



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

CONTROL QUIMICO EN LA FABRICACION
DE FERTILIZANTES LIQUIDOS

TRABAJO RECEPTACIONAL

GENOVEVA HILDA REYES REYES

51

OTOSI S. L. P.

1980



C. R. 88. 7

142

851



1080075658



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

CON AMOR A MI ESPOSO :
Sr. Carlos A. Zúñiga Chávez

**CONTROL QUIMICO EN LA FABRICACION
DE FERTILIZANTES LIQUIDOS**

CON AGRADECIMIENTO AL :
Ing. Antonio Rodríguez Martínez.

T R A B A J O R E C E P C I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
Q U I M I C O
P R E S E N T A :
GENOVEVA HILDA REYES REYES



Tesis
5651
R4



CON CARIÑO Y AGRADECIMIENTO A MI MADRE :

Sra. Elsa Reyes de Rodríguez .

CON AMOR A MI ESPOSO :

Sr. Carlos A. Duque Chavez.

CON AGRADECIMIENTO AL :

Ing. Antonio Rodríguez Martínez.

A MIS HERMANOS :

Máximo, Nicolás, Auris, Antonio y Melina.

A LA ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS.

A MIS MAESTROS.

A MIS AMIGOS.

A TODA MI FAMILIA.

CON AGRADECIMIENTO A FERTILIZANTES MEXICANOS.

I N T R O D U C C I O N .

I.-ANTECEDENTE HISTORICO.

1.1. HISTORIA DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS.

II.-CONTROL QUIMICO EN LA PRODUCCION DE FERTILIZANTES LIQUIDOS.

2.1 GENERALIDADES.

2.2 CONTROL QUIMICO DE LAS MATERIAS PRIMAS.

2.3 CONTROL QUIMICO DEL PROCESO.

2.4 CONTROL QUIMICO DEL PRODUCTO TERMINADO.

III.- F O R M U L A C I O N .

3.1 GENERALIDADES.

3.2 CALCULO DE FORMULACION.

C O N C L U S I O N E S .

B I B L I O G R A F I A .

I N T R O D U C C I O N

La necesidad cada vez más imperiosa de incrementar la productividad de los campos agrícolas del País, obedeciendo a la urgencia de satisfacer los requerimientos de alimentación de una población en acelerado aumento, hace imprescindible el disponer para la agricultura, de todas aquellas áreas susceptibles de ser cultivadas, así como de las que habiendo sido productivas alguna vez, han perdido parcial o totalmente tal cualidad.

La recuperación de terrenos agrícolas improductivos se logra, como es sabido, a través de la aplicación de una serie de técnicas variadas que se conocen como fertilización y tienen como finalidad incrementar los rendimientos y mejorar las condiciones de las plantas, al suministrar al suelo los elementos esenciales para el desarrollo de las mismas.

Para que las plantas puedan aprovechar mejor los elementos esenciales que contiene en los fertilizantes en las cantidades que requieren, es necesario que éstos se encuentren en solución.

Con objeto de incrementar la utilización de los fertilizantes y evitar los problemas de inaprovechamiento se han desarrollado diversas tecnologías a base de aplicar al suelo o a las plantas, los fertilizantes en forma líquida. El éxito de estas técnicas a nivel experimental ha sido sorprendente y desde el punto de vista práctico, se han extendido donde el nivel cultural del agricultor es alto.

El presente estudio es resultado del crecimiento e interés hacia el empleo de fertilizantes líquidos en México y tiene como finalidad principal, mostrar la importancia de una disciplina imprescindible en la fabricación de fertilizantes líquidos, ya que de ella dependen no sólo

la planta, sino también los beneficios de la fertiliza ---
ción. Esta disciplina es el control químico en la fabricaca
ción de los fertilizantes líquidos.

CAPITULO I ANTECEDENTE HISTORICO.

1.1 HISTORIA DE LOS FERTILIZANTES.

Los comienzos de la industria de los fertilizantes, son difíciles de identificar en la historia antigua. - - - Probablemente los hombres neolíticos fueron los primeros en usar la ceniza de madera y estiércol como abono. Sin embargo, para los nómadas fué mas práctico abandonar las tierras agotadas que aplicar abonos para mejorar sus cosechas. Se dice que hace 2,000 años, los agricultores chinos empleaban huesos calcinados como fertilizantes y había personas que los colectaban, secaban, molfían y calcinaban para venderlos a sus vecinos, siendo los precursores de la industria de los fertilizantes.

1.2 HISTORIA DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS.

Este tipo de fertilizantes se considera de reciente desarrollo. Sin embargo, los desperdicios líquidos orgánicos se han empleado por muchos siglos como fertilizantes.

La industria moderna de los fertilizantes líquidos la inicia en 1840 Justos Leibig, quien publica un informe en el que insistía en usar huesos pulverizados como abono e indicaba que el método práctico para pulverizarlos mejor, consistía en derramar sobre una porción de hueso una cantidad de ácido igual a la mitad del peso del hueso. También recomendó el uso de licor amoniacal y el tratamiento de este licor con cal para fijar el amoniaco.

Fué en el año de 1923, al constuirse en Oakland, California, la primera planta de fertilizantes líquidos de la G&M Liquid Fertilizer, cuando las suspensiones de fertilizantes entraron al panorama comercial.

En 1923 Shell Chemical Company inició investigaciones -
acerca de la introducción de amoníaco en el agua de --
riego y ,posteriormente, en 1942, sobre la inyección de -
amoníaco en el suelo.

En 1953, en Indiana, Liquilizer Corporation marcó el --
comienzo de una nueva practica, consistente en neutrali-
zar ácido fosfórico con amoniaco y disolver cloruro de-
potasio en la solución caliente resultante.

Los fertilizantes líquidos no han sido tan populares en
otros países como en los E.U. Por ejemplo, se sabe que-
las soluciones nitrogenadas se usan en Francia y en --
algunos países europeos, pero hasta ahora su empleo ha --
sido en forma relativamente pequeña. Por otra parte, --
respecto a las mezclas líquidas, éstas han hecho más --
progresos en Francia y en Inglaterra, que en cualquier--
otra área del mundo, con excepción de los E.U.

CAPITULO II
CONTROL QUIMICO EN LA PRODUCCION
DE FERTILIZANTES LIQUIDOS.

2.1 GENERALIDADES.

El control químico en los proceso de fabricación se circunscribe fundamentalmente a la verificación de la calidad de las materias primas, de los materiales del proceso, de los productos terminados, y como básico en el control del proceso de fabricación propiamente dicho.

El control químico de las materias primas tiene como objeto la verificación de los requisitos indispensables para la obtención de un producto determinado es esta actividad en el control químico en un proceso.

Dentro del control químico del proceso, las actividades para el control de la calidad de los reactivos, la estricta vigilancia del proceso para que no se formen compuestos que puedan dañar el equipo, el cuidar que no se vayan a al estar programados, para evitar dar origen a lo que se conoce como reproceso, que se realiza mediante la cual el producto fue añadido y se reincorpora al proceso para su continuación, como es lógico incrementa los costos de fabricación.

Dentro del control químico del producto terminado poco por decir, pues es la única forma para ganar la confianza de los usuarios en un producto.

2.2 CONTROL QUIMICO DE LAS MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas que intervienen en el proceso

ácido fosfórico, agua amoniacal y cloruro de potasio. -- La proporción de una a otra de las materias primas que deben entrar en reacción depende de su composición, por tal motivo es indispensable el control de calidad de las mismas.

2.2.1 ACIDO FOSFORICO.

Se denomina ácido fosfórico al producto constituido principalmente por ácido ortofosfórico e impurezas provenientes de roca fosfórica tales como compuestos de hierro, -- aluminio, calcio y flúor.

Para verificar la calidad del ácido fosfórico, y ubicándonos en una posición práctica, es recomendable verificar las especificaciones de las siguientes sustancias:

% Fósforo total (como P_2O_5),

% Acido sulfurico libre (como H_2SO_4)

Densidad a $25^{\circ}C$ (g/cc)

2.2.1.1 DISCUSION INDIVIDUAL DE LOS PARAMETROS A CONSIDERAR.

2.2.1.1.1 FOSFORO (P_2O_5)

Una de las cuestiones fundamentales desde el punto de -- vista del control de la planta es vigilar el contenido -- de P_2O_5 , para así garantizar una dosificación adecuada -- de ácido fosfórico en la formulación. La compra del ácido fosfórico normalmente se efectúa en base al contenido -- de P_2O_5 .

2.2.1.1.2 ACIDO SULFURICO LIBRE (como H_2SO_4)

Aún cuando todas las impurezas de las materias primas -- se reflejan en la calidad del producto final, el conteni -- do de $SO_4=$ en especial la del H_2SO_4 libre en el ácido -- fosfórico que se usa, es de importancia fundamental por -- que afecta notablemente la relación molar NH_3 / H_3PO_4 en el producto .

2.2.1.1.3 DENSIDAD.

Es un parámetro de control, el resultado se utiliza para la conversión de masa a volumen en la formulación del producto, pues la densidad está relacionada con la concentración de P_2O_5 en el ácido fosfórico.

2.2.1.2 METODOS DE ANALISIS.

Las especificaciones antes citadas para el ácido fosfórico, pueden ser evaluadas por medio de los siguientes métodos de muestreo y análisis:

2.2.1.2.1 MUESTREO, MUESTRAS Y FRECUENCIA DE ANALISIS.

Una vez que llegue a la planta un carro tanque de ácido fosfórico, se deberá proceder al muestreo del mismo, teniendo precaución en usar el equipo de seguridad conveniente y observar las medidas y procedimientos de seguridad más apropiados para evitar quemaduras.

Las muestras se toman introduciendo un frasco muestreador cerrado hasta la altura de muestreo deseada, se acciona el sistema de apertura, se deja llenar y se saca.

2.2.1.2.2. DETERMINACION RAPIDA DE P_2O_5 Y H_2SO_4 .-METODO DE DOBLE TITULACION.

- 1.-se calienta la muestra en baño maria a $60^{\circ}C$ y se hacen las lecturas de la temperatura y densidad (g/cc) al mismo tiempo.
- 2.-Se transfiere una alícuota de 20 cc (sin enfriar) a un matraz volumetrico de 250 cc. Se completa hasta la marca con agua y se agita.
- 3.-De la disolución anterior se toman dos alícuotas de 15 cc cada una en dos matraces Erlenmeyer de 15 cc.
- 4.-Matraz A.-Se adicionan 6 gotas de azul de bromofenol-

Y se titula con disolución IN de NaOH (N_1) hasta color--
violeta (cc de NaOH gastados = M)

5.-Matraz B.- Se adicionan 12 gotas de fenolftaleína. Se ti-
tula con disolución IN de NaOH hasta color rosa. (cc de -
NaOH gastados = P)

6.-Calculos:

$$\% P_2O_5 = \frac{(P-M) \times N_1 \times 5.1054}{\text{Densidad a } 60^\circ\text{C (g/cc)}}$$

$$\% H_2SO_4 = \frac{(2M-P) \times N_1 \times 4.0866}{\text{Densidad a } 60^\circ\text{C (g/cc)}}$$

2.2.1.2.3 DETERMINACION DE LA DENSIDAD g/ cc.-METODO RAPIDO DEL- HIDROMETRO.

Se toma una cantidad de muestra suficiente para llenar -
una probeta transparente de 500 Cm³.

Se transfiere la muestra a una probeta de 500 Cm³, se -
introduce el hidrómetro adecuado, sumergiéndolo hasta --
el fondo varias veces para homogeneizar la muestra. Se -
introduce un termómetro y cuando el hidrómetro llegue --
al reposo libremente y la temperatura sea constante. Se-
efectúan las lecturas del hidrómetro con rango desde --
1.0 hasta 1.8 y termómetro con rango desde -10 a 110°C y
divisiones de 1 grado a la más aproximada división de -
escala.

La densidad relativa de la solución de ácido fosfórico a
una temperatura específica está dada por las lecturas del
hidrómetro y termómetro.

2.2.2 AGUA AMONIACAL.

Se denomina agua amoniacal al producto de la disolución-
del amoniaco anhidro en agua.

Por tal razón al agua amoniacal únicamente se le verifi-
carán las siguientes sustancias:

% Nitrógeno (como N)
g/cc Densidad.

2.2.2.1 DISCUSION INDIVIDUAL DE LOS PARAMETROS A CONSIDERAR.

2.2.2.1.1 NITROGENO TOTAL (N)

Es una determinación esencial, necesaria para establecer la calidad de la materia prima y la formación del producto.

2.2.2.1.2 DENSIDAD RELATIVA (g/cc)

Es un parámetro de control, que sirve para efectuar la conversión de masa a volumen en la formulación del producto y conocer en forma rápida su concentración.

2.2.2.2 METODOS DE ANALISIS.

Las especificaciones antes citadas para el agua amoniacal, pueden ser evaluadas por medio de los siguientes métodos de muestreo y análisis.

2.2.2.2.1 MUESTREO, MUESTRAS Y FRECUENCIAS DE ANALISIS.

2.2.2.2.1.1

El agua amoniacal se produce en una planta anexa y se almacena en tanques, de los cuales se suministra a la planta de fertilizantes líquidos.

Cada vez que se vaya a producir una fórmula de fertilizante líquido donde la capacidad de las plantas existentes en México es generalmente de 4 toneladas/hora, (cada noche) se deberá proceder al muestreo de la misma. Teniendo precaución en el equipo de seguridad conveniente y observar las medidas y procedimientos de seguridad más apropiados para evitar quemaduras.

2.2.2.2.2 DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE AMONIACO.- METODO VOLUMETRICO.

Pesar 2cc de la muestra de análisis, a la que llamaremos No.

Se pesa un matraz erlenmeyer, conteniendo 50 cc de disolución de ácido sulfúrico 0.5 N (V_1).

Se agregan 2 cc de muestra, con pipeta, se tapa inmediatamente el matraz y se pesa nuevamente, para saber el peso de muestra.

Se agregan 3 gotas de rojo de metilo. Se titula el exceso de ácido con solución de hidróxido de sodio 0.25N (V_2)

El contenido de amoniaco en la muestra, se calcula con la siguiente expresión:

$$\% \text{NH}_3 = \frac{(V_1 - V_2) \times 0.515 \times 100}{m_0}$$

2.2.2.2.3 DETERMINACION DE LA DENSIDAD.-METODO RAPIDO DEL HIDROMETRO.

Tomar una cantidad de muestra suficiente y seguir como se indica en 2.2.1.2.3

2.2.3 CLORURO DE POTASIO.

El cloruro de potasio es el portador de K_2O por lo que únicamente se verificará la siguiente especificación:

$$\% K_2O$$

2.2.3.1 DISCUSION INDIVIDUAL DE LOS PARAMETROS A CONSIDERAR:

2.2.3.1.1 P O T A S I O. (K_2O)

Determinación esencial para poder efectuar una buena formulación y establecer la calidad de la materia prima.

2.2.3.2 MÉTODOS DE ANALISIS.

La especificación para el cloruro de potasio, puede ser evaluada por medio del siguiente método de muestreo y análisis.

2.2.3.2.1 MUESTREO, MUESTRAS Y FRECUENCIA DE ANALISIS.

2.2.3.2.1.1

El cloruro de potasio se recibe en carros de ferrocarril y se transporta hasta una bodega, de donde se toma y se alimenta al mezclador por medio de un elevador de canjilones, -- donde se introduce un recipiente y se va tomando muestra -- de todo el embarque conforme va pasando en el elevador de canjilones; en forma continua y uniforme. Una vez terminado de pasar todo el cloruro de potasio se homogeniza y se obtiene así una muestra reducida representativa. Las muestras para análisis se tomarán mediante cuarteo de la muestra reducida representativa.

2.2.3.2.2. DETERMINACION DE % K_2O TOTAL.- METODO VOLUMETRICO.

Pesar una porción de análisis, a la que llamaremos M_0 , y -- transferirla a un vaso de precipitados, agregar 125cc de -- agua, 50cc de disolución de oxalato de amonio al 4%, llevar a ebullición 30 min y enfriar.

Agregar 3 gotas de indicador de bromocresol púrpura (100 mg en 100 cc de alcohol etílico) y disolución de hidróxido de amonio (1+1), hasta el vire del indicador.

Filtrar, lavar el precipitado con agua, recibiendo en un matraz volumétrico de 250 cc, aforar y homogenizar.

Tomar una alícuota de 15 cc, transferirla a un matraz volumétrico de 100 cc, agregar 2 cc de hidróxido de sodio al -- 20 % y 5 cc de formaldeido al 37-39 %.

Agregar 1 cc de disolución de tetrafenilborato de sodio por cada unidad de por ciento de K_2O que se suponga contiene la muestra, mas un exceso adicional de 8 cc (V_3), llevar hasta la marca con agua, homogenizar y dejar reposar 10 minutos.

Filtrar, recibiendo en un matraz erlenmeyer de 125 cc. Tomar 50 cc y transferirlos a un matraz erlenmeyer.

Agregar 8 gotas de amarillo clayton, titular con bromuro de hexadeciltrimetilamonio hasta el vire y anotar (V₄) el volumen gastado .

CALCULOS:

$$\% K_2O = \frac{(V_3 - V_4) \times meq \times N}{Mo.} \times 100$$

Solución de tetrafenilborato de sodio.-Pesar 12 g y disolverlos en 800 cc de agua, agregar 25 g de hidróxido de aluminio y agitar, filtrar y recibir en un matraz volumétrico de 1000 cc agregar 2 cc de hidróxido de sodio al 20%, aforar y homogeneizar.

2.-Solución de hexadeciltrimetil-amonio.-

Disolver 50 cc al 12.8% en un litro de agua.

2.3 CONTROL QUIMICO DEL PROCESO.

2.3.1 TEORIA DEL PROCESO .

Todo el proceso elaboración se lleva a cabo en medio acuoso en donde el suministro de agua tiene rígenes - el ácido fosfórico, el agua amoniacal y agua fresca para ajustar la solución fertilizante a la concentración deseada.

El orden de adición más recomendable es añadir primero el agua, después los sólidos y finalmente añadir simultáneamente el ácido fosfórico y el agua amoniacal. Esto requerirá controlar por separado el peso de estos dos últimos ingredientes.

En caso de que no se requiera invertir en un equipo para la dosificación del fosfórico y el amoniacal se recomienda el siguiente orden de adición. Pesar todo el tanque reactor añadiendo primero el agua, después el cloruro de potasio o urea, el agua amoniacal, y por último el ácido fosfórico.

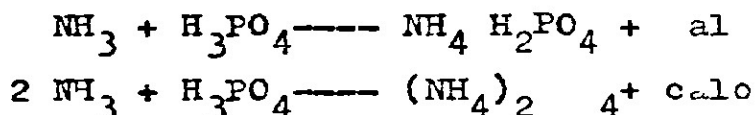
La segunda alternativa es realizar la neutralización del

ácido fosfórico en el mismo reactor donde se añadrán -- los otros componentes para obtener una fórmula dada. En este caso se aprovecha el calor de reacción para disolver los componentes sólidos.

2.3.1.1 REACCIONES.

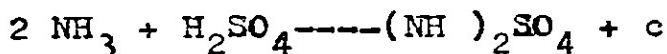
Aún cuando el único compuesto que se produce es el fosfato de amonio, varias son las reacciones que se llevan a cabo. Las impurezas del ácido fosfórico también dan lugar a -- ciertas reacciones secundarias sin importancia pero que -- siempre es necesario tener en consideración por los efectos adversos que pudieran llegar a causar. Las impurezas frecuentes del ácido fosfórico son: el ácido sulfúrico -- libre, el sulfato de calcio o yeso y las sales de hierro y aluminio.

2.3.1.1.1 LAS REACCIONES MAS IMPORTANTES DE NEUTRALIZACION O AMONATACION DEL ACIDO FOSFORICO son:

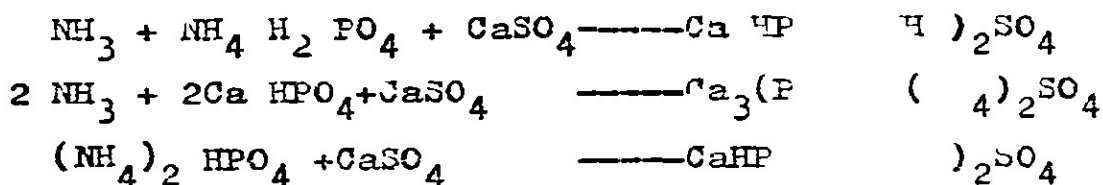


2.3.1.1.2 LAS REACCIONES SECUNDARIAS DE AMONATACION DEL ACIDO SULFURICO.

a) La neutralización del ácido sulfúrico.



b) Las reversiones de los fosfatos de amonio debidas a la presencia del calcio



2.3.2 DESCRIPCION DEL PROCESO.

Las materias primas utilizadas en el proceso son amoníaco anhidro (NH_3), ácido fosfórico y cloruro de potasio y la fórmula lo requiere.

Las capacidades de producción normales de estas plantas son: 15, 20, 30 y 40 t/h, todas tienen un proceso similar pudiendo variar los caudales, las dimensiones y los equipos, pero no las operaciones básicas.

El ácido fosfórico se lleva a la temperatura óptima de reacción en un calentador que utilice vapor.

El amoníaco en fase gaseosa, se recalienta con vapor hasta la temperatura óptima de reacción.

A la temperatura adecuada, el ácido fosfórico pasa a un reactor donde es neutralizado con el agua amoniacal, el producto es enfriado por medio de contacto directo de aire y evaporación de agua.

REACCIÓN.

El ácido fosfórico y el amoníaco reaccionan y forman fosfato monoamónico y fosfato diamónico.

ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO.

Como la temperatura a que sale el producto no es apropiada para que se almacene, es necesario enfriarlo por medio de contacto directo de aire y evaporación de agua.

La cantidad de agua evaporada durante el proceso es determinada por la temperatura ambiente y por el régimen de producción.

TECNICA DE OPERACION.

En una cantidad de producto terminado, los medidores de agua, ácido y agua amoniacal deben ajustarse a la corriente deseada.

El control de calidad es ajustable a través de medidores de gravedad específica y pH ejemplo: Para bajar la gravedad específica, aumenta la cantidad de agua al producto terminado y viceversa.

La temperatura del producto terminado que va a almacenamiento debe ser aproximadamente de 140° F o 60°C.

2.3.3 CONTROL DEL PROCESO.

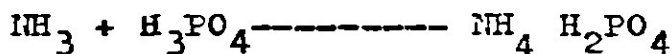
Dentro del control químico del proceso tenemos: el control de la relación molar, las limitaciones en la fabricación de fertilizantes líquidos, control de flujo de las materias primas, y el programa de análisis.

2.3.3.1 CONTROL DE LA RELACION MOLAR.

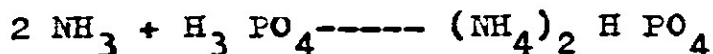
La relación molar precisa el número de moles de amoníaco que intervienen en la reacción de neutralización del ácido fosfórico. En el caso de los fertilizantes líquidos, la naturaleza intermitente del proceso condiciona al operador a controlar la relación molar cuidadosamente en el producto terminado.

Aún cuando todas las impurezas de las materias primas se reflejan en la calidad del producto final el contenido de ácido sulfúrico en el ácido fosfórico que se usa es de importancia fundamental porque influye directamente en la relación molar $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$ en el producto, en virtud de que parte del amoníaco presente en el agua amoniacal, reaccionará con el ácido sulfúrico contenido en el ácido fosfórico.

La relación molar 1 nos indica que de una mol de amoníaco y una mol de fosfórico se obtiene una mol de MAP o fosfato monoamónico.



El límite de la reacción amoníaco fosfórico, se da con una relación molar 2, que se cumple cuando 2 moles de amoníaco reaccionan con una mol de fosfórico para formar se DAP o fosfato diamónico.



2.3.3.2 LIMITACIONES EN LA FABRICACION DE FERTILIZANTES LIQUIDOS.

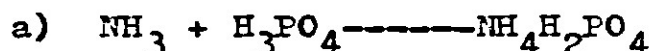
2.3.3.2.1

Bajo ninguna circunstancia se deberán almacenar fórmulas a base de cloruro de potasio o cualquier otro cloruro porque son altamente corrosivos. Este tipo de fórmulas deberá ser distribuido para su venta, inmediatamente después de fabricado.

2.3.3.2.2

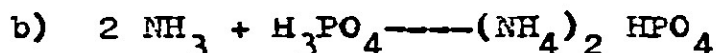
Tomando en cuenta la eficiencia de amoniaco, nunca deberán fabricarse fórmulas en las que la aportación de nitrógeno, en forma de amoniaco, se haga con mas de 1 kilogramo de nitrógeno por cada 3 kilogramos de pentóxido de fósforo.

La razón de lo anterior, puede deducirse fácilmente de las reacciones estequiométricas entre el amoniaco y el ácido fosfórico.



Que referidos a sus pesos moleculares expresados en kilogramos son:

$$17 + 98 = 115$$



Que referido a sus pesos moleculares expresados en kilogramos son:

$$34 + 98 = 132$$

De lo anterior se deduce que el máximo grado al que se puede amonatar el ácido fosfórico está representado por la ecuación (b) en la que se necesitan únicamente 34 Kg de amoniaco por cada 98 Kg de fosfórico, que referidos a relación $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{NH}_3$ equivale a 2.88 Kg de ácido fosfórico por cada Kg de amoniaco.

Como no es recomendable trabajar en un punto crítico y con el objeto de asegurar la fijación total del amoniaco, se trabaja con un ligero exceso de ácido fosfórico.

2.3.3.2.3 Antes de programar la fabricación de una fórmula se debe determinar cuál es la máxima cantidad de amoniacó que se puede utilizar en base al P_2O_5 requeridos- para, en caso necesario, completar la formulación -- con urea o nitrato de amonio.

EJEMPLO A.- Se requieren fabricar 1000 Kg de fórmula 3.5 -3-3 ¿Qué cantidad de Nitrógeno debe agregarse - como amoniaco?

La demanda de nutrimentos es:

$$\begin{aligned} 3.5 \times 10 &= 35 \text{ Kg de N} \\ 3 \quad \times 10 &= 30 \text{ Kg de } P_2O_5 \\ 3 \quad \times 10 &= 30 \text{ Kg de } K_2O \end{aligned}$$

La cantidad de nitrógeno que podrá aportarse, en forma de agua amoniacal será:

$$\begin{array}{r} \underline{30 \text{ Kg de } P_2O_5} = 10 \text{ Kg de N} \\ 3 \text{ Kg de } P_2O_5 \\ \hline \text{Kg de N} \end{array}$$

10 Kg de N se aportará en forma de agua amoniacal, -- como la fórmula requiere 35 Kg de Nitrógeno, los 25- Kg restantes se deben aplicar en forma de nitrato de amonio o de urea.

2.3.3.3 CONTROL DE FLUJO DE LAS MATERIAS PRIMAS

Una planta está equipada con un sistema para medir- la velocidad de flujo de las materias líquidas cons- tituído por un cronómetro, un contador, luces y un-- selector.

Se ajusta el cronómetro de manera que indique un -- cierto tiempo y se acciona el disparador del selector el contador, registrará el número de galones que pa- san en el tiempo seleccionado. Dividiendo los galones entre el tiempo, en minutos se tendrá la velocidad - de flujo.

2.3.3.4 PROGRAMA DE ANALISIS.

Las técnicas de las determinaciones analíticas que se deberán realizar para el control de operación, están basadas en procedimientos sencillos y rápidos que permiten conocer en forma muy aproximada la composición de las materias primas y el producto.

Los métodos para el control de operación son los siguientes:

2.3.3.4.1 ACIDO FOSFORICO.

Determinación	Método.
Fósforo total.	Método de doble titulación
Acido sulfúrico libre.	Método de doble titulación
Densidad relativa.	Método rápido de hidrómetro.

2.3.3.4.2 AGUA AMONIACAL.

Determinación	Método.
Concentración de amoníaco.	Método volumétrico.
Densidad relativa.	Método rápido del hidrómetro.

2.3.3.4.3 FERTILIZANTES LIQUIDOS.

Determinación	Método.
Relación molar $\text{NH}_3/\text{H}_3\text{PO}_4$	Método rápido de doble titulación.
Nitrógeno total y fósforo total.	Método rápido de doble titulación.
Densidad relativa.	Método de hidrómetro.
pH	Varilla de pH (panel indicador)

2.4 CONTROL QUIMICO DEL PRODUCTO TERMINADO.

Un fertilizante líquido es un fluido en el cual los nutrientes están en solución verdadera.

Actualmente no existe Norma Oficial Mexicana para fertilizantes líquidos, sin embargo el cliente siempre desea saber si el producto que va a recibir satisface

las especificaciones por las que va a pagar y como norma-
casi siempre se pide el reporte de:

% N
% P₂O₅
% K₂O
pH
Densidad.

2.4.1 DISCUSION INDIVIDUAL DE LOS PARAMETROS A CONSIDERAR.

2.4.1.1 NITROGENO (NH₃ o N)

Para garantizar el contenido exacto de la formulación, ya que por ser un nutriente primario e importante a las plantas su contenido en la fórmula requerida está en relación directa con el precio.

2.4.1.2 FOSFORO (P₂O₅)

Otro de los nutrientes esenciales para la vida de las plantas, por lo que verificar el contenido exacto de la formulación obtenida es un requisito indispensable como garantía del producto.

2.4.1.3 POTASIO (K₂O)

Nutriente primario también, si la fórmula obtenida lo contiene, esta determinación es esencial para poder garantizarla.

2.4.1.4 pH

Esta determinación es esencial, ya que el producto obtenido debe ser neutro, para que se efectúe su aplicación a cualquier tipo de suelo.

2.4.1.5 DENSIDAD.

Este parámetro es una medida rápida para dar más o menos una idea de la concentración de sólidos en suspensión, y así corroborar que no se tengan problemas en su manejo.

2.4.2 METODOS DE ANALISIS.

Las especificaciones antes citadas para el ácido fosfórico pueden ser evaluadas por medio de los siguientes métodos de muestreo y análisis.

2.4.2.1. MUESTREO, MUESTRAS Y FRECUENCIA DE ANALISIS.

2.4.2.1.1

Las muestras se toman cada vez que va a salir una formulación o bache, tiene una duración de 1 hora aproximadamente.

2.4.2.2 Determinación de la relación molar $\text{NH}_3 / \text{H}_3\text{PO}_4, \text{N}$ y P_2O_5 - de doble titulación.

- 1.-Se llena una probeta de 500 cc con muestra.
- 2.-Se introduce un densímetro y un termómetro. Cuando la temperatura se estabilice, se efectúan las lecturas de densidad (g/cc) y temperatura al mismo tiempo.
- 3.-Tomar una alícuota de 20 cc a un matraz volumétrico de 250 cc aforar y homogeneizar.
- 4.-Filtrar y tomar 20 cc a un matraz erlenmeyer.
- 5.-Se adicionan 5 gotas de fenolftaleína y se titula con disolución 0.5 N de NaOH (N_1) hasta el vire del indicador (cc de NaOH gastados = B).
- 6.-Sobre la misma muestra se adicionan 6 gotas de verde-bromocresol y se titula con disolución 0.5 N de HCl (N_2) hasta el vire del indicador (cc de HCl gastados = A)
- 7.-Cálculos:

$$\text{Relación molar } \frac{\text{NH}_3}{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{2 - B \times N_1}{A \times N_2}$$

$$\% \text{ N} = \frac{2 \times N_2 - B \times N_1 \times 0.875}{\text{Densidad a Temp. Amb. (g/cc)}}$$

$$\% \text{ P}_2\text{O}_5 = \frac{A \times N_2 \times 4.4375}{\text{Densidad a Temp. Amb. (g/cc)}}$$

- 2.4.2.3 D E T E R M I N A C I O N DE POTASIO. METODO VOLUMETRICO
- 2.4.2.4 DETERMINACION DE pH. POTENCIOMETRICO O PAPEL INDICADOR
- 2.4.2.5 DETERMINACION DE DENSIDAD. - METODO DEL HIDROMETRO.

CAPITULO III
FORMULACION.

3.1 GENERALIDADES.

Teniendo la certeza de que el análisis de las materias primas es correcto, la calidad del producto fundamentalmente radica en la correcta formulación.

Formulación es el procedimiento para calcular la cantidad de las materias primas necesarias para obtener la cantidad de fórmula líquida requerida con la concentración deseada.

Fórmula es el grado de fertilizante o sea el porcentaje de nutrientes asimilables.

3.2 CALCULO DE FORMULACION.

Sirve para determinar las cantidades de las materias primas que se van a utilizar.

3.2.1 Para ilustrar el procedimiento de cálculo de las cantidades de materias primas, se presenta un ejemplo y secuencia.

Ejemplo: Se desean producir 4500 Kg del fertilizante líquido 8-24-2. El análisis de las materias primas indica que el agua amoniacal contiene 18.9% de N y tiene una densidad de 0.950 Kg/l a la temperatura de almacenamiento, el ácido fosfórico contiene 52.5% de P_2O_5 y una densidad de 1.0 Kg/l a la temperatura de almacenamiento; el cloruro de potasio contiene 61.0% de K_2O .

Con los datos de nuestro ejemplo el inciso A quedaría en la siguiente forma:

A.-CARACTERISTICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS.

MATERIAS PRIMAS	%N	% P_2O_5	% K_2O	d*
Agua amoniacal	18.9(A)			0.950
Acido fosfórico		52.5(B)		1.700
Cloruro de potasio			61.0(C)	

d* Densidad de los materiales medida a la misma temperatura que la de almacenamiento.

3.2.1.3 Procédase a llenar el número 1 que para nuestro ejemplo quedaría en la siguiente forma:

1.-BASES DE CALCULO.

Cantidad de producto (T): 4500 Kilogramos.

Fórmula programada: 8.0% N(a); 24.0% P₂O₅(b); 2.0% K₂

Obsérvese que a cada uno de los valores anotados se le ha asignado una letra (T) a la cantidad de producto: (a) al % N; (b) al % de P₂O₅ y (c) al % de K₂O

3.2.1.4 Continúese con el numeral 2.

2.-DEMANDA DE NUTRIENTES.

Nitrógeno: $T \times \frac{a}{100} = 4500 \times 0.08 = 360.0 \text{ Kg N (e)}$

Pentóxido de fósforo: $T \times \frac{b}{100}; 4500 \times 0.24 = 1080.0 \text{ Kg P}_2\text{O}_5 \text{ (f)}$

Oxido de potasio : $T \times \frac{c}{100} = 4500 \times 0.02 = 90.0 \text{ Kg K}_2\text{O (g)}$

Debe tenerse cuidado de sustituir las letras por los valores que realmente les corresponden.

3.-DEMANDA DE MATERIAS PRIMAS.

I.-AGUA AMONIACAL.

$(e) \times 100 = 360.0 \times 100 = 1904.8 \text{ Kg de agua amoniacal.}$

A 18.9

$\text{Kg de agua amoniacal} = \frac{1904.8}{dA^* \times 3.785} = \frac{1904.8}{0.950 \times 3.785} = 529.7 \text{ galones de agua amoniacal.}$

II.-ACIDO FOSFORICO.

$(f) \times 100 = 1080 \times 100 = 2057.1 \text{ Kg de ácido fosfórico.}$

B 52.5

$\text{Kg de ácido fosfórico} = \frac{2057.1}{d^*B \times 3.785} = \frac{2057.1}{1.700 \times 3.785} = 319.7 \text{ Galones de Acido fosfórico.}$

III.-CLORURO DE POTASIO.

$(g) \times 100 = 90.0 \times 100 = 147.5 \text{ Kg de cloruro de potasio.}$

C 61.0

IV.-A G U A.

T -Kg de agua amoniacal - Kg de ácido fosfórico -Kg de cloruro de potasio =4500 - 1904.8 - 2057.1 - 147.5 = 390.6 Kg de agua.

4.-VERIFICACION DE LOS CALCULOS.

Kg agua amoniacal x $\frac{A}{100} = \frac{1904.8}{100} \times 0.189 = 360.0$ Kg de N

Kg ácido fosfórico x $\frac{B}{100} = \frac{2057.1}{100} \times 0.525 = 1080.0$ Kg de P_2O_5

Kg cloruro de potasio x $\frac{C}{100} = \frac{147.5}{100} \times 0.61 = 90.0$ Kg de K_2O

Con los datos del punto 4 procédase a llenar el cuadro B

B.- F O R M U L A C I O N.

MATERIAS PRIMAS	Kg	Kg N	Kg P_2O_5	Kg K_2O
Agua amoniacal	1904.8	360.0		
Acido fosfórico	2057.1		1080.0	
Cloruro de potasio	147.5			90.0
A g u a	390.6			
TOTALES	4500.0	360.0	1080.0	90.0

Hasta este momento se tienen los datos necesarios para programar los medidores de materias primas y proceder a fabricar la fórmula fertilizante.

C O N C L U S I O N E S .

Llevar el control químico de un proceso de fabrica --
ción a sus extremos, es sumamente riesgoso. La defi --
ciencia fácilmente puede poner a un producto fuera -
de competencia; el exceso en igual forma puede poner-
a un producto fuera del mercado, porque, puede afectar
los costos de fabricación.

Es de vital importancia para el correcto funcionamien --
to de una planta, que el operador conozca el equipo, -
estudie la forma en que están conectadas las tuberías
y la ubicación de las válvulas y estudie cuidadosa --
mente las instrucciones de operación.

El control químico no sólo abre exitosamente las ---
puertas de los usuarios a un producto, sino que ade --
más repercute en la mejor conservación de la instala --
ción del fabricante y le ayuda a optimizar su proceso
de fabricación.

Si cada planta de fertilizantes líquidos adopta méto --
dos bien estudiados, sencillos y exactos para el ---
control químico de sus procesos; la calidad de los ' -
fertilizantes líquidos será una aportación más para -
incrementar su consumo en México ya que este tiene -
la ventaja de ser un país que posee la fuente de ma --
terias primas para la fabricación de fertilizantes -
líquidos.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.-Liquid Fertilizer Manual de la National Fertilizer Solution Association. (NFSA)
- 2.-Official Publication No.28 de la Asociación of -- American Plant Food Control Officials (AAPFCO).
- 3.-Official Methods of analysis of the Association of Official agricultural chemist.
- 4.-Snell, F.D & Etre, Enciclopedia of Industrial Chemical Analysis, Interscience Publishers, Vol.17. -- 1973.
- 5.-Kirk- Othmer. Enciclopedia of Chemical Technology.- 2a.edición. Interscience Publishers. Vol.19 y Vol. 16 1978.
- 6.-II Th Demonstrati6n. New Developments in Fertilizer Technology clasificati6n of liquid Fertilizer.
- 7.-Caracteristicas generales y preparaci6n de " Ferti lizantes Liquidos " Neila, J.J. Ingenieria Quimica, - Vol.10 Septiembre 1978.



FRANCISCO ZARCO NO. 105
COL. ALAMITOS
SAN LUIS POTOSI. S. L. P.
TEL. 2-17-91

