



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
NACIONAL  
FACULTAD  
REGIONAL  
DELTA

## PROCESO PRODUCTIVO DE FOSFATO DIAMÓNICO

# EVALUACIÓN ECONÓMICA

Antúñez Rosell, Candela  
Guerra, Maya  
Magalú, Iara Belén  
Pelloli, María del Pilar



## Índice

13.1 Costo de inversión de capital .....	2
13.1.1. Inversión de Capital Fijo .....	2
13.1.1.1. Costos Directos .....	2
13.1.1.2. Costos Indirectos .....	4
13.1.1.3. Costos del terreno .....	5
13.1.2. Inversión de Capital de Trabajo .....	5
13.2 Costos de producción.....	6
13.2.1 Costos fijos .....	6
13.2.1.1 Costos de mano de obra .....	6
13.2.1.2 Costos generales de planta .....	7
13.2.1.3 Costos de mantenimiento.....	7
13.2.1.4 Costos de seguros e impuestos locales.....	8
13.2.1.5 Costos administrativos.....	8
13.2.1.6 Costos de comercialización y ventas.....	8
13.2.2 Costos variables .....	8
13.2.2.1 Costos de materias primas.....	8
13.2.2.2 Costo de generación de residuos especiales .....	9
13.2.2.3 Costo de consumo de energía eléctrica.....	9
13.2.2.3 Costo de consumo de gas .....	9
13.3 Estimación del punto de equilibrio .....	10
13.4 Flujo libre de caja (FLC) .....	12
13.4.1 Financiamiento .....	12
13.4.2 Cálculos de FLC .....	13
13.4.3 Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) .....	13
13.4.4 Conclusiones.....	13
Referencias .....	14

# Evaluación Económica

El objeto del presente documento es determinar la magnitud de los recursos económicos y financieros implicados en el proyecto de instalación de una planta de fosfato diamónico, a fin de realizar una evaluación o estudio de prefactibilidad económica del mismo.

El alcance de este estudio corresponde a la construcción de una planta productora DAP con capacidad instalada de 59.000 tn/año, ubicada en el Parque Industrial y Logístico Paraná de Las Palmas en Zárate, Provincia de Buenos Aires.

Para más detalle sobre los cálculos y estimaciones realizadas en este capítulo referirse al **Anexo G.01 – Evaluación Económica**.

## 13.1 Costo de inversión de capital

La inversión de capital es el acto de destinar recursos financieros (capital) con el objetivo de generar ingresos o ganancias en el futuro. En este caso, la Inversión de capital se refiere a la suma de dinero necesaria para poner en marcha y mantener en funcionamiento este proyecto. Dicho capital total consta de dos componentes fundamentales:

### Capital Fijo

- Terreno
- Maquinaria
- Servicios auxiliares
- Obra civil
- Gastos de puesta en marcha

### Capital de Trabajo

- Compra de materias primas
- Compra de repuestos
- Servicios de logística
- Pago de cuentas
- Reservas para contingencia

### 13.1.1. Inversión de Capital Fijo

Para la estimación del capital necesario, se toma como referencia el método desarrollado en el Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7ª edición. El análisis comienza definiendo el capital requerido para invertir en los activos fijos de la planta, así como en los equipos necesarios. Posteriormente, se aplican los factores recomendados según las características del proyecto, que en este caso implica el procesamiento de sólidos y fluidos.

**TABLE 9-51 Factors to Convert Delivered-Equipment Costs into Fixed-Capital Investment**

Details	Grass-roots plants			Battery-limit installations		
	Solids processing	Solids-fluid processing	Fluid processing	Solids processing	Solids-fluid processing	Fluid processing
Equipment, delivered	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Installed	0.19–0.23	0.39–0.43	0.76	0.45	0.39	0.27–0.47
Piping	0.07–0.23	0.30–0.39	0.33	0.16	0.31	0.66–1.20
Structural steel foundations, reinforced concrete			0.28			0–0.13
Electrical	0.13–0.25	0.08–0.17	0.09	0.10	0.10	0.09–0.11
Instruments	0.03–0.12	0.13	0.13	0.09	0.13	
Battery-limits building and service	0.33–0.50	0.26–0.35	0.45	0.25	0.39	0.18–0.34
Excavation and site preparation	0.03–0.18	0.08–0.22		0.13	0.10	0.10
Auxiliaries	0.14–0.30	0.48–0.55	Included above	0.40	0.55	0.70
Total physical plant	2.37	2.97	3.04	2.58	2.97	3.50
Field expense	0.10–0.12	0.35–0.43		0.39	0.34	0.41
Engineering		0.35–0.43	0.41	0.33	0.32	0.33
Direct plant costs	2.48	3.73	3.45	3.30	3.63	4.24
Contractor's fees, overhead, profit	0.30–0.33	0.09–0.17	0.17	0.17	0.18	0.21
Contingency	0.26	0.39	0.36	0.34	0.36	0.42
$C_{FC}$ , total fixed-capital investment	3.06	4.27	3.98	3.81	4.17	4.87

**Tabla 1:** Factores para convertir los costos de los equipos entregados en Inversión de Capital Fijo. (Robert H. Perry, 7th Edition).

#### 13.1.1.1. Costos Directos

Los costos directos son aquellos que pueden ser directamente atribuibles a un producto o servicio. Entre ellos se incluyen:

- **Equipos.** Se determina el capital necesario para la inversión en los equipos asociados al proceso productivo a partir de las dimensiones estimadas en el **Capítulo 07: Diseño de Equipos** y mediante el análisis de semejanza con una planta de características similares. Para la estimación de los costos de los equipos se utilizó la página Matches.

Costo de capital				
Equipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Bomba descarga 2"	PU-01/02/03/04/05A/05B	6	\$ 9.200	\$ 55.200
Bomba descarga 8"	PU08 y 09	2	\$ 23.000	\$ 46.000
Bomba tornillo	PU06A/06B/07	3	\$ 9.700	\$ 29.100
Preneutralizador	RX-01 acero inox 316L 5m <sup>3</sup>	1	\$ 3.900	\$ 3.900
Agitadores preparación H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Agitadores de TK-01/02/03 de 25m <sup>3</sup>	3	\$ 10.400	\$ 31.200
Agitador TK intermedio	TK-06	1	\$ 6.800	\$ 6.800
FN-02/03 (Aire ambiente a enfriador)	Ventiladores	2	\$ 2.600	\$ 5.200
FN-01/04 (Scrubber y Ciclón)	Ventiladores	2	\$ 7.700	\$ 15.400
Granulador	RX-02 acero inox 316L	1	\$ 388.200	\$ 388.200
Secador rotatorio	DR-01 acero inox 316L de 2,8m <sup>2</sup> contra	1	\$ 388.200	\$ 388.200
Enfriador rotatorio	HX-01 ΔT=41°C (107°F) Contacto direct	1	\$ 388.200	\$ 388.200
Vibradores	MT-208/302/303/400/500/702	6	\$ 1.500	\$ 9.000
Sistemas de Transporte (<5m)	CT-300/308/503 / TY-02	4	\$ 1.500	\$ 6.000
Sistemas de Transporte (>10m)	CT-505 / TY-01	2	\$ 2.600	\$ 5.200
Aire de instrumentos	Compresor	1	\$ 93.500	\$ 93.500
Generación de vapor	Caldera humo tubular	1	\$ 1.332.100	\$ 1.332.100
Intercambiador de placas		2	\$ 25.000	\$ 50.000
Screener	SY-01	1	\$ 15.200	\$ 15.200
Scrubber	SC-01	1	\$ 26.300	\$ 26.300
Triturador	TR-01	1	\$ 103.100	\$ 103.100
Ciclón	CI-01	1	\$ 73.800	\$ 73.800
Tolvas	TV-207/301/302/400/506	5	\$ 12.000	\$ 60.000
TK-01	referencia: 21m <sup>3</sup> de fibra de vidrio	1	\$ 65.700	\$ 65.700
TK-02/TK-03	21m <sup>3</sup>	2	\$ 90.000	\$ 180.000
TK-04	Recuperacion de amoniaco	1	\$ 93.700	\$ 93.700
TK-06	TK Pulmón - Acero inox 316L	1	\$ 88.200	\$ 88.200
TK-05	Amoniaco 95m <sup>3</sup>	1	\$ 141.900	\$ 141.900
RX-01	Equipo c/camisa anular con deflector	1	\$ 184.900	\$ 184.900
Total				\$ 3.886.000

Tabla 2: Costo de capital – Inversión de equipos. Fuente: (Matches' Process Equipment Cost Estimates, s.f.).

Además, dado que los equipos son importados, se debe calcular la tasa impositiva y los costos asociados a la importación, todo esto se simplifica en el precio FOB (Free on Board).

Cálculo de FOB			
Descripción	Factor	% CTE	Costo total
Flete marítimo	7%	0,07	\$ 272.020
Seguro	2%	0,015	\$ 58.290
Impuesto al sello	1%	0,005	\$ 19.430
Tasa aduanera	16%	0,16	\$ 621.760
Flete terrestre	5%	0,05	\$ 194.300
Ganancia retenida	10%	0,1	\$ 388.600
<b>FOB</b>			<b>\$ 1.554.400</b>
<b>Total Equipos con impuestos</b>			<b>\$ 5.440.400</b>

Tabla 3: Cálculo FOB – Cálculo de impuestos y tasas de importación.

- **Costos de instalación.** Estos costos incluyen una variedad de componentes que abarcan desde la compra del equipo hasta la puesta en marcha y capacitación del personal.
- **Piping.** El costo de instalación de tuberías incluye la compra e instalación de las tuberías, válvulas, accesorios y soportes requeridos.
- **Equipos eléctricos.** Incluyen la compra e instalación de cableado eléctrico, tableros eléctricos, paneles de control, iluminación, motores, sistemas de puesta a tierra, etc.
- **Instrumentación y control.** Estos costos incluyen los costos de compra e instalación de la instrumentación necesaria para los sistemas de control, equipos auxiliares y softwares necesarios para su correcto funcionamiento.

- **Obras civiles.** Incluye construcción de oficinas, talleres y edificios necesarios en planta, así como también el costo de los materiales, mano de obra, plomería, ventilación y calefacción.
- **Excavación y preparación del terreno.** Estos costos contemplan todo lo inherente al correcto acondicionamiento del terreno donde se instalará la planta (nivelación del terreno, preparación de cimientos, acceso y vías de circulación, entre otros).
- **Servicios auxiliares.** Contempla la instalación de los equipos asociados a los servicios auxiliares de la planta (generación de vapor, aire comprimido, tratamiento de aguas, tratamiento de efluentes, red de incendios, etc.).
- **Ingeniería.** Incluye costo de servicio técnico y administrativo para dirigir, planificar, diseñar y administrar la planta en la etapa de construcción y posterior puesta en marcha.
- **Construcción.** Contempla los costos de materiales y mano de obra, pero no incluye gastos administrativos, gremiales y aportes patronales ya que estos costos estarán a cargo de la empresa contratista.

Costos directos			
Descripción	Factor	% CTE	Costo total [USD]
Equipos			\$ 3.886.000
F.O.B. (Adicional a costo de equipos)			\$ 1.554.400
Equipos c/ Impuestos	1	1	\$ 5.440.400
Instalación de equipamiento	0,39 - 0,43	0,39	\$ 2.121.756
Piping	0,30 - 0,39	0,3	\$ 1.632.120
Equipos eléctricos	0,08 - 0,17	0,08	\$ 435.232
Instrumentación y control	0,13	0,13	\$ 707.252
Obras civiles	0,26 - 0,35	0,26	\$ 1.414.504
Excavación y preparación del terreno	0,08 - 0,22	0,08	\$ 435.232
Servicios Auxiliares	0,48 - 0,55	0,48	\$ 2.611.392
Ingeniería	0,35 - 0,43	0,35	\$ 1.904.140
Construcción	0,35 - 0,43	0,35	\$ 1.904.140
<b>Total - Costos directos</b>			<b>\$ 18.606.168</b>

**Tabla 4:** Costos directos de inversión de capital.

#### 13.1.1.2. Costos Indirectos

Los costos indirectos son aquellos que no pueden ser atribuidos directamente a un producto o servicio, ya que benefician a múltiples áreas de la empresa. También son gastos necesarios para la empresa, aunque no incidan directamente en el producto ya que son costos que mantienen la empresa en funcionamiento, respaldan las operaciones diarias, los equipos y los flujos de trabajo dentro de la empresa. Entre ellos se incluyen:

- **Contratistas.** Los contratistas desempeñan un papel crucial en la ejecución de proyectos de construcción y montaje. Sus responsabilidades y obligaciones incluyen la administración de los costos y la logística del proyecto, la supervisión técnica para asegurar que el trabajo se realice conforme a los estándares y especificaciones técnicas, y el control de la calidad y cumplimiento de las normas de seguridad. También se encargan del manejo de la logística relacionada con el transporte y la entrega de equipos y materiales al sitio del proyecto, el cumplimiento de los tiempos establecidos en el contrato para la ejecución de las obras, y la adherencia a los estándares de calidad exigidos por el proyecto. Además, deben contratar y mantener un equipo de trabajo con las habilidades y certificaciones necesarias, y adquirir todos los materiales necesarios, asegurando que cumplan con los requisitos de calidad y cantidad especificados en el contrato. En algunas situaciones, cuando la misma empresa se encarga de la construcción y montaje del proyecto, los servicios de contratistas pueden no ser necesarios. En estos

casos, los gastos administrativos, la dirección técnica, la vigilancia, la supervisión y el transporte de equipos y materiales son manejados internamente por la empresa.

- **Contingencia.** Cubren los gastos inesperados que puedan surgir durante el desarrollo de un proyecto. Estos gastos suelen contemplar eventos como conflictos gremiales, necesidades de aumento de dotación de personal, accidentes, modificaciones en el diseño, entre otros.

Descripción	Factor	% CTE	Costo total [USD]
Contratistas	0,09 - 0,17	0,09	\$ 489.636
Contingencia	0,39	0,39	\$ 2.121.756
<b>Total - Costos Intangibles</b>			<b>\$ 2.611.392</b>

**Tabla 5:** Costos indirectos de inversión de capital.

#### 13.1.1.3. Costos del terreno

El costo de compra del terreno también se incluye dentro de la inversión de capital fijo. El costo del terreno se obtiene del sitio del Parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas (**Capítulo 04: Localización de Planta**).

<b>Costo terreno</b>	
Descripción	Costo total [USD]
Valor terreno ( 41131 m <sup>2</sup> )	<b>\$ 1.460.000</b>

**Tabla 6:** Costo de adquisición del terreno.

#### 13.1.2. Inversión de Capital de Trabajo

Las inversiones de capital de trabajo se refieren a los recursos financieros que una empresa necesita para financiarse y llevar a cabo sus operaciones con normalidad. Estos fondos se utilizan para cubrir gastos operativos como salarios, inventario, cuentas por cobrar, entre otros costos operativos. Los principales rubros que integran el capital de trabajo son:

- **Inventario.** Se compone del stock que la empresa tiene listos para vender. Esto incluye materias primas, subproductos y producto terminado.
- **Cuentas por cobrar.** Efectivo que se espera recibir de clientes por ventas realizadas a crédito.
- **Caja y bancos.** Efectivo disponible en caja y en cuentas bancarias.
- **Cuentas por pagar.** Deudas que la empresa tiene con sus proveedores por bienes y servicios recibidos a crédito.

<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>				
<i>Materias Primas</i>				
Item	Unidad	Cantidad	USD/unidad	Costo total
Amoniaco	kg	1350007	1,32	1779309
Ácido Fosfórico	kg	5444726	0,36	1970991
Film Bolsa	kg	127878	1,6947	216714
Tarima de Madera	pieza	3356	6,7294	22586
Film Stretch	kg	319694	1,27462	407489
<b>TOTAL MATERIAS PRIMAS [USD]</b>				<b>\$ 4.397.089</b>
<i>Energía Eléctrica y Gas</i>				
Item	U\$/periodo			
Energía Eléctrica	\$ 75.775,26			
Gas	\$ 10.803,56			
<b>TOTAL ENERGÍA REQUERIDA [USD]</b>				<b>\$ 86.579</b>
<i>Existencia de Producto y Subproducto</i>				
Item	Unidad	Cantidad	Costo total	
DAP Granulado	tn	5364	\$ 6.705.000	
Subproducto - DAP fino	tn	396,5	\$ 495.648	
<b>TOTAL PRODUCTO Y SUBPRODUCTO</b>				<b>\$ 7.200.648</b>
Efectivo en caja [USD]				\$ 135.849
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO [USD]</b>				<b>\$ 11.820.165</b>

Días de Cobertura	30
Tn de DAP en 30 días	5364

**Tabla 7:** Inversión de Capital de Trabajo.

### 13.2 Costos de producción

Los costos de producción son los gastos necesarios para fabricar un producto. Estos costos pueden incluir materias primas, costos de logística y transporte, mano de obra, impuestos, seguros, alquiler de instalaciones y equipos, y cualquier otro costo asociado directa o indirectamente con la producción. Es fundamental estimar estos costos para determinar el precio de venta y la rentabilidad de la compañía. Los costos de producción pueden clasificarse en: **costos fijos** y **costos variables**.

#### 13.2.1 Costos fijos

Son aquellos que no varían en función del nivel de producción o ventas en el corto plazo. Entre ellos se incluyen los gastos de alquiler, seguros, impuestos y tasas y de mano de obra.

##### 13.2.1.1 Costos de mano de obra

Los costos de mano de obra de la planta incluyen los salarios y beneficios de los trabajadores directamente involucrados en el proceso de fabricación del producto. La nómina de personal de la empresa está determinada por la estructura organizacional.

Los costos específicos de mano de obra varían según la ubicación geográfica de la planta, las leyes laborales locales y la experiencia y capacitación del personal. Con base en los convenios laborales vigentes, se establecen las bandas salariales. Para el cálculo del salario bruto anual se consideran trece períodos en total ya que se incluyen los salarios mensuales más los dos aguinaldos (Sueldo Anual Complementario). Además, al salario de cada persona se le debe asumir un 30% más correspondiente a cargas sociales.

Costo de Mano de Obra					
Área	Posición	Cantidad	Salario bruto mensual [\$]	Salario bruto anual [USD/año]	Total [USD/año]
Gerencia	Plant Manager	1	\$ 4.500.000	\$ 63.277	\$ 63.277
	Asistente Ejecutivo/a	1	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 20.389
Soporte	Especialista en Proyectos de Inversión	1	\$ 1.750.000	\$ 24.608	\$ 24.608
	Especialista de Legales	1	\$ 1.600.000	\$ 22.499	\$ 22.499
	Responsable de SSGG	1	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 20.389
	Jefe/a de Producción	1	\$ 3.500.000	\$ 49.216	\$ 49.216
Producción	Supervisor/a de Turno	4	\$ 1.950.000	\$ 27.420	\$ 109.681
	Operador/a de Tablero de Control	4	\$ 1.600.000	\$ 22.499	\$ 89.995
	Operario/a de Proceso	8	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 163.115
	Oficial de Calderas y Servicios Auxiliares	4	\$ 1.600.000	\$ 22.499	\$ 89.995
	Jefe/a de Mantenimiento	1	\$ 3.500.000	\$ 49.216	\$ 49.216
	Supervisor/a de Mantenimiento	4	\$ 1.950.000	\$ 27.420	\$ 109.681
Mantenimiento	Oficial de Mantenimiento	8	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 163.115
	Oficial Electricista	4	\$ 1.600.000	\$ 22.499	\$ 89.995
	Planificador/a de Mantenimiento Preventivo	1	\$ 1.800.000	\$ 25.311	\$ 25.311
	Oficial Instrumentista	4	\$ 1.600.000	\$ 22.499	\$ 89.995
	Jefe/a de Calidad	1	\$ 3.500.000	\$ 49.216	\$ 49.216
	Supervisor/a de laboratorio	1	\$ 1.950.000	\$ 27.420	\$ 27.420
Calidad	Analista de Laboratorio - Control Proceso A1	4	\$ 1.500.000	\$ 21.092	\$ 84.370
	Analista de Laboratorio - Control Proceso A2	4	\$ 1.600.000	\$ 22.499	\$ 89.995
	Analista de Laboratorio -General y Efluentes A2	1	\$ 1.600.000	\$ 22.499	\$ 22.499
	Jefe/a de RRHH y RSC	1	\$ 3.500.000	\$ 49.216	\$ 49.216
RRHH y RSC	HRBP	1	\$ 1.950.000	\$ 27.420	\$ 27.420
	Analista de Atracción de Talento	1	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 20.389
	Analista de Capacitación y Desarrollo	1	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 20.389
	Analista de Compensaciones y Beneficios	1	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 20.389
	Analista de Responsabilidad Social Corporativa	1	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 20.389
	Jefe/a de HSE	1	\$ 3.500.000	\$ 49.216	\$ 49.216
HSE	Coordinador/a de Ambiente	1	\$ 2.500.000	\$ 35.154	\$ 35.154
	Responsable de Manejo y Disposición de RREE	2	\$ 1.500.000	\$ 21.092	\$ 42.185
	Responsable de Tratamiento de Agua y Efluentes	4	\$ 1.500.000	\$ 21.092	\$ 84.370
	Coordinador/a de Salud y Seguridad	1	\$ 2.500.000	\$ 35.154	\$ 35.154
	Médico de Planta	1	\$ 2.250.000	\$ 31.639	\$ 31.639
	Enfermero/a	2	\$ 1.400.000	\$ 19.686	\$ 39.373
	Coordinador/a de Seguridad de Trabajo	1	\$ 2.500.000	\$ 35.154	\$ 35.154
	Supervisor/a de Seguridad	1	\$ 1.950.000	\$ 27.420	\$ 27.420
	Jefe/a de Logística	1	\$ 3.500.000	\$ 49.216	\$ 49.216
	Coordinador/a de Expedición y Despacho	1	\$ 2.500.000	\$ 35.154	\$ 35.154
Logística	Operador/a de Chofer y Autoelevador	4	\$ 1.500.000	\$ 21.092	\$ 84.370
	Operador/a de Despacho	4	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 81.558
	Coordinador/a de Suministros	1	\$ 2.500.000	\$ 35.154	\$ 35.154
	Analista de Stocks	2	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 40.779
	Responsable de Compras y Almacén	1	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 20.389
	Pañolero	4	\$ 1.450.000	\$ 20.389	\$ 81.558
	Jefe/a de Finanzas	1	\$ 3.500.000	\$ 49.216	\$ 49.216
Finanzas	Ejecutivo/a comercial - División Granulado	2	\$ 2.500.000	\$ 35.154	\$ 70.308
	Ejecutivo/a comercial - División Polvo	1	\$ 2.500.000	\$ 35.154	\$ 35.154
	Responsable de Contraloría	1	\$ 2.300.000	\$ 32.342	\$ 32.342
	Gestor/a de Costos	1	\$ 2.300.000	\$ 32.342	\$ 32.342
Ingeniería	Jefe/a de Ingeniería	1	\$ 3.500.000	\$ 49.216	\$ 49.216
	Ingeniero/a de Proceso	3	\$ 1.950.000	\$ 27.420	\$ 82.261
	Ingeniero/a de Proyecto	1	\$ 1.950.000	\$ 27.420	\$ 27.420
Total M.Obra. [USD/año]					\$ 2.798.269,33

Tabla 8: Costo anual de mano de obra.

### 13.2.1.2 Costos generales de planta

Dentro de estos se consideran los costos asociados a enfermería, comedor, librería. Dependen directamente de la cantidad de personas de nómina. A este concepto se le debe asumir un costo de entre el 50 – 70 % del total de costo por mano de obra anual.

### 13.2.1.3 Costos de mantenimiento

El costo de mantenimiento de una planta química incluye todos los gastos asociados con la preservación, reparación y mejora de los equipos e instalaciones de la planta. Estos costos son fundamentales para garantizar que la planta opere de manera segura, eficiente y confiable. Algunos de los elementos que pueden contribuir al costo de mantenimiento de una planta química son:

- Mantenimiento preventivo:** inspecciones regulares, lubricación, limpieza y ajustes planificados para prevenir fallas y mantener los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento.



2. **Mantenimiento correctivo:** reparación de equipos y sistemas después de una rotura o falla inesperada para restaurar su funcionamiento normal.
3. **Repuestos y consumibles:** compra de repuestos, piezas de repuesto y consumibles necesarios para el mantenimiento y la reparación de equipos.

Para poder aproximar el costo anual de mantenimiento se estima un porcentaje fijo de la inversión inicial según la complejidad de la planta:

- Del 1 al 3% para procesos químicos simples.
- Del 3 al 5% para procesos intermedios con condiciones normales de operación.
- Y de 4 a 6% para procesos complicados con severos problemas de corrosión y condiciones extremas de operación.

Debido a las propiedades de los compuestos utilizados en el proceso, asignamos un presupuesto anual para los gastos de mantenimiento equivalente al 5% del costo total de Inversión.

#### 13.2.1.4 Costos de seguros e impuestos locales

Dentro de estos costos se incluye el seguro de propiedad, de responsabilidad civil y los impuestos municipales. Estos se consideran un gasto fijo anual, equivalente al 1% de la inversión inicial.

#### 13.2.1.5 Costos administrativos

Asociados a los gastos administrativos generales, es decir todos aquellos gastos relacionados con la gestión y administración de la planta. Se considera como costo anual un 3% del costo fijo de producción.

#### 13.2.1.6 Costos de comercialización y ventas

El costo de comercialización y ventas, también conocido como gastos de ventas y marketing, incluye todos los gastos asociados con la promoción, publicidad, distribución y venta de productos o servicios de una empresa. Este se considera en un rango de 6 a 8% de los ingresos por ventas. No obstante, para contemplarlo dentro de los montos fijos, se estima que representa el 3% del costo fijo de producción.

Costos fijos de producción y administración			
Descripción	Factor	% CTE	Costo total
Mano de Obra	100% Mano de Obra	100%	\$ 2.798.269
Aportes y Contribuciones - Seguridad Social	30% Mano de Obra	30%	\$ 839.481
Costos generales de operación	60% Mano de Obra	60%	\$ 1.678.962
Costos de Mantenimiento	5% Inversión	5%	\$ 1.133.878
Seguros e Impuestos	1% Inversión	1%	\$ 226.776
Costos Administrativos	3% Costos Operativos	3%	\$ 200.321
Costos de Comercialización y Ventas	3% Costos Operativos	3%	\$ 200.321
<b>Costo Fijo de Operación</b>			<b>\$ 7.078.007</b>

**Tabla 9:** Costos fijos de producción y administración – Costos fijos de operación.

#### 13.2.2 Costos variables

Son aquellos que fluctúan en relación directa con el nivel de producción o ventas en el corto plazo. Estos costos aumentan o disminuyen conforme la cantidad de fosfato diamónico producido varía. Algunos ejemplos pueden ser: costos de materias primas, energía y servicios, costos de producción y packaging, costos de distribución y transporte, etc.

##### 13.2.2.1 Costos de materias primas

Los costos de materias primas en la planta son los gastos asociados a la adquisición de los materiales básicos necesarios para la producción de DAP.

La elaboración del listado de costos de materias primas se fundamenta con el balance de masa calculado en el **Capítulo 06: Ingeniería de Procesos**. A partir del análisis mencionado, se determina la receta específica requerida para la producción de fosfato diamónico.

Componente	Consumo específico		Costo	Costo unitario
	Unidad	[unidad/tn DAP]	[USD/unidad]	[USD/tn prod]
Amoníaco	kg	251,7	1,32	\$ 331,71
Ácido Fosfórico	kg	1015,0	0,36	\$ 367,45
Film Bolsa	kg	23,84	1,69	\$ 40,40
Tarima de Madera	pieza	0,626	6,73	\$ 4,21
Film Stretch	kg	59,6	1,27	\$ 75,97
<b>Costo Unitario total [USD/tn]</b>				<b>\$ 819,74</b>

**Tabla 10:** Lista de materiales para la producción de Fosfato Diamónico.

#### 13.2.2.2 Costo de generación de residuos especiales

Los costos de generación de residuos en la planta incluyen manejo interno, tratamiento y disposición final, así como también gestión administrativa y cumplimiento de normativas de impacto ambiental.

Generación de Residuos Especiales								
Item	Generación	Cap instalada	Aproximación	Unidad	Monto	Unidad	Costo	
Tachos de Lubricantes	42,5	59000	0,001	kg/tn DAP	1450	\$/kg	1,04	\$/tn DAP
Sólidos contaminados	100	59000	0,002	kg/tn DAP	1450	\$/kg	2,46	\$/tn DAP
Aguas contaminadas	40750	59000	0,691	l/tn DAP	1450	\$/l	1001,48	\$/tn DAP
Frecuencia de Retiro	4	59000	6,780E-05	veces/tn DAP	510000	\$/vez	34,58	\$/tn DAP
<b>Costo Unitario Total [USD/tn]</b>							1,12	USD/tn DAP

**Tabla 11:** Generación de Residuos Especiales

#### 13.2.2.3 Costo de consumo de energía eléctrica

A continuación, se enumeran los equipos eléctricos de planta que requieren suministro de energía eléctrica. La potencia requerida por gran parte de los equipos listados se estimó por semejanza, basados en una planta de características similares.

Consumo eléctrico de planta				
Equipo	Cantidad	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Consumo mensual [kWh]
Bombas	11	17,2	189	136224
Preneutralizador	1	1,1	1,1	792
TKs preparación H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3	5,5	16,5	11880
TK intermedio	1	2,2	2,2	1584
FN-02/03 (Aire ambiente a enfriador)	2	4	8	5760
FN-01/04 (Scrubber y Ciclón)	2	30	60	43200
Granulador	1	2	2	1440
Secador rotatorio	1	7,5	7,5	5400
Enfriador rotatorio	1	7,5	7,5	5400
Vibradores	6	5	30	21600
Cintas transportadoras	6	0,065	0,4	281
Aire de instrumentos (Compresor)	1	250	250	180000
Generación de vapor (Caldera)	1	842	842	606435
Iluminación	1	71	71	51000
<b>TOTAL [kWh]</b>				1070996
<b>TOTAL [MWh]</b>				1071
<b>Costo energía eléctrica - mensual [\$/MWh]</b>				\$ 65.410,36
<b>Costo mensual de energía eléctrica [\$]</b>				<b>\$ 70.054.231,60</b>

**Tabla 12:** Consumo de energía eléctrica para la producción de Fosfato Diamónico.

#### 13.2.2.3 Costo de consumo de gas

El gas natural se utiliza para la generación de vapor, el cual se utiliza como fluido calefactor en los intercambiadores de ácido fosfórico y aire. El consumo principal en la producción será destinado a la generación de vapor.

En primer lugar, definimos la energía necesaria para producir el vapor a partir de los equipos que lo requieren:

Equipo	Servicio [kW]
HX-02	465
HX-03	144
<b>TOTAL</b>	<b>609</b>

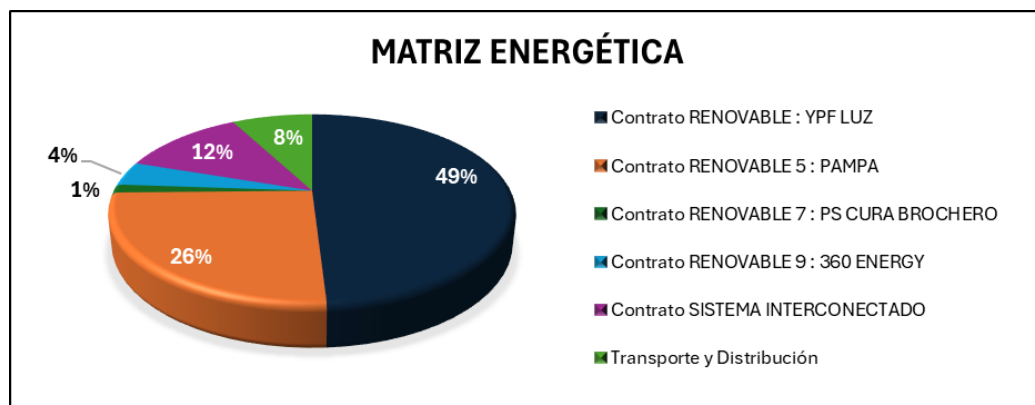
La eficiencia térmica de una caldera que utiliza gas natural como combustible puede variar, pero típicamente se encuentra en un rango de entre el 80% y 90%. Se considera una eficiencia del 85% para la caldera utilizada (humo tubular).

El consumo de gas mensual para la producción de Fosfato Diamónico será:

Eficiencia de la caldera	85%	-
Poder calorífico del GN	9300	kcal/m <sup>3</sup>
	38911,2	kJ/m <sup>3</sup>
Entalpía de vaporización	2257	kJ/kg
Energía necesaria p/ servicio	609	kJ/s
Consumo de gas	2,19E+06	kJ/h
	<b>66,24</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
	<b>842</b>	<b>kW</b>
Horas de funcionamiento	24	hs
Consumo de gas diario	<b>20215</b>	<b>kWh al día</b>
Consumo de gas mensual	<b>606435</b>	<b>kWh al mes</b>
Costo mensual de gas	209,43	\$/m <sup>3</sup>
Consumo de gas - mensual	47690	m <sup>3</sup>
<b>Costo mensual de gas</b>	<b>\$ 9.987.890,62</b>	<b>\$</b>

*Tabla 13: Consumo de gas natural para la producción de Fosfato Diamónico.*

Con el objetivo de reducir el consumo de energías no renovables y reducir el impacto ambiental, se diseña y optimiza una **matriz energética**. Esta matriz detalla la distribución y el uso de diversas fuentes de energía en la operación de la planta, incluyendo la integración de energías renovables.



*Gráfica 1: Distribución de la matriz energética.*

### 13.3 Estimación del punto de equilibrio

El punto de equilibrio es aquel en el que los ingresos totales de una planta se equiparan con sus costos totales. Representa el punto en el que una empresa no obtiene ganancias ni incurre en pérdidas dado que los ingresos generados por las ventas son justos para cubrir todos los costos, tanto los fijos como los variables.

Matemáticamente se expresa como:

$$\text{Ingresos por ventas} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{año}} \right] = \text{Costo total} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{año}} \right]$$

$$\text{Precio} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{tn}} \right] \times \text{Capacidad} \left[ \frac{\text{tn}}{\text{año}} \right] = \text{Costo variable} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{tn}} \right] \times \text{Capacidad} \left[ \frac{\text{tn}}{\text{año}} \right] + \text{Costo fijo} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{año}} \right]$$

Despejando la capacidad obtenemos:

$$\text{Capacidad mínima (Pto equilibrio)} \left[ \frac{\text{tn}}{\text{año}} \right] = \frac{\text{Costo fijo} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{año}} \right]}{(\text{Precio venta} - \text{Costo variable}) \left[ \frac{\text{USD}}{\text{tn}} \right]}$$

El precio de venta se fija de acuerdo con el mayor precio para Europa en junio del año 2022, el cual es de **USD 1250** por tonelada de producto (Business analytiq, s.f.). De esta manera apuntamos a un margen de ganancia de entre el 20% y 25%.

Precio de Venta	1250	USD/tn
Capacidad Instalada	59000	tn/año

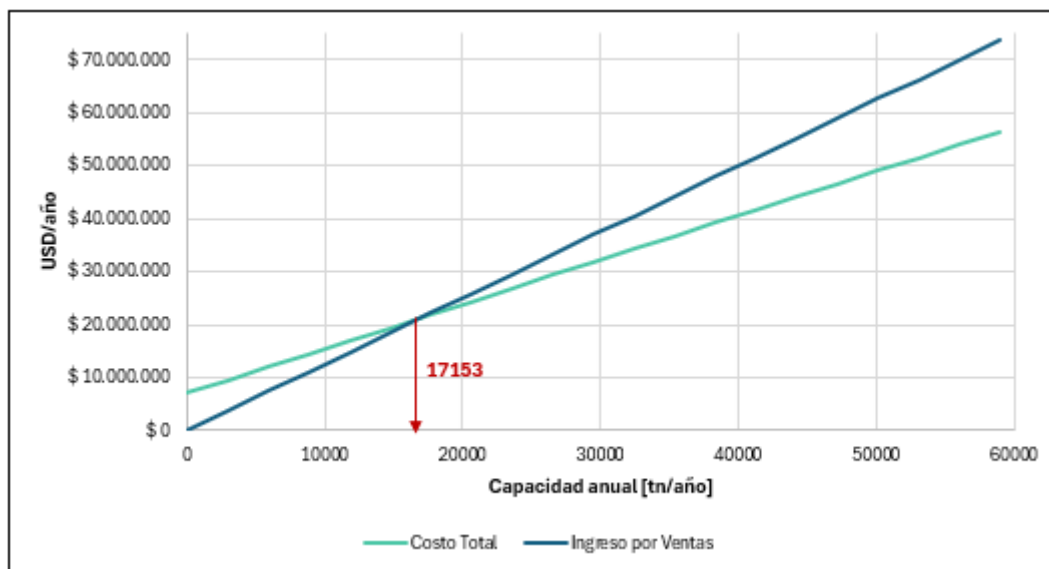
Punto de equilibrio						
% Cap Instalada	Prod/año [tn]	Costos fijos	Costos variables	Costo total	Ingreso por ventas	Ganancia bruta
0%	0	\$ 7.078.007	\$ 0	\$ 7.078.007	\$ 0	-\$ 7.078.007
5%	2950	\$ 7.078.007	\$ 2.470.182	\$ 9.548.190	\$ 3.687.500	-\$ 5.860.690
10%	5900	\$ 7.078.007	\$ 4.940.365	\$ 12.018.372	\$ 7.375.000	-\$ 4.643.372
15%	8850	\$ 7.078.007	\$ 7.410.547	\$ 14.488.555	\$ 11.062.500	-\$ 3.426.055
20%	11800	\$ 7.078.007	\$ 9.880.730	\$ 16.958.737	\$ 14.750.000	-\$ 2.208.737
25%	14750	\$ 7.078.007	\$ 12.350.912	\$ 19.428.920	\$ 18.437.500	-\$ 991.420
30%	17700	\$ 7.078.007	\$ 14.821.095	\$ 21.899.102	\$ 22.125.000	\$ 225.898
35%	20650	\$ 7.078.007	\$ 17.291.277	\$ 24.369.284	\$ 25.812.500	\$ 1.443.216
40%	23600	\$ 7.078.007	\$ 19.761.460	\$ 26.839.467	\$ 29.500.000	\$ 2.660.533
45%	26550	\$ 7.078.007	\$ 22.231.642	\$ 29.309.649	\$ 33.187.500	\$ 3.877.851
50%	29500	\$ 7.078.007	\$ 24.701.825	\$ 31.779.832	\$ 36.875.000	\$ 5.095.168
55%	32450	\$ 7.078.007	\$ 27.172.007	\$ 34.250.014	\$ 40.562.500	\$ 6.312.486
60%	35400	\$ 7.078.007	\$ 29.642.189	\$ 36.720.197	\$ 44.250.000	\$ 7.529.803
65%	38350	\$ 7.078.007	\$ 32.112.372	\$ 39.190.379	\$ 47.937.500	\$ 8.747.121
70%	41300	\$ 7.078.007	\$ 34.582.554	\$ 41.660.562	\$ 51.625.000	\$ 9.964.438
75%	44250	\$ 7.078.007	\$ 37.052.737	\$ 44.130.744	\$ 55.312.500	\$ 11.181.756
80%	47200	\$ 7.078.007	\$ 39.522.919	\$ 46.600.926	\$ 59.000.000	\$ 12.399.074
85%	50150	\$ 7.078.007	\$ 41.993.102	\$ 49.071.109	\$ 62.687.500	\$ 13.616.391
90%	53100	\$ 7.078.007	\$ 44.463.284	\$ 51.541.291	\$ 66.375.000	\$ 14.833.709
95%	56050	\$ 7.078.007	\$ 46.933.467	\$ 54.011.474	\$ 70.062.500	\$ 16.051.026
100%	59000	\$ 7.078.007	\$ 49.403.649	\$ 56.481.656	\$ 73.750.000	\$ 17.268.344

Tabla 14: Método gráfico para la determinación del punto de equilibrio.

Producción de equilibrio (tn)	17153
Costo Total	\$ 21.440.709
Ingreso por Ventas	\$ 21.440.709
F.O.	0

% Capacidad Instalada de la Planta	29%
------------------------------------	-----

Tabla 15: Método analítico para la determinación del punto de equilibrio.



Gráfica 2: Punto de equilibrio.

#### 13.4 Flujo libre de caja (FLC)

El flujo libre de caja de un proyecto es una medida financiera que representa la cantidad de dinero disponible después de que se hayan cubierto todos los gastos operativos y de capital relacionados. Representa el dinero que queda después de que se hayan pagado los costos de producción, los impuestos, los intereses de la deuda y los gastos de capital, como la compra de equipos o la expansión de instalaciones.

El flujo libre de caja se utiliza para evaluar la capacidad para generar rendimientos positivos. Es una medida importante para los inversores del proyecto, ya que es una variable para decidir si es viable reinvertir en el negocio o no.

##### 13.4.1 Financiamiento

Para realizar la evaluación financiera del proyecto y proceder con el cálculo de flujo de caja, es necesario definir la estructura de financiamiento de la inversión. En nuestro caso, el proyecto será financiado en un 70% a través de préstamos bancarios en dólares, mientras que el 30% restante provendrá de inversionistas privados.

DATOS		
Descripción	Valor	Unidad
Dólar hoy	924,50	\$/USD
Inflación	276%	% anual
Riesgo país	1429,00	puntos
Devaluación	276%	%
Tasa libre de riesgo	4,29%	%
Tasa impositiva	35%	%
FINANCIAMIENTO		
Descripción	Valor	Unidad
Inversión inicial + Capital de Trabajo	34.497.725	USD
Participación Banco Internacional	70%	%
Aporte Banco	24148408	USD
Interés Banco (Kd)	12,00%	%, USD
Participación Inversionistas	30%	%
Aporte inversionistas	10349318	USD
Diversificación (B)	1	
Em	14,3%	
Interés inversionistas (Ke)	14,29%	
Cantidad de años (n)	10	
WACC	9,75%	
Cuota al banco	4273886	USD/año

Tabla 16: Variables macroeconómicas y datos de financiamiento utilizados para el cálculo del FLC.

### 13.4.2 Cálculos de FLC

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso Ventas		\$ 73.750.000	\$ 73.750.000	\$ 73.750.000	\$ 73.750.000	\$ 73.750.000	\$ 73.750.000	\$ 73.750.000	\$ 73.750.000	\$ 73.750.000	\$ 73.750.000
- Costos fijos		\$ 7.078.007	\$ 7.078.007	\$ 7.078.007	\$ 7.078.007	\$ 7.078.007	\$ 7.078.007	\$ 7.078.007	\$ 7.078.007	\$ 7.078.007	\$ 7.078.007
- Costos variables		\$ 49.403.649	\$ 49.403.649	\$ 49.403.649	\$ 49.403.649	\$ 49.403.649	\$ 49.403.649	\$ 49.403.649	\$ 49.403.649	\$ 49.403.649	\$ 49.403.649
BAAIT		\$ 17.268.344	\$ 17.268.344	\$ 17.268.344	\$ 17.268.344	\$ 17.268.344	\$ 17.268.344	\$ 17.268.344	\$ 17.268.344	\$ 17.268.344	\$ 17.268.344
- Devolución al banco		\$ 4.273.886	\$ 4.273.886	\$ 4.273.886	\$ 4.273.886	\$ 4.273.886	\$ 4.273.886	\$ 4.273.886	\$ 4.273.886	\$ 4.273.886	\$ 4.273.886
- Amortizaciones		\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795
BAIT		\$ 9.889.663	\$ 9.889.663	\$ 9.889.663	\$ 9.889.663	\$ 9.889.663	\$ 9.889.663	\$ 9.889.663	\$ 9.889.663	\$ 9.889.663	\$ 9.889.663
- Impuestos		\$ 3.461.382	\$ 3.461.382	\$ 3.461.382	\$ 3.461.382	\$ 3.461.382	\$ 3.461.382	\$ 3.461.382	\$ 3.461.382	\$ 3.461.382	\$ 3.461.382
BDT		\$ 6.428.281	\$ 6.428.281	\$ 6.428.281	\$ 6.428.281	\$ 6.428.281	\$ 6.428.281	\$ 6.428.281	\$ 6.428.281	\$ 6.428.281	\$ 6.428.281
+ Amortizaciones		\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795	\$ 3.104.795
- IAF		\$ 689.955	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
- NOF		\$ 14.120.414	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FLC	\$ -34.497.725	\$ 5.277.293	\$ 9.533.076	\$ 9.533.076	\$ 9.533.076	\$ 9.533.076	\$ 9.533.076	\$ 9.533.076	\$ 9.533.076	\$ 9.533.076	\$ 9.533.076

Tabla 17: Flujo Libre de Caja del Proyecto Fosfato Diamónico.

### 13.4.3 Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una medida financiera utilizada para evaluar la rentabilidad de del proyecto. Representa la tasa de rendimiento esperada, es decir, el porcentaje de ganancia que se obtendría sobre la inversión inicial.

Matemáticamente, es la tasa de interés a la cual el valor actual neto de los beneficios futuros de un proyecto iguala la inversión inicial.

El VAN es una medida financiera utilizada para evaluar la viabilidad de un proyecto de inversión o negocio. es una forma de determinar si un proyecto generará más ingresos de los que costará realizarlo, teniendo en cuenta el valor temporal del dinero. Un resultado positivo de VAN indica que los ingresos futuros esperados del proyecto superan los costos de inversión y operación, lo cual sugiere que el proyecto puede ser rentable. Por el contrario, un VAN negativo indica que los costos superan los ingresos esperados, lo que podría indicar que el proyecto no es financieramente viable bajo las condiciones actuales.

La fórmula para calcular el VAN es:

$$VAN = \sum_{n=0}^n \frac{FLC_n}{(1+r)^n} - I_0$$

Donde:

- n:** cantidad de periodos.
- FLC<sub>n</sub>:** flujo neto en el periodo n.
- r:** tasa de interés.
- I<sub>0</sub>:** inversión inicial.

### 13.4.4 Conclusiones

TIR	15,28%
VAN	0,00

TIR = WACC	9,75%
VAN	\$ 11.225.986

Tabla 18: Tasa interna de retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) obtenidos.

Según nuestros cálculos, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto es aproximadamente 15%, superando así la tasa promedio ponderada de costo de capital (WACC). Además, al aplicar la WACC como tasa de descuento, el Valor Actual Neto (VAN) resulta significativamente mayor a cero. Estos resultados indican la viabilidad y rentabilidad del proyecto, ya que promete generar un retorno superior al costo de financiamiento y agregar valor económico para los inversionistas.

## Referencias

*Business analytiq.* (n.d.). Retrieved from Diammonium phosphate price index:  
<https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/diammonium-phosphate-price-index/>

*Matches' Process Equipment Cost Estimates.* (n.d.). Retrieved from  
<https://www.matche.com/equipcost/Default.html>

Robert H. Perry, D. W. (7th Edition). *Chemical Engineer's Handbook*.

*Tienda Planeta Verde.* (n.d.). Retrieved from Fertilizante Fosfato Diamónico - BUNGE:  
<https://tiendaplanetaverde.com.ar/productos/FFDB25X1S/>