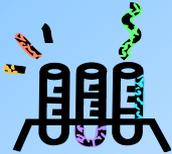


A photograph of a large industrial facility, likely a phosphoric acid production plant. The structure is complex, featuring multiple levels of scaffolding, pipes, and large cylindrical tanks. The main building has a corrugated metal roof. The sky is clear and blue. The text "ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO" is overlaid in the center in a bold, black, 3D-style font.

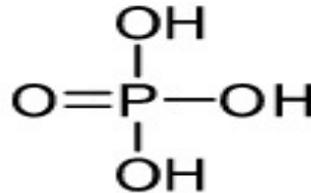
**ANÁLISIS DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE ÁCIDO
FOSFÓRICO**

Ácido fosfórico



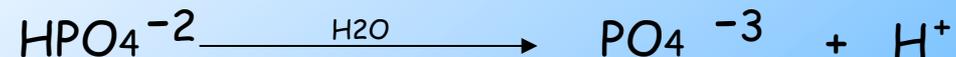
DEFINICIÓN

De fórmula química H_3PO_4 , ácido que constituye la fuente de compuestos de importancia industrial llamados fosfatos.

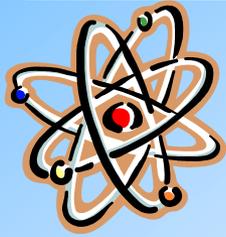


A temperatura ambiente, el ácido fosfórico es una sustancia cristalina

Comportamiento Acídico



Ácido fosfórico



PROPIEDADES FÍSICAS

Fórmula Química: H_3PO_4

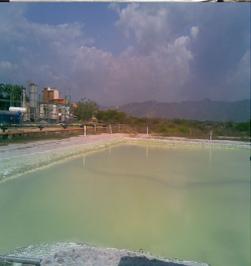
Peso Molecular: 98,00

Punto de fusión: $42^{\circ}C$

Temperatura de Ebullición ($^{\circ}C$): 213

Solubilidad en agua: Muy elevada

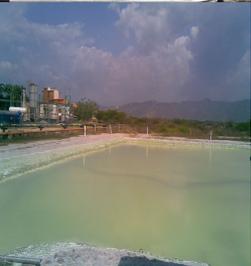
Presión de vapor, Pa a $20^{\circ}C$: 4



Ácido fosfórico

PROPIEDADES QUÍMICAS

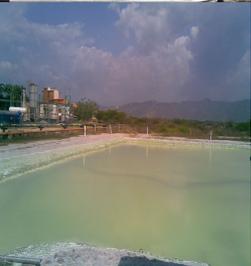
- Es un ácido tribásico:
 - Fuerte en la primera disociación
 - Moderadamente débil en la segunda
 - Muy débil en la tercera
-
- Las constantes de disociación a 25 °C son:
 - $K_1 = 0,75 \cdot 10^{-2}$
 - $K_2 = 0,60 \cdot 10^{-7}$
 - $K_3 = 3,00 \cdot 10^{-13}$



ROCA FOSFÓRICA

La roca fosfórica se encuentra en forma de apatita. Se compone en su mayoría de fosfatos calizos

El mineral forma cristales en el sistema hexagonal. Cuando es puro, el apatito es incoloro y transparente, su textura es relativamente suave



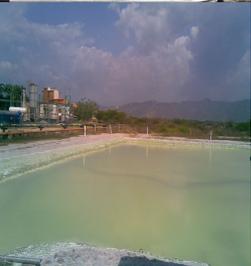
ROCA FOSFÓRICA

En Venezuela existen yacimientos de roca fosfática en:

- En el Recinto (Edo. Falcón)
- En Ureña (Edo. Tachira)

En Venezuela solo existe 2 plantas productoras de Ácido Fosfórico:

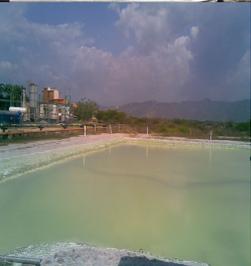
- Complejo Servefertil filial de PDVSA
- Tripoliven C.A



ROCA FOSFÓRICA

En el mundo existen una variedad de rocas fosfáticas tales como:

- Taiba
- Boucráa
- Nauru
- Togo
- Florida
- Carolina
- Kouribga
- Senegal



TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN



ÁCIDO FOSFÓRICO

VIA SECA:

Formación del ácido a partir del fósforo elemental

VIA HÚMEDA:

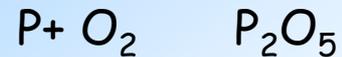
- Hemihidratado
- Dihidrtado



TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

VIA SECA

1. Combustión del Fósforo



2. Hidratación del P_2O_5 resultante:

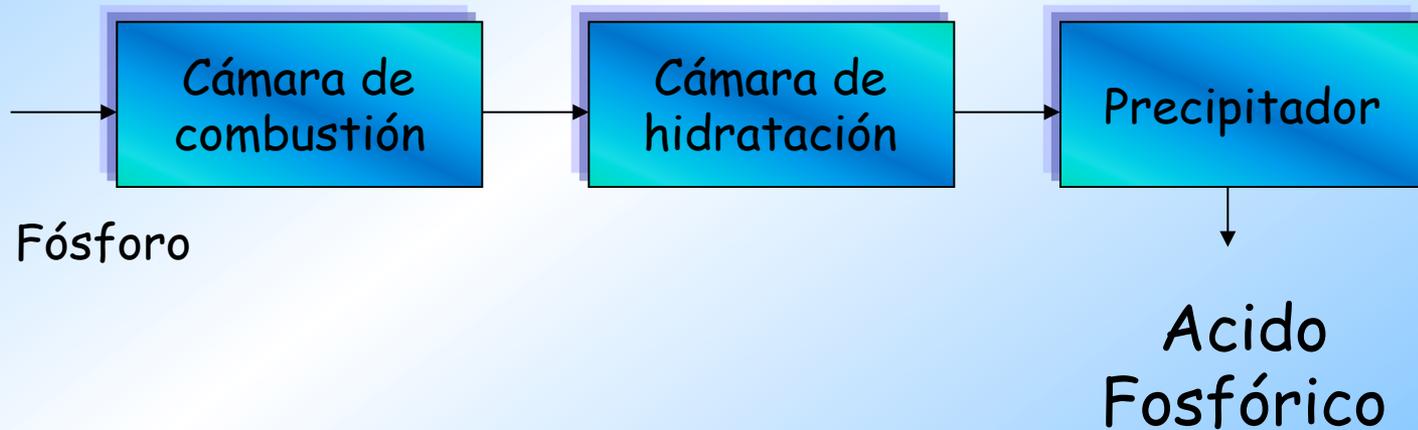


3. Recogida de los humos. Precipitador electrostático



TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

VIA SECA



TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

VIA HUMEDA



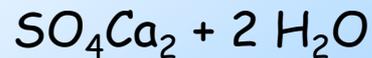
Yeso hemihidratado:

La molécula de yeso esta formada por $\frac{1}{2}$ molécula de agua:



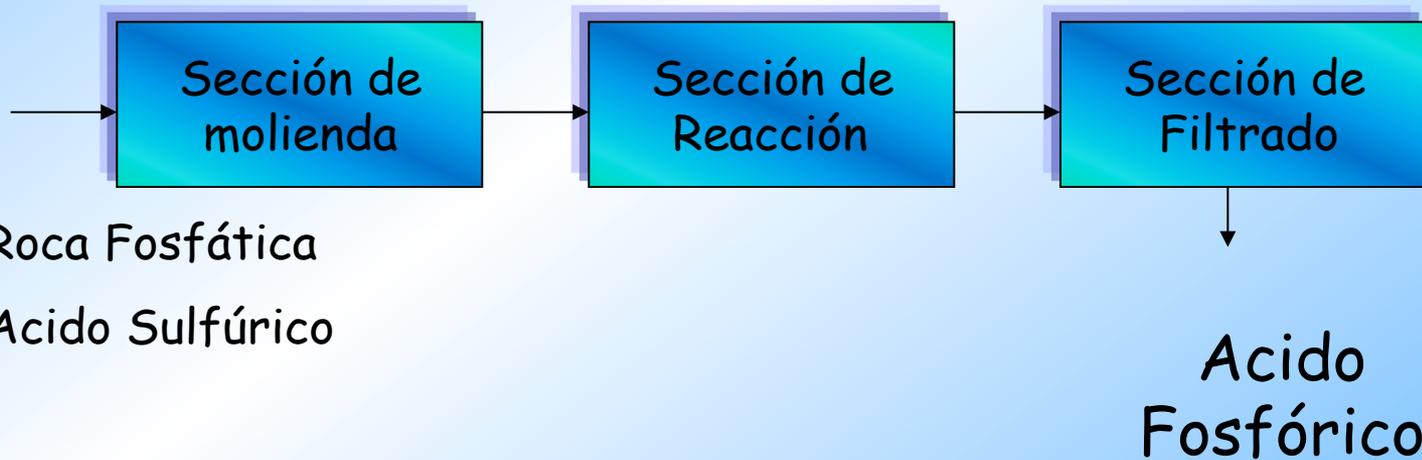
Yeso dihidratado:

La molécula de yeso esta formada por 2 moléculas de agua:



TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

VIA HUMEDA





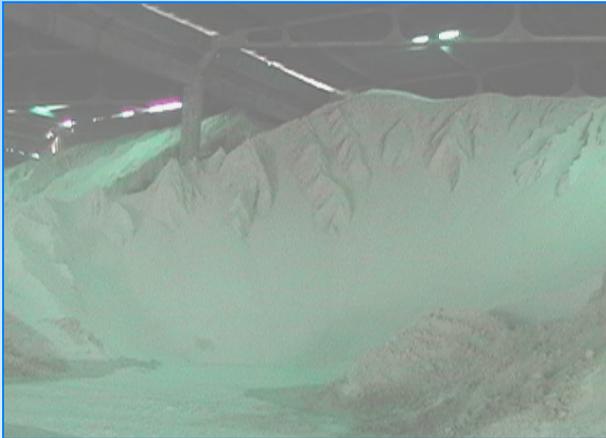
TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN VIA HUMEDA

Existen a nivel mundial varias tecnologías para esta variante de obtención de H_3PO_4

- Rhone Poulenc: consta de 1 reactor con agitador central y con baffles, existe una adición de H_2SO_4 en diversos puntos a través de dispersión. No posee sistema de recirculación.
- Prayon: consta de un único reactor dividido en tres diferentes secciones. Consta con varios agitadores en cada sección y la adición de H_2SO_4 normalmente se realiza en las 2 primera secciones.
- Siape: se recomienda para rocas de alto contenido de carbonatos donde se utiliza la emisión de CO_2 como medio de agitación y conducción de fluido. Consiste en un reactor con un cilindro interno donde se adiciona el H_2SO_4 , ácido de reciclaje y la roca

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Materias Primas



Características

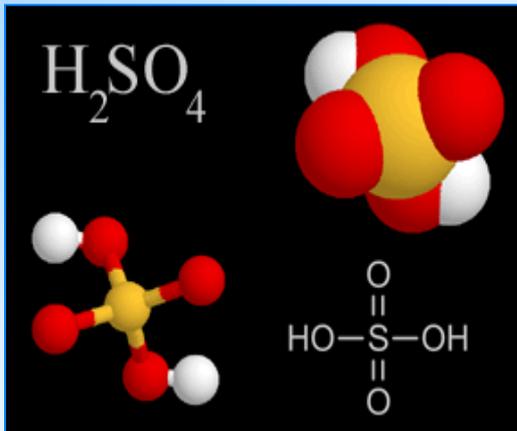
% P ₂ O ₅	36
BPL %	79
CaO %	52
SiO ₂ %	4,8
F ₂ O ₃ %	0,2
Al ₂ O ₃ %	0,3
MgO %	0,15
F1 %	4,0
Sb ppm	17
Cl ppm	600
Cu ppm	15
Cr ppm	150
Va ppm	200
Humedad	0,92

La Roca Boucráa se caracteriza por tener la siguiente composición, con muy pocas variaciones entre un lote u otro.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Materias Primas

El Ácido Sulfúrico utilizado es traído directamente a los tanques desde Servifertil a través de un aciducto. La concentración del H_2SO_4 utilizado está en el orden de 98% de pureza; pudiendo diluirse hasta un 70% con buenos efectos desde el punto de su eficiencia; sin embargo, la razón básica de su utilización al 98% radica en que puede llegarse a producir ácido fosfórico de 28% con menos inversión.

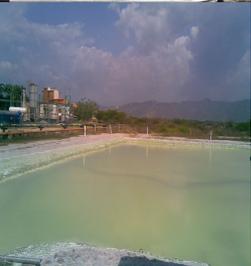


Molienda

Su función es el de disminuir el tamaño de los cristales de roca fosfática



Almacén

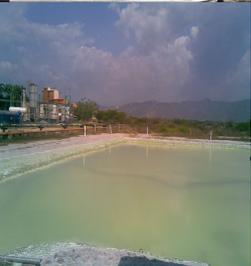


Molienda



Control del tamaño del cristal

- Más gruesos: quedaría roca sin atacar por efectos del tiempo de residencia en los reactores y la formación de capas de yeso sobre la superficie de la roca que impedirían la reacción completa.
- Más finos: alterarían el equilibrio por formación de cristales irregulares al focalizarse zonas de alta acidez libre y otros bajas.



Reacción

Su función es la de producir ácido fosfórico a través de la roca fosfática y el ácido sulfúrico



Reactor

Reacción

Reacciones Químicas del Proceso

Reacción Principal que se lleva a cabo en el proceso

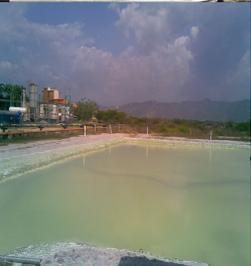


ETAPAS

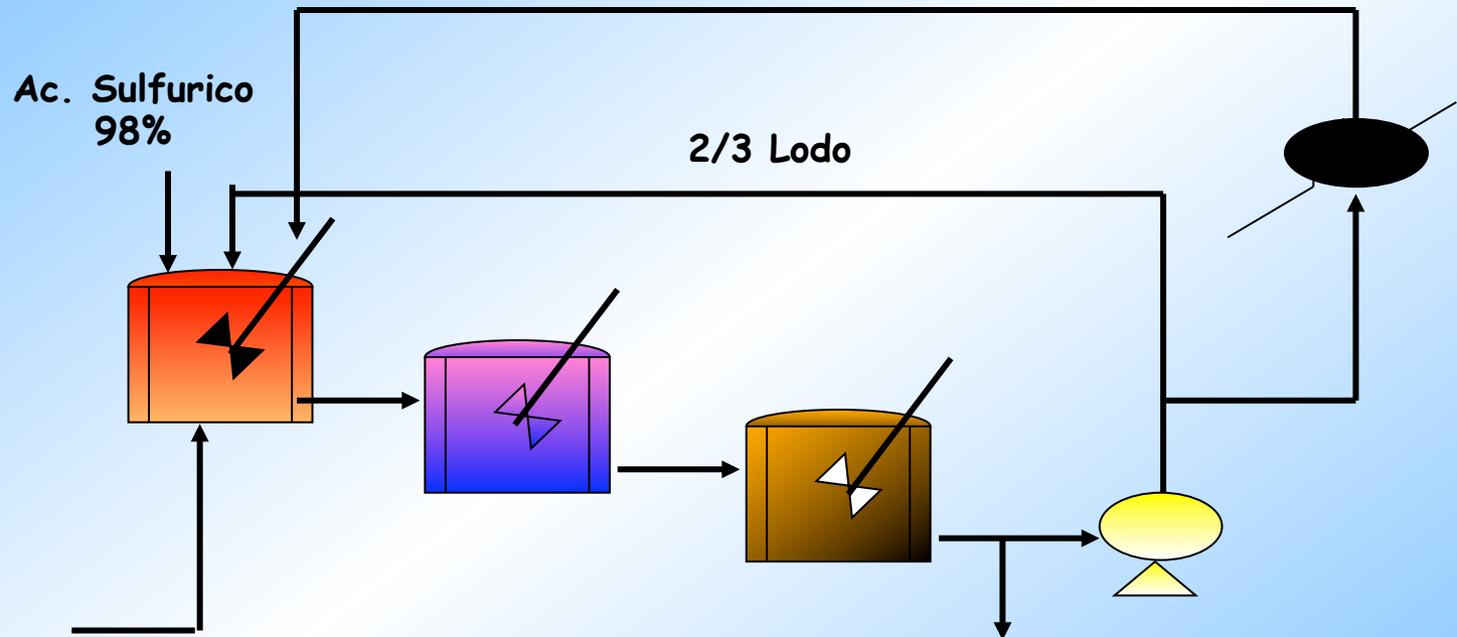
1. Fosfato Monocálcico



2. Lodo de Reacción



Reacción



Datos de los Reactores

Volumen del Reactor 1: 150 m^3

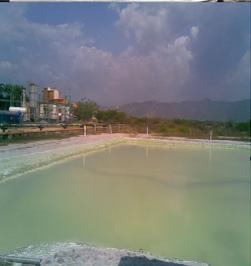
Volumen del Reactor 2: 90 m^3

Volumen del Reactor 3: 105 m^3

Reacción



- Control de Ácido Sulfúrico - Roca Fosfática
- Control de Acidez libre en los reactores.
- Control de Temperatura.
- Control de la formación de Espumas



Reacción



Emisiones Gaseosas en los Reactores

Los gases generados en la reacción están formados principalmente por tetrafluoruro de sílice el cual reacciona con agua para formar ácido fluorsilícico en solución y óxido de sílice.

Los gases desprendidos por el sistema contiene: aire, CO_2 , vapor de agua, tetrafluoruro de sílice, trazas de HF y P_2O_5 , en forma de niebla.

El agua rociada dentro del sistema del venturi (lavado de los gases y extracción a la atmósfera), reacciona con los compuestos fluorados, reduciendo la emisión a la atmósfera.



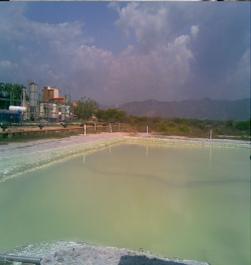
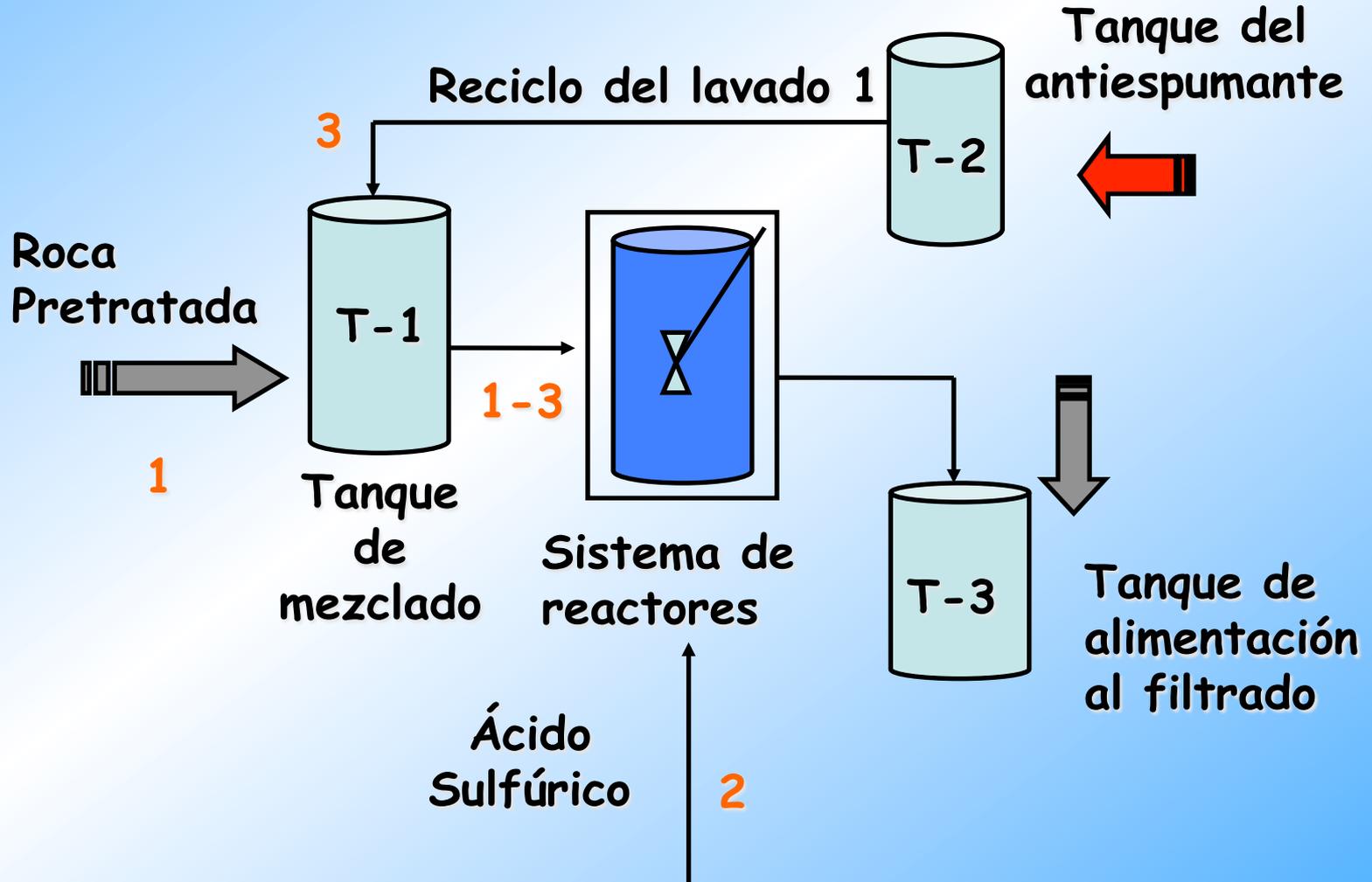
Filtración

OBJETIVO: Separar el lodo proveniente de reacción, en yeso dihidratado y ácido fosfórico del 28% de P_2O_5

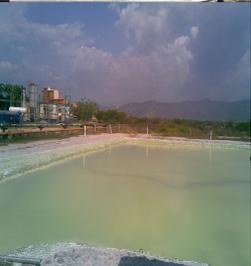
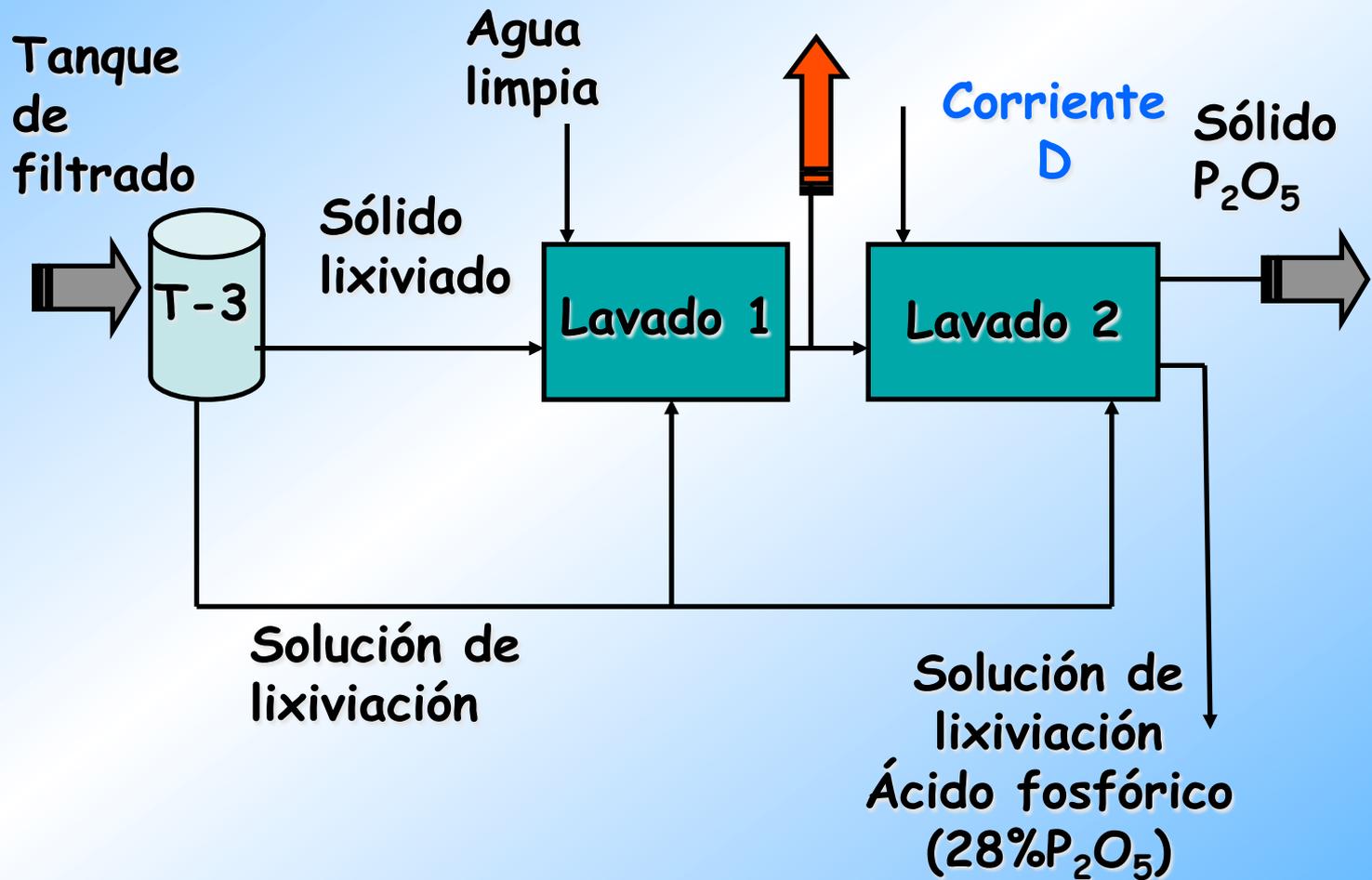


Filtro de banda

SECCIÓN DE SULFATO DE CALCIO HEMI-HIDRATADO



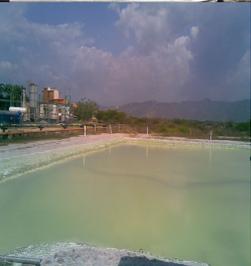
SECCIÓN DE FILTRADO DEL HEMI-HIDRATADO



Filtración

Variables del proceso

- Espesor de la torta del filtro.
- Caudal de agua de lavado.
- Temperatura del agua de lavado.



Filtración

Rendimiento de los yesos

1. P_2O_5 soluble: Rango permitido de operación (0,10 - 0,15) %.
2. P_2O_5 insoluble: Rango permitido de operación (0,30 - 0,40) %.
3. Humedad final del yeso efluente del filtro:
 - No removible de la molécula $SO_4Ca.2H_2O$
 - Resultante del lavado en rango permitido de (30 - 40) %.

Filtración

Vehiculado del yeso

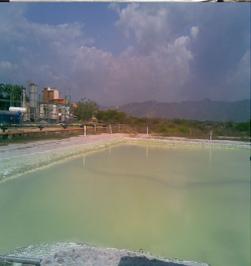
Relación líquido/
sólido



(730-760)/
(270-240)

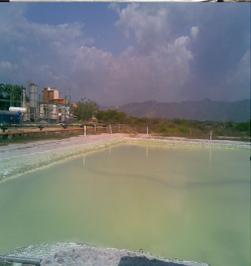


75/25



Tratamiento Químico

OBJETIVO: Efectuar un tratamiento químico al ácido fosfórico a fin de hacerlo apto para el consumo de la planta de polifosfatos.



Tratamiento Químico

Pre-tratamiento

Temperatura

(69-72)°C

(34-40)°C

Acidez sulfúrica libre

(30-35) g/L

(10-11) g/L



Decantación

Inseminador de
cristales

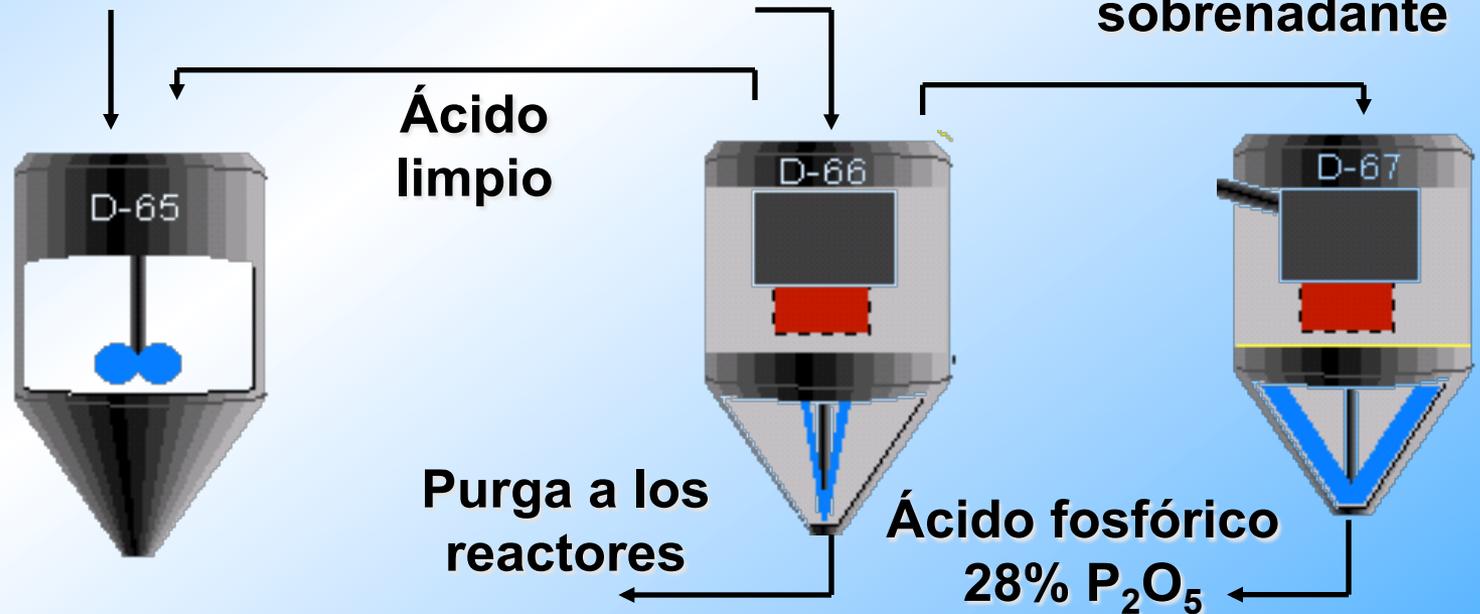
Post-
sedimentador

Sedimentador

Ortofosfato de
sodio frío (PO_4Na_3)

Floculante

Líquido
sobrenadante



Evaporación

OBJETIVO: Aumentar la concentración de ácido fosfórico producido de 28% P_2O_5 hasta una concentración deseada de 54% P_2O_5

Capacidad máxima: 3,75 TM de H_3PO_4 al 54% de P_2O_5 por hora equivalente a 90 TMD



Evaporación

Condiciones operativas

- Presión y temperatura del vapor saturado: 130 psi y 180°C.
- Temperatura del ácido en el cono: (76-80)°C
- Temperatura en el intercambiador: (100-110)°C
- Presión de vacío: (76-82) mmHg
- Temperatura de agua fría: (30-32)°C
- Temperatura de agua caliente: (40-42)°C