-	\$	4.583	\$	6.459	\$	8.437	\$	10.564	\$	12.945	\$ 15.586
FCFE	\$	(13.758)	\$	(21.762)	\$	(21.865)	\$	(21.532)	\$	13.126	\$	43.939	\$ 56.418

Figura 29.3. Extracto del flujo de fondos de la deuda y de los inversores. Expresado en miles de pesos argentinos.

En la Figura 29.4, se presenta el flujo de fondos completo.

	Año 0 2019	Año 1 2020	Año 2 2021	Año 3 2022	Año 4 2023	Año 5 2024	Año 6 2025	Año 7 2026	Año 8 2027	Año 9 2028	Año 10 2029		
Proyecto													
+ EBIT * (1-IIGG)	\$ -	\$ 9.369	\$ 31.148	\$ 45.612	\$ 59.827	\$ 77.101	\$ 95.324	\$ 104.143	\$ 113.679	\$ 125.105	\$ 132.016		
+ Amortizaciones	\$ -	\$ 2.526	\$ 2.526	\$ 2.594	\$ 2.680	\$ 2.733	\$ 2.271	\$ 2.347	\$ 2.347	\$ 2.374	\$ 2.410		
- Δ Créditos IIGG	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
+ quebranto vencido	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
- Δ Créditos por ventas	\$ -	\$ (109.993)	\$ (45.033)	\$ (47.454)	\$ (51.063)	\$ (57.126)	\$ (63.406)	\$ (28.154)	\$ (30.841)	\$ (35.386)	\$ 468.455		
- Δ Bienes de cambio	\$ -	\$ (36.986)	\$ (10.903)	\$ (14.239)	\$ (15.603)	\$ (17.346)	\$ (19.468)	\$ (7.993)	\$ (9.289)	\$ (10.599)	\$ (12.496)		
+ Δ Deudas proveedores	\$ -	\$ 94.813	\$ 18.672	\$ 34.337	\$ 36.794	\$ 41.093	\$ 45.561	\$ 15.954	\$ 22.177	\$ 25.264	\$ (334.666)		
- Inversiones BU	\$ (38.440)	\$ -	\$ (366)	\$ (555)	\$ (470)	\$ (136)	\$ (1.222)	\$ -	\$ (585)	\$ (801)	\$ -		
+ Venta BC	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 154.922		
+ Venta BU	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.461		
+ Venta Terreno	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13.306		
FCFF	\$ (38.440)	\$ (40.272)	\$ (3.957)	\$ 20.295	\$ 32.165	\$ 46.319	\$ 59.060	\$ 86.298	\$ 97.489	\$ 105.958	\$ 428.408		
IVA inversiones	\$ (6.962)	\$ -	\$ (77)	\$ (117)	\$ (99)	\$ (28)	\$ (257)	\$ -	\$ (123)	\$ (168)	\$ -		
IVA compras MP	\$ -	\$ (55.511)	\$ (73.916)	\$ (95.796)	\$ (119.907)	\$ (146.664)	\$ (176.871)	\$ (189.875)	\$ (204.184)	\$ (220.486)	\$ (239.671)		
IVA electricidad	\$ -	\$ (1.077)	\$ (1.372)	\$ (1.823)	\$ (2.327)	\$ (2.907)	\$ (3.568)	\$ (3.797)	\$ (4.089)	\$ (4.423)	\$ (4.818)		
IVA gastos	\$ -	\$ (4.989)	\$ (7.032)	\$ (9.184)	\$ (11.501)	\$ (14.092)	\$ (16.968)	\$ (18.245)	\$ (19.644)	\$ (21.249)	\$ (23.150)		
IVA ventas	\$ -	\$ 69.296	\$ 97.666	\$ 127.562	\$ 159.732	\$ 195.721	\$ 235.667	\$ 253.404	\$ 272.834	\$ 295.127	\$ 321.532		
IVA pago AFIP	\$ -	\$ (756)	\$ (15.269)	\$ (20.642)	\$ (25.898)	\$ (32.029)	\$ (38.003)	\$ (41.487)	\$ (44.795)	\$ (48.801)	\$ (53.893)		
Saldo	\$ 6.962	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
FFCF IVA	\$ (6.962)	\$ 6.962	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -		
FFCF + FCFF IVA	\$ (45.402)	\$ (33.310)	\$ (3.957)	\$ 20.295	\$ 32.165	\$ 46.319	\$ 59.060	\$ 86.298	\$ 97.489	\$ 105.958	\$ 428.408		
Deuda													
Capital	\$	31.644	\$	17.774	\$	(13.692)	\$	(38.220)	\$	(16.443)	\$	-	\$ -
Intereses	\$	-	\$	(3.491)	\$	(5.884)	\$	(4.035)	\$	(1.009)	\$	-	\$ -
Tax Shield	\$	-	\$	1.849	\$	3.545	\$	2.405	\$	541	\$	-	\$ -
Saldo deuda	\$	31.644	\$	53.321	\$	47.924	\$	15.288	\$	-	\$	-	\$ -
FCFD	\$	31.644	\$	16.131	\$	(16.032)	\$	(39.850)	\$	(16.911)	\$	-	\$ -
Inversores													
Subtotal caja	\$	(13.758)	\$	(17.179)	\$	(19.988)	\$	(19.555)	\$	15.253	\$	46.319	\$ 59.060
Caja mínima	\$	-	\$	4.583	\$	6.459	\$	8.437	\$	10.564	\$	12.945	\$ 15.586
FCFE	\$	(13.758)	\$	(21.762)	\$	(21.865)	\$	(21.532)	\$	13.126	\$	43.939	\$ 56.418

Figura 29.5. Extracto completo de los flujos de fondos. Expresado en miles de pesos argentinos.

30. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

30.1. VAN, TIR, TOR y Apalancamiento.

Es posible calcular el Valor Actual Neto a partir del flujo de fondos del proyecto y de la aplicación del IVA sobre el mismo. Utilizando la WACC calculada anteriormente como tasa de descuento y los distintos flujos de fondo para cada período dentro de la Ecuación 30.1 se puede obtener el VAN del proyecto.

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} FF_i \times \frac{1}{(1+d)^i}$$

Ecuación 30.2. Cálculo del Valor Actual Neto.

Donde: FF_i = Flujo de Fondos del período i .

d = tasa de descuento.

i = período a descontar.

n = número de períodos a considerar.

Cuando el VAN toma valor nulo, la tasa de descuento pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno) que representa la rentabilidad que proporciona el proyecto. Despejando k de la Ecuación 30.2 se puede obtener la TIR del proyecto.

$$\sum_{i=0}^{i=n} FF_i \times \frac{1}{(1+k)^i} = 0 = VAN$$

Ecuación 30.3. Cálculo de Tasa Interna de Retorno.

En la Tabla 30.1 se puede observar el flujo de fondos del proyecto. De esta resulta que el VAN del proyecto es de USD 1.778.914 y una TIR de 27,99%.

Tabla 30.2

Flujo de fondos del proyecto

Año	ARS		USD	
Año 0	\$	(45.402)	\$	(757)
Año 1	\$	(33.310)	\$	(494)
Año 2	\$	(3.957)	\$	(51)
Año 3	\$	20.295	\$	233
Año 4	\$	32.165	\$	344
Año 5	\$	46.319	\$	470
Año 6	\$	59.060	\$	580

Año 7	\$	86.298	\$	815
Año 8	\$	97.489	\$	884
Año 9	\$	105.958	\$	918
Año 10	\$	428.408	\$	3.524

Valores en miles.

Se hacen los mismos cálculos para el flujo de fondos del inversor, obteniendo así el VAN del inversor y su tasa de rentabilidad, TOR. Los valores son USD 461.126 y 32,90% respectivamente.

Tabla 30.3

Flujo de fondos del inversor

Año	ARS	USD
Año 0	\$ (13.758)	\$ (229)
Año 1	\$ (21.762)	\$ (323)
Año 2	\$ (21.865)	\$ (281)
Año 3	\$ (21.532)	\$ (248)
Año 4	\$ 13.126	\$ 140
Año 5	\$ 43.939	\$ 446
Año 6	\$ 56.418	\$ 554
Año 7	\$ 85.125	\$ 803
Año 8	\$ 96.204	\$ 872
Año 9	\$ 104.484	\$ 905
Año 10	\$ 447.927	\$ 3.684

Valores en miles.

Finalmente, haciendo el cociente de la tasa interna de retorno del proyecto y la tasa de rentabilidad para el inversor, se puede calcular el efecto palanca de la financiación del proyecto de inversión. En este caso particular el apalancamiento financiero resulta de 1,175. Al tener un valor mayor que 1, el apalancamiento es positivo y se puede entender que se hizo una buena elección de financiación.

30.2. Período de Repago

El período de repago simple mide cuantos períodos se necesitan para que los beneficios netos, no descontados, recuperen la inversión. El proyecto se repaga en el año 2024 (año 5 de operación) y para los inversores en el año 2025 (año 6 de operación).

30.3. Otros Indicadores

A continuación, se presentan varios índices que pueden llegar a ser de interés para los accionistas. Se da una breve descripción de cada uno y luego se presenta una tabla con el valor de cada indicador para cada año en cuestión.

- Return on Assets – ROA: La rentabilidad sobre los activos representa el rendimiento neto obtenido sobre la inversión total en la empresa, antes de descontar intereses e impuestos.
- Return on Equity – ROE: Mide el rendimiento del capital invertido por los accionistas. Se calcula mediante el cociente de la utilidad antes de intereses e impuestos y el patrimonio neto.
- Liquidez: Disponibilidades dividido Pasivo Corriente.
- Ratio de Endeudamiento: Pasivo dividido Activo.
- Days Payable Outstanding – DPO: El período de pago a proveedores indica qué tanto se retiene el efectivo. Se calcula como las deudas comerciales dividido el costo de venta, multiplicado por la cantidad de días del período.
- Days Selling Outstanding – DSO: La medida de crédito concedido a clientes se puede calcular como los créditos por venta a cobrar dividido el total de ventas a crédito, multiplicado por la cantidad de días del período.
- Days Inventory Outstanding – DIO: La inmovilización de stock es un indicador de cuánto tiempo tarda la empresa en convertir su inventario en ventas. Se calcula como el inventario promedio dividido el costo de venta, multiplicado por la cantidad de días del período.

Tabla 30.4

Indicadores financieros anuales

Año	ROA	ROE	Liq.	Endeu.	D/E	D/E*	DPO	DSO	DIO
Año 0				69,70%	2,30				
Año 1	6,66%	31,75%	4,83%	79,01%	3,77	1,36	129	120	52
Año 2	17,08%	50,82%	5,69%	66,39%	1,98	0,59	116	120	50
Año 3	19,96%	42,93%	5,71%	53,52%	1,15	0,11	117	120	50
Año 4	21,48%	42,72%	5,72%	49,72%	0,99		116	120	50
Año 5	23,07%	46,75%	5,74%	50,65%	1,03		116	120	50
Año 6	23,98%	49,11%	5,75%	51,18%	1,05		116	120	50
Año 7	24,57%	49,98%	5,83%	50,83%	1,03		114	120	50
Año 8	25,07%	51,33%	5,83%	51,17%	1,05		115	120	50
Año 9	25,64%	52,80%	5,83%	51,44%	1,06		115	120	50
Año 10									

D/E* solo deuda financiera de largo plazo. DPO, DSO y DIO expresado en días.

30.4. Conclusión del estudio económico-financiero

Ya habiendo realizado análisis económico financiero del proyecto, se resumen a continuación las métricas de mayor relevancia.

Se obtuvo el VAN del proyecto, el cual resulta de USD 1.778.914 con una TIR de 27,99%. Por otro lado, el VAN del inversor es de USD 461.126 con una TIR de 32,90%. Al obtener ambos VAN mayores que cero se entiende que el proyecto a desarrollar crea valor, por lo que si se utilizara ese criterio el proyecto sería aceptado.

En adición, el proyecto tiene un apalancamiento positivo dejando en evidencia que la financiación elegida es productiva y la estructura de financiación es correcta.

Por otra parte, tanto el ROA como el ROE resultan positivos a lo largo de los años del proyecto y los índices son aceptables en comparación con la industria en la cual se lleva a cabo el proyecto. Por lo tanto, el capital invertido resulta tener un rendimiento positivo.

Los períodos de repago simples del proyecto, calculados con el flujo de fondos descontados a la K_e y al WACC, resultaron de 5 años para el proyecto y 6 años para los accionistas.

Por lo tanto, con los resultados obtenidos de este estudio, se concluye finalmente que el proyecto resulta económicamente viable y financieramente posible.

CAPÍTULO IV:

ANÁLISIS DE RIESGOS

RESUMEN

El capítulo final del análisis de prefactibilidad consiste en estudiar los riesgos que conlleva el proyecto.

Inicia con la detección de las principales variables de riesgo, aquellas que afectan en mayor medida al VAN, mediante un gráfico de Tornado. Posteriormente, se analiza la distribución de probabilidades que afecta a cada una de ellas, así como la potencial correlación que existiera entre algunas.

Se definen diferentes escenarios a los cuales se puede enfrentar el proyecto, y la determinación que se toma en cada uno de ellos.

Es así como, con las distribuciones de las variables de riesgo y los escenarios definidos, se procede a realizar una Simulación de Montecarlo, que permita conocer la distribución resultante del VAN del proyecto y de los inversores, junto con la probabilidad de que sus resultados sean negativos.

Se estudian estrategias de mitigación y cobertura de riesgos, y se cuantifican mediante otro análisis de Montecarlo.

Finalmente, se analiza si existen opciones reales en el proyecto.

31. VARIABLES DE RIESGO

31.1. Riesgos

Dentro de un proyecto existen dos tipos de riesgos. En primer lugar, está el riesgo sistemático, que suele llamarse “riesgo no diversificable”. Este abarca todos los factores políticos, monetarios, económicos y sociales que hacen variar la rentabilidad de un activo. Para el caso de este proyecto, algunos riesgos de este tipo podrían ser: variaciones en el tipo de cambio, cambios en el orden político del estado (aumentos impositivos, por ejemplo), o incluso fenómenos climáticos que afecten la demanda por efecto en cadena.

Por otra parte, se encuentran los riesgos no sistemáticos, o “riesgos diversificables”. Estos son el conjunto de factores que afectan la rentabilidad de una acción o bono pero que son propios de una empresa o industria. Un ejemplo de este tipo, aplicable en el presente proyecto podrían ser todas las causas que hagan disparar el precio tanto de las materias primas como de los productos terminados. Otro caso de riesgos no sistemáticos podrían ser cambios que afecten a los agentes de la industria, o del proyecto específicamente, que generen alteraciones en los contratos. Produciendo, por ejemplo, variaciones en los precios acordados, o en los plazos de pagos o cobro según corresponda. Otros riesgos podrían ser cambios en los aranceles a la importación, que hagan reducir el margen para la empresa, por ejemplo.

En conclusión, y como puede apreciarse, la lista de causas que pueden afectar al proyecto es interminable, por lo que se vuelve fundamental lograr identificar las más relevantes, y comprender qué impacto tienen sobre las variables más influyentes de la rentabilidad del proyecto. Para esto se comienza analizando las variables identificadas que están vinculadas con el proyecto. Se realiza una primera separación, clasificándolas entre independientes y dependientes, y luego modelándolas para determinar cómo pueden variar en el tiempo. A partir de este análisis se realiza un Gráfico de Tornado que muestra en una primera instancia el impacto que tienen las variables en los resultados finales del proyecto.

Una vez analizadas estas variables de riesgo se corre una primera Simulación de Montecarlo para tener una aproximación de la variabilidad del proyecto y del resultado esperado. Luego se complejizará el modelo para incluir escenarios factibles que podrían impactar la rentabilidad.

Finalmente, se sugieren estrategias de mitigación de riesgos y se miden el impacto de su implementación, por separado y en conjunto, para poder establecer conclusiones concretas sobre la viabilidad del proyecto.

31.2. Identificación de riesgos

Resulta útil reconocer, a priori, los principales riesgos a los que se enfrenta el presente proyecto que se detallan a continuación:

- **Demanda de producto terminado:** Un aumento en la demanda de IBE y EHE generaría un aumento en el ingreso de la empresa. Al contar con margen productivo en

los reactores, no se presentaría la necesidad de ampliación, salvo un crecimiento irrisorio. Por otra parte, sobreestimar la demanda tendría un impacto negativo al aumentar el período de repago y disminuir el VAN del proyecto. Dado el uso particular de cada reactor, no se daría el caso en que uno se haya adquirido sin necesidad alguna, es decir que no se contaría con más CAPEX que el necesario.

- **Costos de producción:** El principal costo del proyecto reside en la compra de materias primas. El mercado de commodities se rige por los pequeños márgenes unitarios obtenidos. Se presume que esta se trata de una de las variables que aportará mayor sensibilidad al proyecto, enfrentando un caso de inviabilidad en caso de un aumento del precio y una gran ventaja en caso de una baja. Es de destacar que no se considerará como riesgosa la potencial variación del precio de la energía al no tratarse de uno de los principales costos.
- **Precio de venta:** Análogamente al precio de la materia prima, se trata de un factor de alta sensibilidad por los pequeños márgenes unitarios. Sin embargo, al tratarse de dos commodities del mismo rubro, se encuentran ciertamente correlacionados los precios. Esto último será posteriormente detallado.
- **Aranceles a la importación:** Un factor clave en la justificación del proyecto reside en el menor arancel a la importación del insumo (12%) por sobre el producto terminado (35%), por lo que se trata de un riesgo considerable. Dada la coyuntura y la historia del país, resultaría descabellado que se reduzca el valor o mismo se elimine la prima. Caso contrario es el de la suba. Podría tratarse de uno de los principales riesgos del proyecto.
- **Tipo de cambio:** el mercado de agroquímicos se encuentra mayormente dolarizado y, más aún, al tratarse las materias primas y productos finales de commodities. Sin embargo, el análisis realizado hasta ahora, con contables en pesos (que implica que las ventas se cobran en pesos, y se mantiene caja sólo en esta moneda), puede sobrerrepresentar el riesgo cambiario del proyecto. Por este motivo se analizará la incidencia de esta variable.
- **Días de cobro y pago:** Este factor afecta de manera directa al flujo de fondos del proyecto, debido a una pobre estimación del poder negociador de la empresa, generando modificaciones en el balance del proyecto.
- **Prohibición del IBE:** Se mencionó en capítulos anteriores que existe la fehaciente posibilidad de que se prohíba el uso y aplicación de IBE en Argentina. Dado que no se cuenta con la certeza de la normativa, se deberá contemplar un escenario en el cual se deje de producir uno de los dos productos de la línea.

31.3. Análisis de sensibilidad

El primer paso para la identificación de variables de riesgo del proyecto es realizar un análisis de sensibilidad frente a sus principales parámetros. En este apartado se destaca el Gráfico de Tornado, mostrando cómo reacciona el VAN del proyecto frente a variaciones en los principales inputs. Tanto el VAN de los inversores como la TIR podrían ser objeto de análisis a partir de dicho diagrama, pero a fines prácticos y buscando realizar un análisis exploratorio, se opta por estudiar en una primera instancia la sensibilidad del VAN del proyecto.

De este análisis, se espera obtener los riesgos a analizar y la posibilidad de generar una alternativa de abandono frente a un escenario altamente desfavorable.

Se considerará la posibilidad de que varíen los siguientes parámetros:

- Derechos de importación de insumos, encontrando su variación entre valores discretos entre 0 y 35%, de acuerdo con los valores tabulados nacionalmente. Se destaca que al arancel de importación se le suma un 5.5% correspondiente a diferentes costos y tasas, por lo que se varía entre 5.5 y 40.5%.
- Índice de variación de precios de las materias primas con relación al año anterior, con una variación entre -10% y 10%.
- Índice de variación de precios de los productos terminados con relación al año anterior, con una variación entre -10% y 10%.
- Días de cobro de ventas variando entre 30 y 180 días.
- Días de pago a proveedores variando entre 30 y 180 días.
- Variación de ventas de IBE y EHE.
- Variación del tipo de cambio real.

De esta manera, se utiliza la herramienta de Crystal Ball para realizar el Gráfico de Tornado.

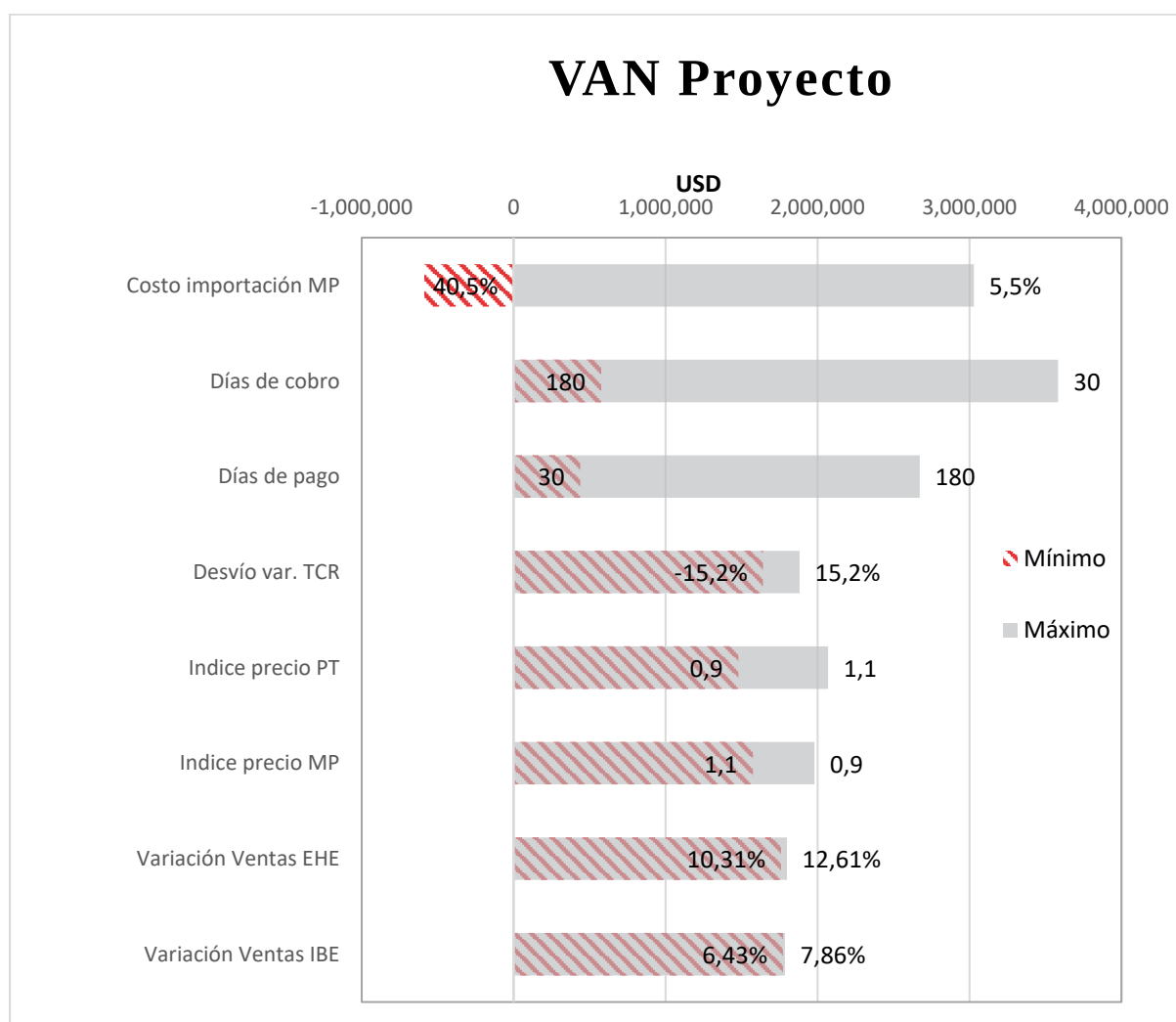


Figura 31.1. Tornado chart preliminar.

El Gráfico de Tornado resulta útil para el análisis individual de cada una de las variables, modificando cada una manteniendo condiciones ceteris paribus. Sin embargo, en caso de existir correlación entre variables pierde utilidad.

Este es el caso del índice de precios de las materias primas y del producto terminado. Si bien los precios de venta no dependen de los costos, existe cierta correlación positiva entre ellos al tratarse de commodities del mismo rubro. Esto quiere decir que, si uno se aprecia, el otro también. De esta manera, el análisis individual de cada uno de ellos no resulta del todo acertado.

Se encuentra una baja sustancial en el VAN del proyecto frente a los derechos de importación de insumos. Al tratarse de un factor externo y sin correlación con precios de venta, un aumento puede llegar a ser perjudicial para el proyecto.

Se observa, además, una considerable sensibilidad a los días de cobro y pago, indicando que será importante generar fuertes relaciones con clientes y proveedores.

31.4. Variables de Riesgo Relevantes y sus probabilidades

Como resultado del análisis de sensibilidad se identifican las variables de riesgo relevantes. Estas son las que mayor impacto tienen en el proyecto, y por ende las que se van a estudiar con mayor profundidad. En la Tabla 31.1 se presenta un resumen de las variables principales con la correspondiente distribución elegida y los parámetros principales. Posteriormente, se procede a su explicación.

Tabla 31.2

Variables de riesgo relevantes

Variables	Detalle	Distribución	Media	Desv. Est.
Aranceles	Aranceles a la importación	Discreta personalizada		
Precio	Índice precio producto terminado	Normal	1	0.05
	Índice precio materia prima	Normal	1	0.08
Ventas	Variación Ventas de IBE	Normal	Proyectada	0.075
	Variación Ventas de EHE	Normal	Proyectada	0.150
Tipo de cambio	Variación en términos reales	Normal asimétrica		
Días de cobro y pago	Días de cobro de ventas y pago a proveedores	Triangular	(30 , 120 , 180)	

Con las variables de riesgo principales definidas, se prosigue a detallar las distribuciones elegidas. Cabe destacar que, si bien el efecto de algunas de las variables no juega un papel demasiado relevante en el proyecto, se modelarán a fin de profundizar el análisis de riesgos.

31.4.1. Nivel de aranceles a la importación

Es una variable de riesgo relevante para el proyecto dado que la mayoría de las materias primas necesarias, que conforman la mayor parte del costo unitario, se importan desde China. Cualquier variación en el nivel de arancel tendrá un impacto significativo en la estructura de costos del proyecto, tal como demuestra el Gráfico de Tornado.

El nivel de aranceles a las importaciones se define como una discreta personalizada. Esto se debe a que no se cuenta con información respecto de este factor, pero existe la posibilidad de que varíe. En la Tabla 31.3 se presenta la distribución asignada.

Tabla 31.4

Niveles de aranceles y probabilidades

Nivel de aranceles	Probabilidad
0%	0,1%
5%	0,7%
8%	0,7%
12%	95%
14%	0,7%
16%	0,7%
18%	0,7%
25%	0,7%
35%	0,7%

Cabe destacar que en el modelo se contempla el arancel a la importación en conjunto con el resto de las tasas y retenciones que se realizan al importar bienes, por lo que se le suma un 5.5%, conformando el costo total de importar.

Además, para el modelado del proyecto, se toma la decisión de que el nivel de aranceles solo pueda cambiar una sola vez en la duración de este, partiendo del valor inicial de 12%. De esta forma, la distribución de probabilidades se repite año a año, con la condición de que a partir del primer año en que cambie, se mantenga fijo por el resto del proyecto. Esto es una simplificación para el trabajo, entendiendo que en la realidad puede ser posible un cambio gradual en el nivel arancelario. Dicho esto, la probabilidad de que cambie el nivel de aranceles sigue siendo baja.

La probabilidad de que el nivel de arancel se mantenga en 12% es muy elevada para cada año (95%). Sin embargo, la probabilidad total durante todo el proyecto que se mantenga en ese valor es menor a 80% por propiedad acumulativa.

31.4.2. Índice precio producto terminado y materia prima

Tal como ya se explicitó en el capítulo de Estudio de Mercado, el comportamiento de los productos agroquímicos se asemeja al de un commodity, donde los precios absolutos son bajos y los márgenes ajustados. Es por esto por lo que cualquier variación afecta significativamente la rentabilidad unitaria y del proyecto.

Asimismo, se introdujo que los precios de los productos terminados se encuentran correlacionados positivamente entre sí por lo que se utiliza un índice general que afecta la suba o la baja conjunta y se puede modelar con una distribución normal con una media de 1 y un desvío estándar de 0,05.

Análogamente para las materias primas, su índice de evolución de precios se define con una distribución normal con una media de 1 y un desvío estándar de 0,08.

Se definen como distribuciones normales debido al bajo volumen de datos históricos sobre las variaciones en los precios. A su vez, la distribución normal contempla la naturaleza continua de la variable en cuestión, centra la mayoría de los datos en la media y 3 desvíos estándar, y no acota la variable al contar con colas infinitas. Para el índice de productos terminados se define un desvío estándar menor al de la materia prima, dado que al incluir más etapas en la cadena de valor se tiende a amortiguar la variabilidad que se presenta.

A su vez, existe cierta correlación positiva entre los precios de las materias primas y los productos terminados, al tratarse de commodities del mismo rubro. Se estableció un coeficiente de correlación de 0,7 entre ambos para las posteriores simulaciones.

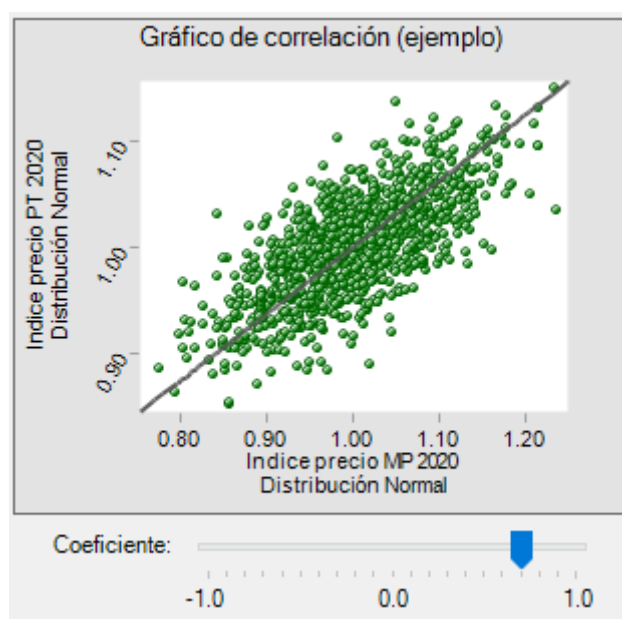


Figura 31.2. Gráfico de correlación (ejemplo) entre precio de MP y PT.

31.4.3. Variación ventas IBE y EHE

La viabilidad económica del proyecto está sujeta a la venta de IBE y EHE. A priori, cualquier variación en las ventas de estos productos afectaría directamente la rentabilidad del proyecto.

La variación de ventas de IBE se define con una distribución normal, con una media acorde a las proyecciones que se realizaron en el estudio de mercado y un desvío de 5% para cada año.

Análogamente, la variación de ventas de EHE se define con una distribución normal, con una media acorde a las proyecciones que se realizaron en el estudio de mercado y un desvío de 10%. Su mayor desvío se debe a que es un producto más novedoso en el mercado argentino y carece de historia, por lo que puede presentarse una mayor volatilidad.

Dado el poco volumen de datos con el que se cuenta para las proyecciones realizadas que afectó el estudio de Mercado, se opta por una distribución normal para ambos casos. De esta manera,

se logra mostrar el efecto del riesgo sincrónico al contar con colas infinitas y concentrar la mayor cantidad de datos entre la media y 3 desvíos estándar.

31.4.4. Tipo de cambio

Como se explicó anteriormente, la mayoría de los precios (costos y ventas) de la industria de agroquímicos se encuentran dolarizados. De todos modos, se analiza el impacto del tipo de cambio en el resultado del proyecto.

En primer lugar, es necesario estimar la distribución del tipo de cambio (y su variación) en Argentina para luego aplicar un modelo que aproxime dicha distribución. Dado que el país históricamente posee un nivel de inflación elevado, es más significativo analizar la evolución de la variable en términos reales que en términos nominales.

Para ello, se utilizaron las siguientes series de datos, disponibles desde 2002:

- Tipo de cambio oficial (comunicado A3500 del BCRA)
- Coeficiente de estabilización de referencia, un índice que ajusta según la variación del índice de precios al consumidor publicado por INDEC
- Índice de precios al consumidor en Estados Unidos (Fed St. Louis)

Se convierten todas las series a series diarias. Para el CER, que se publica en forma diaria, no es necesario ningún ajuste adicional. Para el IPC norteamericano, se transforma la serie mensual a diaria, aplicando una metodología similar a la utilizada para el cálculo de CER: para una determinada fecha, se calcula la variación entre el ultimo valor mensual (X_{t-1}) y el inmediato próximo (X_{t+1}), y la fracción de días entre la fecha a calcular y la última publicación, dividido la diferencia de días entre la publicación próxima inmediata y la última (n). El valor del índice para la fecha (Y) se calcula según la Ecuación 31.1.

$$Y = X_{t-1} \cdot \left(\frac{X_{t+1}}{X_{t-1}} \right)^n$$

Ecuación 31.2. Recalculo del índice de precios al consumidor en base diaria.

Para la serie del tipo de cambio, se completan los valores de días no hábiles con el último valor disponible de la serie. Por último, es necesario desplazar el valor de CER 45 días, para compensar el rezago de la publicación del índice². Con estos ajustes, se calcula la variación interanual del tipo de cambio real como la variación del tipo de cambio nominal, multiplicado por la inflación en dólares, dividido por la inflación en pesos.

² El CER se publica mensualmente entre el día 16 y el 15 del mes siguiente, prorrateando diariamente la última inflación mensual publicada, que corresponde al mes anterior. Por lo tanto, si se desplaza el índice 45 días, se logra que la variación de un mes coincida con el período en que fue medida dicha inflación.

La distribución histórica de la variación interanual del tipo de cambio real posee las características presentadas en la Tabla 31.5.

Tabla 31.6

Estadísticos tipo de cambio real

Estadístico	Valor
Media	4.2%
Mediana	-0.7%
Desvío estándar	15.2%
Asimetría	1.16
Kurtosis (exc.)	1.85

Como puede esperarse, la media es un valor relativamente cercano a cero. Asimismo, se observa una marcada asimetría, donde la mayoría de los valores muestran una leve apreciación cambiaria (variación negativa), compensados por una cantidad reducida de valores elevados (“shocks cambiarios” o devaluaciones significativas en períodos cortos de tiempo).

Por estos motivos no sería representativo modelar la variable con una distribución normal. En cambio, se utiliza una distribución normal-asimétrica, que se basa y conserva múltiples propiedades de la anterior, pero permite parametrizar la distribución con un coeficiente de asimetría (además de media y desvío).

Se realiza una regresión para seleccionar los parámetros tal que el ajuste del modelo respecto a la distribución histórica sea máximo. El coeficiente de regresión (R^2) obtenido es 0,874. En la Figura 31.3 se compara la distribución histórica con el modelo normal-asimétrico.

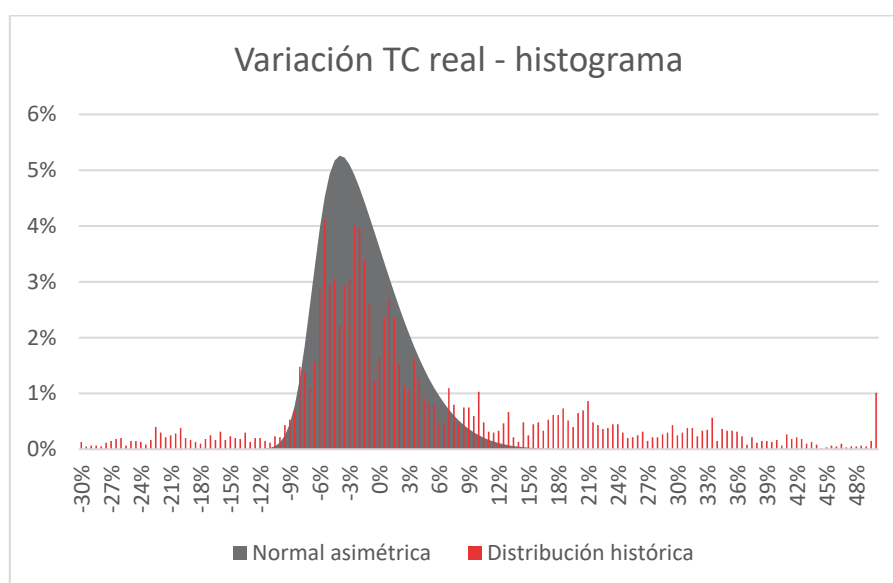


Figura 31.4. Histograma variación tipo de cambio real.

31.4.5. Días de cobro y pago

Cabe considerar que puede existir una diferencia respecto a la proyección del período de cobro y pago a proveedores que afecte directamente el flujo de caja de la empresa.

Es así como se propone una distribución para los días de cobro definida como una triangular con el siguiente detalle:

Tabla 31.7

Días de cobro y su probabilidad

Triangular	Valor [días]
Mínimo	30
Moda	120
Máximo	180

La distribución para los días de pago se define como una distribución triangular con los siguientes valores:

Tabla 31.8

Días de pago y su probabilidad

Triangular	Valor [días]
Mínimo	30
Moda	120
Máximo	180

Debido a que los días de cobro y pago a los proveedores tienen un impacto financiero considerable, se brinda al modelo la posibilidad de variarlos en gran medida, con tendencia a mantenerlos en el valor estimado para el proyecto.

32. ESCENARIOS PARA LA TOMA DE DECISIONES

32.1. El método Montecarlo

La Simulación de Montecarlo es un método estadístico para el análisis de problemas matemáticos complejos, a través de la variación aleatoria de los parámetros que lo componen. De esta manera, se presenta como una herramienta de extrema utilidad para analizar la viabilidad del proyecto frente a los diferentes escenarios a los que se podría enfrentar y crear modelos para la gestión del riesgo.

En el presente análisis de prefactibilidad, se utiliza para estudiar el comportamiento del VAN del proyecto y los inversores ante la variación de los principales parámetros introducidos. De ello, se espera cuantificar el efecto de ajuste de los escenarios analizados, y soporte para la potencial estrategia de cobertura que se proponga.

32.2. Modelo Preliminar

En una primera instancia, es necesario realizar ajustes al modelo elaborado para la presentación de resultados económicos financieros, y así poder incluir las diversas variables de riesgo detalladas en el apartado anterior. Por ejemplo, la inclusión de índices de precios de materia prima y de producto terminado, para que afecten los valores anuales que antes eran considerados constantes. Lo mismo sucede con la incorporación de la variación interanual de ventas proyectadas, ya que para el análisis económico financiero se consideró una curva de crecimiento acorde a lo establecido en el estudio de mercado. También se adapta el modelo para que el nivel de aranceles a la importación que se consideraba constante (12,5%), pueda sufrir cambios en cualquier año a lo largo del proyecto.

La elaboración de un modelo simplificado permite valorar el agregado de distintos escenarios que, a priori, no son tenidos en cuenta, como pueden ser la prohibición de uno de los productos y el abandono del proyecto en un momento determinado.

A continuación, en la Figura 32.1, Figura 32.2 y Tabla 32.1, se presentan los resultados de la simulación de Montecarlo, para evaluar tanto el VAN del proyecto como el del inversor.

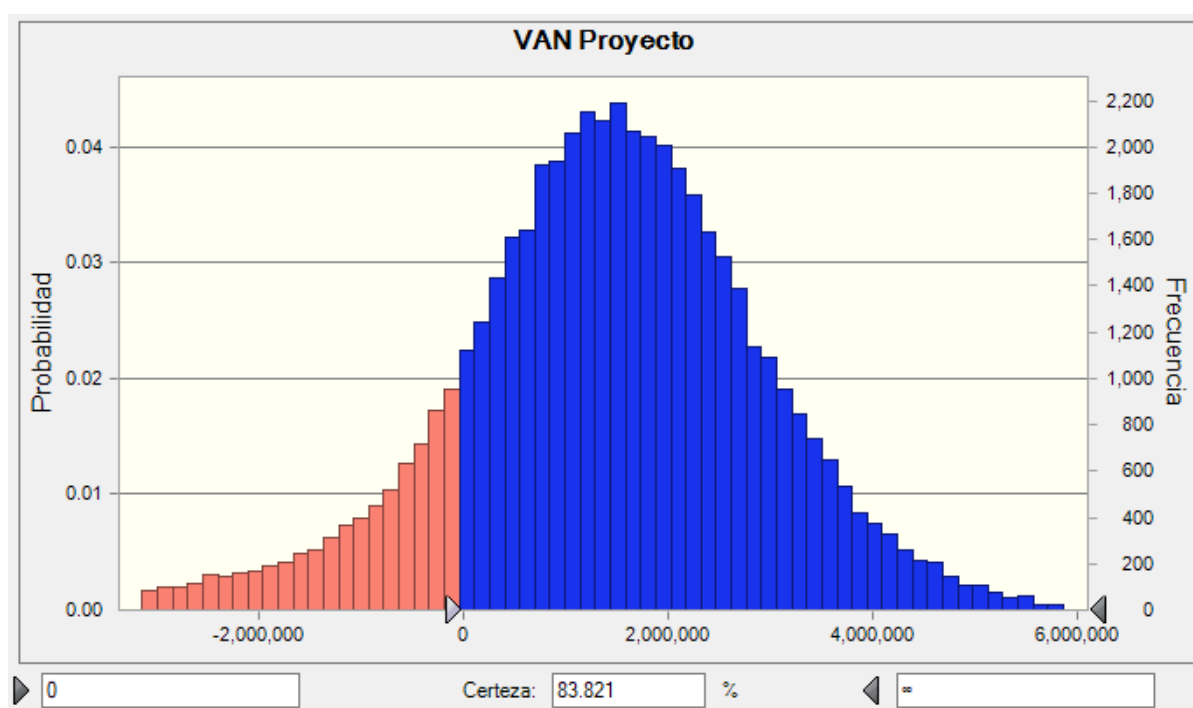


Figura 32.2. VAN proyecto modelo preliminar

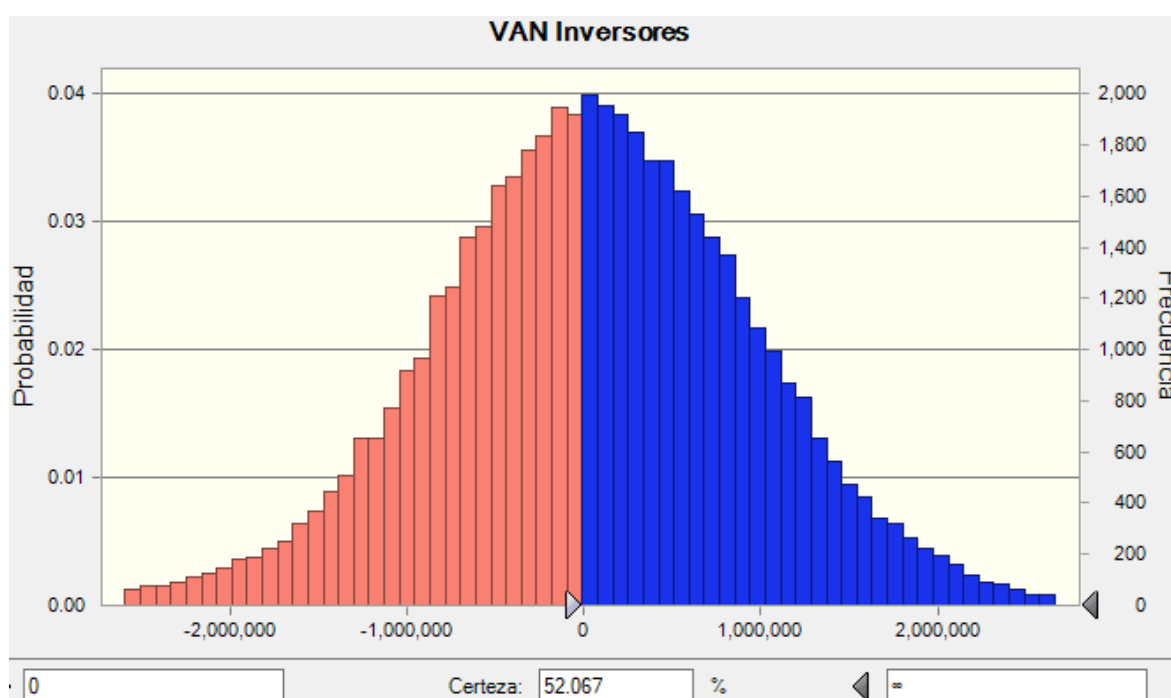


Figura 32.3. VAN inversores modelo preliminar

Tabla 32.2

Estadísticos modelo preliminar

Estadístico	Valores	
	VAN Proyecto	VAN Inversores
Media	USD 1.356.415	USD 32.605
Mediana	USD 1.430.540	USD 45.941
Desvío estándar	USD 1.608.744	USD 938.773
Asimetría	-0,5795	-0,2487
Kurtosis (exc.)	1,96	0.87
Min	(USD 11.476.612)	(USD 6.409.349)
Max	USD 9.182.465	USD 4.238.661
Coef. de variación	1,19	28.79
Error std. Media	USD 7.195	USD 4.198
Prob. VAN < 0	16.18%	47,93%

A simple vista es sencillo observar la gran amplitud de las distribuciones, que corresponde al desvío estándar elevado tanto para el VAN del proyecto como para el VAN del inversor. Esta sensibilidad de la rentabilidad a los distintos escenarios se puede explicar por la falta de incorporación de circunstancias específicas que afecten al proyecto.

Otra característica relevante que es posible observar es la certeza con la cual los valores del VAN se vuelven negativos y, por ende, volviendo el proyecto desfavorable para invertir. Dichas probabilidades toman los valores de 16,18% y 47,93% para el VAN del proyecto y del inversor, respectivamente.

En la Figura 32.4, se presenta la sensibilidad de la varianza frente a las diferentes variables de riesgo del modelo.

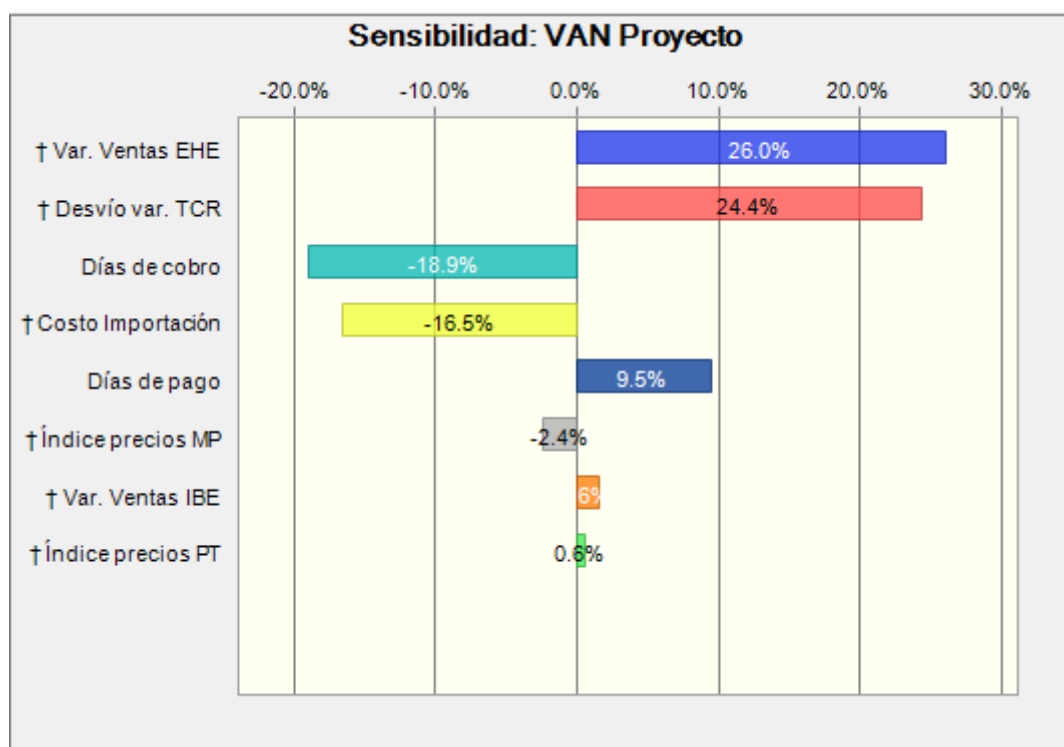


Figura 32.5. Sensibilidad VAN proyecto

Se observa una alta sensibilidad frente a la variación de las ventas de EHE a lo largo del proyecto, así como al desvío de las proyecciones del TCR. A su vez, más injerencia de la variación de los días de cobro que los días de pago a proveedores.

Este primer modelo sirve como punto de partida para evaluar potenciales mejoras en la gestión de riesgos.

32.3. Potencial prohibición del IBE

En la etapa del análisis Económico Financiero del presente proyecto no se consideraba la posibilidad de que efectivamente se prohibiera el IBE. Sin embargo, tal y como se presentó en el Estudio de Mercado y como parte de la justificación del atractivo del proyecto, es factible que suceda.

Siguiendo lo expuesto anteriormente, se asume que la prohibición puede ejecutarse entre 2020 y 2023, debiendo ajustar el modelo de Excel a dicha situación. A partir de ese momento, se dejaría de comprar materia prima y se dejaría de vender IBE. Esto genera que una parte del mercado quede desatendido, de modo que buena parte de la demanda del producto se transferiría al EHE. Dado este contexto, traería una necesidad de comprar más insumos para producirlo, así como también modificar el uso del segundo reactor. Al relocar la línea de IBE para que el proyecto se centre únicamente en la producción de EHE, es necesario transferir la absorción de los costos correspondientes. También se podría tener en cuenta un “costo de

transferencia” que contemple los gastos inferidos en el proceso de limpieza, y posibles cambios necesarios en infraestructura.

Asimismo, es de suponer que la transferencia de demanda no sea inmediata, sino que requiera de una curva de adopción del nuevo producto. Se considera que en el primer año de prohibición se obtendrá que el 50% de la demanda de IBE cambie al EHE, y un 80% para el segundo año. En los años subsiguientes se mantendrá en 80%, dado que los productos no son sustitutos perfectos, tal como se introdujo en el análisis del mercado.

Este escenario podría resultar beneficioso para el proyecto, pero esto se debería a la transferencia de la demanda y no al mero hecho de salir al mercado solo con EHE.

En la Figura 32.6 y Figura 32.5, se presentan los resultados de una Simulación de Montecarlo del modelo, agregando la posibilidad de que el IBE sea prohibido.

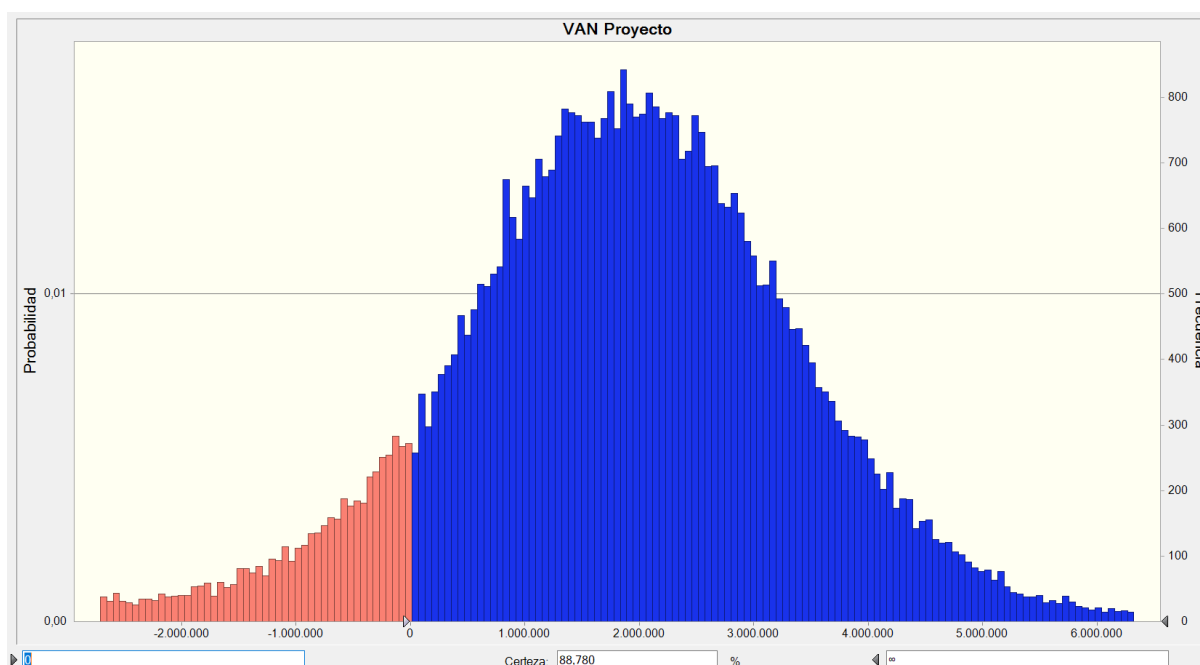


Figura 32.7. VAN proyecto potencial prohibición IBE

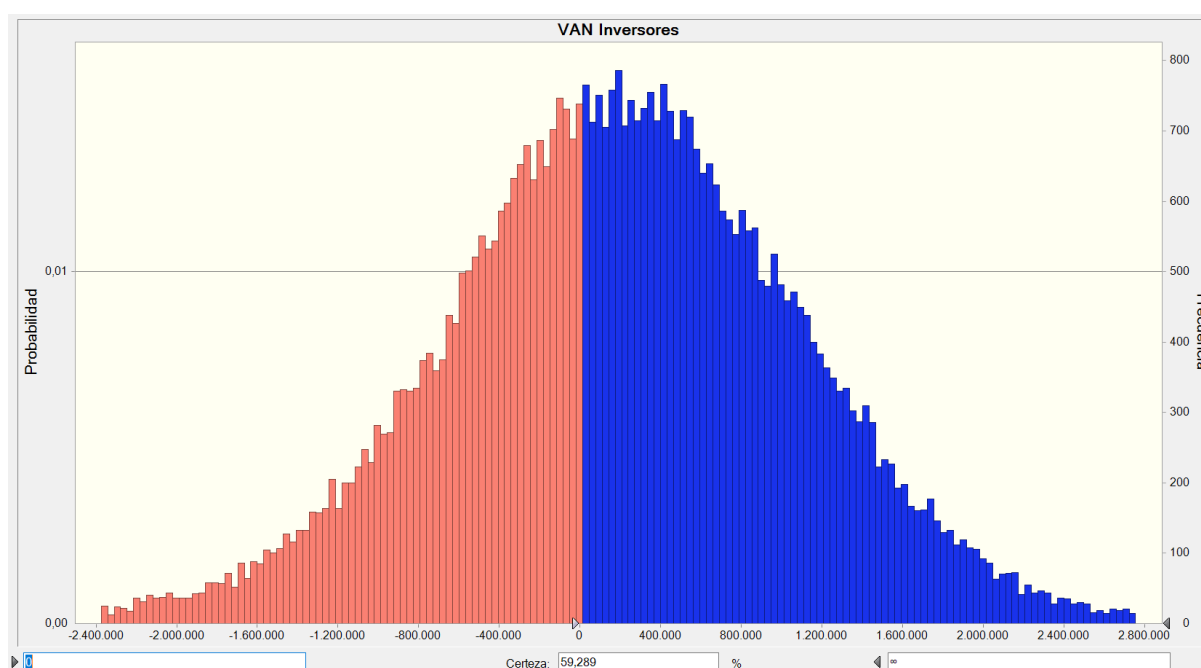


Figura 32.8. VAN inversores con escenario de potencial prohibición IBE

A simple vista, se observa que las distribuciones se encuentran desplazadas hacia la derecha, respecto del escenario preliminar. Sin embargo, resulta interesante analizar los indicadores de las distribuciones en la Tabla 32.3.

Tabla 32.4

Estadísticos modelo potencial prohibición IBE

Estadístico	Valores	
	VAN Proyecto	VAN Inversores
Media	USD 1.804.845	USD 190.321
Mediana	USD 1.866.723	USD 200.816
Desvío estándar	USD 1.612.614	USD 916.113
Asimetría	-0,5033	-0,2423
Kurtosis (exc.)	1,82	0,87
Min	(USD 13.013.826)	(USD 5.913.917)
Max	USD 10.261.791	USD 3.991.894
Coef. de variación	0,89	4,81
Error std. Media	USD 7.212	USD 4.097
Prob. VAN < 0	11,22%	40,71%

Al analizar los indicadores, se concluye que en caso de que se prohíba el IBE, resultará beneficioso para el proyecto, teniendo en cuenta la transferencia de demanda hacia el EHE tal

como se estableció en el modelo. Esto se evidencia en los mayores valores de media, mediana, porcentaje de escenarios con VAN menor que cero, y menor desvío estándar.

Por otra parte, en la Figura 32.9, se incluye el análisis de la sensibilidad del VAN del proyecto frente a las variables de riesgo del modelo.

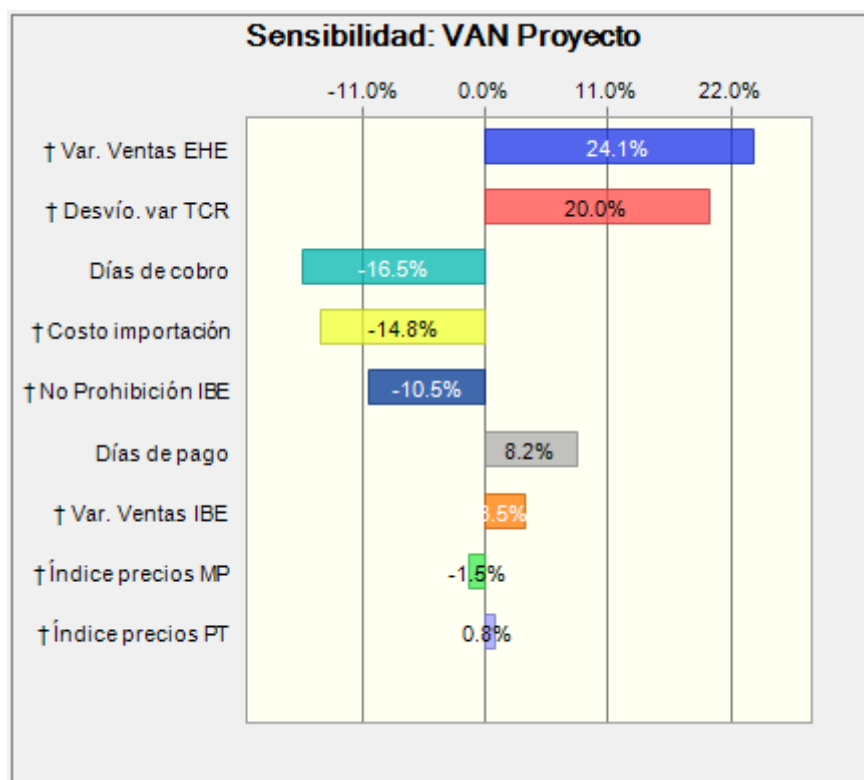


Figura 32.10. Sensibilidad de VAN del proyecto ante variables de riesgo.

Se corrobora que las sensibilidades se mantienen según el modelo preliminar, pero empieza a jugar un rol importante la no prohibición del IBE. Se confirma entonces que su sensibilidad es negativa y resulta más beneficioso que se regule su prohibición.

32.4. Alternativa de abandono del proyecto

En todo proyecto de inversión existe la posibilidad de venta o abandono ante resultados desfavorables. En general, se da porque las ventas no resultaron tal como las proyectadas; o porque los precios de las materias primas se elevaron a tal punto que se pierde competitividad; o mismo por las condiciones macroeconómicas del país o factores externos que afecten al proyecto.

En cuanto a los precios de venta de producto terminado o de compra de insumos, existe una potencial amenaza. Como se introdujo anteriormente, ambos pueden ser vistos como commodities y sus precios cuentan con cierta correlación positiva, por lo que un aumento en los insumos se refleja (no de manera causal, sino por reacción del mercado) en un aumento de los precios de venta. Esto no quiere decir que el precio dependa del costo, sino que existe una

correlación en los commodities del rubro. Aun así, se percibe una mayor sensibilidad a los costos que a los precios de venta.

Asimismo, un aumento de los aranceles a la importación de insumos por encima de un valor determinado podría afectar de manera tal al proyecto que dejaría de ser viable. El valor terminal de esta prima no puede ser calculado desde el escenario base planteado, sino en función del resto de los parámetros del modelo. Esto quiere decir que existe una tasa de derechos de importación límite para cada potencial escenario.

De cualquier modo, son numerosas las combinaciones de variables que pueden generar la inviabilidad del proyecto, por lo que se establece un escenario de abandono en función del margen bruto o EBITDA. Si resulta bajo, tras imputar impuestos y demás gastos, es de esperar que se pierda dinero. Más aún, como la mayoría de las variables clave del modelo afectan a sus años subsiguientes (si sube el arancel de importación, se mantendrá para los siguientes años y el índice de precios es acumulativo), es poco probable que se revierta la pérdida.

Se procede entonces determinar el valor de cut-off del margen EBITDA, para el cuál se dé el abandono. Para ello se corre una simulación de Montecarlo, sin considerar la alternativa de abandono y midiendo el impacto de las variables sobre el margen EBITDA contra el VAN del proyecto. Con una serie de combinaciones suficientemente grande, es posible establecer la correlación entre ambas variables, que a priori se espera sea elevada. De verificarse, se procede a realizar una regresión del VAN en función del margen EBITDA promedio. Se busca establecer el cut-off en aquel punto donde el VAN se anule, en promedio.

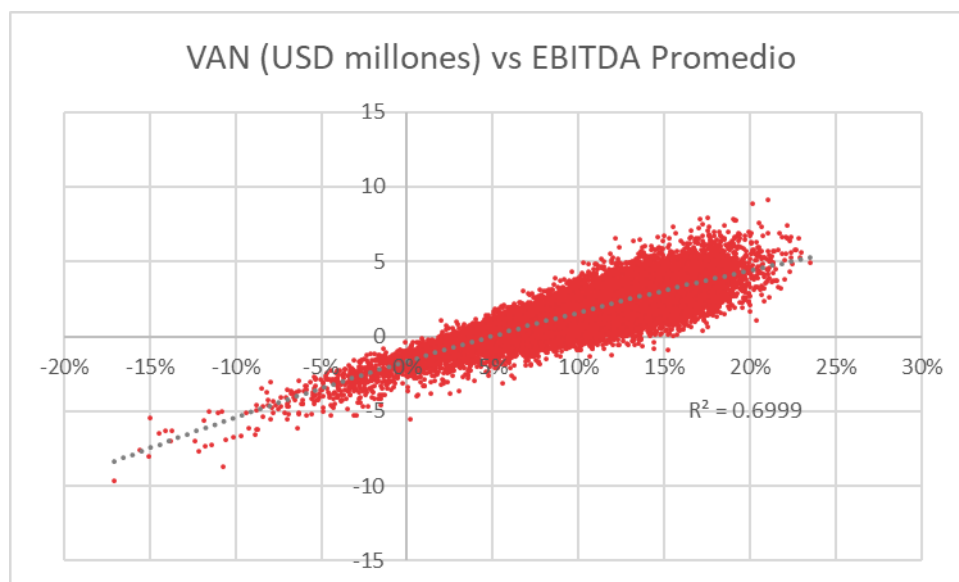


Figura 32.11. VAN del proyecto (en millones de dólares) y margen EBITDA promedio.

En función de los resultados obtenidos, se determina un cut-off del 4,94% del margen EBITDA, donde el VAN se iguala a cero de acuerdo con la regresión.

En caso de abandono, se asume que se logra liquidar los stocks al 80% de su valor según el modelo de costeo histórico. Para esto se toma el stock de fin de año en que se decide abandonar, y se lo vende al contado. Las cuentas de bienes de cambio pasan a ser cero. Se genera un resultado de pérdida por la diferencia entre el valor en los libros contables y el precio al que se venden.

En el caso de la maquinaria, la misma se liquida al 50% de su valor original (en dólares). Dependiendo del año en que se efectúe el abandono, puede generarse un resultado de ganancia o pérdida debido a la diferencia con las amortizaciones acumuladas. El terreno se vende al valor original en dólares, sin considerar apreciaciones en su valor. Las indemnizaciones al personal son de un sueldo por año trabajado, con sus respectivas cargas sociales. Se asume que se cobran todos los créditos por ventas y se pagan todas las deudas comerciales. Luego de impuestos, la caja resultante se suma al flujo de fondos. Este cálculo del valor de liquidación es idéntico al utilizado en el escenario base, luego de transcurridos diez años.

La implementación de esta funcionalidad requiere comparar el margen EBITDA del año actual con el parámetro de cut-off. En el caso que el primero resulte menor, se considera que se continúa operando durante ese año y se realiza la liquidación al final del mismo.

Otro aspecto importante para tener en cuenta es la cancelación adelantada del préstamo si el abandono ocurre durante los primeros años del proyecto. En el prospecto de emisión de las ON se incluiría un artículo de cancelación sin penalización, por lo que podríamos devolver de forma adelantada, sin repercusiones. El modelo cancela el saldo restante de la deuda de forma automática en caso de abandono.

El cronograma de pagos y cobros no se modifica. Es decir, se terminan de pagar y cobrar servicios o productos (ya devengados) al año siguiente de haber finalizado el negocio. Sin embargo, estos movimientos son solamente financieros. Como se puede ver en el cuadro de resultados no generan ninguna utilidad. Todo el dinero que quedaría disponible, si lo hubiera, se retira por los accionistas.

33. SIMULACIÓN DE MONTECARLO

33.1. Presentación e interpretación de resultados

Se procede a la presentación de los resultados de la simulación de Montecarlo del modelo base, contemplando tanto la potencial prohibición del IBE entre 2020 y 2023, y la posibilidad de abandonar el proyecto en caso de que el EBITDA de un año sea menor que el valor de cut-off definido.

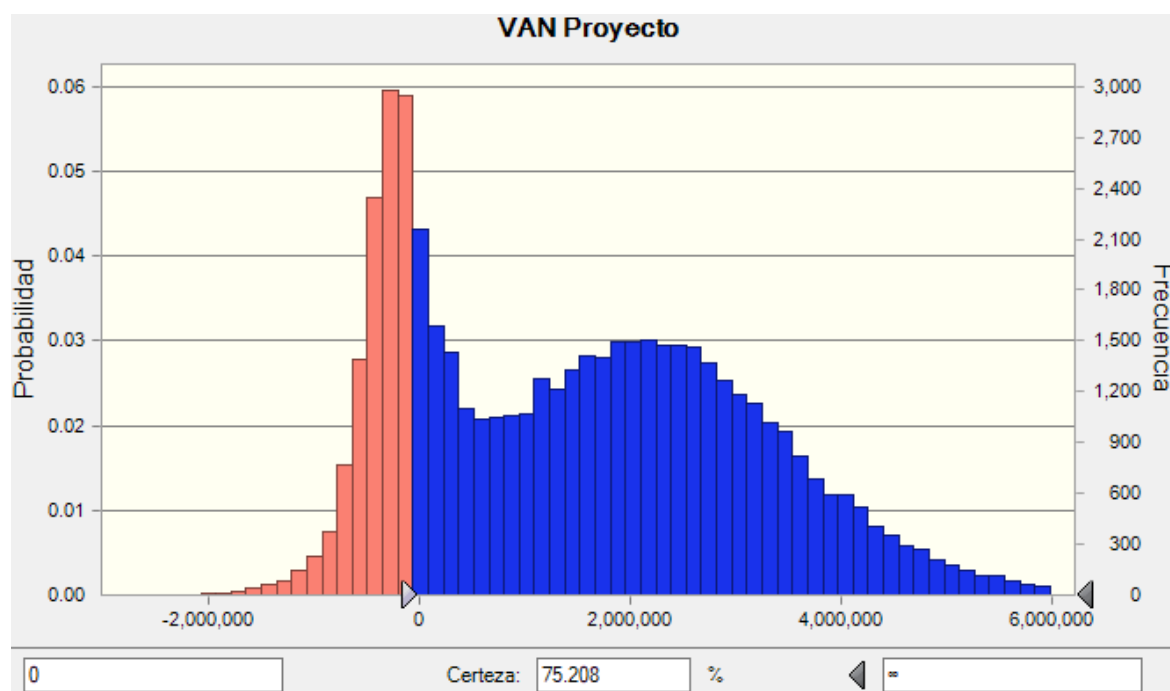


Figura 33.1. VAN proyecto

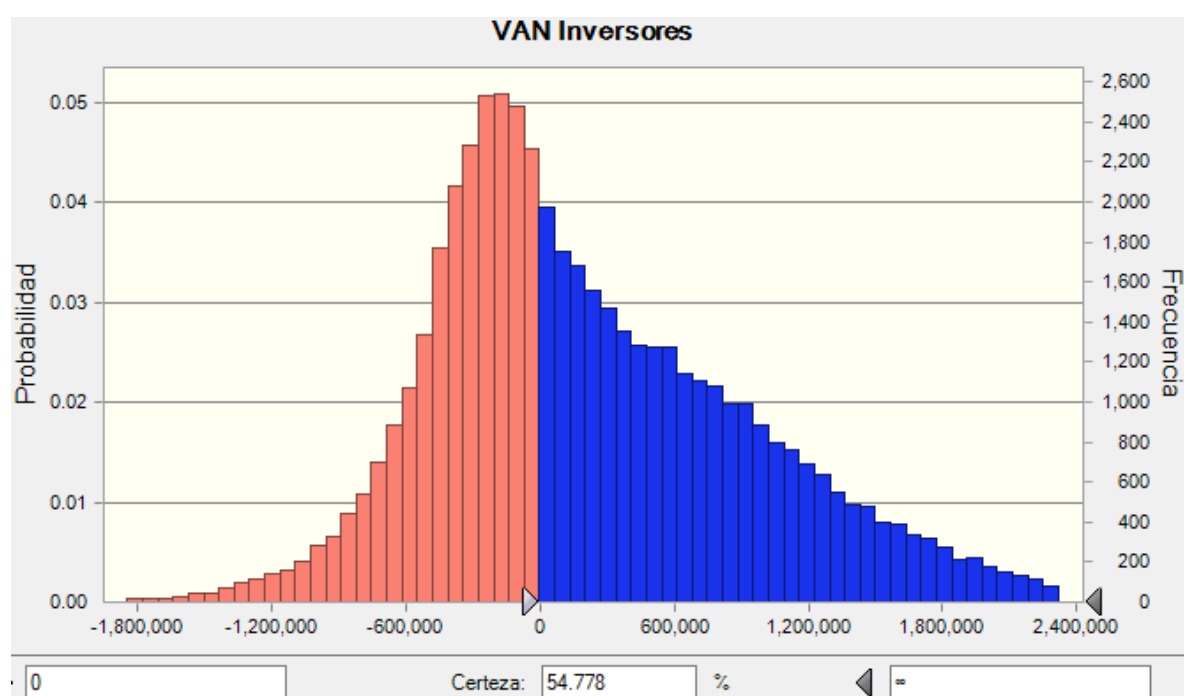


Figura 33.2. VAN inversores

En la Tabla 33.1, se presentan los estadísticos de las distribuciones obtenidas.

Tabla 33.2

Estadísticos modelo base, con alternativa de abandono

Estadístico	Valores	
	VAN Proyecto	VAN Inversores
Media	USD 1.512.264	USD 203.540
Mediana	USD 1.448.073	USD 235.294
Desvío estándar	USD 1.598.113	USD 743.292
Asimetría	0.4371	0.6867
Kurtosis (exc.)	-0.51	0.54
Min	(USD 2.796.613)	(USD 2.562.100)
Max	USD 9.579.523	USD 4.104.196
Coef. de variación	1,06	3.16
Error std. Media	USD 7.147	USD 3.324
Prob. VAN < 0	24.79%	45.22%

A primera vista, se descubre un cambio de comportamiento en la distribución de los resultados del VAN, obtenido de la Simulación de Montecarlo. En la Figura 33.3., se logran percibir con claridad dos campanas de resultados. La de la izquierda correspondiente a los casos en los que se decidió liquidar el proyecto, y la otra cuando se opera durante 10 años.

Para comprender el comportamiento de la primera campana, es importante recordar que, si el EBITDA resultante de un ejercicio es menor al cutoff, se liquida el proyecto en ese mismo año. Esto es más probable que ocurra en los primeros años, dado que el efecto de una variable de riesgo se propaga a lo largo de la vida del proyecto y resulta complicado revertir un inicio desfavorable. Así es que se observa una baja volatilidad en los resultados obtenidos en los casos de abandono. El valor de esta decisión se refleja en que, de no existir, se seguiría operando a pesar de las pérdidas con baja probabilidad de recuperación, logrando que se expanda la campana hacia valores negativos.

Cabe destacar que no todos los resultados del escenario de abandono son negativos, sino que algunos son levemente positivos, desde el punto de vista del proyecto.

Prosiguiendo con el análisis de los principales estadísticos, se observa que el valor mínimo (si bien resulta de la combinación puntual de ciertas variables, en cierta replicación de la simulación) resulta 6 veces menor que el modelo anterior. Estudiar la media de las distribuciones carece de sentido, dado el doble comportamiento.

Llama la atención que la probabilidad de que el VAN sea negativo es superior en el modelo con escenario de abandono. Esto trae consigo dos cuestiones.

La primera es que el cutoff para el EBITDA se estableció en valores conservadores, es decir, en el valor que marca el corte con el VAN cero, descartando posibilidades de recuperación cuando en realidad existen. Disminuir la exigencia (asumir mayores riesgos) podría generar que esos escenarios de recuperación bajen este porcentaje.

La segunda es que la mayoría de los valores negativos se concentran en las cercanías al cero, haciendo que las pérdidas no sean tan abultadas como en el escenario sin abandono. De esta manera, comparar los modelos a partir del porcentaje de valores negativos del VAN solamente, no es suficiente.

Por otra parte, en la Figura 33.4. puede observarse cómo la distribución de resultados del VAN de los inversores tiene un comportamiento similar, aunque no logre percibirse con claridad. En este caso, ambas campanas se encuentran superpuestas.

En la Figura 33.5, se presenta la sensibilidad del VAN del proyecto a las diferentes variables de riesgo.

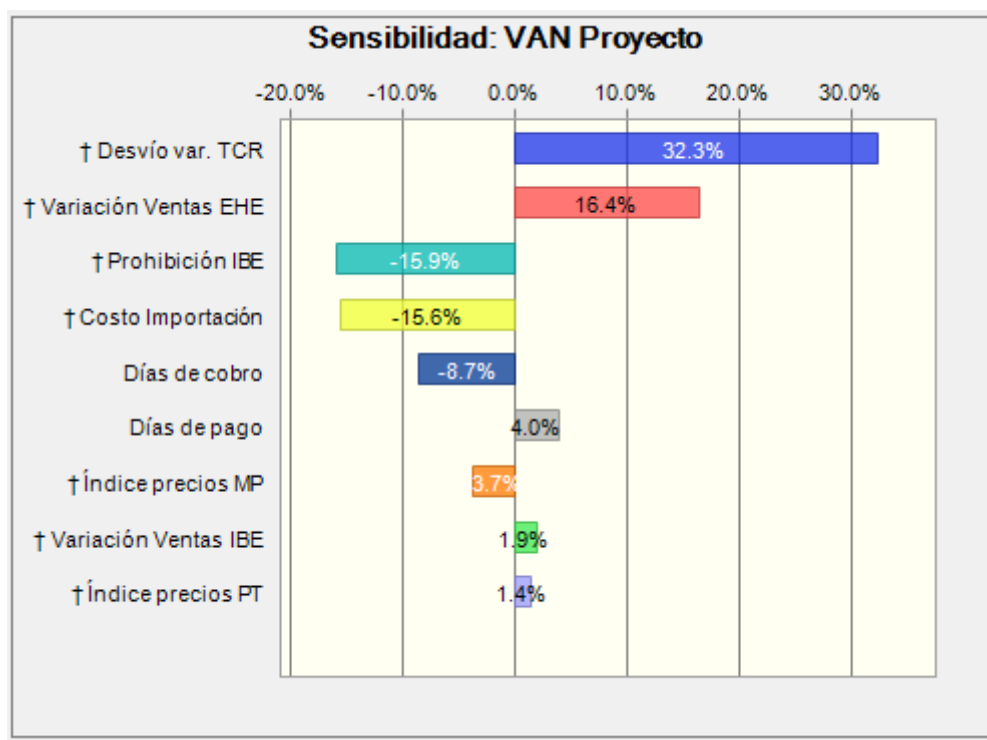


Figura 33.6. Sensibilidad VAN proyecto

En el análisis de sensibilidad del VAN del proyecto frente a las variables de riesgo, se sigue observa que cobra una mayor relevancia el desvío del TCR frente a las ventas de EHE, cuando en el modelo preliminar era al revés. Por otra parte, la no prohibición del IBE y el costo de importación juegan un papel relevante.

Frente a este escenario es posible plantear estrategias para administrar y mitigar el riesgo.

34. ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO

34.1 Estrategias de cobertura

Debido a la alta variabilidad en los resultados del proyecto, es fundamental analizar posibles formas en que puedan disminuirse los riesgos, especialmente aquellos que impactan más negativamente.

34.1.2 Tipo de cambio

Si bien la mayor parte de la estructura (ingresos y costos) del proyecto está dolarizada, la metodología utilizada para llevar a cabo el análisis financiero puede sobreestimar la exposición al riesgo de esta variable. Por ejemplo, al realizarse un análisis con un nivel de agregación anual, el tiempo en que los activos líquidos de la empresa están en pesos aumenta.

En la práctica, la administración financiera podría decidir dolarizar los flujos de caja tan pronto como sea posible, lo que generaría una utilidad por tipo de cambio positiva (siempre que el tipo de cambio aumente) que permitiría compensar, por ejemplo, a las utilidades negativas por ajuste del valor residual de la deuda.

Además, en aquellos momentos en que la empresa no cuente con excedente de caja para compra de moneda extranjera, pero tuviera compromisos próximos a cancelar en dicha divisa, con créditos a cobrar en pesos, podría utilizar futuros financieros como cobertura a una eventual devaluación.

Cabe aclarar que, en términos de resultados netos, ambas posibilidades (compra de divisas o de futuros) son equivalentes, ya que producirán el mismo resultado por tipo de cambio. Por eso, se propone como primera estrategia de cobertura la dolarización de los flujos de fondos, ya sea directa o indirectamente.

La principal consecuencia será la reducción en la variabilidad de esta variable, que se estima podría reducirse en por lo menos un 80%. El riesgo nunca podrá ser eliminado en su totalidad por múltiples factores, como los efectos financieros del mark-to-market, el costo financiero (tasa implícita) de los futuros en sí (que en el corto plazo, en términos reales puede ser positivo o negativo), el costo de oportunidad de las garantías a constituir, etc. Por lo tanto, a los fines de simplificar el análisis se asumirá que el desvío respecto a las proyecciones, hasta ahora estimado según el comportamiento histórico del TCR, tendrá variaciones 80% menores.

34.1.2 Costo de materias primas

Como se analizó previamente, al tratarse de productos con características similares a un commodity, el proyecto es muy sensible a los márgenes. Esto es, la diferencia entre precios de venta y de materias primas. Por lo tanto, se buscará una estrategia de cobertura que minimice la variación de costos.

Dado que las materias primas son principalmente productos petroquímicos, analizaremos la relación entre los precios FOB del ácido 2,4-D y una serie de commodities. El ácido 2,4-D es el costo más representativo e importante del proyecto, ya que afecta a ambos productos y se correlaciona con los demás insumos, que tienen características similares. Además, es el producto para el cual fue posible obtener una serie de datos (precios FOB) más completa. Los commodities a comparar son los siguientes:

- Petróleo crudo (WTI)
- Gas natural (Henry Hub)
- Etileno (Mont Belvieu)

En primer lugar, se recopilaron los precios históricos entre 2006 y 2017 (rango para el cual se dispone de precios FOB del ácido 2,4-D) de cada uno de los productos anteriores. Para ello se computó el promedio anual del cierre diario de la serie continua de futuros³ de cada uno de ellos (operados en NYMEX — CME). En el caso del etileno, sólo se dispone de precios a partir de 2010. Luego, se calculó la variación interanual de cada uno, y se computó la matriz de correlaciones entre dichas variaciones.

Tabla 34.1

Matriz de correlaciones

Coeficientes de correlación	Ácido 2,4-D	Petróleo WTI	Gas nat. HH	Etileno (MB)
Ácido 2,4-D	1.000			
Petróleo WTI	0.682	1.000		
Gas natural HH	0.152	0.626	1.000	
Etileno (MB)	0.792	0.946	0.371	1.000

Se observa que la mayor correlación con las variaciones del ácido 2,4-D corresponde al etileno. Sin embargo, este producto presenta algunos inconvenientes:

- Los futuros MBR son tienen poca liquidez
- Al haber utilizado una serie de datos con menos valores, el resultado puede ser menos significativo

³ Dado que los futuros poseen fecha de vencimiento, se utiliza una serie continua que toma como referencia el precio del futuro líquido con vencimiento más próximo para cada fecha histórica. Como los futuros tienen más liquidez y transparencia que los precios spot, y además se trata de productos con especificaciones estandarizadas, es preferible utilizar esta serie de precios.

Por estos motivos, y dado que la correlación no es significativamente más alta que el siguiente mejor resultado (petróleo WTI), se decidió utilizar los precios del petróleo como variable de cobertura. Además, se observa que la correlación entre petróleo y etileno es muy alta, por lo que al utilizar el primero no se resignan los beneficios estadísticos del segundo.

El siguiente paso consiste en calcular el ratio de cobertura óptimo, que es aquel para el cual la varianza de la variable objetivo (precio del ácido 2,4-D) es mínima. Dicho ratio (h^*) surge de la Ecuación 34.1.

$$h^* = \rho \frac{\sigma_{var. \text{ácido } 2,4-D}}{\sigma_{var. WTI}}$$

Ecuación 34.2. Ratio de cobertura óptimo

A partir de los valores históricos se obtiene un ratio óptimo de 35,7%. Esto significa que la empresa debería cubrir un 35,7% de su exposición al riesgo de precio de ácido 2,4-D mediante venta de futuros de petróleo, para disminuir su variabilidad en esta magnitud.

Por supuesto, este es un análisis estático, que debe actualizarse periódicamente a lo largo del proyecto para monitorear que las relaciones históricas no varíen significativamente, y no perder eficiencia en la estrategia de cobertura. De suceder esto, será necesario repetir el análisis para reflejar correctamente las nuevas condiciones.

34.2 Impacto de cobertura en rentabilidad del proyecto

Se realizó una nueva simulación de Montecarlo para incorporar la estrategia de cobertura, que se refleja en una menor variabilidad de la variación de precios de materias primas. Se asume que las correlaciones analizadas anteriormente se mantienen razonablemente consistentes durante la vida del proyecto, y por lo tanto el ratio óptimo de cobertura no varía significativamente.

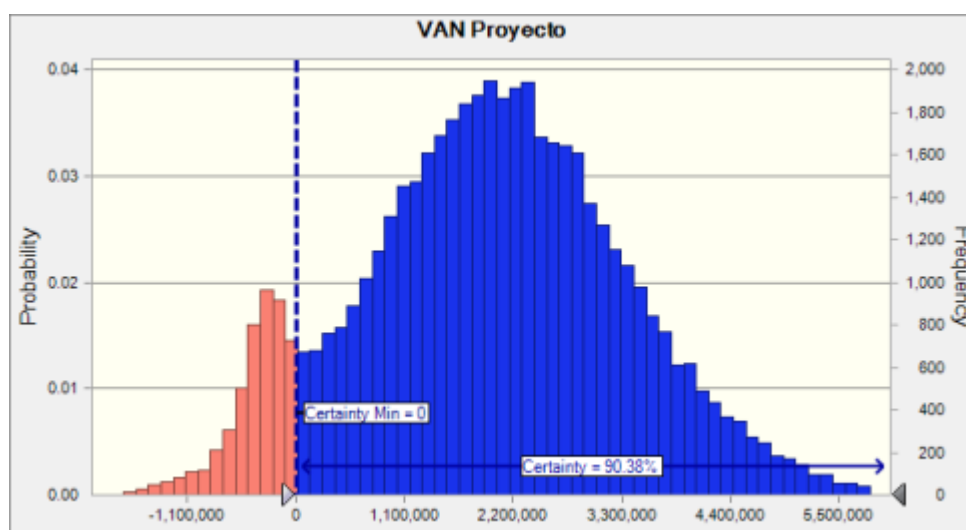


Figura 34.1. VAN de proyecto con estrategias de cobertura

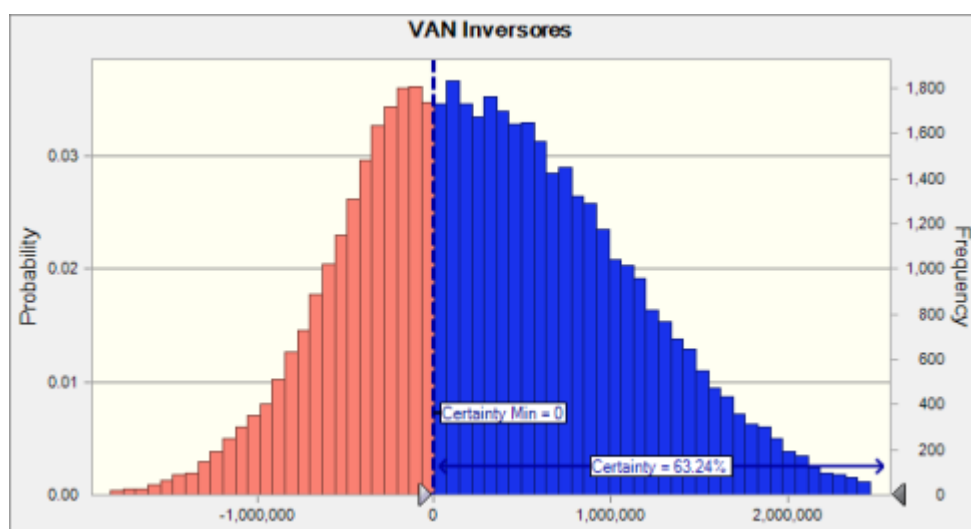


Figura 34.2. VAN de inversores con estrategias de cobertura

Gráficamente ya es posible observar que la distribución mejora considerablemente, especialmente cuando se considera la reducción de probabilidad de que el resultado del proyecto o inversor sean menor a cero. En la Tabla 34.2, se presentan los indicadores que sustentan dicha conclusión.

Tabla 34.3

Estadísticos principales

Estadístico	Valores	
	VAN Proyecto	VAN Inversores
Media	USD 1.968.488	USD 318.090
Mediana	USD 1.980.761	USD 266.464
Desvío estándar	USD 1.374.165	USD 766.458
Asimetría	0,1405	0,3156
Kurtosis (exc.)	-0,01	-0,01
Min	(USD 1.998.509)	(USD 2.153.830)
Max	USD 8.796.169	USD 3.821.661
Coef. de variación	0,6981	2,41
Error std. Media	USD 6.145	USD 3.428
Prob. VAN < 0	9,62%	36,76%

Si se compara con el caso base, se observa una considerable reducción de la variabilidad (desvío estándar) de la distribución, que es el objetivo principal de la estrategia de cobertura. Al tratarse de operaciones con futuros, no se espera que mejore la media, y efectivamente se verifica que la diferencia no es muy significativa. Al ver el análisis de sensibilidad en la Figura 34.3, queda claro que la contribución a la varianza debido a la variación de precios de materias primas se ha reducido. Lo mismo ocurre para la variación del tipo de cambio.

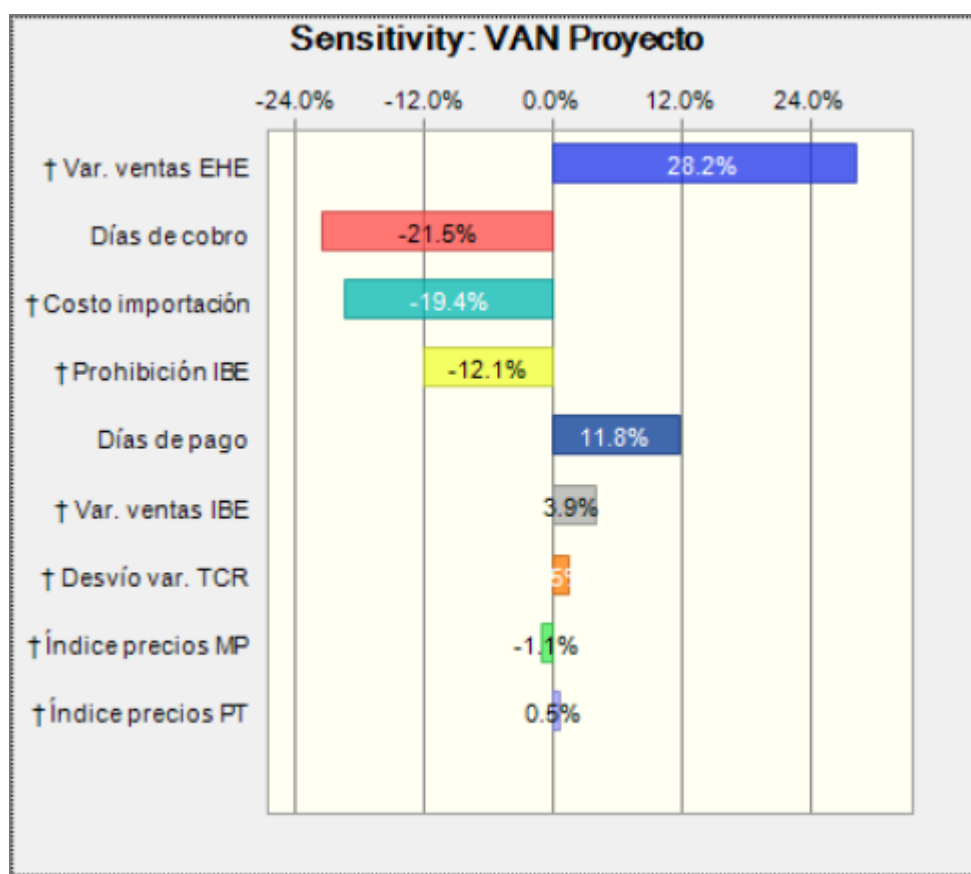


Figura 34.4. Sensibilidades VAN proyecto

Por lo tanto, es posible concluir que mientras las correlaciones analizadas se mantengan en el tiempo, las estrategias propuestas tienen una alta probabilidad de ser exitosas.

35. OPCIONES REALES

Se analizan detenidamente los diferentes escenarios y tomas de decisiones que pudieran afectar dinámicamente la evolución del proyecto. Se determina que los mayores escenarios de riesgo son aquellos planteados en la sección anterior:

- Introducción de un cambio regulatorio que prohíba la comercialización de IBE.
- Abandono y liquidación del proyecto si las condiciones se tornan muy desfavorables.

Si bien los mismos tienen un componente importante de toma de decisiones, se concluyó que no se trata de opciones reales, por múltiples motivos.

En primer lugar, la toma de decisiones en ambos casos puede darse a lo largo de la vida de todo el proyecto, por lo que no existe una expiración bien determinada, que es una característica fundamental de una opción.

Por otra parte, no se trata de decisiones que agregan valor al proyecto en sí. Lógicamente y como se evidencia en el desarrollo de este trabajo, si no se hubieran considerado estos escenarios, el resultado del modelo habría sido peor (especialmente sin el caso del escenario de abandono), pero no porque el proyecto en sí tuviera peores condiciones, sino por el simple hecho de que no hubieran sido tenidas en cuenta. Por lo tanto, los escenarios reflejan condiciones inherentes al proyecto, y su análisis mejora la precisión de las proyecciones, pero no agrega valor por sí mismo. En otras palabras, no existe una prima, que es otra característica fundamental de una opción.

Se analiza también la posibilidad de diferir el inicio del proyecto, que consiste en evaluar si esperar condiciones más favorables para la inversión supera el costo de oportunidad de llevarlo a cabo inmediatamente. Sin embargo, se entiende que bajo la coyuntura actual se hace muy difícil la puesta en marcha de casi cualquier proyecto de inversión productiva, por lo que al modelar las condiciones económico-financieras iniciales se parte de un escenario más acorde con el promedio histórico del país (i.e. un riesgo país alrededor de 700 bps).

El modelo permite la parametrización de esta y otras variables de riesgo, que impactan en la tasa de descuento y el ratio de endeudamiento óptimo. Al no ser un requisito el rollover de la deuda (ya que los plazos de endeudamiento — cortos — que necesita el proyecto se corresponden con las posibilidades existentes en el mercado local), no se consideró la evolución de estas variables por no representar riesgos una vez iniciado el proyecto. En todo caso, el modelo permite plantear distintos escenarios iniciales para evaluar la factibilidad de la inversión, motivo por el cual tampoco se considera que existe una opción real, ni riesgos, en este aspecto.

Por último, en los escenarios planteados, la condición de ejecución es trivial una vez que se ajustó el modelo para considerar dichos eventos. Especialmente en el caso de la prohibición

del IBE: de ocurrir esto, inmediatamente el inversor intentará aprovechar la capacidad ociosa para producir EHE, que por efecto sustitución, absorberá la mayor parte de la demanda en el mercado. En el escenario de abandono, sucede algo similar, aunque la certeza de que el proyecto será imposible de remontar a futuro no es un evento binario sino una distribución continua de probabilidades. Por lo tanto, si se tratase de opciones reales, sería nuevamente difícil argumentar que existe una prima, o incluso un precio de ejercicio (strike); cuando (si) se cumplen los escenarios, la toma de decisión es inmediata ya que el costo de oportunidad de no hacerlo es altísimo.

En síntesis, es posible concluir que el proyecto presenta múltiples escenarios, ricos y diversos en cuanto a toma de decisiones y la existencia de eventos binarios o discretos, pero en ningún caso es posible agregar valor al mismo desde la incorporación de una opción real. Simplemente se analiza en profundidad el impacto de la evolución de cada variable para mejorar la precisión de las proyecciones.

36. CONCLUSIONES ANALÍISIS DE RIESGOS

En el presente trabajo se analizaron las principales variables de riesgo del modelo económico-financiero del proyecto, con el fin de evaluar la exposición al riesgo tanto en forma individual como conjunta. Una vez estimadas las distribuciones de cada una de ellas, se realizaron simulaciones de Montecarlo para conocer la distribución de retornos (VAN) del proyecto.

Asimismo, se consideró la posibilidad de ocurrencia de ciertos eventos, que pudieran llevar a una toma de decisiones que impactaría directamente en la evolución, y por lo tanto la valuación del proyecto:

- Introducción de un cambio regulatorio que prohíba la comercialización de IBE.
- Abandono y liquidación del proyecto si las condiciones se tornan muy desfavorables.

Dichos eventos fueron modelados como escenarios, considerando tanto la probabilidad de su ocurrencia como el impacto de las decisiones consecuencia de ellos. Al incorporar estos factores al modelo y volver a realizar las simulaciones, se obtienen resultados mejores y más precisos, dado que se contemplan decisiones que se tomarían en la realidad. Especialmente cuando se prevén impactos negativos, la administración naturalmente buscaría intentar reducir las pérdidas.

Hasta aquí, ya se observa que algunas variables, al ser tenidos en cuenta los escenarios, cobran una relevancia diferente en el modelo. El desvío de la variación del TCR cobra mayor protagonismo que la variación de ventas de EHE. Más aún, se observa que la potencial prohibición del IBE resultaría beneficiosa para el proyecto, suponiendo se cumpla la transferencia de demanda proyectada.

Además, se analizó la sensibilidad de cada una de las variables de riesgo, y la posibilidad de implementar estrategias de cobertura para minimizarlos. Tras estudiar las correlaciones entre los precios de una de las materias primas más significativas y otros commodities, se concluyó que es posible implementar una estrategia con futuros para reducir parcialmente dicha variabilidad. Se simularon nuevamente los resultados del proyecto aplicando la estrategia planteada, y se verificaron empíricamente resultados positivos.

A su vez, se concluye que el proyecto es sensible frente a variaciones en los días de cobro y pago, por lo que deben reforzarse las relaciones con clientes y proveedores, buscando un menor plazo de cobro y mayor de pago.

Finalmente, se analizó la opcionalidad de los escenarios planteados, y se concluyó que los mismos no cumplen con todos los requisitos de opciones reales. Entre otros motivos, los escenarios son inherentes al proyecto, y no agregan valor al mismo per se, sino que sólo mejoran la precisión del modelo al ser tenidos en cuenta.

Tras un profundo análisis de riesgos, es posible concluir que el proyecto tiene una alta probabilidad de ser exitoso y dar retornos positivos.

37. CONCLUSIÓN GENERAL

En el trabajo realizado se buscó evaluar la viabilidad de extender de la línea de 2,4-D éster en la empresa Sigma Agro S.A. para sintetizar el material técnico en su planta.

Con este fin, se desarrolló el análisis bajo cuatro ejes fundamentales: estudio de mercado, la ingeniería necesaria en el proceso, análisis económico-financiero y de riesgos del proyecto.

En el Capítulo I : Estudio de Mercado, se identificaron los clientes, proveedores y otros agentes que componen la cadena de suministros del proyecto. A su vez, se analizó el comportamiento de la demanda potencial, teniendo que recurrir a diferentes técnicas por no contar con información histórica del 2,4-D éster. Se logró segmentar el mercado en función de diferentes criterios, con el fin de establecer la estrategia para Sigma Agro S.A. y se definió el posicionamiento del producto. Finalmente, como gran conclusión del capítulo, se proyectaron la demanda y el precio de venta para la duración del proyecto.

En el Capítulo II: Estudio de Ingeniería, se dejó de mirar puertas afuera de la empresa, para mirar puertas adentro y entender cómo se haría el producto. Se definió el proceso y se dimensionó mediante un balance de línea que tomaba, como información de entrada, la demanda proyectada en el capítulo anterior y las diferentes tecnologías disponibles. Se evaluaron diferentes ofertas y se determinó cuál sería el proveedor de cada maquinaria, junto con el cronograma de ejecución pertinente. Se estableció un plan de producción para los años del proyecto y se reorganizó el layout de la planta. A su vez, se confirmó que el emplazamiento definitivo de la línea sería en la misma planta con la que hoy cuenta Sigma Agro S.A., alledaña a Mercedes.

Sin embargo, era necesario evaluar la rentabilidad del proyecto, por lo que en el Capítulo III: Estudio Económico-Financiero, se estudiaron inversiones, ventas, compras, costos y demás cuentas para formar el Estado de Resultados, Balance y Flujo de Fondos del proyecto y del inversor. Se evaluaron alternativas de financiamiento y se tomó la decisión de emitir ONs para cubrir las inversiones del año 0, y una segunda ronda de emisión en el año 1. En función de la Deuda y el Patrimonio de la empresa, se calculó la tasa de descuento. Así, se descontaron los flujos de fondos del proyecto y del inversor para obtener sus VAN y calcular la TIR y TOR, respectivamente. Dados sus prometedores valores, se concluyó que el proyecto era rentable.

Pero el análisis no podía concluir de esa manera: los parámetros del modelo podrían sufrir variaciones o la demanda podría estar mal proyectada. Por esta razón, en el Capítulo IV: Análisis de Riesgos, se identificaron las principales variables que podrían representar riesgos para el proyecto y se modelaron sus distribuciones de probabilidad. Se reconocieron dos escenarios: la potencial prohibición del IBE en los primeros 4 años o el abandono del proyecto, en caso de que el margen EBITDA de un año sea menor a un valor de cutoff de 4,94%. Así, se procedió a realizar una Simulación de Montecarlo, conociendo la distribución de valores que podía tomar el VAN del proyecto y del inversor. Tras un análisis de sensibilidad, se

identificaron estrategias de mitigación y administración del riesgo para el tipo de cambio y el precio de la materia prima, reconociendo correlación con el petróleo y cubriéndose con futuros. Tras una segunda Simulación de Montecarlo, se corroboró y concluyó que el proyecto tiene altas posibilidades de ser rentable.

Finalmente, tras un extenso y profundo análisis, se concluye que Sigma Agro S.A. tiene una oportunidad de negocio en la extensión de su línea, pudiendo obtener retornos positivos con una probabilidad del 90,38% desde el punto de vista del proyecto y 63.24% desde el inversor y así convertirse en la tercera empresa que sintetice 2,4-D éster en el país.

ANEXO I: PRODUCTOS DE SIGMA AGRO

Tabla A1.1

Productos comercializados por Sigma Agro.

Producto	Descripción	Tipo
	Fungicida para el control de enfermedades foliares. Combina la acción preventiva y antiesporulante. La mezcla de ambos PA determina una acción combinada, bloqueando el proceso respiratorio y la síntesis de ergosterol. Esta asegura un amplio espectro de control durante un periodo prolongado.	F
	Herbicida sistémico para el control de gramíneas y latifoliadas de la familia de las Glicinas. Presenta una formulación granulada de sal amónica con una alta concentración de principio activo y una excelente performance a bajas dosis.	H
	Es un herbicida para el control de malezas latifoliadas de uso post-emergente y una forma de actuar tipo sistémica donde se provocan efectos hormonales en el crecimiento y desarrollo de la planta, como tallos doblados, hojas enrolladas y cambio de color de las hojas.	H
	La sal dimetilamina es menos volátil, indicada para el control post-emergente de malezas latifoliadas en barbechos, cereales, pasturas de gramíneas y caña de azúcar.	H
	Es un coadyuvante desarrollado para acrecentar el poder mojable de los caldos preparados. Por su principio activo de origen vegetal, lo hace ideal para minimizar la deriva y optimizar la adherencia, dispersión en la superficie de las plantas y de la plaga sobre la cual se aplica.	C
	Insecticida, de contacto e ingestión que actúa sobre el sistema nervioso de los insectos, provocando hiperexcitación, convulsiones, parálisis, y finalmente su muerte, es utilizado para el control de Hemípteros, lepidópteros y homópteros.	I

	Coadyuvante anti-evaporante a base de ésteres metílicos de ácidos grasos de aceite vegetal, indicado para mejorar la calidad de las pulverizaciones. Sobresale por su poder anti-evaporante y penetrante, mejorando la dispersión, adherencia y duración de los tratamientos de plaguicidas.	C
	Coadyuvante anti-evaporante a base de ésteres metílicos de ácidos grasos de aceite vegetal, indicado para mejorar la calidad de las pulverizaciones.	C
	Organofosforado de contacto, ingestión e inhalación para el control de una amplia gama de insectos de suelo y follaje con acción translaminar. Se destaca por su persistencia de acción y amplio espectro de control sobre insectos chupadores, masticadores y minadores.	I
	Es un insecticida de contacto e ingestión que controla Lepidópteros y Hemípteros, actuando sobre el sistema nervioso del insecto, provocando hiperexcitación, convulsiones, parálisis y finalmente su muerte.	I
	Formulado a base de tres activas moléculas insecticidas, que le confieren un amplio espectro de control de plagas, un gran poder de volteo y alta persistencia con acciones de contacto e ingestión, translocándose en la planta por vía sistémica a través del xilema.	I
	Es un herbicida sistémico, de uso pre emergente, se absorbe por coleóptile y radícula en gramíneas anuales y por hipocótilo y radícula en malezas de hoja ancha en germinación. Es importante tener en cuenta que este producto no ejercerá control si es aplicado sobre malezas emergidas.	H
	Es una Acetanilida residual con acción sistémica para el control de gramíneas anuales y algunas latifoliadas. Actúa como pre-emergente, inhibiendo el desarrollo de las plántulas de las malezas susceptibles, al penetrar rápidamente en las semillas y los brotes.	H

	Es un herbicida de uso post y pre emergente para el control de malezas gramíneas y latifoliadas que también ejerce un control residual para malezas susceptibles que germinen después de su aplicación.	H
	Pertenece al grupo de las Imidazolinonas, afectando la enzima Aceto-lactato sintetasa (ALS). Es selectivo en girasol resistente a Imidazolinonas. Ideal para el control persistente de malezas, aplicándose en Post-emergencia temprana del girasol y las malezas.	H
	Es un herbicida de contacto y sistémico (reducido) de uso post-emergente y desecante. Actúa neutralizando la síntesis de glutamina, incrementando la concentración de amoníaco en las células y al mismo tiempo inhibiendo la fotosíntesis.	H
	Es un herbicida sistémico de uso post-emergente el cual es absorbido rápidamente por raíces, hojas y es traslocado, acumulándose en los meristemas. Regulando el crecimiento, imitando la auxina sintética o el ácido indolacético.	H
	Desecante y post-emergente de contacto de la familia de los Bipiridilos. Al ser aplicado sobre el follaje o partes verdes de la planta, su efecto es rápido y contundente, especialmente en días soleados y/o de alta temperatura ambiente.	H
	Post-emergente sistémico para malezas de hoja ancha que pertenece al grupo de las Sulfonil-ureas. Inhibe la enzima Aceto-lactato Sintetasa (ALS), absorbiéndose por hojas y raíces y en pocas horas, las malezas detienen su crecimiento, reduciendo la competencia con el cultivo.	H
	Pertenece al grupo de las Imidazolinonas, afectando la enzima Aceto-lactato-sintetasa (ALS). Post emergente temprano con acción residual, controla las malezas ya emergidas, proveyendo un control residual de las malezas que puedan germinar luego de la aplicación.	H

	Herbicida de uso post-emergente para el control de gramíneas y latifoliadas, inhiben la acetil-CoA carboxilasa, enzima plastídica que cataliza el primer paso en la biosíntesis de ácidos grasos, componentes esenciales para la producción de lípidos.	H
	Sistémico de la familia de los Ariloxifenoxipropionatos. Actúa en post-emergencia para el control de gramíneas anuales y perennes, siendo selectivo en los cultivos de girasol, maní, algodón, soja, etc. Inhibe la síntesis de ácidos grasos a través de la enzima Acetil-coenzimaA-carboxilasa.	H
	Herbicida sistémico para el control de gramíneas y latifoliadas de la familia de las Glicinas. Formulado como sal potásica con coadyuvantes para mejorar la penetración y translocación del ingrediente activo dentro de la planta.	H
	Herbicida sistémico para el control de gramíneas y latifoliadas de la familia de las Glicinas Es una formulación “Premium” de Glifosato a base de sal mono-isopropil amina.	H
	Post-Emergente de contacto del grupo de los Difenil-Éteres. Controla malezas latifoliadas en soja, maní y poroto. Requiere buena humedad edáfica y ambiental para obtener los mejores resultados de control. Ideal para controlar <i>Amaranthus</i> spp resistente a Glifosato en post-emergencia.	H
	Sistémico, de uso post-emergente, Es absorbido por la planta a través de las hojas y raíces penetrando dentro del sistema vascular del vegetal, se considera un herbicida de alta movilidad dentro de la planta, las condiciones climáticas que favorecen el crecimiento de las malezas.	H
	Herbicida sistémico de uso post-emergente, actúa inhibiendo la síntesis de aminoácidos como leucina, isoleucina y valina, dando como resultado que varias proteínas no puedan ser producidas. El crecimiento de las malezas se detiene, las hojas cambian de color y en pocos días muere.	H



Actúa en post-emergencia para el control de gramíneas anuales y perennes. Inhibe la síntesis de ácidos grasos a través de la enzima ACCasa. Una vez aplicado, se absorbe rápidamente por el follaje, translocándose por floema y xilema.

H



Es un herbicida selectivo, sistémico y residual que inhibe el fotosistema II en el proceso de fotosíntesis de las especies sensibles. Se usa en pre o post-emergencia temprana.

H



Herbicida selectivo que controla malezas de hoja ancha. Es absorbido por las plantas por las raíces y hojas. Actúa como inhibidor de crecimiento, aumentando la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, afectando la actividad enzimática, respiración y división celular.

H

H = Herbicida, I = Insecticida, F = Fungicida, C = Coadyuvante

ANEXO II: REGULACIÓN NACIONAL Y PROVINCIAL DE AGROQUÍMICOS

Normativa Nacional (Paz Belada, 2017)

- *Decreto 1585/96*: establece la estructura organizativa del organismo SENASA, detallando sus responsabilidades y atribuciones, entre ellas las presentadas anteriormente.
- *Ley 27.233*: declara de interés nacional la sanidad de los animales y vegetales; la prevención, control y erradicación de las enfermedades y plagas que afecten la producción silvoagropecuaria nacional, la flora y la fauna, entre otras cuestiones. Fundamentalmente, especifica que quedan comprendidas en los alcances de la ley las medidas sanitarias y fitosanitarias definidas en el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio (OMC), aprobado por la ley 24.425. Otorga, a su vez, personería jurídica al SENASA.
- *Decreto-Ley 3489/58*: obliga a cada empresa que se dedique a comercializar productos fitosanitarios a inscribir cada uno de ellos en un registro administrado por el organismo controlador. Establece que el Ministerio de Agricultura y Ganadería controlará la venta en todo el territorio de la Nación de químicos y coadyuvantes destinados al tratamiento de enemigos animales y vegetales de las plantas cultivadas.
- *Decreto Reglamentario 5769/59, Resoluciones 440/98 y 350/99 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación*: crean el Manual de Procedimientos, Criterios y Alcances para el Registro de Productos Fitosanitarios en la República Argentina.
- *Resolución 583/93 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca*: crea el Registro de Principios Activos. Determina que la omisión del registro del principal activo de un plaguicida o la pérdida de vigencia del registro por falta de pago del arancel, causan la pérdida del registro del/los producto/s formulado/s en base a dicho principio activo.
- *Ley 20.418*: regula las tolerancias (máxima concentración permitida) y límites administrativos de residuos de plaguicidas en productos y subproductos de la agricultura y de la ganadería. Dichos límites son definidos por el SENASA.
- *Ley 20.466*: establece lineamientos para el control de la elaboración, importación, exportación, tenencia, fraccionamiento, distribución y venta de fertilizantes y enmiendas en todo el territorio argentino. Dispone, a su vez, que ellos deben ser autorizados por el organismo de control y determina la información mínima que debe contener la etiqueta del envase.

- *Decreto P.E.N 4830/73*: reglamenta la anterior ley y agrega que los fertilizantes y enmiendas destinados a la exportación deben ser inspeccionados y certificados previo otorgación de la autorización de embarque y que los importados deben ser inspeccionados y certificados previo despacho a plaza.
- *Resolución SENASA 500/2003*: crea el Sistema Federal de Fiscalización de Agroquímicos y Biológicos (SIFAB) para controlar, fiscalizar y auditar los productos fitosanitarios, fertilizantes y enmiendas en el ámbito nacional.
- *Resolución SENASA 369/2013*: crea el Sistema de Trazabilidad de Productos Fitosanitarios y Veterinarios, estableciendo que se debe identificar con códigos unívocos cada unidad de los productos trazados.
- *Ley 24.051*: regula la generación, manipulación, transporte y disposición final de residuos peligrosos.
- *Resolución SENASA 367/2014*: regula los lineamientos para el etiquetado de los productos fitosanitarios formulados de uso agrícola.

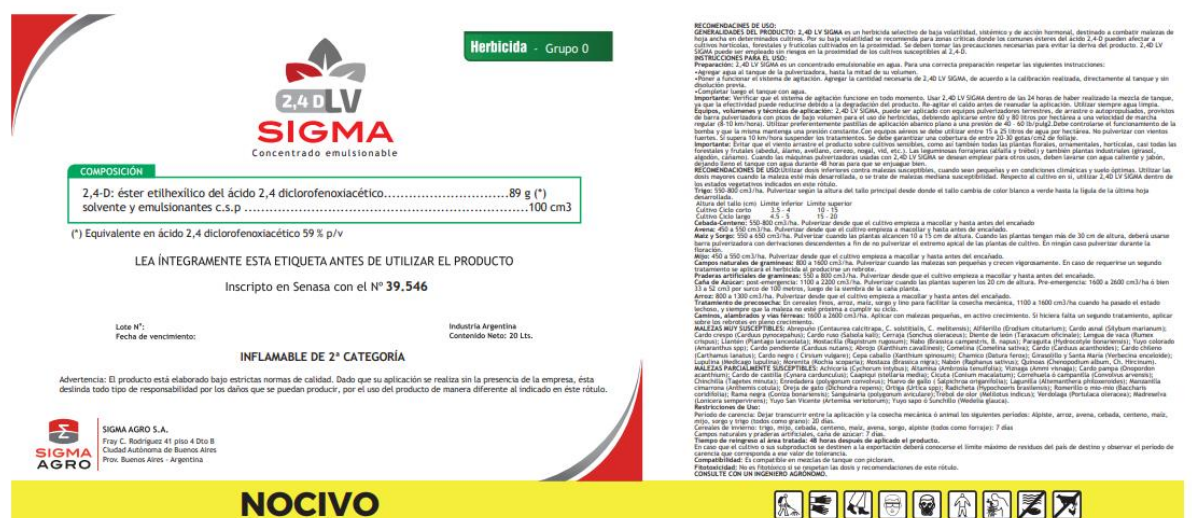


Figura A2.1. Etiqueta de EHE.

Normativa Provincial

A fines de resumir la presente sección del trabajo se presentarán los instrumentos normativos de las provincias en las que Sigma Agro tiene participación, posteriormente desarrollado. (Pórfido, Butler, de Titto, Issaly, & Benítez, 2014)

- Buenos Aires
 - *Ley 10.699*: protección de la salud humana, recursos naturales y producción agrícola mediante el uso racional de productos químicos o biológicos.

- *Ley 8.765*: reglamento de faltas agrarias.
- Córdoba
 - *Ley 4.967*: defensa sanitaria de la producción agrícola.
 - *Ley 9.164*: productos químicos o biológicos de uso agropecuario.
- Entre Ríos
 - *Ley 6.599*: Ley de plaguicidas.
- La Pampa
 - *Ley 1.173*: sistemas de protección de la salud humana y de los ecosistemas optimizando la utilización de agroquímicos
 - *Disposición 1.198*: registro de depósitos de agroquímicos.
- Santa Fe
 - *Ley 11.273*: ley de productos fitosanitarios.

ANEXO III: PROYECCIONES

Proyecciones superficie total sembrada en Argentina

Tabla A3.1

Superficie real y estimada.

Campaña	Real	Estimada
1991/1992	21511094	21775093
1992/1993	20615260	22489651
1993/1994	21196616	23204209
1994/1995	23077937	23918766
1995/1996	24055281	24633324
1996/1997	27722796	25347882
1997/1998	26996726	26062439
1998/1999	27043595	26776997
1999/2000	27044204	27491554
2000/2001	27241084	28206112
2001/2002	27783938	28920670
2002/2003	27964653	29635227
2003/2004	29427337	30349785
2004/2005	30175806	31064343
2005/2006	29439544	31778900
2006/2007	31615517	32493458
2007/2008	33425987	33208015
2008/2009	32351153	33922573
2009/2010	30367660	34637131
2010/2011	35022323	35351688
2011/2012	35940460	36066246
2012/2013	37301457	36780804
2013/2014	36846778	37495361
2014/2015	38202916	38209919
2015/2016	39031826	38924477
2016/2017	39756971	39639034
2017/2018	38735833	40353592
2018/2019		41068149
2019/2020		41782707
2020/2021		42497265
2021/2022		43211822
2022/2023		43926380

2023/2024	44640938
2024/2025	45355495
2025/2026	45355495
2026/2027	46070052
2027/2028	46784610
2028/2029	47499168

Superficie en hectáreas.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,974745435
Coefficiente de determinación R ²	0,950128663
R ² ajustado	0,94805069
Error típico	1277950,043
Observaciones	26

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	7,46742E+14	7,46742E+14	457,2383466	3,90625E-17
Residuos	24	3,91958E+13	1,63316E+12		
Total	25	7,85937E+14			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-1401623710	66984611,04	-20,92456294	6,40701E-17	-1539873152	-1263374267	-1539873152	-1263374267
Año	714557,6321	33416,8831	21,38313229	3,91E-17	645588,5752	783526,6891	645588,5752	783526,6891

Figura A3.1. Estadísticas de la regresión de la superficie total sembrada de Argentina.

Estadísticos de proyecciones porcentaje superficie sembrada por cultivo

Modelo	R ²	S ²	DET	$\sum \delta_i $	PRESS	p	C _p
X1 X3	0,800456115	0,000618561	0,633001934	0,639708726	0,020646783	3	6,153511065

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,894682131
Coefficiente de determinación R ²	0,800456115
R ² ajustado	0,785106586
Error típico	0,02487088
Observaciones	29

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	0,064514115	0,032257057	52,14857627	7,95242E-10
Residuos	26	0,016082577	0,000618561		
Total	28	0,080596692			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	0,304074092	0,014386895	21,135491	6,70808E-18	0,274501406	0,333646779	0,274501406	0,333646779
Precio Promedio (USD)	-0,000279017	8,97325E-05	-3,109427279	0,004505127	-0,000463464	-9,45689E-05	-0,000463464	-9,45689E-05
Tiempo	-0,004062822	0,00069381	-5,855812831	3,57379E-06	-0,005488969	-0,002636675	-0,005488969	-0,002636675

Figura A3.2. Estadísticas de la regresión trigo.

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

Modelo	R ²	S ²	DET	Σ δ _i	PRESS	p	C _p
X1 X3	0,727251466	0,000305376	0,527318097	0,405865215	0,010519391	3	4,689311568
Estadísticas de la regresión							
Coefficiente de correlación múltiple	0,8527904						
Coefficiente de determinación R^2	0,727251466						
R^2 ajustado	0,70627081						
Error típico	0,017475008						
Observaciones	29						
ANÁLISIS DE VARIANZA							
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F		
Regresión	2	0,021170459	0,01058523	34,66295104	4,62287E-08		
Residuos	26	0,007939773	0,000305376				
Total	28	0,029110232					
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%
Intercepción	0,081849888	0,009678073	8,457250551	6,14144E-09	0,061956324	0,101743452	0,061956324
Precio Promedio (USD)	-0,000260181	7,69048E-05	-3,383160346	0,002279502	-0,000418261	-0,000102101	-0,000418261
Nominal GDP per capita (USD)	1,02034E-05	1,2997E-06	7,85058892	2,51438E-08	7,53186E-06	1,2875E-05	7,53186E-06

Figura A3.3. Estadísticos de la regresión maíz.

Modelo	R ²	S ²	DET	Σ δ _i	PRESS	p	C _p	
X1 X3 X4	0,919671546	0,00138504	0,191599934	0,932655131	0,048665463	4	3,360880336	
Estadísticas de la regresión								
Coefficiente de correlación múltiple	0,958995071							
Coefficiente de determinación R^2	0,919671546							
R^2 ajustado	0,910032132							
Error típico	0,037216123							
Observaciones	29							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	3	0,396429168	0,132143056	95,40740764	8,08508E-14			
Residuos	25	0,034625995	0,00138504					
Total	28	0,431055163						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	0,237902092	0,022896756	10,39020952	1,47261E-10	0,19074534	0,285058843	0,19074534	0,285058843
Precio Promedio (USD)	0,000405288	9,76085E-05	4,152184356	0,000334873	0,00020426	0,000606317	0,00020426	0,000606317
Nominal GDP per capita (USD)	-2,03786E-05	3,06811E-06	-6,642068185	5,84575E-07	-2,66975E-05	-1,40597E-05	-2,66975E-05	-1,40597E-05
Tiempo	0,014466881	0,001325718	10,91248683	5,34941E-11	0,011736513	0,017197248	0,011736513	0,017197248

Figura A3.4. Estadísticas de la regresión soja.

Modelo	R ²	S ²	DET	Σ δ _i	PRESS	p	C _p	
X4 X5	0,722780247	1,28525E-05	0,124059937	0,045734322	0,00023357	3	1,084813465	
Estadísticas de la regresión								
Coefficiente de correlación múltiple	0,850164835							
Coefficiente de determinación R^2	0,722780247							
R^2 ajustado	0,680131054							
Error típico	0,003585033							
Observaciones	16							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	2	0,000435624	0,000217812	16,94710263	0,000238978			
Residuos	13	0,000167082	1,28525E-05					
Total	15	0,000602706						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	0,009357984	0,00302405	3,094520682	0,008536327	0,002824922	0,015891047	0,002824922	0,015891047
Nominal GDP per capita (USD)	3,77968E-06	6,53602E-07	5,782846987	6,35337E-05	2,36766E-06	5,1917E-06	2,36766E-06	5,1917E-06
Tiempo	-0,002856719	0,000551999	-5,175229278	0,000178633	-0,00404924	-0,001664199	-0,00404924	-0,001664199

Figura A3.5. Estadísticas de la regresión sorgo.

Modelo	R ²	S ²	DET	$\Sigma \delta_i $	PRESS	p	C _p
X3	0,736197246	7,14079E-05	1	0,129359269	0,0013527	2	2,238364056

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,858019374
Coefficiente de determinación R ²	0,736197246
R ² ajustado	0,717354192
Error típico	0,008450319
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,002789903	0,002789903	39,06995389	2,1247E-05
Residuos	14	0,00099971	7,14079E-05		
Total	15	0,003789613			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	0,080705845	0,004431384	18,21233187	3,81121E-11	0,07120147	0,09021022	0,071201471	0,09021022
Tiempo	-0,002864541	0,000458283	-6,250596283	2,12469E-05	-0,0038475	-0,001881622	-0,00384746	-0,001881622

Figura A3.6. Estadísticas de la regresión de girasol.

Tabla A3.2

Proyección consumo potencial de 2,4-D

Campaña	% Superficie cultivo / total					Superficie total	Superficie cultivo					Litros de herbicida base 2,4D					Volumen total
	Sorgo	Trigo	Girasol	Maíz	Soja		Sorgo	Trigo	Girasol	Maíz	Soja	Sorgo	Trigo	Girasol	Maíz	Soja	
1989/1990	3,65%	25,09%	12,77%	9,44%	23,27%	21,92	0,80	5,50	2,80	2,07	5,10	0,63	4,02	2,03	1,72	4,11	12,51
1990/1991	3,46%	28,43%	10,92%	9,94%	22,85%	21,73	0,75	6,18	2,37	2,16	4,97	0,59	4,52	1,72	1,80	4,00	12,63
1991/1992	3,83%	22,09%	12,66%	12,48%	23,26%	21,51	0,82	4,75	2,72	2,68	5,00	0,65	3,47	1,97	2,24	4,03	12,36
1992/1993	3,93%	22,06%	10,61%	14,36%	25,80%	20,62	0,81	4,55	2,19	2,96	5,32	0,64	3,32	1,58	2,47	4,29	12,30
1993/1994	3,16%	23,16%	10,41%	13,12%	27,45%	21,20	0,67	4,91	2,21	2,78	5,82	0,53	3,59	1,60	2,32	4,69	12,72
1994/1995	2,69%	23,00%	13,04%	12,81%	26,05%	23,08	0,62	5,31	3,01	2,96	6,01	0,49	3,88	2,18	2,46	4,84	13,86
1995/1996	2,79%	21,15%	14,18%	14,19%	24,95%	24,06	0,67	5,09	3,41	3,41	6,00	0,53	3,72	2,47	2,84	4,84	14,40
1996/1997	2,90%	26,57%	11,25%	14,98%	24,06%	27,72	0,80	7,37	3,12	4,15	6,67	0,63	5,38	2,26	3,46	5,37	17,11
1997/1998	3,41%	21,92%	13,01%	13,90%	26,58%	27,00	0,92	5,92	3,51	3,75	7,18	0,73	4,33	2,54	3,12	5,78	16,50
1998/1999	3,25%	20,16%	15,69%	12,09%	31,06%	27,04	0,88	5,45	4,24	3,27	8,40	0,69	3,99	3,08	2,72	6,77	17,25
1999/2000	3,03%	23,30%	13,26%	13,50%	32,50%	27,04	0,82	6,30	3,59	3,65	8,79	0,65	4,60	2,60	3,04	7,08	17,98
2000/2001	2,56%	23,85%	7,25%	12,83%	39,15%	27,24	0,70	6,50	1,98	3,49	10,66	0,55	4,75	1,43	2,91	8,59	18,24
2001/2002	2,07%	25,59%	7,38%	11,02%	41,89%	27,78	0,57	7,11	2,05	3,06	11,64	0,45	5,20	1,49	2,55	9,38	19,07
2002/2003	2,07%	22,53%	8,50%	10,94%	45,08%	27,96	0,58	6,30	2,38	3,06	12,61	0,46	4,60	1,72	2,55	10,16	19,49
2003/2004	1,80%	20,52%	6,28%	10,07%	49,36%	29,43	0,53	6,04	1,85	2,96	14,53	0,42	4,41	1,34	2,47	11,71	20,35
2004/2005	2,05%	20,73%	6,52%	11,28%	47,72%	30,18	0,62	6,26	1,97	3,40	14,40	0,49	4,57	1,43	2,84	11,60	20,92
2005/2006	1,96%	17,74%	7,58%	10,84%	52,29%	29,44	0,58	5,22	2,23	3,19	15,39	0,46	3,82	1,62	2,66	12,41	20,95
2006/2007	2,21%	17,95%	7,53%	11,32%	51,06%	31,62	0,70	5,68	2,38	3,58	16,14	0,55	4,15	1,73	2,98	13,01	22,41
2007/2008	2,42%	17,81%	7,82%	12,68%	49,69%	33,43	0,81	5,95	2,61	4,24	16,61	0,64	4,35	1,89	3,53	13,39	23,80
2008/2009	2,05%	14,63%	6,08%	10,82%	55,77%	32,35	0,66	4,73	1,97	3,50	18,04	0,52	3,46	1,43	2,92	14,54	22,86
2009/2010	3,40%	11,71%	5,09%	12,09%	56,76%	30,37	1,03	3,56	1,55	3,67	17,24	0,82	2,60	1,12	3,06	13,89	21,48
2010/2011	3,52%	13,08%	5,02%	13,02%	53,92%	35,02	1,23	4,58	1,76	4,56	18,88	0,97	3,35	1,27	3,80	15,22	24,61
2011/2012	3,52%	12,88%	5,15%	13,91%	51,95%	35,94	1,27	4,63	1,85	5,00	18,67	1,00	3,38	1,34	4,16	15,05	24,94
2012/2013	3,10%	8,48%	4,44%	16,44%	53,71%	37,30	1,16	3,16	1,66	6,13	20,04	0,91	2,31	1,20	5,11	16,15	25,68
2013/2014	2,71%	9,90%	3,56%	16,55%	53,48%	36,85	1,00	3,65	1,31	6,10	19,70	0,79	2,67	0,95	5,08	15,88	25,36
2014/2015	2,20%	13,77%	3,83%	15,80%	51,81%	38,20	0,84	5,26	1,46	6,03	19,79	0,66	3,84	1,06	5,03	15,95	26,55
2015/2016	2,16%	11,22%	3,68%	17,69%	52,47%	39,03	0,84	4,38	1,44	6,90	20,48	0,66	3,20	1,04	5,75	16,50	27,16
2016/2017	1,83%	16,01%	4,68%	21,33%	45,42%	39,76	0,73	6,36	1,86	8,48	18,06	0,57	4,65	1,35	7,06	14,55	28,19
2017/2018	1,65%	15,30%	4,40%	23,54%	44,55%	38,74	0,64	5,93	1,70	9,12	17,26	0,51	4,33	1,24	7,59	13,91	27,57

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

2018/2019	1,63%	12,88%	3,20%	19,31%	51,05%	40,35	0,66	5,20	1,29	7,79	20,60	0,52	3,80	0,94	6,49	16,60	28,34
2019/2020	1,75%	12,49%	2,91%	20,44%	50,22%	41,07	0,72	5,13	1,20	8,39	20,62	0,57	3,75	0,87	6,99	16,62	28,79
2020/2021	1,84%	12,08%	2,63%	21,45%	49,65%	41,78	0,77	5,05	1,10	8,96	20,74	0,61	3,69	0,80	7,46	16,72	29,27
2021/2022	1,91%	11,67%	2,34%	22,40%	49,20%	42,50	0,81	4,96	1,00	9,52	20,91	0,64	3,63	0,72	7,93	16,85	29,76
2022/2023	2,00%	11,27%	2,06%	23,41%	48,62%	43,21	0,86	4,87	0,89	10,12	21,01	0,68	3,56	0,64	8,43	16,93	30,24
2023/2024	2,06%	10,86%	1,77%	24,36%	48,16%	43,93	0,91	4,77	0,78	10,70	21,16	0,72	3,49	0,56	8,91	17,05	30,73
2024/2025	2,08%	10,46%	1,48%	25,17%	48,00%	44,64	0,93	4,67	0,66	11,24	21,43	0,73	3,41	0,48	9,36	17,27	31,25
2025/2026	1,98%	10,05%	1,20%	25,69%	48,40%	45,36	0,90	4,56	0,54	11,65	21,95	0,71	3,33	0,39	9,71	17,69	31,83
2026/2027	1,90%	9,64%	0,91%	26,23%	48,79%	46,07	0,87	4,44	0,42	12,08	22,48	0,69	3,25	0,30	10,06	18,11	32,42
2027/2028	1,81%	9,24%	0,62%	26,77%	49,14%	46,78	0,85	4,32	0,29	12,53	22,99	0,67	3,16	0,21	10,43	18,53	33,00
2028/2029	1,74%	8,83%	0,34%	27,33%	49,47%	47,50	0,82	4,19	0,16	12,98	23,50	0,65	3,07	0,12	10,81	18,94	33,58

Superficie en millones de hectáreas, volumen de 2,4-D en millones de litros.

Proyección auxiliar de la cantidad de ácido 2,4-D importado

Para realizar la proyección de los Kg de 2,4-D importados se partió del análisis de datos históricos de la última década de las siguientes variables:

- Superficie total sembrada por año de los principales cultivos que utilizan 2,4-D (Subsecretaría de Agricultura, 2019)
- Kg importados de ácido 2,4-D (CIAFA, 2019)
- PBI de Argentina (Marketlina, 2017)

La superficie sembrada total se eligió debido a la relación con las dosis de aplicación de herbicida por hectárea. Por otro lado, el PBI está fuertemente relacionado con la capacidad de importar de los agricultores. Se realizó un análisis para determinar las variables significativas. Se seleccionó al PBI como la única variable significativa basándose en dos factores principalmente, los datos numéricos arrojados por el análisis, y por el alto coeficiente de correlación entre las variables Superficie Total y PBI (coeficiente de correlación = 0.883).

Una vez encontrado el modelo que mejor ajusta la importación se compararon los datos reales con los proyectados, y se dejaron asentados los datos proyectados hasta 2025. Se aclara que por los datos con los que se trabajó, el año 2018 forma parte de la proyección. El modelo arrojó un R^2 ajustado de 80,07%.

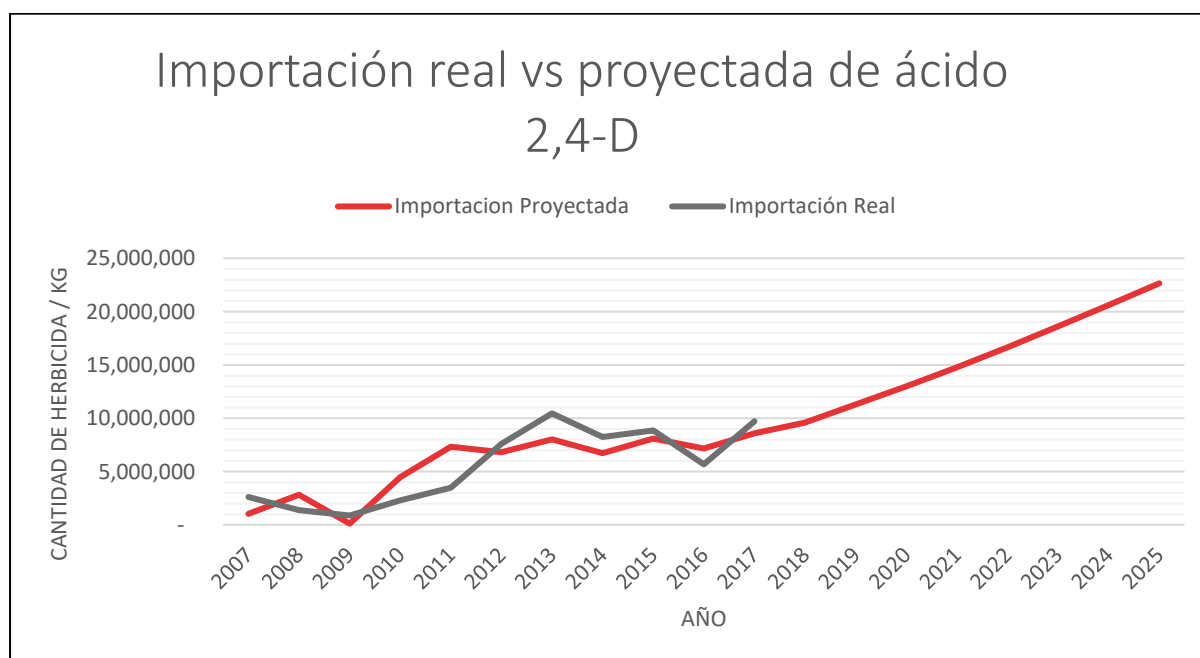


Figura A3.7. Importación real de ácido 2,4-D vs Proyección

Se observa un fuerte aumento en la cantidad a importar de ácido 2,4-D. Esto es debido a que las proyecciones de PIB utilizadas tienen un fuerte nivel de optimismo hacia el país, y al ser

dependiente de ellas, se explica la pendiente tan elevada. A continuación, se encuentran los estadísticos resultantes del modelo de ajuste elaborado.

Regression Statistics	
Multiple R	0.838229256
R Square	0.800728285
Adjusted R Square	0.756486983
Standard Error	2044022.284
Observations	11

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	8.88464E+13	8.88464E+13	21.26515148	0.001269743
Residual	9	3.76022E+13	4.17803E+12		
Total	10	1.26449E+14			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-42974317.62	10543535.98	-4.075892347	0.002775034	-66825453.06	-19123182.18	-66825453.06	-19123182.18
PBI (M usd)	111.2713264	24.129539	4.611415344	0.001269743	56.6865169	165.8561358	56.6865169	165.8561358

Ecuacion de regresion

$X2 = -42974317.62 + 111.2713264 * X1$

Figura A3.8. Resumen del modelo de ajuste de la proyección de 2,4-D importado

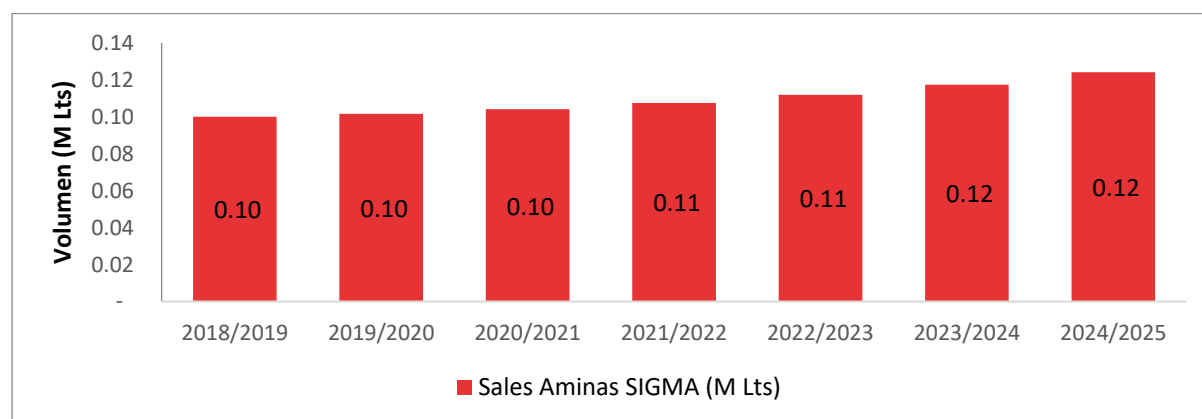


Figura A3.9. Proyecciones de demanda de formulados a partir de sales aminas

ANEXO IV: PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE COMPONENTES

A continuación, se muestra una serie de tablas con información relevante de los compuestos involucrados en el proceso industrial.

Tabla A4.1

Propiedades del 1-butanol, 2-etilhexanol y ácido 2,4-D.

	Unidad	1-butanol	2-etilhexanol	Ácido 2,4-D
Densidad	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0,810	0,833	1,50
Calor específico	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$	174,26	317,50	N/A
Masa molar	$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	74,121	130,230	221,040
Estado (a 20 °C)	-	líquido	líquido	sólido
U. de almacenam.	-	IBC	IBC	big bags

Tabla A4.2

Propiedades de los ésteres intermedios: éster etilhexílico y éster butílico.

	Unidad	EHE	IBE
Densidad	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1,152	1,240
Masa molar	$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	333,270	277,161
Estado (a 20 °C)	-	líquido	líquido
Almacenamiento	-	tanques	tanques

Tabla A4.3

Composición de los formulados finales: 2,4-D EHE y 2,4-D IBE.

	Unidad	2,4-D EHE	2,4-D IBE
Concentración	% p/v	89,0	97,0
Equiv. ácido 2,4-D	% p/v	59,0	77,4
Éster	% v/v	77,26	78,23
Biodiésel	% v/v	22,29	21,34
Emulgentes	% v/v	0,46	0,44
Densidad aprox.	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1,086	1,16

ANEXO V: PLAN DE PRODUCCIÓN

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	3933,08	0,811	1	81,07%
Reactor IBE	4286,62	0,816	1	81,58%
Formulador EHE	4419,19	0,564	1	56,37%
Formulador IBE	4419,19	0,564	1	56,37%
Envasado manual	441,92	3,591	4	89,76%

Requerimientos 2020

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	1964,29	0,444	1	44,42%
Reactor IBE	2802,22	0,585	1	58,51%
Formulador EHE	2207,07	0,282	1	28,15%
Formulador IBE	2888,89	0,368	1	36,85%
Envasado manual	254,80	2,070	3	69,01%

Requerimientos 2021

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	2346,36	0,503	1	50,27%
Reactor IBE	3125,56	0,618	1	61,83%
Formulador EHE	2636,36	0,336	1	33,63%
Formulador IBE	3222,22	0,411	1	41,10%
Envasado manual	292,93	2,380	3	79,34%

Requerimientos 2022

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	2791,36	0,580	1	57,98%
Reactor IBE	3478,28	0,667	1	66,70%
Formulador EHE	3136,36	0,400	1	40,00%
Formulador IBE	3585,86	0,457	1	45,74%
Envasado manual	336,11	2,731	3	91,03%

Requerimientos 2023

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	3312,78	0,685	1	68,46%
Reactor IBE	3860,40	0,737	1	73,65%
Formulador EHE	3722,22	0,475	1	47,48%
Formulador IBE	3979,80	0,508	1	50,76%
Envasado manual	385,10	3,129	4	78,22%

Requerimientos 2024

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	3933,08	0,811	1	81,07%
Reactor IBE	4286,62	0,816	1	81,58%
Formulador EHE	4419,19	0,564	1	56,37%
Formulador IBE	4419,19	0,564	1	56,37%
Envasado manual	441,92	3,591	4	89,76%

Requerimientos 2025

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
-----------------	-----------	---------------	----------	-------------

Reactor EHE	4012,57	0,827	1	82,71%
Reactor IBE	4366,67	0,831	1	83,10%
Formulador EHE	4501,72	0,574	1	57,42%
Formulador IBE	4501,72	0,574	1	57,42%
Envasado manual	450,17	3,658	4	91,44%

Requerimientos 2026

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	4086,10	0,842	1	84,22%
Reactor IBE	4446,69	0,846	1	84,63%
Formulador EHE	4584,21	0,585	1	58,47%
Formulador IBE	4584,21	0,585	1	58,47%
Envasado manual	458,42	3,725	4	93,12%

Requerimientos 2027

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	4159,56	0,857	1	85,74%
Reactor IBE	4526,64	0,861	1	86,15%
Formulador EHE	4666,63	0,595	1	59,52%
Formulador IBE	4666,63	0,595	1	59,52%
Envasado manual	466,66	3,792	4	94,79%

Requerimientos 2028

Máquina/proceso	Necesidad	Requerimiento	Cantidad	Utilización
Reactor EHE	4232,94	0,872	1	87,25%
Reactor IBE	4606,49	0,877	1	87,67%

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

Formulador EHE	4748,96	0,606	1	60,57%
Formulador IBE	4748,96	0,606	1	60,57%
Envasado manual	474,90	3,859	4	96,46%

Requerimientos 2029

Plan EHE e IBE

Plan de producción EHE							
Mes	Ventas	Necesidad	Bidones	Form.	Stock	Batches	Aprov.
01-2020	22896	34216	1711	34216	15260	6	33%
02-2020	11320	-3940			3940		
03-2020	23442	19502	975	19502	5935	4	22%
04-2020	23187	17252	863	17252	1826	3	17%
05-2020	34107	32281	1614	32281	5875	6	33%
06-2020	34980	29106	1455	29106	2691	5	28%
07-2020	33779	31089	1554	31089	7067	7	33%
08-2020	36254	29187	1459	29187	2609	5	28%
09-2020	36145	33536	1677	33536	4619	6	33%
10-2020	36254	31635	1582	31635	6520	7	33%
11-2020	35818	29297	1465	29297	2499	5	28%
12-2020	35818	33319	1666	33319	4837	6	33%
01-2021	27487	36241	1812	36241	15505	6	33%
02-2021	13591	-1915			1915		
03-2021	28143	26228	1311	26228	5568	5	28%
04-2021	27837	22269	1113	22269	3168	4	22%

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

05-2021	40947	37779	1889	37779	6736	8	39%
06-2021	41996	35260	1763	35260	2896	6	33%
07-2021	40554	37658	1883	37658	6857	8	39%
08-2021	43525	36668	1833	36668	1487	6	33%
09-2021	43394	41907	2095	41907	2608	7	39%
10-2021	43525	40917	2046	40917	3598	7	39%
11-2021	43001	39403	1970	39403	5112	7	39%
12-2021	43001	37889	1894	37889	6626	8	39%
01-2022	32834	42442	2122	42442	18307	7	39%
02-2022	16234	-2073			2073		
03-2022	33617	31544	1577	31544	6611	7	33%
04-2022	33251	26640	1332	26640	5156	5	28%
05-2022	48911	43755	2188	43755	7119	9	44%
06-2022	50164	43045	2152	43045	1470	7	39%
07-2022	48442	46972	2349	46972	3902	8	44%
08-2022	51991	48089	2404	48089	2785	8	44%
09-2022	51835	49050	2452	49050	1824	8	44%
10-2022	51991	50167	2508	50167	7066	10	50%
11-2022	51365	44298	2215	44298	6576	9	44%
12-2022	51365	44789	2239	44789	6085	8	44%
01-2023	39061	52289	2614	52289	24257	9	50%
02-2023	19313	-4944			4944		
03-2023	39992	35048	1752	35048	3107	6	33%

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

04-2023	39558	36450	1823	36450	1705	6	33%
05-2023	58188	56482	2824	56482	7110	11	56%
06-2023	59678	52568	2628	52568	4665	9	50%
07-2023	57629	52963	2648	52963	4270	9	50%
08-2023	61852	57582	2879	57582	6011	10	56%
09-2023	61665	55654	2783	55654	7938	11	56%
10-2023	61852	53913	2696	53913	3320	9	50%
11-2023	61106	57787	2889	57787	5806	10	56%
12-2023	61106	55300	2765	55300	1933	9	50%
01-2024	46357	67345	3367	67345	25528	11	61%
02-2024	22921	-2607			2607		
03-2024	47463	44856	2243	44856	6018	8	44%
04-2024	46947	40929	2046	40929	3586	7	39%
05-2024	69057	65471	3274	65471	4481	11	61%
06-2024	70826	66345	3317	66345	3607	11	61%
07-2024	68394	64787	3239	64787	5165	11	61%
08-2024	73405	68240	3412	68240	8071	13	67%
09-2024	73184	65113	3256	65113	4839	11	61%
10-2024	73405	68566	3428	68566	7745	13	67%
11-2024	72521	64776	3239	64776	5176	11	61%
12-2024	72521	67345	3367	67345	2607	11	61%
01-2025	55038	79643	3982	79643	30240	13	72%
02-2025	27213	-3027			3027		

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

03-2025	56350	53323	2666	53323	3911	9	50%
04-2025	55738	51827	2591	51827	5406	9	50%
05-2025	81988	76581	3829	76581	6089	13	72%
06-2025	84088	77998	3900	77998	4672	13	72%
07-2025	81200	76528	3826	76528	6143	13	72%
08-2025	87150	81007	4050	81007	8022	15	78%
09-2025	86888	78865	3943	78865	3805	13	72%
10-2025	87150	83345	4167	83345	5685	14	78%
11-2025	86100	80415	4021	80415	8614	15	78%
12-2025	86100	77486	3874	77486	5185	13	72%
01-2026	56065	78601	3930	78601	31790	13	72%
02-2026	27721	-4069			4069		
03-2026	57402	53333	2667	53333	3900	9	50%
04-2026	56778	52879	2644	52879	4355	9	50%
05-2026	83519	79164	3958	79164	3506	13	72%
06-2026	85658	82151	4108	82151	6878	15	78%
07-2026	82716	75838	3792	75838	6832	14	72%
08-2026	88778	81945	4097	81945	7084	15	78%
09-2026	88510	81426	4071	81426	7604	15	78%
10-2026	88778	81174	4059	81174	7856	15	78%
11-2026	87708	79852	3993	79852	2818	13	72%
12-2026	87708	84890	4244	84890	4140	14	78%
01-2027	57093	81182	4059	81182	36077	15	78%

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

02-2027	28229	-7848			7848		
03-2027	58454	50606	2530	50606	6627	10	50%
04-2027	57819	51192	2560	51192	6042	9	50%
05-2027	85049	79007	3950	79007	3663	13	72%
06-2027	87227	83564	4178	83564	5465	14	78%
07-2027	84232	78767	3938	78767	3903	13	72%
08-2027	90404	86501	4325	86501	2529	14	78%
09-2027	90132	87603	4380	87603	7785	16	83%
10-2027	90404	82619	4131	82619	6411	15	78%
11-2027	89315	82904	4145	82904	6125	14	78%
12-2027	89315	83190	4159	83190	5840	14	78%
01-2028	58119	81016	4051	81016	36750	15	78%
02-2028	28736	-8014			8014		
03-2028	59505	51491	2575	51491	5742	9	50%
04-2028	58858	53116	2656	53116	4117	9	50%
05-2028	86578	82461	4123	82461	6568	15	78%
06-2028	88796	82227	4111	82227	6802	15	78%
07-2028	85747	78944	3947	78944	3726	13	72%
08-2028	92030	88304	4415	88304	7085	16	83%
09-2028	91753	84667	4233	84667	4362	14	78%
10-2028	92030	87668	4383	87668	7721	16	83%
11-2028	90921	83200	4160	83200	5830	14	78%
12-2028	90921	85091	4255	85091	3939	14	78%

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

01-2029	59144	84449	4222	84449	33824	14	78%
02-2029	29243	-4581			4581		
03-2029	60555	55974	2799	55974	7618	11	56%
04-2029	59897	52278	2614	52278	4955	9	50%
05-2029	88106	83151	4158	83151	5879	14	78%
06-2029	90362	84483	4224	84483	4546	14	78%
07-2029	87259	82713	4136	82713	6317	14	78%
08-2029	93653	87336	4367	87336	8052	16	83%
09-2029	93371	85319	4266	85319	3711	14	78%
10-2029	93653	89942	4497	89942	5446	15	83%
11-2029	92525	87078	4354	87078	8310	16	83%
12-2029	92525	84214	4211	84214	4815	14	78%

Plan de producción IBE							
Mes	Ventas	Necesidad	Bidones	Form.	Stock	Batches	Aprov.
01-2020	32079	47940	2397	47940	22338	44%	8
02-2020	15861	-6477			6477		
03-2020	32844	26367	1318	26367	7644	28%	6
04-2020	32487	24843	1242	24843	2365	22%	4
05-2020	47787	45422	2271	45422	2193	39%	7
06-2020	49011	46818	2341	46818	7599	44%	9
07-2020	47328	39729	1986	39729	7886	39%	8
08-2020	50796	42910	2146	42910	4704	39%	7

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

09-2020	50643	45939	2297	45939	1676	39%	7
10-2020	50796	49120	2456	49120	5297	44%	8
11-2020	50184	44887	2244	44887	2728	39%	7
12-2020	50184	47456	2373	47456	6961	44%	9
01-2021	35979	46807	2340	46807	25399	44%	9
02-2021	17789	-7610			7610		
03-2021	36837	29227	1461	29227	4784	28%	5
04-2021	36436	31653	1583	31653	2358	28%	5
05-2021	53596	51238	2562	51238	3179	44%	8
06-2021	54969	51791	2590	51791	2626	44%	8
07-2021	53082	50455	2523	50455	3962	44%	8
08-2021	56971	53010	2650	53010	8210	50%	10
09-2021	56800	48590	2430	48590	5827	44%	8
10-2021	56971	51144	2557	51144	3273	44%	8
11-2021	56285	53012	2651	53012	8207	50%	10
12-2021	56285	48078	2404	48078	6339	44%	8
01-2022	40130	53633	2682	53633	27428	50%	10
02-2022	19842	-7586			7586		
03-2022	41087	33501	1675	33501	7312	33%	7
04-2022	40641	33329	1666	33329	7484	33%	7
05-2022	59781	52297	2615	52297	2120	44%	8
06-2022	61312	59192	2960	59192	2027	50%	9
07-2022	59206	57179	2859	57179	4040	50%	9

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

08-2022	63545	59505	2975	59505	8517	56%	11
09-2022	63353	54837	2742	54837	6382	50%	9
10-2022	63545	57163	2858	57163	4056	50%	9
11-2022	62779	58723	2936	58723	2496	50%	9
12-2022	62779	60283	3014	60283	7738	56%	11
01-2023	44659	59002	2950	59002	24298	50%	9
02-2023	22081	-2217			2217		
03-2023	45724	43507	2175	43507	4108	39%	7
04-2023	45227	41119	2056	41119	6496	39%	7
05-2023	66527	60031	3002	60031	7990	56%	11
06-2023	68231	60241	3012	60241	7780	56%	11
07-2023	65888	58108	2905	58108	3112	50%	9
08-2023	70716	67604	3380	67604	7219	61%	12
09-2023	70503	63284	3164	63284	4737	56%	10
10-2023	70716	65979	3299	65979	2042	56%	10
11-2023	69864	67822	3391	67822	7002	61%	12
12-2023	69864	62862	3143	62862	5159	56%	10
01-2024	49565	68913	3446	68913	30417	61%	11
02-2024	24507	-5910			5910		
03-2024	50747	44837	2242	44837	2778	39%	7
04-2024	50196	47418	2371	47418	6999	44%	9
05-2024	73836	66837	3342	66837	7987	61%	12
06-2024	75727	67740	3387	67740	7083	61%	12

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

07-2024	73126	66043	3302	66043	8780	61%	12
08-2024	78485	69705	3485	69705	5119	61%	11
09-2024	78248	73130	3656	73130	8496	67%	13
10-2024	78485	69989	3499	69989	4834	61%	11
11-2024	77539	72705	3635	72705	8920	67%	13
12-2024	77539	68619	3431	68619	6205	61%	11
01-2025	55038	76045	3802	76045	32793	67%	12
02-2025	27213	-5580			5580		
03-2025	56350	50770	2538	50770	3647	44%	8
04-2025	55738	52091	2605	52091	9129	50%	10
05-2025	81988	72859	3643	72859	8766	67%	13
06-2025	84088	75321	3766	75321	6304	67%	12
07-2025	81200	74896	3745	74896	6730	67%	12
08-2025	87150	80420	4021	80420	8007	72%	14
09-2025	86888	78880	3944	78880	2745	67%	12
10-2025	87150	84405	4220	84405	4023	72%	13
11-2025	86100	82077	4104	82077	6350	72%	13
12-2025	86100	79750	3987	79750	8678	72%	14
01-2026	56065	75108	3755	75108	34238	67%	12
02-2026	27721	-6517			6517		
03-2026	57402	50885	2544	50885	3532	44%	8
04-2026	56778	53246	2662	53246	7973	50%	10
05-2026	83519	75546	3777	75546	6079	67%	12

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

06-2026	85658	79578	3979	79578	8849	72%	14
07-2026	82716	73867	3693	73867	7758	67%	13
08-2026	88778	81019	4051	81019	7408	72%	14
09-2026	88510	81102	4055	81102	7326	72%	14
10-2026	88778	81452	4073	81452	6976	72%	14
11-2026	87708	80732	4037	80732	7695	72%	14
12-2026	87708	80013	4001	80013	8415	72%	14
01-2027	57093	76907	3845	76907	32947	67%	12
02-2027	28229	-4719			4719		
03-2027	58454	53735	2687	53735	7484	50%	10
04-2027	57819	50335	2517	50335	4082	44%	8
05-2027	85049	80967	4048	80967	7460	72%	14
06-2027	87227	79767	3988	79767	8660	72%	14
07-2027	84232	75572	3779	75572	6054	67%	12
08-2027	90404	84351	4218	84351	4077	72%	13
09-2027	90132	86055	4303	86055	9175	78%	15
10-2027	90404	81230	4061	81230	7198	72%	14
11-2027	89315	82117	4106	82117	6310	72%	13
12-2027	89315	83005	4150	83005	5423	72%	13
01-2028	58119	81433	4072	81433	35731	72%	14
02-2028	28736	-6995			6995		
03-2028	59505	52510	2626	52510	8709	50%	10
04-2028	58858	50150	2507	50150	4267	44%	8

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

05-2028	86578	82311	4116	82311	6117	72%	13
06-2028	88796	82679	4134	82679	5748	72%	13
07-2028	85747	79998	4000	79998	8429	72%	14
08-2028	92030	83600	4180	83600	4827	72%	13
09-2028	91753	86925	4346	86925	8304	78%	15
10-2028	92030	83726	4186	83726	4702	72%	13
11-2028	90921	86219	4311	86219	9011	78%	15
12-2028	90921	81910	4096	81910	6517	72%	13
01-2029	59144	81870	4094	81870	35800	72%	13
02-2029	29243	-6557			6557		
03-2029	60555	53998	2700	53998	7221	50%	10
04-2029	59897	52675	2634	52675	8544	50%	10
05-2029	88106	79562	3978	79562	8866	72%	14
06-2029	90362	81496	4075	81496	6931	72%	14
07-2029	87259	80328	4016	80328	8099	72%	14
08-2029	93653	85554	4278	85554	2874	72%	13
09-2029	93371	90497	4525	90497	4732	78%	14
10-2029	93653	88921	4446	88921	6309	78%	14
11-2029	92525	86216	4311	86216	9013	78%	15
12-2029	92525	83511	4176	83511	4916	72%	13

ANEXO VI: TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Treatment	Descriptions	Operating conditions	Removal	Intermediate compound	Reference
Photocatalytic degradation	Using doped titanium dioxide (TiO ₂) with nitrogen as photocatalyst under visible light	Initial concentration = 40 ppm Amount of catalyst = 100 mg Duration = 2 h	83% (5% N-TiO ₂ materials) with t _{1/2} = 71 min	Not available	Angel et al. 2013
Photo-Fenton process	In situ electrosynthesis of hydrogen peroxide with catalyzed (UV/Fe(II))	Concentration of electrolyte = 0.3 M K ₂ SO ₄ pH = 3 Initial concentration = 100 ppm	90% with t _{90%} = 25 min	Lighter aliphatic compounds	Carla et al. 2006
Adsorptive removal	Using single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) as adsorbent	pH = 5 contact time = 45 min initial concentration = 5000 µg/L temperature = 23 °C	97.96%	Not available	Bazrafshan et al. 2013
Biological process	Use a microbial community of 2,4-D degrading in continuously operated packed-bed column (PBC)	Initial concentration = 27.7 ppm Aeration rate = 0.1 L/min Temperature = 25 °C Duration = 150 days	91.75%	Not available	Cuna et al. 2016
Ionizing radiation	Use γ-radiation from ⁶⁰ Co- γ-source to decompose 2,4-D in presence of air	Source dose = 4kGy Initial concentration = 500 µM pH = 9	Complete removal	2,4-DCP, isomers of phenoxyacetic acid and hydroxylation products of 2,4-D	Zona et al. 2002
Sono-electrochemical Fenton (SEF) process	Using a combination of ultrasound waves, electrochemistry and Fenton's reagent	Initial concentration = 1.2 mM pH = 3 duration = 60 s	50% oxidation of 2,4-D	Formate, lactone, 2,4-DCP, quinone, diphenoxyethane	Yasman et al. 2004
Combined process	Use a electrochemical flow cell for pre-treatment and biological treatment using activated sludge	Initial concentration = 500 ppm pH = 7 duration = 7 days	96%	Chlorohydroquinone	Jean et al. 2013

Figura A6.1. Tecnologías para remoción de ácido 2,4-D.

ANEXO VII: NORMAS IRAM DE EPP Y MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

- Norma IRAM 3870, Indumentaria de protección. Requisitos generales.
- Norma IRAM 3646, Equipos de protección respiratoria. Selección y riesgos. Vocabulario y clasificación.
- Norma IRAM 3648, Equipos de protección respiratoria, dependientes del ambiente, para retención de partículas. Requisitos.
- Norma IRAM 3649-1, Equipos de protección respiratoria, dependientes del ambiente, para retención de gases y vapores y de gases y vapores con partículas.
- Norma IRAM 3606-1, Equipos de protección respiratoria autónomos de circuito abierto con aire comprimido. Condiciones generales.
- Norma IRAM 3647-1, Equipos de protección respiratoria para contaminantes gaseosos o vapores. Hermeticidad con la cara del usuario.
- Norma IRAM 3647-2, Equipos de protección respiratoria para partículas. Adaptadores faciales. Hermeticidad con la cara del usuario.
- Norma IRAM 3609-1, Guantes de protección contra los productos químicos y microorganismos. Definiciones y requisitos.
- Norma IRAM 3610, Calzado de seguridad.
- Norma IRAM 3620, Cascos de protección para uso industrial.
- Norma IRAM 4126-1, Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 1: Cobertores.
- Norma IRAM 4126-2, Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 2: Tapones auriculares.
- Norma IRAM 4126-3, Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 3: Cobertores acoplados a cascos de seguridad para uso industrial.
- Norma IRAM 3630-7, Protectores oculares. Requisitos generales.
- Norma IRAM 3606-1, Equipos de protección respiratoria autónomos de circuito abierto con aire comprimido. Condiciones generales.
- Norma IRAM 3606-2, Equipos de protección respiratoria autónomos de circuito abierto con aire comprimido. Requisitos y métodos de ensayo
- Guía CIQUIME (GRE guía de respuesta a emergencias)
- Norma IRAM 41400, Productos químicos. Hoja de datos de seguridad. Contenido y orden de las secciones.
- Norma IRAM NFPA 471, Práctica recomendada para la respuesta a incidentes con materiales peligrosos.
- Norma NFPA 472, Lineamientos guía para las competencias profesionales del personal de respuesta a incidentes con materiales peligrosos.
- Norma NFPA 434, Código para el almacenamiento de plaguicidas.
- Norma IRAM 3811, Calificaciones recomendadas para el personal de respuesta a incidentes con materiales peligrosos.

ANEXO VIII: DATOS DE COSTO DE TRANSPORTE

KILOMETRO S	VALOR \$ / T.M.	TONELAJE	VALOR \$ / T.M.K M	VALOR \$ / R \$ / KM	VALOR \$ R \$	REGRESION
10	187,05	30	18,705	561,15	5611,5	\$6.401,23
20	235,3	30	11,765	352,95	7059	\$7.329,43
30	275,68	30	9,189	275,67	8270,1	\$8.257,63
40	311,01	30	7,775	233,25	9330	\$9.185,83
50	351,91	30	7,038	211,14	10557	\$10.114,03
100	522,99	30	5,23	156,9	15690	\$14.755,03
200	789,98	30	3,95	118,5	23700	\$24.037,03
300	1.106,14	30	3,687	110,61	33183	\$33.319,03
400	1.357,53	30	3,394	101,82	40728	\$40.997,59
500	1.450,51	30	2,901	87,03	43515	\$43.040,59
600	1.498,19	30	2,497	74,91	44946	\$45.083,59
700	1.568,59	30	2,241	67,23	47061	\$47.126,59
800	1.684,48	30	2,106	63,18	50544	\$50.149,95
900	1.805,07	30	2,006	60,18	54162	\$53.817,95
1000	1.887,21	30	1,887	56,61	56610	\$57.485,95
1250	2.216,74	30	1,773	53,19	66487,5	\$66.655,95

Producción de herbicidas formulados a partir de 2,4-D éster

1500	2.537,9 5	30	1,692	50,76	76140	\$75.825,95
------	--------------	----	-------	-------	-------	-------------

Fuente: (Subsecretaría de Mercados Agropecuarios, 2019)

BIBLIOGRAFÍA

- Abdalla, S., Reem, A., & Pizzi, A. (2017). Stability and combustion of metal nano-particles and their additive impact with diesel and biodiesel on engine efficiency: A comprehensive study. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*.
- Abdurehman, A. A., & Samet, H. (2016). The Relationship between Exchange Rate and Inflation: An Empirical Study of Turkey. *International Journal of Economics and Financial Issues*.
- Ablaze Chemical Process Systems. (s.f.). Obtenido de <http://www.ablazeglassworks.com/ae-type-glass-lined-reactor/>
- AFIP. (2019). *Archivos del Arancel Integrado, Código AFIP y Sufijos de Valor*.
- Agency, I. A. (2008). *Radiation Treatment of Polluted Water and Wastewater*. Vienna.
- Agricultural Information Modules. (s.f.). Obtenido de <http://www.nzdl.org/gsdmod?e=d-00000-00---off-0aginfo--00-0----0-10-0---0--0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-OutfZz-8-00&a=d&c=aginfo&cl=CL1.3&d=HASH016f501aa8554cb2273ab912.6.2.4>
- Agriculture, U. D. (s.f.).
- Alibaba. (s.f.).
- Arrieta, E., & Mendoza, K. (25 de Septiembre de 2017). *Slideshare*. Obtenido de Intercambiadores de calor: <https://es.slideshare.net/skipperchuck/intercambiadores-de-calor-80118534>
- Bautista, P., Mohedano, A. F., Casas, J. A., Zazo, J. A., & Rodriguez, J. J. (2008). *An overview of the application of Fenton oxidation to industrial wastewaters treatment*. Society of Chemical Industry.
- Bertello, F. (26 de Junio de 2017). Ganadores y perdedores del mercado de agroquímicos. *La Nación*.
- Biografía, H. y. (2 de Enero de 2018). *Historia y Biografía*. Obtenido de Michael Porter: <https://historia-biografia.com/michael-porter/>
- Boletín Oficial de la República Argentina. (2019). Decreto 332/2019. *Boletín Oficial de la República Argentina*.

Bombas de agua tech. (s.f.). *Bombas de agua*. Obtenido de Bombas de agua centrífugas:
<https://bombasdeagua.tech/centrifugas/>

Bühler Technologies. (06 de 2019). *Öl-/Wasserkühler*.

CADEASAC. (s.f.). *CADEASAC*. Obtenido de Acerca de nosotros:
<http://cedasac.org/acerca-de-2/>

CADESABA. (s.f.). *CADESABA*. Obtenido de Socios: <http://cedasaba.org.ar/socios/>

Cámara Argentina de Comercio y Servicio. (11 de Octubre de 2018). *Resolución General AFIP 4319/18*. Obtenido de
https://www.cac.com.ar/data/documentos/45_Res.%20Gral.%20AFIP%204319-18.pdf

CASAFE. (s.f.). *Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2008–2016*.

Casas, X. (10 de Febrero de 2019). *Infobae*. Obtenido de
<https://www.infobae.com/economia/2019/02/09/el-mapa-de-la-distorsion-de-precios-de-la-luz-hay-provincias-que-pagan-mas-del-doble-que-otras/>

CEPIAS. (s.f.). *CEPIAS*. Obtenido de Socios: <http://cepias.fecoi.org.ar/asociados/>

Cereales, B. d. (2018). *Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada: campaña 2017/2018*. Buenos Aires.

Charles, J., Hanley, T. J., van Ravenzwaay, B., & Bus, J. (2001). *Developmental toxicity studies in rats and rabbits on 2,4-dichloropenoxyacetic acid and its forms*. *Toxicological Sciences*, 60 (1). doi:10.1007/BF01977633

CIAFA. (2015). *Protocolo para depósitos de fitosanitarios*. Buenos Aires, Argentina.

CIAFA. (2017). *Consumo de fertilizantes en el agro 2017*. Obtenido de
<http://www.ciafa.org.ar/files/Wtc9G6pkM7DTMAB5TfxqAOaYHg2JhZEBhau5lhZO.pdf>

CIAFA. (2019). *Cárara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos*. Obtenido de <http://www.ciafa.org.ar/>

City Population. (2010). *City Population*. Obtenido de
https://www.citypopulation.de/php/argentina-buenosaires_s.php

CNA. (2018). *Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de <https://cna2018.indec.gob.ar/>

Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines. (Julio de 2019). Obtenido de <http://www.copaipa.org.ar/costos-de-la-construccion/>

- CropLife International. (2014). Prevención de Contaminación en la Fabricación de Productos para Proteger los Cultivos. Directrices y Mejores Prácticas.
- Damodaran, A. (15 de 11 de 2019). *Betas by Sector (US)*. Obtenido de New York University - Stern Business School: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- Damodaran, A. (15 de 11 de 2019). *Country Default Spreads and Risk Premiums*. Obtenido de New York University - Stern School of Business: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html
- DESAB. (2 de Septiembre de 2017). *Herbicida 2.4 D Prohibiciones según Provincias y Formulaciones*. Obtenido de <http://www.desab.com.ar/wp-content/uploads/2017/07/PROHIBICION-2.4D-ESTER-CBA-BSAS-LP-SF.pdf>
- Dixon, C. (2009). What's the relationship between cost and price? *Business Insider*.
- Dr. Nanda, S. (24 de Enero de 2018). *Pharmaceutical Engineering*. Obtenido de Reactors and fundamentals of reactors design for chemical reaction: <https://pdfs.semanticscholar.org/e5c1/60655207fd7c0ba00e9a02f0482a753704f7.pdf>
- Eatzaz, A., & Saima, A. A. (1999). Relationship between exchange rate and inflation. *Pakistan Economic and Social Review*.
- Encyclopædia Britannica. (2018). "Agrochemicals".
- Environmental Health Criteria monograph No. 159, Geneva: World Health Organization. (s.f.). Glyphosate.
- EPA. (2011). *Pesticides industry sales and usage, 2006 and 2007 market estimates*. Washington DC: Office of Chemical Safety and Pollution Prevention.
- Eurostat. (2016). *Pesticide use data in 2015*.
- Failde, D. S., & Morhorlang, H. (2013). *Análisis de diagnóstico tecnológico sectorial (Agroquímicos)*.
- FeDIA. (s.f.). *FeDIA*. Obtenido de Socios: <http://fedia.org.ar/socios/>
- Fernández-Cornejo, J., Wechsler, S., Livingston, M., & Mitchell, L. (2014). *Genetically Engineered Crops in the United States*.
- Flowproen. (s.f.). *Flowproen*. Obtenido de Grafito | Carburo Silicio: <http://www.flowproen.com/productos/intercambiadores-de-calor/grafito-carburo-silicio/>

- FMI. (31 de Marzo de 2019). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/598528/proyeccion-inflacion-en-ee-uu-2008-2020/>
- Fuentes, E. (23 de Marzo de 2019). Fertilizantes: auge en el consumo pero quedan desafíos. *Clarín*.
- Galciar Ingeniería. (s.f.). *Gracias Ingeniería S.A.S*. Obtenido de <https://glaciaringenieria.com.co/funciona-una-torre-enfriamiento/>
- Glascoat. (s.f.). *Technical Specifications*.
- Glyphosate Facts. (19 de Agosto de 2013). *Glyphosate Facts*. Obtenido de ¿Cómo se usa el glifosato?: <http://www.glifosato.es/como-se-usa-el-glifosato>
- Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/34%C2%B042'47.5%22S+58%C2%B057'05.7%22W/@-34.708479,-58.9232083,10.5z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-34.713184!4d-58.95157>
- Grand View Research. (2017). *Worldwide agrochemical market value in 2016 and 2025*.
- Griffin, R. W. (1981). *Química Organica Moderna*. Barcelona: Reverté S.A.
- IARC. (2018). *2,4-Dichlorophenoxyacetic acid*.
- imagenes. (2019). *mercosur*. Obtenido de [mercosur.com: https://www.mercosur.com/es/precios-de-referencia/buscar/?q=glifosato](https://www.mercosur.com/es/precios-de-referencia/buscar/?q=glifosato)
- INDEC. (2010). *Censo poblacional*.
- Index Mundi*. (2017). Obtenido de <https://www.indexmundi.com/>
- Industrias BJT C.A. (19 de Marzo de 2018). *Industrias BJT*. Obtenido de bomba de vacío - Tipos y Características: <https://industriasbjt.com/bomba-de-vacio-tipos-caracteristicas/>
- Infocampo. (11 de Mayo de 2019). *Infocampo*. Obtenido de Chaco: prohíben la comercialización y utilización de agroquímicos de “Banda Roja”: <https://www.infocampo.com.ar/chaco-prohiben-la-comercializacion-y-utilizacion-de-agroquimicos-de-banda-roja/>
- Ingeniero Marino. (s.f.). *Ingeniero Marino*. Obtenido de Intercambiador de calor: https://ingenieromarinero.com/intercambiadores-de-calor/#1Definicion_de_Intercambiador_de_Calor
- INTA. (2017). *Estudio de la volatilidad de diferentes formulaciones de 2,4-D*.

INTA Agro. (2019).

INTA. (s.f.). *INTA Agro*.

International Monetary Fund. (15 de 11 de 2019). *Argentina*. Obtenido de International Monetary Fund: <https://www.imf.org/en/Countries/ARG>

International Monetary Fund. (15 de 11 de 2019). *Argentina Inflation Forecast 2019-2024*. Obtenido de Knoema: <https://knoema.com/wgtxgoc/argentina-inflation-forecast-2019-2024-and-up-to-2060-data-and-charts>

Jervais, G., Luukinen, B., Buhl, K., & Stone, D. (2008). *2,4-d Technical Fact Sheet*. National Pesticide Information Center. Obtenido de npic.orst.edu/factsheets/archive/2,4-DTech.html

Kanthavelkumaran, N., & Seenikannan, P. (2012). Recent Trends and Applications of Bio Diesel. *International Journal of Engineering Research and Applications*.

La Gaceta. (8 de Julio de 2017). *La Gaceta - Edición Tucumán*. Obtenido de <https://www.lagaceta.com.ar/nota/736465/actualidad/prohiben-venta-aplicacion-aerea-terrestre-24-d-ester-24-db.html>

Labrada, R. (2003). *Weed management for developing countries*. Roma: Fodd and Agriculture Organization.

Lenntech B.V. (06 de 2019). *Lenntech*. Obtenido de Torres de enfriamiento: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/refrigeracion/torres-enfriamiento.htm>

Liu, W., Li, H., Tao, F., Li, S., Tian, Z., & Xie, H. (2013). *Formation and contamination of PCDD/Fs, PCBs, PeCBz, HxCBz and polychlorophenols in the production of 2,4-D products*. Chemosphere, 92(3). doi:10.1016/j.envpol.2008.09.020

Mandake, M. B., Anekar, S. V., & Walke, S. M. (2013). Kinetic Study of Catalyzed and Uncatalyzed Esterification Reaction of Acetic acid with Methanol. *American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics*.

Marketlina. (2017). *Proyecciones (PBI per cápita, PBI total, Población, Inflación, Tasa de cambio, Tasa de desempleo)*.

Mazzarino, I. (2001). *Feasibility analysis of photocatalytic*. Torino: Transactions on Ecology and the Environment.

McDougall, P. (2017). *Global Agribusiness Annual 2017: Towards a Sustainable Future*. Informa.

- Mercosur. (s.f.). Obtenido de <https://www.mercosur.com/es/precios-de-agroquimicos-herbicidas/>
- Michigan, U. o. (16 de 6 de 2019). *VISUAL ENCYCLOPEDIA OF*. Obtenido de <http://encyclopedia.che.engin.umich.edu/Pages/SeparationsChemical/Adsorbers/Adsorbers.html>
- Ministerio de Agroindustria. (2016). *Perspectivas del mercado de fertilizantes para la cosecha 2016/2017 en Argentina*. Obtenido de https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/publicaciones/_archivos/000101_Perfiles/999997_Proyecci%C3%B3n%20Consumo%20de%20Fertilizantes%20-%20COSECHA%202016-17.pdf
- Monsanto. (s.f.). *Monsanto*. Obtenido de ¿Qué es el glifosato?: <http://www.monsantoglobal.com/global/ar/productos/pages/que-es-el-glifosato.aspx>
- Observatorio Socioambiental de la Soja. (2014). Uso de agroquímicos en Soja.
- OMS. (1993). *ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO, GUÍA PARA LA SALUD Y SEGURIDAD*. Metepec, Mexico: PISSQ PROGRAMA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS.
- Paz Belada, A. (28 de Julio de 2017). Regulación de los agroquímicos en Argentina: hacia una ley general de presupuestos mínimos regulatorios. Victoria, Buenos Aires, Argentina.
- Petrelli, G., Siepi, G., Miligi, L., & Vineis, P. (1993). Solvents in Pesticides. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*.
- Pfeiffer. (06 de 2019). *Vacuum*. Obtenido de <https://www.pfeiffer-vacuum.com/en/know-how/basic-calculations/calculations/dimensioning-a-roots-pumping-station/#eqn-2-9>
- Phillips McDougall. (2018). *Evolution of the Crop Protection Industry since 1960*.
- Pokorny, R. (1941). *New compounds*. J. Am. Chem. Soc.
- Pórfido, O. D., Butler, E., de Titto, E., Issaly, P., & Benítez, R. (Enero de 2014). *Los Plaguicidas en la República Argentina - Primera edición*. Obtenido de Ministerio de Salud: http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000341cnt-14-Plaguicidas_Argentina.pdf
- Quastel, J. (1950). *2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) as a Selective Herbicide*. Agricultural Control Chemicals. doi:10.1021/ba-1950-0001.ch045

- Qurratu, A., & Reehan, A. (2016). *A Review of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) Derivatives: 2,4-D Dimethylamine Salt and 2,4-D Butyl Ester*. International Journal of Applied Engineering Research.
- Robert, F. (2008). *Microeconomics and Behaviour* (7th ed.). McGraw-Hill.
- San Kong, P., Aroua, M. K., & Raman, A. A. (2011). Kinetics Study of Esterification Reaction of 2-Methyl-4-Chlorophenoxyacetic Acid (MCPA Acid). *International Journal of Chemical Reactor Engineering*.
- Sánchez, M. (2 de Noviembre de 2017). *foda-dafo.com*. Obtenido de Historia del Análisis FODA o DAFO: <https://foda-dafo.com/historia-del-analisis-foda-o-dafo/>
- Secretaría de Agricultura, G. P. (27 de agosto de 1998). *infoleg*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/45000-49999/45470/norma.htm>
- SENASA. (s.f.). *¿Qué es el Senasa?* Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/senasa/que-es>
- Sigma Agro. (10 de Mayo de 2019). Entrevista empresarial.
- Song, Y. (2014). *Insight into the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide*. J Integr Plant Biology. doi:10.1111/jipb.12131
- Subsecretaría de Agricultura, D. N. (2019). *Serie completa de cultivos por campaña, provincia y partido/departamento de Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Secretaría de modernización. Presidencia de la nación.
- Subsecretaría de Mercados Agropecuarios. (Mayo de 2019). *Informe semanal de fletes de Productos Agropecuarios (Valores orientativos de granos, carnes, hortícolas y frutos)*. Obtenido de https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/logistica/_archivos/000020_Fletes%20Locales/000010_Fletes%20Locales%20Actual.php
- Thangaraja, J., Anand, K., & Pramod, S. M. (2016). Predicting surface tension for vegetable oil and biodiesel fuels. *RSC Advances*.
- U.S. Bureau of Economic Analysis. (2019). *Implied Price Deflator*.
- U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY. (15 de 11 de 2019). *Daily Treasury Yield Curve Rates*. Obtenido de U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY: <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/pages/textview.aspx?data=yield>

Vac Aero International, Inc. (06 de 2019). *Calculating Evacuation Time*. Obtenido de <https://vacaero.com/information-resources/vacuum-pump-technology-education-and-training/993-calculating-evacuation-time.html>

Valiente, S. S. (22 de Abril de 2019). *Ámbito Financiero*. Obtenido de <https://www.ambito.com/aumenta-el-iva-la-importacion-mas-perjuicio-las-empresas-n5027479>

Wall Street Journal. (15 de 11 de 2019). *Treasury Inflation-Protected Securities*. Obtenido de Wall Street Journal Markets: <https://www.wsj.com/market-data/bonds/tips>

Wattco. (s.f.). *Wattco*. Obtenido de Manufacturer of Electric Heating Elements and Controls: <https://www.wattco.com/>

World Bank (Food and Agriculture Organization). (2016). *Crop Production Index*.