



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
NACIONAL  
FACULTAD  
REGIONAL  
DELTA

## PROCESO PRODUCTIVO DE FOSFATO DIAMÓNICO

# SELECCIÓN DEL PROYECTO

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

## Índice

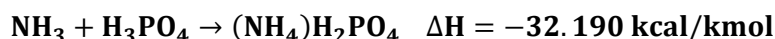
1.1 Descripción básica del proceso .....	2
1.2 Características del DAP .....	3
1.2.1 Usos.....	4
1.2.2 Rombo NFPA .....	4
1.3 Características del MAP .....	5
1.3.1 Rombo NFPA .....	6
1.4. Características de las materias primas.....	6
1.4.1 Amoníaco .....	6
1.4.1.1 Rombo NFPA .....	7
1.4.1.2 Transporte y Almacenamiento .....	7
1.4.2 Ácido fosfórico .....	7
1.4.2.1 Rombo NFPA .....	8
1.4.2.2 Transporte y Almacenamiento .....	8
<b>Referencias .....</b>	<b>8</b>

# Selección del Proyecto

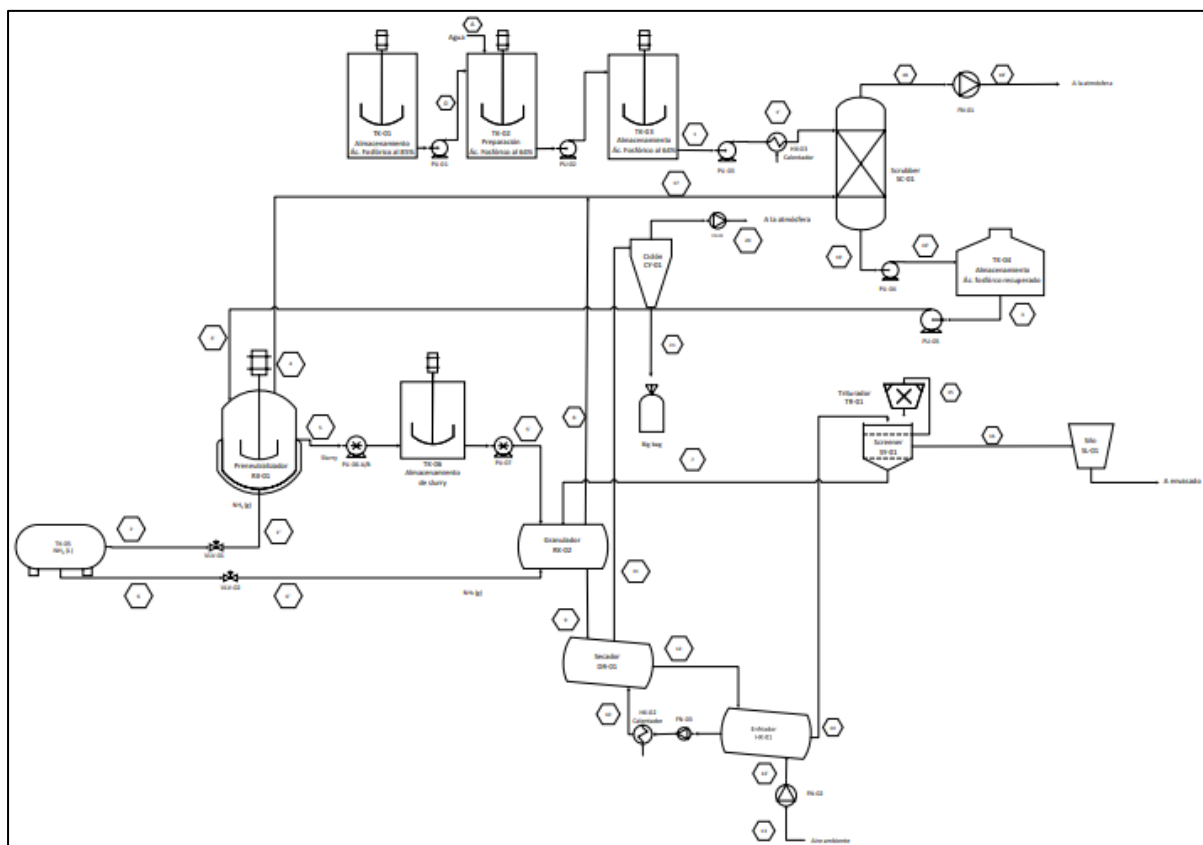
## 1.1 Descripción básica del proceso

El proceso productivo para la obtención de Fosfato Diamónico (DAP) consta de dos reacciones. La primera da lugar a la formación de un producto conocido como Fosfato Monoamónico (MAP) al que se le adiciona amoníaco, dando lugar a la obtención de nuestro producto de interés (DAP) en una segunda reacción. Posteriormente, el producto resultante se granula, se tamiza y luego se enfría.

Las reacciones involucradas son las siguientes:



Estas reacciones son exotérmicas y el proceso productivo a partir del cual se obtiene el producto deseado se conoce como Proceso TVA (Tennessee Valley Authority).



**Imagen 1:** Flowsheet – Producción de Fosfato Diamónico (Flowsheet – ver Anexo C.02).

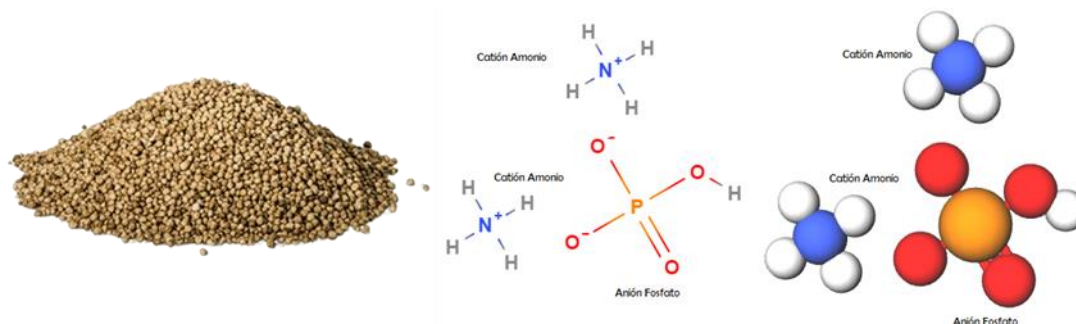
El proceso comienza con la reacción entre el ácido fosfórico y el amoníaco en un reactor tanque agitado continuo, en donde se lleva a cabo la preneutralización del ácido. El reactor o preneutralizador se hace funcionar normalmente en el punto de máxima solubilidad (que se corresponde con una relación molar amoníaco:ácido fosfórico de aproximadamente 1.29-1.45) con el fin de minimizar la humedad de la suspensión (alrededor de 16-22%), lo cual no sólo proporciona un control más uniforme, sino también una mejor distribución de la suspensión. En el preneutralizador se adiciona el efluente proveniente del scrubber, que es ácido fosfórico recuperado con pequeñas cantidades de amoníaco. Durante este proceso se produce un slurry formado en mayor proporción por Fosfato Monoamónico (MAP), que posteriormente se bombea a un granulador. Este último equipo, consiste

en un tambor rotativo, en el cual se agrega amoníaco para elevar la proporción molar amoníaco: ácido fosfórico a alrededor de 2 (punto de menor solubilidad), con el fin de terminar la neutralización del ácido fosfórico a DAP. El punto de menor solubilidad permite, en esta instancia, que precipite la cantidad de DAP suficiente y así obtener el grado de producto deseado con una pureza del 87,5%, disminuyendo la cantidad de fase líquida presente en la suspensión.

Una vez finalizada la reacción principal del proceso, se deben realizar todas las operaciones físicas necesarias para poder comercializar el fertilizante. El acondicionamiento del DAP comienza en el secador, que es un tambor rotatorio en el cual se introduce el producto resultante del granulador y se realiza el secado para disminuir la humedad del producto. Los vapores que salen del secador poseen partículas sólidas de DAP, por lo que se debe disponer de un separador a la salida del mismo. Asimismo, el producto que sale del secador es alimentado al tamizador (zaranda), que está provisto de mallas colocadas una sobre otra, en donde ocurre la separación de acuerdo con el tamaño de las partículas. En este punto, los granos gruesos (que poseen tamaños superiores a 3,33 mm), se separan en la primera malla y son enviados al triturador, donde se muelen y reciclan nuevamente a la zaranda. Por otra parte, la fracción del producto con la granulometría inferior a la deseada (tamaños menores a 1,65 mm) se recircula hacia el granulador para mantener un control de la granulación del DAP, mientras que el producto que se encuentre dentro de especificación se almacenará en el silo.

## 1.2 Características del DAP

El Fosfato Diamónico (DAP diammonium phosphate) es una sal formada por un anión fosfato y dos cationes de amonio. Es un producto granulado color marrón oscuro, altamente soluble en agua. Puesto que es no higroscópico no se apelmaza por lo que es de fácil transporte y almacenamiento.



**Imagen 2:** Fosfato Diamónico.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL FOSFATO DIAMÓNICO	
<i>Fórmula Química</i>	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
<i>Formulación NPK</i>	18% de N 46% $\text{P}_2\text{O}_5$ 0% $\text{K}_2\text{O}$
<i>Estado físico</i>	Sólido
<i>Color</i>	Verde oscuro / marrón oscuro
<i>Olor</i>	Levemente amoniacal
<i>pH</i>	7,5 – 8
<i>Punto de fusión [°C]</i>	155
<i>Densidad [kg/m³] (A 25°C)</i>	1619
<i>Solubilidad en agua</i>	575 g/l (a 10°C) 690 g/l (a 20°C) 1067 g/l (100°C)

<b>Corrosividad</b>	Altamente corrosivo en acero y en aluminio, al igual que el cloruro de sodio (sal de mesa). La tasa de corrosión en acero 304 es de aproximadamente 1,7 mm por año; mientras que la tasa de corrosión de agua de mar para el mismo material es de 1,30 mm por año. (Perry, 2002)
---------------------	---

**Tabla 1:** Propiedades físicas y químicas del Fosfato Diamónico.

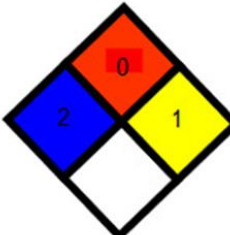
### 1.2.1 Usos

- Fertilizantes.
- Retardante de fuego. Una mezcla de DAP y otros ingredientes se puede arrojar con anticipación al avance del fuego para evitar incendios, y luego se convierte en una fuente de nutrientes después de que el peligro de incendio haya pasado.
- Nutriente de la levadura en la elaboración del vino, hidromiel y cerveza.
- Aditivo en cigarrillos.
- Fundente para soldadura de estaño como cobre, zinc y latón.
- Atrayente alimenticio en el trapeo de la mosca del olivo (*Bractocera oleae*) para su monitoreo o para su trapeo masivo como medida de control.

### 1.2.2 Rombo NFPA

El DAP no está clasificado como peligroso ni tóxico para los humanos, aunque su ingestión puede afectar el aparato gastrointestinal y el contacto con ojos y piel puede generar irritación; su LD50<sup>1</sup> para toxicidad dérmica aguda en ratas es >5000mg/kg y el LD50 para toxicidad oral aguda en ratas >2000mg/kg. No se encuentra listado como cancerígeno (no induce al cáncer ni aumenta su incidencia), mutagénico (no aumenta la frecuencia de mutación de las células de organismos vivos) ni teratogénico (no es capaz de causar defectos congénitos ni mal formar el embrión o feto en el embarazo) según ACGIH<sup>2</sup>, EPA<sup>3</sup>, IARC<sup>4</sup>, OSHA<sup>5</sup>. Su descomposición puede afectar la vida acuática ya que estimula el crecimiento de algas, aumenta la turbidez, disminuye la concentración de oxígeno e impide la fotosíntesis. Se debe capacitar en materia de Seguridad e Higiene a quienes manipulen o puedan tener contacto con el material para transportarlo, almacenarlo, roturarlo, etc. Según dicta el decreto 351/79.

<b>SALUD</b>	<b>2</b>
<b>INFLAMABILIDAD</b>	<b>0</b>
<b>REACTIVIDAD</b>	<b>1</b>
<b>ESPECÍFICO</b>	



**Imagen 3:** Rombo NFPA – DAP.

Para más especificaciones sobre el DAP refiérase al **Anexo A.01 (MSDS DAP)**.

<sup>1</sup> **LD50:** Concentración/dosis que mata al 50% de la población.

<sup>2</sup> **ACGIH:** American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales).

<sup>3</sup> **EPA:** Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos).

<sup>4</sup> **IARC:** International Agency for Research on Cancer.

<sup>5</sup> **OSHA:** Occupational Safety and Health Administration (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional).

### 1.3 Características del MAP

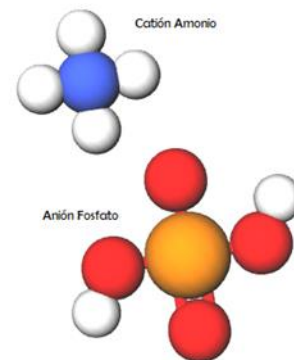
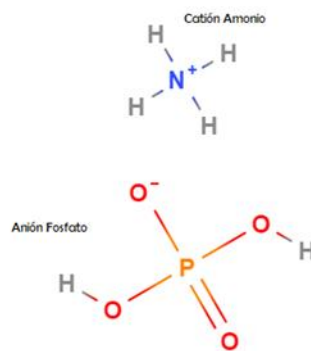
El MAP es una fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) ampliamente utilizada. Es uno de los fertilizantes más comunes de la industria agropecuaria y posee el más alto contenido de fósforo entre los fertilizantes sólidos comunes.

Nombre del Fertilizante	Fórmula Química	Formulación N P K
MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	11 – 55 – 0
DAP	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	18 – 46 – 0
Superfosfato Triple (SPT)	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0 – 46 – 0

**Tabla 2:** Formulación química de los fertilizantes sólidos más comunes.

De la tabla superior, se observa que el MAP contiene un 55% de fósforo mientras que los otros dos poseen aproximadamente un 46%, datos que demuestran que el MAP es el fertilizante con mayor contenido de fósforo.

La diferencia clave entre el fertilizante MAP y DAP está en el contenido de nitrógeno y fósforo. Otra diferencia fundamental entre ambos es la relación molar  $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4$  durante el proceso productivo, ya que para la producción de MAP la relación es 1:1 mientras que para el DAP debe ser al menos 2:1 bajo condiciones controladas.



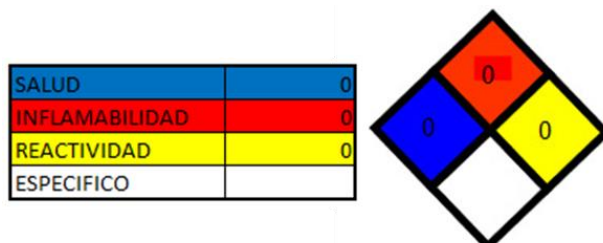
**Imagen 4:** Fosfato Monoamónico.

PROPIEDADES FÍSICAS y QUÍMICAS DEL FOSFATO MONOAMÓNICO	
Fórmula química	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
Formulación NPK	11% de N 55% $\text{P}_2\text{O}_5$ 0% $\text{K}_2\text{O}$
Estado físico	Sólido
Color	Verde claro / Gris
Olor	Inodoro a levemente amoniacal
pH	4 – 4,5
Punto de fusión [°C]	190
Densidad [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] (a 25°C)	1620
Solubilidad en agua	370 g/l (a 20°C)
Corrosividad	Corrosivo en acero y en aluminio, al igual que el cloruro de sodio (sal de mesa).

**Tabla 3:** Propiedades físicas y químicas del Fosfato Monoamónico.

### 1.3.1 Rombo NFPA

El MAP no está clasificado como material peligroso ni tóxico para los humanos, aunque su ingestión puede afectar el aparato gastrointestinal al igual que el DAP. Además, el contacto con ojos y piel puede generar irritación; su LD50 para toxicidad dérmica aguda en ratas es >5000mg/kg y el LD50 para toxicidad oral aguda en ratas >2000mg/kg. Tampoco es cancerígeno, mutagénico ni teratogénico según ACGIH, EPA, IARC, OSHA y al igual que el DAP puede afectar la vida acuática. Se recomienda ser manipulado por personal capacitado.



**Imagen 5:** Rombo NFPA – MAP.

Para más especificaciones sobre el MAP refiérase al **Anexo A.02 (MSDS MAP)**.

### 1.4. Características de las materias primas

El DAP se obtiene a partir de la reacción entre *amoníaco* y *ácido fosfórico*.

#### 1.4.1 Amoníaco

Es una sustancia química compuesta por un átomo de nitrógeno y tres átomos de hidrógeno (NH<sub>3</sub>), cuya masa molar es de 17 g/mol.

Se utiliza principalmente para la producción de fertilizantes, pero además se emplea en la industria textil, cosmética, etc. Se lo considera un compuesto volátil ya que se evapora fácilmente en el aire (Pvap, NH<sub>3</sub>=6,657 mmHg a 21°C vs Pvap, alcohol etílico=44,254 mmHg a 20°C) y tiene un olor penetrante y muy particular que puede resultar poco agradable. Además, es biodegradable ya que las plantas lo absorben con facilidad —debido al nitrógeno que lo compone— para realizar sus procesos naturales.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AMONÍACO	
<i>Estado físico</i>	Líquido
<i>Color</i>	Incoloro
<i>Olor</i>	Olor penetrante y desagradable
<i>pH (25°C)</i>	11,6
<i>Punto de fusión [°C]</i>	-78
<i>Punto de ebullición [°C]</i>	-33
<i>Densidad [kg/m<sup>3</sup>]</i>	0,73
<i>Solubilidad del agua (a 0°C)</i>	89,9 g/ 100ml
<i>Presión de vapor [mmHg]</i>	6,657 mmHg (a 21°C) 7,598 mmHg (a 26°C)
<i>Temperatura de autoignición [°C]</i>	651
<i>Límite inferior / superior de inflamabilidad [% v/v]</i>	LFL: 15,5% UFL: 27%

**Tabla 4:** Propiedades físicas y químicas del Amoníaco.

Es **corrosivo**, ya que causa quemaduras en cualquier área de contacto. Dañino si es ingerido, inhalado o absorbido por la piel. Su LD50 para su toxicidad oral en ratas es 350 mg/kg.

En el Anexo III correspondiente al artículo 61 de la Reglamentación aprobada por el Decreto N°351/79, se encuentran fijadas las concentraciones máximas permisibles para un gran número de sustancias de toxicidad. Para el amoníaco las concentraciones máximas permisibles son:

SUSTANCIA	CMP (*)		CMP-CPT (**) / CMP-C (***)		EFECTOS CRÍTICOS
	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	
Amoníaco	25	ppm	35	ppm	Irritación

**Tabla 5:** Concentraciones máximas permisibles para el Amoníaco. Fuente: Anexo III correspondiente al art. 61 de la Reglamentación aprobada por el Decreto N°351/79

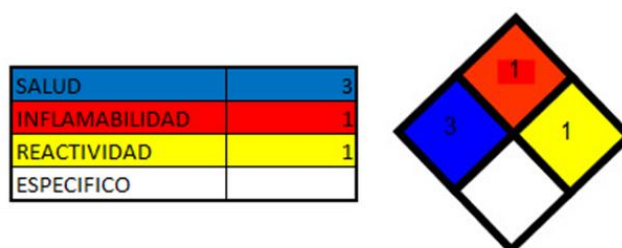
(<http://infoley.consultoramartinez.com.ar/?page=dec351/anexo3.html>).

(\*) **CMP:** Concentración Máxima Permissible ponderada en el tiempo.

(\*\*) **CMP – CPT:** Concentración Máxima Permissible para cortos períodos de tiempo.

(\*\*\*) **CMP – C:** Concentración Máxima Permissible – Valor Techo.

#### 1.4.1.1 Rombo NFPA



**Imagen 6:** Rombo NFPA – Amoníaco.

#### 1.4.1.2 Transporte y Almacenamiento

El amoníaco se **transporta en camiones cisterna**. Se almacena en cilindros, en un área fría, seca, bien ventilada, lejos de las áreas con gran tráfico y de las salidas de emergencia. Los contenedores deberán almacenarse lejos de fuentes de ignición y separados de otros químicos como oxidantes, ácidos y halógenos. Los cilindros deberían almacenarse verticalmente y asegurados firmemente, para impedir que caigan o sean golpeados.

Para más especificaciones sobre el amoníaco refiérase al **Anexo A.03 (MSDS AMONÍACO)**.

#### 1.4.2 Ácido fosfórico

Es un compuesto químico ácido de fórmula  $H_3PO_4$  cuya masa molar es de 98 g/mol. Además de utilizarse en fertilizantes, se utiliza en la producción de detergentes, alimentos, bebidas, etc. No se debe usar agua para eliminar este químico, puesto que esta produce su activación y desencadena una reacción exotérmica que puede producir quemaduras y salpicaduras en general.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ÁCIDO FOSFÓRICO	
Estado a temperatura ambiente	Líquido viscoso
Color	Transparente
pH	Menor a 1 (al 75%)
Punto de fusión [°C]	-17,5°C al 75% 21,1°C al 85%
Punto de ebullición [°C]	135°C al 75% 158°C al 85%
Densidad [kg/m³] (a 25°C)	1,87 g/cm³
Solubilidad en agua (a 20°C)	Miscible 548 g/100 ml
Presión de vapor [mmHg]	5,7 mmHg al 75% (20°C) 2,2 mmHg al 85% (20°C)
Temperatura de autoignición [°C]	No aplica



Límite inferior / superior de inflamabilidad [% v/v]	No aplica
--	-----------

**Tabla 6:** Propiedades físicas y químicas del Ácido Fosfórico.

Es una **sustancia corrosiva de alta toxicidad** capaz de causar quemaduras en boca, garganta y estomago si se ingiere y problemas severos en la garganta y pulmones si se inhala. Su LD50 para toxicidad oral en ratas es 1530 mg/kg y su LD50 para toxicidad dérmica en conejos es 2730 mg/kg. No es inflamable, pero si explosivo debido a que en contacto con metales libera hidrógeno, el cual es explosivo.

En el Anexo III correspondiente al artículo 61 de la Reglamentación aprobada por el Decreto N°351/79, se encuentran fijadas las concentraciones máximas permisibles para un gran número de sustancias de toxicidad. Para el ácido fosfórico las concentraciones máximas permisibles son:

SUSTANCIA	CMP (*)		CMP-CPT (**) / CMP-C (***)		EFECTOS CRÍTICOS
	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	
Ácido fosfórico	1	mg/m <sup>3</sup>	3	mg/m <sup>3</sup>	Irritación

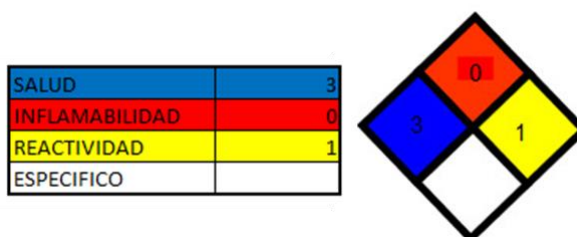
**Tabla 7:** Concentraciones máximas permisibles para el Ácido Fosfórico. Fuente: Anexo III correspondiente al art. 61 de la Reglamentación aprobada por el Decreto N°351/79 (<http://infoley.consultoramartinez.com.ar/?page=dec351/anexo3.html>).

(\*) **CMP:** Concentración Máxima Permissible ponderada en el tiempo.

(\*\*) **CMP – CPT:** Concentración Máxima Permissible para cortos períodos de tiempo.

(\*\*\*) **CMP – C:** Concentración Máxima Permissible – Valor Techo.

#### 1.4.2.1 Rombo NFPA



**Imagen 7:** Rombo NFPA – Ácido Fosfórico.

#### 1.4.2.2 Transporte y Almacenamiento

El ácido fosfórico se recepcionará en contenedores provenientes del puerto para su posterior almacenamiento en planta. Además, debe almacenarse en un área limpia, seca y bien ventilada, a temperatura superior al punto de fusión y protegerse de la luz solar directa. Mantener alejado de bases o álcalis y metales. Es apropiado almacenarlos en recipientes de acero inoxidable, vidrio o polietileno de alta densidad. No debe transportarse con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con el agua puedan desprender gases inflamables (como el carburo de calcio CaC<sub>2</sub>), sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos ni alimentos.

Para más especificaciones sobre el ácido fosfórico refiérase al **Anexo A.04 (MSDS ÁCIDO FOSFÓRICO)**.

## Referencias

Argentina, C. d. (Junio 2020). *Informe de Coyuntura Agrícola*.

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/09/informe\\_de\\_coyuntura\\_agricola\\_-\\_junio\\_2020\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/09/informe_de_coyuntura_agricola_-_junio_2020_0.pdf).

Argentino, I. P. (2019). *IPA*.

Bureau, U. S. (2020). Obtenido de <https://www.census.gov/>

Breau, U. S. (2020). Obtenido de <https://www.census.gov/>

Company, T. M. (2021). *Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934*. Washington, DC: [https://minedocs.com/22/Mosaic\\_10K\\_2021.pdf](https://minedocs.com/22/Mosaic_10K_2021.pdf).

DK Engenieering, I. (21 de julio de 2010). *Sulphuric Acid on the Web*. Obtenido de <http://www.sulphuric-acid.com/sulphuric-acid-on-the-web/acid%20plants/Innophos%20-%20Geismar.htm>

Fertilizar. (2018). *Evolución del Consumo de Fertilizantes en Argentina* . <https://www.fertilizar.org.ar/subida/Estadistica/Evolucion%20de%20Consumo%201990%202013/EvolucionConsumo1990-2018.pdf>.

Fertilizar. (2018/19). *Consumo de Fertilizantes por Cultivo en Argentina*. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2020/10/Todos-los-cultivos-2018.pdf>.

INDEC. (2020). <https://comex.indec.gob.ar/>.

Nación, L. (30 de Diciembre de 2011). Obtenido de <https://www.lanacion.com.ar/economia/se-agrava-la-sequia-y-ya-es-tan-fuerte-como-la-de-2008-nid1436725/>