



---

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

## ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE FERTILIZANTE NPK 10-20-20.

# TESIS

QUE PARA OBTENER TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO  
PRESENTA:

Bernal Castelán Lucero Berenice

Asesor: M. en I. Cresenciano Echavarieta Albiter



Cd. México 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIAS

A mis padres: María Luisa e Ignacio.

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, por sus sabios consejos, por siempre estar a mi lado por aguantarme en esos días difíciles cuando regresaba de la facultad y estaba estresada, por su gran apoyo cuando sentía que no podía y rompía en llanto, ustedes y yo sabemos lo difícil que fue ese camino pero sé que nada de esto hubiera sido posible sin ustedes son mi gran apoyo y estoy muy agradecida con la vida por tener a unos padres como ustedes los amo con todo mi corazón.

A mi hermana: Profesora Nancy.

Parece como si nunca hubiéramos estado en paz, siempre batallando por cualquier cuestión, sin embargo siempre llegaron los momentos en los que nuestra lucha cesó e hicimos una tregua para lograr metas conjuntas. Mi amiga desde la infancia y la persona con la que siempre podré contar. Gracias por el tiempo que dedicaste para leer mi tesis y revisar la redacción y ortografía.

A mi novio: Cristian

Con mucho amor a una de las personas que me apoyó y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir, por tu paciencia y comprensión. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo siempre fuiste muy motivador y siempre confiaste en mí y me decías que lo lograría perfectamente. Te amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres María Luisa e Ignacio por qué gracias a su cariño, guía y apoyo he llegado a realizar uno de los anhelos más grandes de mi vida, fruto del inmenso apoyo, amor y confianza que en mi depositaron y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiera recibir y por lo cual les viviré eternamente agradecida.

A mi novio Cristian por la ayuda que me has brindado que ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas, siempre apoyándome. Me ayudaste hasta donde te era posible, incluso más que eso. Gracias amor por estar a mi lado y por tu inmenso apoyo.

Al M. en I. Cresenciano Echavarrieta Albiter por su dirección, apoyo y la confianza que me brindó para la elaboración de este tesis, muchas gracias.

A mi jurado: M. en E. Genaro Altamirano García, M. en C. Ana Lilia Maldonado Arellano, M. en I. María Estela de la Torre Tagle y al Dr. Francisco Vidal Caballero Domínguez por su tiempo y por su valiosa aportación a mi tesis.

# Índice

Objetivos	I
Justificación	II
Introducción.....	1
<b>Capítulo 1. Marco teórico</b>	
1.1. FERTIMEX.....	3
1.2. Definición de fertilizante.....	5
1.3. Tipos de fertilizantes.....	5
1.4. Acidez y neutralización de suelos.....	8
1.5. Elementos primarios.....	10
1.6. Usos NPK.....	11
1.7. Descripción y generalidades de reactivos.....	12
<b>Capítulo 2. Análisis y selección de proceso.</b>	
2.1. Procesos para producir un fertilizante tipo NPK.....	18
2.1.1. Fertilizantes NPK líquidos.....	19
2.1.2. Fertilizantes NPK sólidos (granulados).....	20
2.2. Evaluación de tres procesos para la producción de fertilizante NPK...	23
2.2.1. Proceso 1.....	24
2.2.2. Proceso 2.....	25
2.2.3. Proceso 3.....	26
2.3. Descripción del proceso seleccionado para la planta productora de fertilizante NPK 10-20-20 por granulación de mezclas físicas.....	28
<b>Capítulo 3. Estudio de mercado</b>	
3.1 Descripción del producto.....	32
3.2. Producción de NPK en México.....	33
3.3. Importación de fertilizante NPK en México.....	34
3.4 Exportación de NPK en México.....	37
<b>Capítulo 4. Localización de planta.</b>	
4.1 Elementos para el análisis de localización de plantas.....	40
4.2 Macrolocalización y microlocalización.....	40
4.2.1. Macrolocalización.....	41
4.2.2. Microlocalización.....	41
4.3 Localización de la planta productora de NPK.....	42

## **Capítulo 5. Análisis económico-financiero**

5.1	Costos de producción.....	46
	5.1.1 Costos de materia prima.....	46
	5.1.2 Costos de mano de obra.....	47
	5.1.3 Costos de mantenimiento.....	48
	5.1.4 Costos de energía eléctrica.....	49
	5.1.5 Costos de consumo de agua.....	50
	5.1.6 Costos por consumo de combustible.....	51
	5.1.7 Costos por depreciación.....	51
5.3	Capital de trabajo.....	52
5.4	Inversión de capital.....	53
	5.4.1 Activo tangible/ fijo.....	54
	5.4.2 Activo intangible/ diferido.....	58
5.5	Costos financieros.....	58
5.6	Ingresos.....	59
5.7	Punto de equilibrio.....	60
5.8	Estado de resultados.....	62
5.9	Valor Actual Neto (VAN) .....	63
	5.9.1 Cálculo del VAN.....	64
5.10	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	65
	5.10.1 Cálculo de la TIR.....	65
5.11	Análisis de Sensibilidad.....	66
5.12	Análisis de Riesgos.....	69
	5.12.1 Método Monte Carlo.....	70
	5.12.2 Simulador @RISK.....	70

## **Capítulo 6. Impacto ambiental**

6.1	Problemas ambientales en la producción de fertilizantes.....	73
	Conclusiones.....	75
	Anexos.....	77
	Bibliografía.....	82

## Índice de tablas, gráficas y figuras.

### Tablas

Tabla 1.1: Características de los fertilizantes de mezcla y compuestos.....	6
Tabla 1.2: Clasificación de los fertilizantes.....	7
Tabla 1.3: Valores de pH para los cultivo.....	9
Tabla 2.1: Ventajas y Desventajas del proceso 1 .....	25
Tabla 2.2: Ventajas y Desventajas del proceso 2 .....	26
Tabla 2.3: Ventajas y Desventajas del proceso 3 .....	27
Tabla 3.1: Principales marcas de fertilizante NPK en México.....	33
Tabla 3.2: Principales productores de fertilizante NPK en México.....	34
Tabla 3.3: Importación de fertilizante NPK en México en el 2015 al 2017.....	34
Tabla 3.4: Importación de fertilizante NPK en México en 2018.....	35
Tabla 3.5: Países que importan a México fertilizante NPK .....	36
Tabla 3.6: Exportación de fertilizante NPK en México del 2015 al 2017.....	37
Tabla 3.7: Exportación de fertilizante NPK en México en 2018.....	38
Tabla 3.8: Países exportadores de fertilizante NPK en México 2018.....	39
Tabla 4.1: Estados con mayor producción agrícola.....	43
Tabla 4.2: Materias primas disponibles por Estados de mayor producción....	44
Tabla 4.3: Costos de terreno y servicios.....	45
Tabla 5.1: Costos de materias primas.....	47
Tabla 5.2: Mano de obra directa e indirecta.....	48
Tabla 5.3: Costos de energía eléctrica.....	49
Tabla 5.4: Tarifas bimestrales por cada litro consumido de agua.....	50
Tabla 5.5: Pago bimestral y anual de consumo de agua en pesos.....	50
Tabla 5.6: Depreciación de equipo anual.....	51
Tabla 5.7: Capital de trabajo.....	53
Tabla 5.8: Equipos de proceso con su respectiva cotización.....	54
Tabla 5.9: Equipos de servicios auxiliares.....	56
Tabla 5.10: Activos fijos.....	57
Tabla 5.11: Método de factores de experiencia.....	57
Tabla 5.12: Pagos por préstamo a NAFIN.....	59
Tabla 5.13: Costo fijos y variables.....	60
Tabla 5.14: Punto de equilibrio.....	61
Tabla 5.15: Estado de resultados.....	63
Tabla 5.16: Variando el precio del amoniaco.....	67
Tabla 5.17: Variando del precio del producto.....	67
Tabla 5.18: Variando el volumen de producción .....	68
Tabla 5.19: Variables para el simulador @RISK.....	71

## **Gráficas**

Gráfica 3.1: Importación de fertilizante NPK en México del 2015 al 2017.....	35
Gráfica 3.2: Importación de fertilizante NPK en México 2018.....	36
Gráfica 3.3: Exportación de fertilizante NPK en México del 2015 al 2017.....	37
Gráfica 3.4: Exportación de fertilizante NPK en México 2018.....	38
Gráfica 5.1 Análisis de sensibilidad.....	68
Gráfica 5.2 Análisis de riesgos para el VAN.....	72
Gráfica 5.3 Análisis de riesgos para el TIR.....	72

## **Figuras**

Figura 2.1: Diagrama de bloques para la producción de fertilizante granulado NPK.....	24
Figura 2.2: Diagrama de bloques para la producción de fertilizante granulado NPK enriquecido con lodos.....	26
Figura 2.3: Diagrama de bloques para la producción de fertilizante granulado NPK por fragmentación .....	27
Figura 4.1: Localización del terreno en Zapote, Jalisco.....	45
Figura 5.1: Organigrama del personal.....	47

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis técnico y financiero de una planta productora de fertilizante NPK 10-20-20 para satisfacer la demanda de este producto en el país, con un precio competitivo y así evitar el importar de otros países. Lo anterior deberá ser viable al construir los estados financieros proforma que permita determinar los índices y/o parámetros (valor presente neto y tasa interna de retorno) empleados por un inversionista en la toma de decisiones sobre un proyecto cualquiera.

## **OJETIVOS PARTICULARES.**

- Determinar teóricamente el proceso más viable para la producción de Fertilizante NPK 10-20-20, comparando tres posibles procesos y analizando las ventajas y desventajas de cada uno.
- Realizar un estudio de mercado para conocer la producción, el consumo, la exportación, la importación y los principales productores y distribuidores de fertilizante NPK 10-20-20 en México.
- Revisar un estudio económico- financiero el cual permitirá conocer la inversión de capital, Valor actual neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), además de requerir un análisis de sensibilidad y un análisis de riesgos.

## JUSTIFICACIÓN

La idea de producir fertilizante NPK 10-20-20 en México surge por la falta de productores de fertilizantes nacionales, debido a que actualmente la política mexicana ha dejado de lado el sector agropecuario.

La producción de la mezcla fertilizante NPK proporcionara un mayor crecimiento en dicho sector, ayudara a la generación de empleos y reactivara la industria productora de fertilizantes en México.

En México, la agricultura es la actividad predominante en el sector agropecuario. En el país se cuenta con 196.4 millones de hectáreas, de las cuales solo el 15.3% de la superficie total (30 millones de hectáreas) es propicia para el desarrollo de la agricultura; aunque solo se trabajan de 20 a 25 millones de hectáreas al año, de las cuales 4.8 millones son de riego, cerca de un millón son de jugo o humedad y más de 18 millones son de temporal.

La disponibilidad y uso de fertilizantes son determinantes en el impulso de la productividad agrícola, en cuyo incremento radica la mayor parte de la respuesta al reto que representa el incremento de la demanda de alimentos y materias primas de origen agropecuario. Este incremento supone, a juicio de la Organización de Las Naciones Unidas (ONU), la necesidad de incrementar la producción global de alimentos en 70 % hacia la mitad del presente siglo.(León V.)

Se seleccionó la producción de este tipo de fertilizante mixto ya que proporciona los nutrientes principales que requiere el cultivo para un crecimiento óptimo, además de ser aplicable para a un gran número de diversas cosechas.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación es sobre el análisis técnico y económico de una planta productora de fertilizante NPK 10-20-20. La característica principal para plantear su producción es que desde hace muchos años la agricultura en México ha ido disminuyendo su producción al igual que su participación en el PIB. Aunado al crecimiento de la población, la agricultura ya no satisface las necesidades del mercado interno.

Los fertilizantes han sido el método moderno de multiplicar la tierra, han contribuido a evitar hambrunas y a evitar el cumplimiento de pronósticos catastróficos.

Es prioritario conocer el comportamiento del mercado de los fertilizantes por ser un insumo estratégico que sirve de arrastre al uso de otros, y hace más intensas las diversas actividades agrícolas, lo cual dinamiza el mercado de los otros insumos agrícolas, esto es, que el uso de fertilizantes tiene un efecto multiplicador en la economía, mayor al de los otros insumos agrícolas.

Del lado de la oferta, el problema fundamental de México en materia de fertilizantes, consiste en la creciente dependencia de importaciones, ya que los objetivos supremos de la política sectorial debe figurar un incremento anual en la producción de cada bien agropecuario no menor a 2%, de manera que supere siempre al índice de crecimiento demográfico de 1.4% registrado en 2016 y de esa manera permita mejorar las condiciones de abasto interno y reducir la dependencia alimentaria de las importaciones, que, si bien no es grave, debe ser la menos posible ya que es de interés nacional evitar que se dependa del exterior para abastecer a la agricultura, pues pone en riesgo a la Seguridad Alimentaria.(León V.)

Para saber si el producir un fertilizante en México es viable se realiza un estudio de mercado para saber la oferta, demanda, exportaciones e importaciones así como los principales productores, posteriormente se realizara el estudio

económico el cual permitirá determinar los indicadores económicos y observar si es viable o no en México realizar este proyectó.

Diversos fenómenos de orden económico, social y natural han determinado un fuerte incremento en los precios de los alimentos, lo que indica que se ha acentuado el desequilibrio entre la oferta y la demanda. Por tanto, en el mundo entero predomina el convencimiento de que el reto del sector agropecuario radica en incrementar la producción a ritmos superiores a los del crecimiento de la población para cerrar la brecha entre oferta y demanda, misma que también se ha ampliado por el mejoramiento de los niveles de ingreso en diversas partes del mundo.

# **CAPITULO 1.**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 FERTIMEX.**

La Industria Mexicana de Fertilizantes pasó a manos del estado a través de FERTIMEX hacia fines de los sesenta, con el objeto de impulsar la producción, comercialización, distribución y abastecimiento a los productores agrícolas, estableciendo una política de precios oficiales únicos a nivel Nacional, buscando incentivar el uso de los Fertilizantes. Asimismo, la generalización del uso de fertilizantes en aras del incremento de la productividad indefectiblemente trajo consigo el planteamiento de aplicación de subsidios, lo que constituyó una solución simplista con serios convenientes.

Entre los años 1991 y 1992 se realizó la privatización de FERTIMEX. A partir de esto la Producción Nacional de Fertilizantes se concentró en productos nitrogenados que incluyen principalmente la Urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio; productos Fosfatados que incluyen el Super fosfato de Calcio Simple, Superfosfato de Calcio Triple y Fosfato Diámonico (DAP).

Años después el gobierno federal vendió a la iniciativa privada el sistema de producción y distribución de fertilizantes y continuo con su política de apertura comercial en el ámbito internacional, eliminando los permisos previos y desgravando la mayoría de los productos importados, incluidos los fertilizantes; asimismo, retiró la mayoría de los subsidios a los agricultores, por lo que en poco tiempo los enfrentó fuertemente a una economía de mercado, es decir la organización, la producción y el consumo de bienes y servicios que surge del juego oferta-demanda, donde compradores y vendedores convienen los precios de los productos con libertad y habiendo una mínima participación del estado.

Los precios recibidos por sus productos crecieron menos que los precios que tuvo que pagar por los insumos utilizados, por lo que el agricultor vio disminuir su ingreso real y también su presupuesto de inversión en la agricultura.

FERTIMEX estaba fragmentado en 13 unidades productoras, las cuales quedaron en manos de 7 grupos empresariales. A partir de entonces, poco a poco, cada uno de ellos, vendieron o se asociaron con trasnacionales, y los sobrevivientes devinieron en simples agentes importadores. Así desde el año 2000 México se convirtió en importador neto de fertilizantes.

El estado fue un gran productor y comercializador de fertilizantes para el campo mexicano pero la Industria se privatizó, y los nuevos dueños exprimieron de más, y como en tantos otros casos de la industria mexicana, tronaron y la solución fue extranjerizarla, para que después se importara masivamente. Hoy, se importan a precios muy altos.

SAGARPA reconoce que la producción nacional de fertilizantes se incrementó 85% de 1980-1995. A partir de la privatización de FERTIMEX, las importaciones de estos productos se incrementaron considerablemente aumentando sus costos.

La Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes ayuda a trascender la propaganda oficial: en 1998, México aún era considerado como país netamente exportador de dichos productos; de 1999-2001 se reporta el cierre total de la producción nacional de urea y DAP, y las plantas nacionales prácticamente están en quiebra.

El mercado de los fertilizantes en México sufrió una fuerte transformación en pocos años. Durante mucho tiempo, la importancia de productos estuvo restringida debido a que se necesitaban permisos previos de importación y pago de altos aranceles. Los agricultores tuvieron diversos tipos de apoyo, entre ellos el precio del fertilizante subsidiado, la producción y distribución de este insumo estuvo controlada por el Estado, y no había relación entre el precio nacional y el internacional.

Como consecuencia de una privatización de la industria de fertilizantes, México paso de ser un importante productor y exportador de fertilizantes a un importador neto.

En 1980, inmediatamente antes de la privatización la producción alcanzó el orden de cinco millones de toneladas, las exportaciones alrededor de 900 mil, y sólo se importaban 200 mil. En cambio, en 2002, la producción fue de apenas medio millón de toneladas, las exportaciones nulas durante los siguientes 3 años y en 2007 las importaciones casi alcanzaron 3 millones de toneladas. (Méndez M.)

## **1.2 Definición de fertilizante.**

Son productos naturales o sintéticos que se añaden a las plantas o al suelo para poner a su disposición sustancias con uno o varios elementos nutritivos necesarios para su desarrollo.

Según su origen, los fertilizantes pueden ser:

- **Minerales o sintéticos:** están constituidos por compuestos químicos inorgánicos
- **Orgánicos:** proceden de la materia orgánica vegetal y animal.(J. Vicente)

## **1.3. Tipos de fertilizantes.**

Se divide en dos tipos de fertilizantes principalmente; en los minerales o sintéticos y los orgánicos.

### *1. Fertilizantes minerales.*

Son productos desprovistos de materia orgánica, que contienen una cantidad apreciable de elementos nutritivos en forma asimilable por las plantas. Según que contengan uno o varios elementos primarios, los fertilizantes se clasifican en:

- **Simples:**

Contienen un elemento primario. Se llaman nitrogenados, fosfatados o potásicos, según que contengan, respectivamente, nitrógeno, fosforo o potasio.

- **Compuestos:**

Contienen dos o tres elementos primarios. Según el proceso seguido en su elaboración se diferencian dos tipos de abonos compuestos:

*Mezcla o "blending"*: Formado por la mezcla física de abonos simples y/o binarios, previamente granulados.

*Complejos*: Se forman por reacción química entre compuestos de elevada concentración como fuente de nitrógeno (amoníaco anhidro, urea, ácido nítrico, nitrato amónico), de fosforo (ácido fosfórico, superfosfato concentrado) y de potasio (cloruro potásico, sulfato potásico), además de incorporar otros productos como fuente de elementos secundarios y micro elementos cuando fuera necesario.

En la Tabla 1.1. Se hace una comparación entre las características de los fertilizantes de mezcla y complejos.

Tabla 1.1 Características	
Mezcla	Complejos
Algunos componentes pueden reaccionar y modificar las propiedades del producto.	Sin riesgo de que se produzcan reacciones posteriores que degraden la calidad del producto.
Está formado por gránulos de distinta composición.	El contenido de nutrientes es el mismo en todos los gránulos, ya que provienen todos de la misma pasta.
Los gránulos de los diferentes componentes no son uniformes en cuanto a tamaño y forma lo que puede originar problemas de segregación en el transporte y en la aplicación al terreno.	Los gránulos al ser uniformes permiten una distribución muy regular en el terreno.

Fuente: Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica Uruguay, FAGRO, 2016.

## 2. Fertilizantes orgánicos

Es un residuo vegetal más o menos transformado, que contiene materia orgánica y elementos nutritivos. Entre los cuales se encuentran los estiércoles sólidos y líquidos, los materiales de origen fósil o semifósil y los subproductos y la tecnología medioambiental (composta).

Según su estado físico, los abonos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Los cuales tienen ventajas y desventajas:

## Sólidos.

- Polvo: Su manejo resulta molesto y se producen pérdidas cuando la distribución se hace con viento.
- Cristalina: su distribución resulta aceptable. Se utilizan poco.
- Granulado: Permite una buena manipulación y distribución en el campo. Los gránulos tienen un tamaño comprendido entre 1 y 4mm.

## Líquidos.

- Soluciones claras sin presión: contienen uno o varios elementos nutritivos disueltos en agua.
- Soluciones con presión: Contienen productos nitrogenados disueltos en agua, en una concentración elevada y sometidos a una presión superior a la atmosférica, por lo que necesitan equipos especiales para su manipulación.
- Suspensiones: La elevada concentración de elementos nutritivos no permite la disolución total, por lo que se mantienen en suspensión en el agua mediante la ayuda de arcilla.

Gaseosos: El único que se aplica de esta forma es al amoníaco anhidro, que es líquido cuando está sometido a presión y se vaporiza en el momento de la aplicación. Tiene una concentración muy elevada. Requiere de equipos especiales para su manejo y aplicación en el suelo. (L. Fuentes)

En la Tabla 1.2 se muestra una clasificación general de los tipos de fertilizantes.

Tabla 1.2 Clasificación de los fertilizantes.	
Según la fuente.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Minerales o sintéticos.</li><li>• Orgánicos.</li></ul>
Según la mezcla.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Simples.(Un elemento N,P o K)</li><li>• Complejos.(NP,PK, NPK)</li></ul>
Según el proceso.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mezcla/ Física.</li><li>• Complejos /Química</li></ul>
Según la condición física.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sólidos.</li><li>• Líquidos.</li><li>• Gases.</li></ul>

Fuente: Facultad de Agronomía, Universidad de la República Uruguay, FAGRO,2016

#### 1.4. Acidez y neutralización de suelos

El suelo además de ser el soporte material de la planta, ha de proporcionar un medio adecuado para la germinación de las semillas y el desarrollo de las raíces.

La acidez del suelo está determinada por la presencia de protones en la solución del suelo (acidez actual o activa) y en el complejo de cambio (acidez potencial o de cambio).

- Acidez actual: Está determinada por la concentración de protones ( $H^+$ ,  $H_3O^+$ ) en la solución del suelo.
- Acidez potencial: Está determinada por los protones ( $H^+$ ,  $H_3O^+$ ) contenidos en el complejo de cambio (propiedad de absorber e intercambiar con la solución acuosa los nutrientes minerales que se encuentran disueltos en forma iónica).

##### *Neutralización o encalado*

Consiste en la aplicación al suelo de sales básicas que neutralizan la acidez. Los materiales que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de acidez son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una variable capacidad de neutralización.

Existen varios materiales que son capaces de reaccionar en el suelo y elevar el pH. Entre los más comunes están:

- Óxido de calcio. Cuando se aplica en el suelo ácido reacciona de inmediato y por esta razón este material es ideal cuando se desean resultados rápidos.
- Hidróxido de calcio. Tiene un efecto intermedio entre óxido de calcio y carbonato de calcio para neutralizar la acidez del suelo.
- Cal agrícola o calcita.
- Magnesita
- Silicato cálcico

La capacidad de neutralizar la acidez del suelo depende de la composición química y de la pureza del material.

El pH ejerce una gran influencia en la asimilación de elementos nutritivos. El comportamiento de los distintos elementos nutritivos con relación al pH es el siguiente:

- Nitrógeno: las sales amónicas y nítricas son solubles en todo intervalo de pH que pueda presentar el suelo. La nitrificación tiene lugar con gran intensidad en intervalos comprendidos entre 6.5 y 8.
- Fósforo: con pH igual a 6 disminuye el fósforo. En el intervalo comprendido entre 6 y 7.5 ocurre la mejor utilización de fósforo. Con pH superior a 9.5 disminuye la disponibilidad de este elemento.
- Potasio: la solubilidad de potasio es alta en todo intervalo de pH que pueda presentar el suelo.
- Calcio y magnesio: cuando el pH excede de 8.5 es casi segura la presencia de sodio que sustituye al calcio y magnesio en el complejo de cambio.

Considerando en conjunto el comportamiento de todos los elementos nutritivos se puede decir que el intervalo de pH comprendido entre 6 y 7 es el más adecuado para la absorción de nutrientes. (L. Fuentes)

En la tabla 1.3 se enlistan algunos cultivos con su pH de suelo necesario para su cultivo.

Tabla 1.3. Valores de pH para los cultivos.

Cultivo	pH	Cultivo	pH
Arroz	5-6.5	Calabaza	5.6-5.7
Caña de azúcar	6-8	Cebolla	6-7
Col	5.5-7.5	Lechuga	5.5-7
Maíz	5.5-7.5	Melón	5.7-7.3
Pepino	5.7-7.3	Plátano	6-7.5
Tomate	5.5-7	Trigo	5.5-7.5

Fuente: L. Fuentes. El suelo y los fertilizantes. Editorial Mundi-prensa 1999, PP. 173-198.

### **1.5. Elementos primarios.**

En la mayoría de los cultivos, las necesidades de las plantas son superiores a las reservas existentes en forma asimilable de los elementos en el suelo, por lo que es necesario realizar aportes de los mismos mediante el uso de abono y sustancias fertilizantes. Se considera que los elementos primarios son N, P y K.

- Nitrógeno (N).

Los procesos de combinación del N con otro elemento reciben el nombre de fijación del nitrógeno y se realizan, en la naturaleza, gracias a la acción de ciertos microorganismos. Sin embargo, la cantidad de N fijado suele ser pequeña en comparación con la que las plantas podrían utilizar. Cerca del 99% del N combinado en el suelo, se halla contenido en la materia orgánica. El N orgánico, incluido en moléculas grandes y complejas, sería inaccesible a los vegetales superiores si no fuera, previamente, liberado por los microorganismos. La actividad microbiana descompone, gradualmente, los materiales orgánicos complejos en iones inorgánicos simples, que pueden ser utilizados por las plantas. La rapidez con que, potencialmente, los cultivos serían capaces de utilizar el N, suele exceder a la rapidez con que éste es liberado. En consecuencia, la cantidad de N disponible en el suelo suele ser relativamente muy pequeña.

- Fósforo (P).

A diferencia del N, que puede incorporarse a los suelos por medio de la fijación bioquímica por microorganismos, el P no posee tal ayuda microbiana dado que procede únicamente de la descomposición de la roca madre que tiene lugar durante el proceso de meteorización. La cantidad de P total del suelo, expresada como  $P_2O_5$ , en raras ocasiones sobrepasa el 0,50% y puede clasificarse, como inorgánico y orgánico. El P inorgánico es suministrado por la meteorización de minerales como el apatito  $Ca_5(PO_4)_3F$  y en menor proporción puede formar parte de la cadena de silicatos donde sustituye al silicio. El P orgánico es de gran importancia para la fertilidad del suelo debido a que determinados compuestos orgánicos son una fuente indirecta de formas solubles. El humus y otros tipos de materia orgánica no humificada son la principal fuente de P orgánico en el suelo.

- Potasio (K).

El K es, tal vez, el elemento mineral que se encuentra en mayor proporción en las plantas y es relativamente frecuente en las rocas.

Con independencia del K que se añade como componente de diversos fertilizantes, el K presente en los suelos procede de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos. Junto a este K mineral debe incluirse el procedente de la descomposición de restos vegetales y animales. A diferencia del P, el K se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente grandes. La fracción arcillosa es la que presenta un mayor contenido de K, por lo que los suelos arcillosos y limo-arcillosos son más ricos que los limo-arenosos y arenosos, teniendo en cuenta también que la variación en el contenido de K está influenciada por la intensidad de las pérdidas debidas a la extracción por los cultivos, lixiviación y erosión.(R. Fernández)

### **1.6. Usos del NPK.**

Cuando la planta o árbol carece de algún nutriente, es notorio cuáles son las deficiencias que tiene, de acuerdo a las siguientes deficiencias que se mencionaran es posible aplicar el fertilizante NPK 10-20-20.

Deficiencia de nitrógeno.

- Crecimiento retrasado (comunes a todas las deficiencias), plantas poco saludables y pequeñas.
- Pérdida de color verde (común a todas deficiencias) decoloración amarillenta.

Deficiencia de fósforo.

- Crecimiento retrasado
- Hojas verdes oscuras azuladas, moradas y parduscas a partir de la punta.
- Plantas lentas a madurar, permaneciendo verdes.
- Los frutos pueden ser deformados, los granos pobremente rellenos.

## Deficiencia de potasio

- Crecimiento retrasado
- Hojas que muestran decoloración a lo largo de los márgenes exteriores desde las extremidades a la base.
- Las hojas de los árboles son amarillentas, rojizas, dobladas o curvadas.
- Los frutos son pequeños.

El uso integrado de fertilizante en prácticas agrícolas proveerá los nutrientes que las plantas necesitan en las cantidades suficientes, en proporciones equilibradas, en la forma disponible y en el período que las plantas lo requieran. (AGROGEN)

### **1.7. Descripción y generalidades de reactivos.**

#### **Cloruro de Potasio (KCl)**

Los fertilizantes potásicos son comúnmente utilizados para superar las deficiencias de las plantas. Donde los suelos no pueden abastecer las cantidades de potasio (K) requeridas por los cultivos, se hace necesario el agregado de este nutriente vegetal esencial. Potasa es un término general usado para designar una variedad de fertilizantes utilizados en la agricultura que contienen K. El cloruro de K (KCl), la fuente más comúnmente utilizada, es también conocido como muriato de K (muriato es el nombre antiguo usado para designar sales que contienen cloruro). El K siempre está en los minerales en forma de catión monovalente ( $K^+$ ).

El KCl es el fertilizante potásico más extensamente utilizado debido a su bajo costo relativo ya que incluye más cantidad de K que otras fuente 50-52% K (60-63%  $K_2O$ ) y 45-47% Cl. Más del 90% de la producción mundial de potasa es utilizada en la nutrición de plantas.

El KCl es usualmente esparcido sobre la superficie del suelo previo a las labores para la siembra, también puede ser aplicado en bandas cerca de la semilla, ya que al disolverse el fertilizante se incrementará la concentración de sales solubles.

No hay un impacto significativo en el agua o aire asociado con dosis normales de aplicación de KCl. La elevada concentración de sales en la proximidad del fertilizante al disolverse puede ser el factor negativo más importante a considerar. (IPNI)

### **Sulpomag ( $K_2SO_4$ 2 $MgSO_4$ )**

El sulfato doble de potasio y magnesio o Sulpomag es un fertilizante de origen natural que se refina en procesos de lavado y refinado. Es una excelente fuente de magnesio y de potasio en aquellos cultivos sensibles al agregado de cloruros, como el tabaco y algunos frutales.

Es una fuente compatible con todos los demás productos para realizar mezclas físicas.

Como fuente de potasio en cultivos anuales, puede ser utilizado al momento de siembra o hasta un mes antes de la misma. Como abono de fondo para los cultivos leñosos conviene realizar una fertilización potásica previa a la plantación y posteriormente realizar sólo el abonado de mantenimiento, un poco antes de que se inicie la brotación. (Fertilizantes YPF)

### **Sulfato de amonio [ $(NH_4)_2SO_4$ ].**

El Sulfato de Amonio es una sal formada por reacción entre Amoníaco y Ácido Sulfúrico. Gran parte de la demanda actual de este producto es satisfecha obteniéndolo como subproducto de varias industrias.

Se presenta en forma de cristales o gránulos de color blanco a beige, es soluble en agua e insoluble en alcohol.

Su principal uso es como fertilizante y contiene como nutriente primario 21% de Nitrógeno y como nutriente secundario 24% de Azufre. A pesar de que tiene un contenido bajo de Nitrógeno es especialmente valioso cuando se requieren ambos nutrientes. (ISUSA)

### **Fosfato mono amónico [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>].**

El fosfato mono amónico (MAP) es una fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) ampliamente utilizada. Está hecha con dos componentes comunes de la industria de fertilizantes y posee el más alto contenido de P entre los fertilizantes sólidos comunes.

El MAP ha sido un importante fertilizante granulado por muchos años. Es soluble en agua y se disuelve rápidamente en el suelo si se presenta la humedad adecuada. Tras la disolución, los dos componentes básicos del fertilizante se separan nuevamente liberando amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y ortofosfato (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>). Ambos nutrientes son importantes para mantener un crecimiento vegetal saludable.

El pH de la solución alrededor del gránulo es moderadamente ácido, haciendo al MAP un fertilizante especialmente deseable en suelos con pH neutros y alcalinos. El MAP granulado es aplicado en bandas debajo de la superficie del suelo en la proximidad de las raíces en crecimiento o en bandas superficiales. En polvo, es un importante componente de fertilizantes en suspensión. (IPNI)

### **Sulfato de Potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).**

El fertilizante potásico es comúnmente utilizado para mejorar el rendimiento y la calidad de las plantas creciendo en suelos sin una adecuada oferta de este nutriente esencial.

La palabra “potasa” es un término general que más frecuentemente se refiere al cloruro de potasio (KCl), pero es también aplicado a todos los demás fertilizantes potásicos, como el sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, comúnmente denominado como sulfato de potasa).

Las concentraciones de K en el suelo son generalmente demasiado bajas para permitir un saludable crecimiento vegetal. El K es necesario para cumplir con muchas funciones esenciales en las plantas tales como activar reacciones enzimáticas, sintetizar proteínas, formar sacarosa y otros azúcares, y regular el flujo de agua en las células y hojas.

El  $K_2SO_4$  es una excelente fuente para la nutrición de las plantas. La porción potásica del  $K_2SO_4$  no es diferente a la de otras fuentes de fertilizantes potásicos. Sin embargo también aporta una fuente valiosa de azufre (S), que es a veces deficiente para el crecimiento vegetal. El azufre es requerido para la síntesis de proteínas y el funcionamiento enzimático. Hay ciertos suelos y cultivos donde la aplicación de  $Cl^-$  debe ser restringida. En estos casos, el  $K_2SO_4$  es una fuente de K muy aconsejable. (IPNI)

### **Roca Fosfórica (RF)**

La roca fosfórica es una mineral no metálico que aporta Fósforo que es elemental para la vida por lo que este mineral es muy común en el sector agropecuario tanto para la nutrición animal como para las plantas.

La aplicación directa de roca fosfórica sin procesar (RF) al suelo puede proporcionar una valiosa fuente de nutrientes para las plantas en condiciones específicas, pero hay varios factores y limitaciones a considerar.

Cuando un fertilizante fosfatado soluble en agua se añade al suelo, se disuelve rápidamente y reacciona para formar compuestos de baja solubilidad. Cuando la roca fosfórica se añade al suelo, se disuelve lentamente para liberar gradualmente los nutrientes, pero en algunos suelos, la velocidad de disolución puede ser demasiado lenta para sostener el crecimiento saludable de la planta. Para optimizar la efectividad de la RF, deben considerarse los siguientes factores:

- El pH del suelo: la RF requiere condiciones ácidas del suelo para ser una fuente de nutrientes efectiva. Generalmente, no se recomienda el uso de RF cuando el pH del suelo es superior a 5.5.
- Propiedades del suelo: bajos contenidos de calcio y alta materia orgánica del suelo tienden a acelerar la disolución de la RF.
- Especies de cultivo: algunas especies de plantas pueden utilizar mejor la RF debido a la secreción de ácidos orgánicos desde las raíces al suelo adyacente.

No todas las fuentes de RF sin procesar son adecuadas para su aplicación directa al suelo. Además, muchos suelos no son aptos para el uso de RF.

El contenido de P total de un material, no es un buen predictor de la reactividad potencial en el suelo. Más del 90% de la RF se convierte en fertilizante fosfatado soluble a través de la reacción con un ácido. Esto es similar a la reacción química a la que se somete a la RF cuando reacciona con la acidez del suelo. La eficiencia agronómica y económica de la RF puede ser equivalente a la de fertilizantes fosfatados solubles en algunas circunstancias, pero las condiciones específicas deben ser consideradas al tomar esta decisión. (IPNI)

### **Ácido fosfórico**

El ácido fosfórico es un compuesto químico ácido (más precisamente un compuesto ternario que pertenece a la categoría de los oxácidos) de fórmula  $H_3PO_4$ . No se debe usar agua para eliminar este químico, puesto que esta produce su activación.

La neutralización del ácido fosfórico con el amoníaco produce Fosfato Monoamónico, un fertilizante complejo altamente concentrado que contiene nitrógeno y fósforo aprovechable. (Corporativo Químico)

### **Amoníaco ( $NH_3$ )**

El amoníaco es el fertilizante nitrogenado de mayor concentración que existe en el mercado. El 80% del amoníaco que se manufactura se usa como abono. Un tercio de esta cantidad se aplica directamente al suelo en forma de amoníaco puro y el resto es procesado para la obtención de fertilizantes nitrogenados sólidos como urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio y compuestos de nitrógeno y fósforo. Estos abonos se usan para suministrar nitrógeno a las plantas.

La mayor parte del amoníaco en el ambiente se deriva de la descomposición natural de estiércol y de plantas y animales muertos. (INQUIFERSA).

### **Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

A temperatura ambiente es un líquido corrosivo, es más pesado que el agua e incoloro (a temperatura y presión ambiente). Esta es la sustancia más importante de la industria química mundial. Sus nombres químicos son ácido sulfúrico y ácido sulfúrico fumante. También es llamado aceite de vitriolo, ácido de baterías y ácido de fertilizantes.

La industria que más consume el ácido sulfúrico es la de los fertilizantes. El ácido sulfúrico en combinación con la roca fosfórica y a través de un proceso de refinación se obtiene ácido fosfórico. Con amoníaco, se produce sulfato de amonio, que es otro fertilizante común. (Hernández, J).

### **Cera parafínica**

Se han usado diferentes materiales para el recubrimiento de fertilizantes inorgánicos con objeto de reducir su inmediata disponibilidad para las plantas y de esta forma dar lugar a una acción lenta de liberación, así como para facilitar el manejo, transporte y la dosificación de los mismos.

Las cubiertas que permiten estas características con un costo aceptable son las constituidas a base de azufre, ciertas ceras o varios polímeros.

Estos materiales deben tener en común un conjunto de características tales como ser un poco solubles, inactivos, biodegradables, de fácil aplicación y presentar una buena efectividad a pequeñas concentraciones, a fin de evitar espesores elevados de cubiertas que redundarían en perjuicio de la concentración global del nutriente. (Ballesteros J.F.)

Las ceras parafínicas son compuestos sólidos constituidos por hidrocarburos de alto peso molecular, principalmente alcanos saturados. Son insolubles en agua y alcohol, solubles en gran cantidad de disolventes orgánicos, miscibles en ceras y grasas a elevadas temperaturas, presentan un color que va de blanco a ligeramente amarillento y no poseen olor. (Pérez.)

## **CAPÍTULO 2.**

### **ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE PROCESO.**

A lo largo de la historia agrícola de México, los cultivos más característicos e importantes son los cereales, siendo estos la base de su alimentación, el predominio de algunos de ellos depende de las condiciones geográficas y de los hábitos alimenticios de la población.

El cereal más importante sin duda es el maíz que desde la época prehispánica hasta la actualidad, ha sido la base de la alimentación en México y es cultivado principalmente en los estados de Nayarit, Jalisco, Guanajuato, Michoacán y Puebla que cumplen con una característica similar en la ausencia de nitrógeno y fósforo en sus suelos, siendo los fertilizantes NP y NPK los más apropiados para su desarrollo

Los abonos NPK son fertilizantes que contiene nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), elementos necesarios en el suelo para que las plantas puedan construir sus tejidos. La composición de estos abonos NPK o ternarios se expresa mediante tres números que indican las proporciones de los tres nutrientes en los elementos ya mencionados. (Cooke, G. W.)

El análisis realizado hace referencia a la comparación de los distintos métodos de producción de fertilizante NPK, donde se eligió aquel que mejor se adapte a los factores económicos, regionales, ambientales, tecnológicos y sociales. Una vez seleccionado el proceso se describe detalladamente la forma de producción haciendo referencia al anexo Diagrama de flujo de proceso de fertilizante NPK. También se muestran el apartado de balance de masa que indica materias primas y la composición final de producto.

#### **2.1 Procesos de producción de fertilizantes NPK.**

Existen muchos procesos diferentes para producir fertilizantes mixtos que incluyan nitrógeno, fósforo y potasio.

El principal factor que determina cual procesos es el más conveniente es la proporción en la que estos 3 nutrientes se distribuyen en el producto final. Principalmente se dividen en dos tipos: los fertilizantes NPK líquidos y los NPK granulares.

### **2.1.1. Fertilizantes NPK líquidos**

Los fertilizantes líquidos usualmente contienen baja concentración de óxido de potasio a causa de su limitada solubilidad en agua. Entre sus características generales se encuentra que son de acción rápida, se deben agregar cada dos o tres semanas, se absorben muy rápido en el suelo y para su aplicación se requiere mezclarse con agua.

#### *Fertilizantes líquidos mixtos*

Para la producción de este tipo de fertilizantes primero se emplea una solución de fosfato amónico y no fosfatos clásicos porque estos tienen una solubilidad baja. Para formar esta disolución se ocupa como materia prima ácido fosfórico y  $\text{NH}_3$ . El ácido fosfórico se suele obtener por el proceso de vía húmeda que, si bien es más caro, se obtiene en una concentración muy alta que permite soluciones más claras. El ácido se neutraliza con el  $\text{NH}_3$  y genera precipitados gelatinosos de hidróxidos y fosfatos de Al, Cr, Fe y otros. Para evitar estas impurezas se emplea el uso de ácido superfosfórico.

Un factor a tomar en cuenta en este proceso es el grado de amonificación de la solución ya que tiene efecto en la solubilidad. El grado de amonificación que se emplea es equivalente a una relación  $\text{N/P}_2\text{O}_5$  de 1/3.

Posteriormente se agrega potasio en forma de cloruro potásico y finalmente se completa la solución agregando más nitrógeno en forma de urea o nitrato amónico. Una vez terminado el proceso principal muchas empresas adicionan micronutrientes para mejorar su producto. Debido a que los micronutrientes como el hierro, cobre y zinc forman compuestos insolubles en la solución neutra estos se adicionan en forma de complejos utilizando ácido superfosfórico. (Bracho,D)

### **2.1.2. Fertilizantes NPK sólidos (granulares)**

Los fertilizantes granulares pueden tener concentraciones muy altas de los compuestos principales y en menor proporción una gran variedad de aditivos minerales. Los dos principales métodos para producir este tipo de productos son: los fertilizantes mixtos y los complejos.

Los fertilizantes mixtos son la mezcla de los compuestos principales producidos con anterioridad por separado y combinados en la etapa final para su venta. En este tipo de fertilizantes se debe cuidar que los granos de los diferentes compuestos principales compartan características similares en cuanto a peso, densidad, área superficial y porosidad para que exista una cierta proporcionalidad. En el almacenamiento como cada producto es generado de manera individual se puede crear una gran variedad de fertilizantes NPK variando únicamente la cantidad de las diferentes sustancias a la hora de mezclarse.

Los fertilizantes complejos son aquellos que se producen mediante reacciones químicas para generar una concentración específica de los tres componentes principales. Se caracterizan por tener una distribución uniforme en cada grano por lo que carecen de la flexibilidad de los fertilizantes mixtos para crear distintas versiones del fertilizante variando sus concentraciones. Actualmente este tipo de producción está remplazado a las mezclas simples.

Los diferentes métodos para producir fertilizantes NPK granulares son:

- Granulación química
- Granulación al vapor
- Compactación
- Mezclas físicas

#### *Granulación química*

Este tipo de proceso es el más complejo de todos, pero a la vez es el más utilizado de entre todos para la producción de fertilizantes sólidos con varios nutrientes.

La granulación química permite elaborar fertilizantes con diversos nutrientes cuya principal característica es la homogeneidad en el contenido de compuestos (la misma concentración de nutrientes en cualquier parte del producto). Este proceso crea únicamente fertilizantes con contenido específico de nutrientes y su práctica ha demostrado ser confiable. Los gránulos obtenidos de dicho proceso son lo suficientemente resistentes por lo que el manejo y el transporte se llevan a cabo con mayor facilidad.

En sus términos más básicos la granulación química consiste en hacer reaccionar sustancias sólidas, líquidas y/o gaseosas hasta alcanzar un estado estable de aglomeración y un crecimiento controlado de los gránulos.

Entre los equipos indispensables de la granulación química está el reactor. En él se adicionan las materias primas para que reaccionen, formando una masa húmeda que se descarga continuamente a un secador. La consolidación de los aglomerados y la forma final del gránulo se dan en este equipo, debido a que la evaporación del agua fortalece los enlaces de las partículas individuales de forma indirecta. Finalmente, los gránulos obtenidos son tamizados, enfriados y almacenados. (Taylor, L.)

#### *Granulación al vapor.*

Este método solo emplea materias primas sólidas. Estos materiales están en forma de polvos y son mezclados en la proporción necesaria para obtener las concentraciones deseadas de nutrientes. Los polvos entran al granulador con vapor y/o agua para generar la fase líquida, calor y plasticidad que propicia que los materiales secos se aglomeren y formen gránulos.

Los gránulos húmedos y plásticos que salen del granulador con vapor son secados en un secador de tambor giratorio y luego tamizados. Los gránulos que no cuenten con el tamaño adecuado son reciclados al granulador. El enfriado del material puede darse antes o después del clasificado (depende del tipo de fertilizante y las condiciones locales de temperatura y humedad) y también se lleva a cabo en tambores giratorios.

### *Compactación.*

Este método de producción de fertilizantes granulares NPK utiliza fuerzas mecánicas para compactar la materia prima en polvo a partículas más densas. Es básicamente una granulación en seco. Por esta razón no existe una reacción química para cementar los gránulos. Las partículas finas de las que está hecha la materia prima se someten a una presión lo suficientemente alta para juntarlas estrechamente y acercar las superficies lo suficientemente cerca para que las fuerzas intermoleculares y electrostáticas mantengan al gránulo unido. Este proceso es el método más utilizado para generar la potasa granular (cloruro de potasio en gránulos).

Al igual que los otros métodos de granulación sin reacción química, la materia prima se mezcla en proporción a los nutrientes requeridos. La mezcla resultante se introduce en un molino para asegurar que todo el material tenga un mismo tamaño (en esta parte se reciclan los gránulos que no cumplen con el tamaño adecuado), después entra en una mezcladora continua de alta intensidad. La mezcla resultante homogénea pasa al compactador que consiste de prensas de rodillo que utilizan el principio de aglomeración por presión. Para asegurar la producción, la calidad y proporcionar los requerimientos de operación adecuados se toman en cuenta los parámetros del compactador como: la configuración de la superficie, diámetro, velocidad rotacional y presión (fuerza) del rodillo.

A la salida del compactador se obtiene una lámina plana de 5-20 mm de grosor. Esta debe ser quebrada y clasificada de acuerdo al tamaño deseado.

Para la reducción del tamaño generalmente se utilizan molinos convencionales (de cadena o jaula) o molinos de velocidad lenta. La eficiencia de este fraccionamiento repercute directamente en la capacidad de la planta.

El uso de plantas de compactación junto con una o más plantas de mezcla física, ofrece posibilidades interesantes en términos de materia prima, productos a elaborarse e incorporación de micronutrientes.

### *Mezclas físicas.*

Este tipo de tecnología se refiere a la mezcla física de fertilizantes granulados sin que existan reacciones químicas o se agranden las partículas. Este proceso requiere los componentes NPK en gránulos producidos previamente con algún otro método de producción.

Aun cuando el proceso de mezclas físicas es relativamente simple, a menudo se tiende a sobre simplificarlo produciendo materiales de mala calidad y contribuyendo a extender la creencia de que las mezclas físicas son productos de calidad inferior.

Para iniciar el proceso, la materia prima debe ser pesada y analizada para asegurar la concentración de nutrientes precisa en el producto final. Las características que debe cumplir la materia prima son:

- Debe fluir libremente
  - Debe tener un contenido correcto de nutrientes
  - No se debe segregar
  - No debe ser higroscópica (dentro de ciertos límites)
  - Las diferentes partículas de materia prima deben tener el mismo tamaño.
- (Taylor, L.)

## **2.2 Evaluación de tres diferentes procesos para la producción de Fertilizantes NPK.**

A continuación, se presentan diferentes procesos de producción de fertilizantes NPK apropiados para su uso en el sector agrícola mexicano.

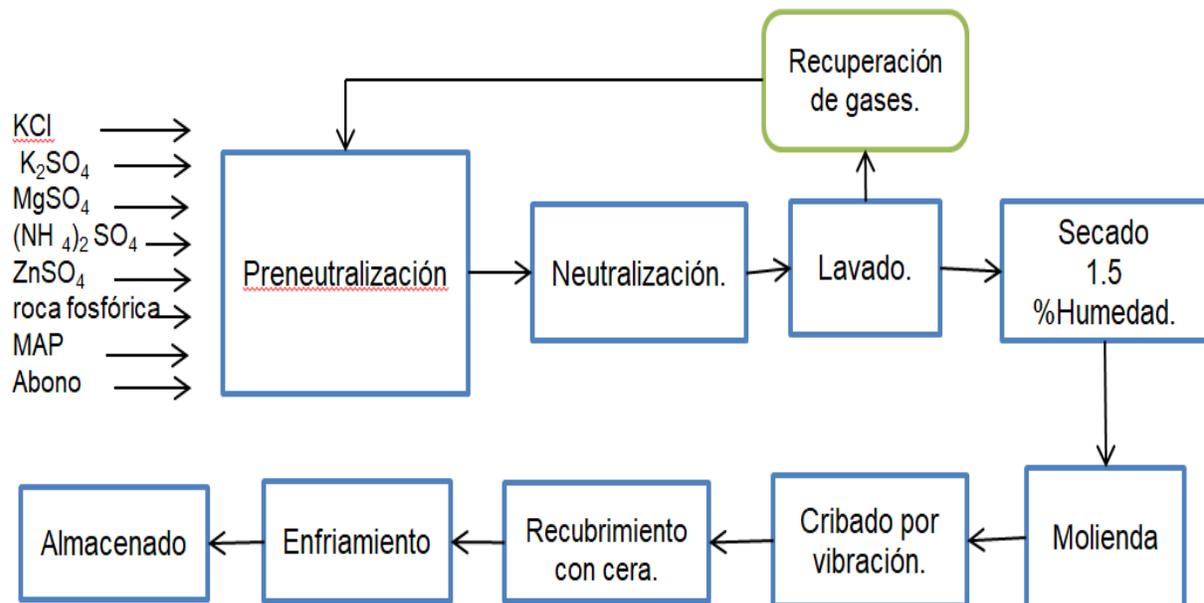
### 2.2.1 Proceso 1: Producción de granulados NPK (Formula 10-20-20)

La producción de este tipo de fertilizantes utiliza como materia prima cloruro y sulfato de potasio ( $KCl$  y  $K_2SO_4$ ), sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ ), sulfato de amonio ( $(NH_4)_2SO_4$ ), sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ), roca fosfórica, fosfato monoatómico (MAP) y rechazo (abono).

El proceso presenta un gran rendimiento, debido a que existe un gran aprovechamiento de los insumos y productos intermedios originados en el mismo.

La metodología del proceso consta de 6 áreas principales: recepción y acondicionamiento de materia prima, preneutralización y neutralización a partir de reacciones químicas, lavado y recuperación de gases y polvos, secado hasta un porcentaje de humedad del 1.5%, continua para enfriarse y molerse con un tamaño de partícula de 4 a 5 mm para después ser cribado por vibración, que continua al paso de recubrimiento de cera y enfriado para finalmente ser almacenado. (Incro, Lmtd.) Ver figura 2.1

Figura 2.1 Diagrama de bloques para la producción de fertilizante granulado NPK



En la tabla 2.1 se puede ver una comparación de las ventajas y desventajas del proceso.

Tabla 2.1. - Análisis de ventajas y desventajas del proceso 1.

Ventajas	Desventajas
La materia prima es económica.	Se requiere de una gran variedad de materias primas.
Secuencia de proceso rápida.	Cuenta con dos procesos de reacción de complejidad media.
Los servicios de operación requeridos son de fácil obtención.	

*Fuente: Creación propia con datos de la patente 5497946. Proceso de producción de fertilizante NPK 10-20-20.*

### **2.2.2 Proceso 2: Producción de fertilizantes granulados tipo NPK enriquecido con lodos.**

Incorpora en su fórmula lodos activos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas negras municipales, caracterizado por su bajo consumo de energía y que consiste en desinfectar el lodo líquido en base a los sedimentadores de las plantas de tratamiento de aguas negras, llevar a un calentamiento cercano a los 70°C y a una acidificación con ácido fosfórico hasta un pH inferior a 2. Se neutraliza el ácido fosfórico añadido hidróxido de calcio, con el propósito de insolubilizar todo el ácido convirtiéndolo en fosfatos de calcio insolubles controlando el pH de la masa entre 7.3 y 7.5 y filtrar la masa encalada para reducir la mayor parte del agua contenida, quedando en la torta los sólidos de los lodos y los fosfatos de calcio formados.

Transferir la masa a un sistema tradicional de granulación en donde se adicionan amoníaco, ácido sulfúrico, ácido fosfórico y sales de potasio, materias primas que pasarán a formar parte del fertilizante producido. La masa salida del granulador es secada, tamizada y enfriada para su comercialización. (Fuentes, C.J.) Ver figura 2.2.

Figura 2.2 Diagrama de bloques para la producción de fertilizante granulado tipo NPK enriquecido con lodos.

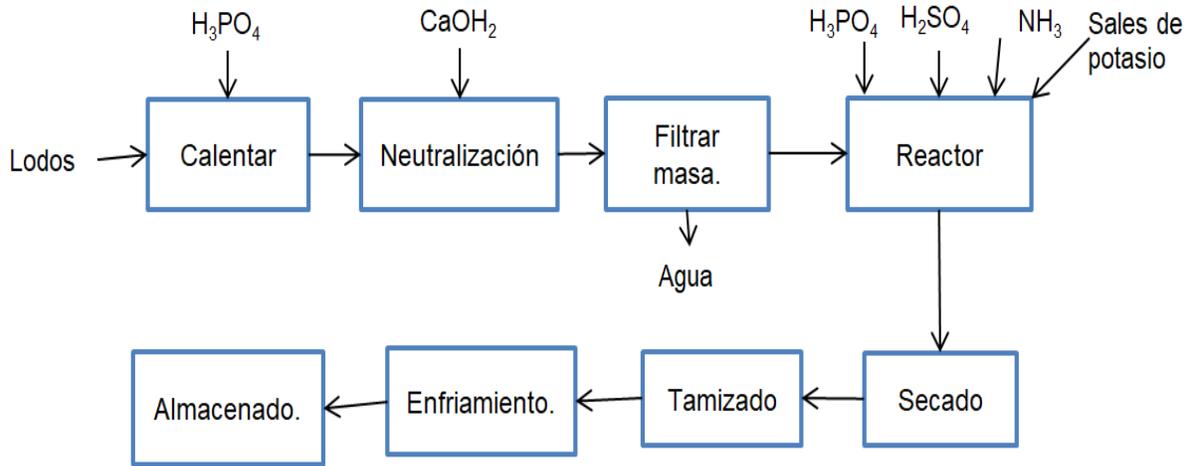


Tabla 2. 2. - Análisis de ventajas y desventajas del proceso 2.

Ventajas	Desventajas
Disponibilidad de materias primas en México.	Tratamiento de lodos complejo y tardado.
Se reutilizan los residuos de otros procesos.	Se debe utilizar un proceso extra de desinfección y secado.

*Creación propia con datos de la patente NL/a/2005/000080, 2007. Cabello Fuentes, J. Proceso de Producción de Fertilizantes Granulados Tipo NPK Enriquecido con Lodos de Tratamiento de Aguas.*

### 2.2.3 Proceso 3: Procedimiento de preparación de un fertilizante granular NPK por fragmentación.

Se produce partir de una sal de potasio, nitrato de amonio, fosfato de amonio y, si así se desea, otros componentes fertilizantes, caracterizado porque se tritura una sal gruesa de potasio elegida de entre cloruro de potasio y sulfato de potasio hasta obtener un producto con un tamaño medio de partícula a lo máximo 55micras, esta sal de potasio triturada se mezcla con nitrato de amonio.

Se añade a la mezcla de NK líquida resultante fosfato de amonio y, si así se desea, otros componentes fertilizantes. Se agrega el contenido de agua de tal manera que la mezcla de NPK líquida resultante contenga a lo máximo 10% en peso de agua, pasar a un granulador donde se agregara ácido fosfórico y ácido nítrico obteniendo así los gránulos de NPK que se recogen, se enfrían y se tamizan separándolos en una fracción de tamaño inferior y superior y una fracción de tamaño justo, se reciclan las fracciones de tamaño inferior y superior y se recoge la fracción de tamaño justo como gránulos de producto que tienen una alta resistencia a la rotura, particularmente por encima de  $50 \text{ kg/cm}^2$ , y que muestran una pequeña desintegración durante su almacenamiento y manipulación. (Unie Van, K.) Ver figura 2.3.

Figura 2.3 Diagrama de bloques para la producción de fertilizante granulado NPK por fragmentación.

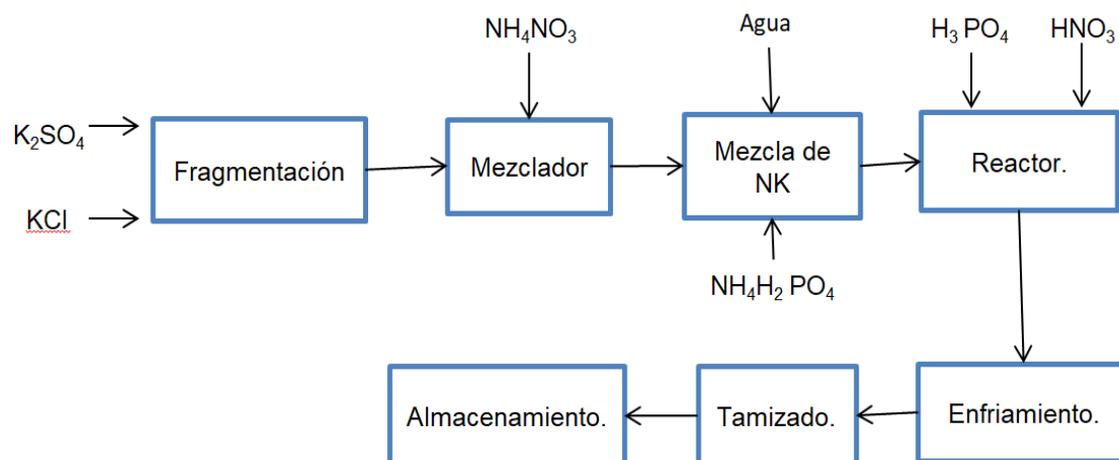


Tabla 2.3.- Análisis de ventajas y desventajas del proceso 3.

Ventajas	Desventajas
Se obtiene un tamaño de partícula que puede penetrar en el cultivo directamente.	Proceso tardado que consta de muchas operaciones unitarias de mezcla
Versatilidad para las composiciones requeridas en el campo.	Costo de materia prima elevado y disponibilidad ilimitada.

Creación propia con datos de Patente ES482116, 1980 Unie Van, K. Procedimiento de Preparación de un Fertilizante Granular de NPK.

### 2.3 Descripción del proceso seleccionado para la planta productora de Fertilizante NPK 10-20-20 por granulación de mezclas físicas.

.El proceso es de origen Venezolano de la Universidad Carabobo de la Facultad de Ingeniería. Se conoce como granulación de mezclas físicas donde se lleva a cabo una reacción previa al mezclado de los nutrientes que dispondrá el producto final y consta de seis áreas principales (Ver DFP):

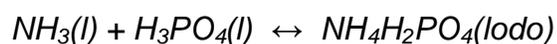
- Área 100: Dosificación de materia prima y sólida.
- Área 200: Preneutralización y Granulación.
- Área 300: Sección de lavado.
- Área 400: Secado.
- Área 500: Molienda.
- Área 600: Enfriamiento y Acondicionamiento.

#### **Área 100. Dosificación de materia prima y sólida.**

El proceso inicia mezclando las materias primas sólidas en forma de polvos en el mezclador de pantalón MP-101. Se mezcla cloruro de potasio, sulpomag (22% de K<sub>2</sub>O), sulfato de amonio, fosfato monoamónico, sulfato de potasio, roca fosfática (26% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y abono. El mezclado se realiza durante media hora y se descarga en el granulador.

#### **Área 200: Preneutralización y Granulación.**

La preneutralización se lleva a cabo en el reactor R- 201, que es un tanque agitado de acero inoxidable resistente a la corrosión, donde reacciona el ácido fosfórico proveniente del tanque V-201 y mezclado con agua para obtener una concentración de 55% en peso y el amoniaco que se mezcla con una corriente de vapor de baja presión para solubilizarlo al entrar al reactor R-201. Como se muestra en las siguientes reacciones:



Reacción de preneutralización y generación de fosfato monoamónico (MAP)

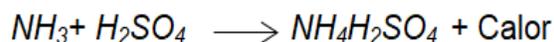


Saturación de amonio para la obtención de fosfato diamónico(DAP)

Para facilitar el bombeo del lodo, la densidad debe regularse entre 1450 a 1550 Kg/m<sup>3</sup> y la temperatura debe estar en un rango de 100 a 115 °C. El lodo obtenido se bombea mediante una bomba de doble diafragma hacia el granulador para mezclarse con las demás materias primas.

Al preneutralizador R-201 también entra licor de lavado que es una parte de amoníaco y ácido fosfórico recuperado proveniente de la sección de lavado (etapa siguiente).

La granulación ocurre en el reactor granular (tambor rotatorio) RG-202 el cual está dispuesto horizontalmente y ligeramente inclinado, para que finalizando el procesos el producto salga por gravedad del tambor. En él se mezcla la materia prima sólida que proviene del área 101 del mezclador MP- 101, junto con la materia solida del reciclo proveniente del área de cribado y tamizado (fertilizante que no contaba con las especificaciones optimas) y el lodo preneutralizado proveniente del reactor R-201. Además se alimenta amoníaco líquido y ácido sulfúrico al 90% Llevándose a cabo en esta sección la siguiente reacción:



El amoníaco que entra a la planta se divide en dos corrientes 80% al preneutralizador y 20 % al granulador, la finalidad de suministrar el ácido sulfúrico es ajustar el contenido de nitrógeno en la fórmula o por requerimiento de calor para mantener la temperatura del lodo.

La creación de los gránulos consiste en el golpeteo de partículas que hacen que los gránulos vayan creciendo en forma molecular, obteniendo enlaces más fuertes, con mayor dureza y calidad a nivel de nutrientes. Los gránulos que salen son transportados hasta el área de secado para disminuir su porcentaje de humedad.

Así mismo, los gases que salen del granulador se tratan en un ciclón para recuperar los polvos y recircularlos al granulador, la corriente de gas que sale del ciclón se lleva al área de lavado.

#### **Área 300: Sección de lavado.**

Los gases provenientes del preneutralizador, del ciclón del granulador y ciclón del secador son lavados en una torre de lavado tipo venturi. En esta sección se recuperan los gases y polvos descargados por la planta. Los gases son lavados con ácido fosfórico y agua donde es utilizada para recuperar amoníaco y polvos descargados por la planta. Una parte del licor resultante, es enviado al pre neutralizador.

#### **Área 400: Secado.**

Los gránulos del granulador RG- 202 entran al secador TR-401, el secado se logra gracias a una corriente de gases provenientes de un horno de combustión y que fluyen en la misma dirección del producto, esto permite vaporizar el agua en exceso de la materia sólida. A este horno se suministra gas natural en presencia de oxígeno suministrado por un ventilador de tiro forzado para llevar a cabo una combustión completa, produciendo así los gases de combustión con temperaturas entre 250-300°C que serán arrastrados por el aire proveniente del ventilador.

El aire con los gases de combustión, los gases amoniacales, las partículas de polvo disueltas y el agua retirada de los gránulos sale por la parte superior del secador, los cuales entran al ciclón BC-401 para recolectar los polvos arrastrados por los gases de combustión, y estos son recirculados al granulador. Los gases de combustión son enviados a la torre de lavado SR-301. El producto sale con 1- 2 % de humedad y temperatura aproximada de 90°C.

#### **Área 500: Molienda.**

Los gránulos secos son movidos por bandas transportadoras hacia el tamizador vibrante B-501, donde se selecciona el tamaño de la partícula en un rango aceptable de 3 a 5 mm.

Los gránulos gruesos retenidos en la malla gruesa se pasan a un molino de bolas y se recolectan junto con los finos y recirculan hacia el granulador.

### **Área 600: Enfriamiento y Acondicionamiento.**

En esta sección el producto adquiere la dureza necesaria para evitar el desmoronamiento en almacenes. El producto es enfriado en el enfriador W-101 el cual es un equipo cerrado que rota, y donde el producto se pone en contacto con aire en contracorriente produciendo su enfriamiento; la corriente de aire que sale del enfriador pasa por el ciclón BC- 601 donde se recupera el polvo arrastrado y el aire es enviado a la chimenea.

Finalmente el producto es enviado al tanque de recubrimiento T-601, donde se le dosifica cera parafínica, la cual cumple la función de proteger el granulado de la humedad ambiental, ya que estos fertilizantes están hechos a base de Urea, la cual es muy higroscópica.

A la salida de este equipo se envasa en sacos de rafia de polipropileno flexible de forma rectangular con capacidad de 50 kg.

## **CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE MERCADO.**

En este capítulo se analizará la oferta y la demanda del fertilizante NPK en México, así como los precios, principales productores, exportación e importación que existe en el país y el impacto que ha tenido este producto a nivel nacional.

### **3.1 Descripción del fertilizante NPK 10-20-20.**

Los complejos granulares NPK son fertilizantes de alta calidad para aplicación al suelo. Contiene el balance entre elementos mayores (nitrógeno, fósforo y potasio), así como magnesio, azufre y elementos menores (boro y zinc) necesarios para la adecuada nutrición de cultivos. Su composición garantizada en cada gránulo, asegura la disponibilidad de todos los nutrientes de la planta, diseñado para generar un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo.

La presentación del producto, es un saco de 50 kg. El tipo de envase sugerido para este producto es en sacos de rafia de polipropileno flexible de forma rectangular, y cuenta con una abertura en la parte superior, para un uso más accesible.

Teniendo un código de barras, el nombre de la empresa, marca, la fórmula con sus respectivos porcentajes que compone el fertilizante.

Marca de producto: HUAVE.

Clientes potenciales.

- Agricultores.
- Gente dedicada a tener sus propias compostas.
- Jardineros.

En la tabla 3.1 se muestran las principales marcas de fertilizantes NPK y sus precios.

Tabla 3.1 Principales Marcas NPK en México.

Marca	Presentación (kg)	Precio (\$)
Abotek	50	445
Azutek	50	420
Embajador	50	468
COMPLEX 27-6-3	50	446
KUMBA 25K	50	468
Microfull	50	571
Nitrasul	50	358

Fuente: Creación propia con datos de la empresa Yara Knowledge grows

### 3.2 Producción de fertilizante NPK en México.

En México los fertilizantes mixtos NPK representaron el 27.6% de los 2.4 millones de toneladas producidas en el año 2008. El 43.0% del uso de los fertilizantes se concentró en 6 entidades del país: Jalisco (8.3%), Sinaloa (8.1%), Veracruz (7.2), Michoacán (6.8%), Chihuahua (6.8%) y Guanajuato (5.9%). (ANACOFER)

Entre el 2008 y el 2013 la fabricación de fertilizantes en México creció a una tasa promedio anual de 10.3%, para ubicarse en 2.12 millones de toneladas. Lo anterior, de acuerdo con información de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera del INEGI.

Mayor oferta de fertilizantes podría contribuir a incrementar su uso, dado el potencial de crecimiento para su aplicación en el sector agrícola. Según datos de la SAGARPA, durante el 2013 se realizó fertilización química en 66.4% de los 22.1 millones de hectáreas sembradas en el país. (INQUIFERSA)

En la tabla 3.2 se puede observar los principales productores de NPK en México.

Tabla 3.2. Principales Productores de fertilizante NPK en México 2017.

Industrias	Localización
Centro Agroindustrial (CAISA) S.A. de C.V.	Chihuahua
Agrogen S.A. de C.V.	Querétaro, Minatitlán
Grupo GL S.A de C.V.	Sonora

Fuente: Creación Propia con datos de SAGARPA

### 3.3. Importación de fertilizante NPK en México.

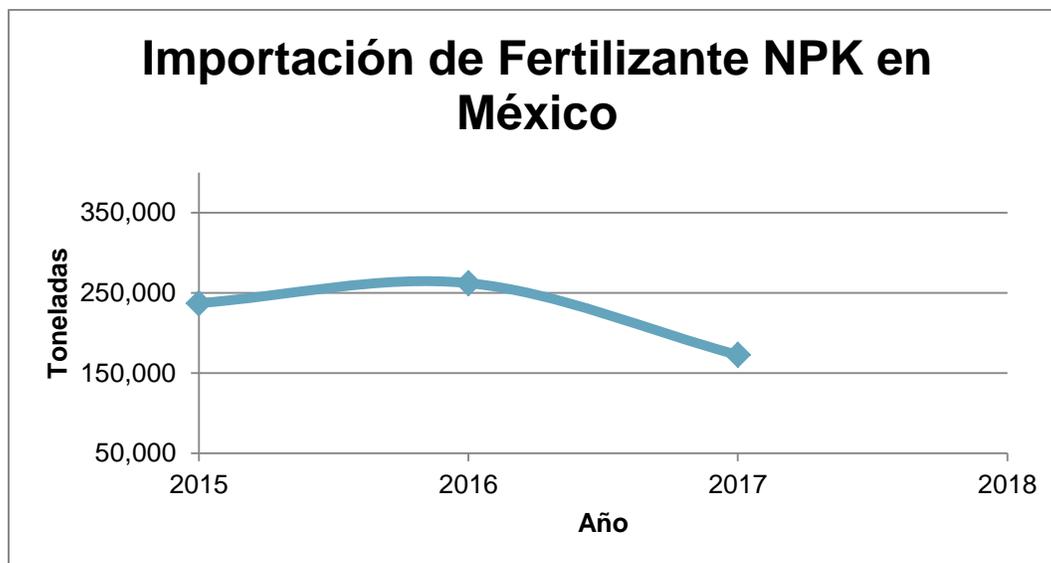
Al año se estima que en promedio el país importa 2 millones 900 mil toneladas de fertilizantes. (SEMARNAT)

De acuerdo con la Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes ANACOFER en México en el año 2015 se importaron 237,208 toneladas de NPK, en el 2016 262,1242 toneladas y para el 2017 se registró una disminución con 172,602 toneladas como se muestra en la tabla 3.3. (ANACOFER)

Tabla 3.3 Importación de fertilizante NPK en México del 2015 al 2017.

Importación de Fertilizante NPK en México	
Año	Toneladas
2015	237,208
2016	262,124
2017	172,602

Fuente: Creación propia con datos de la Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes ANACOFER, 2016.



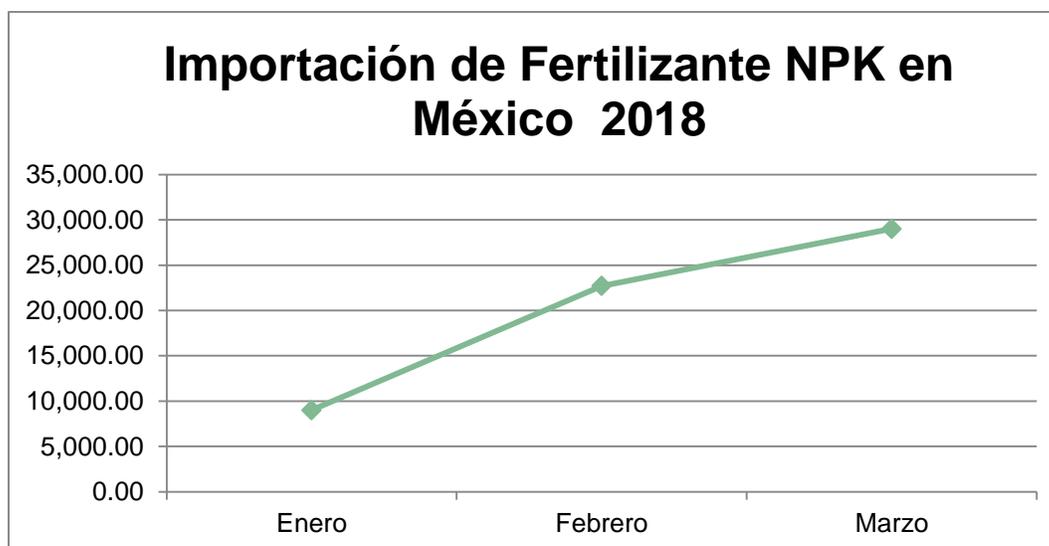
Gráfica 3.1 Importación de Fertilizante NPK en México del 2015 al 2017

En la secretaria de Economía en la Balanza comercial de mercancías en México, se obtuvo que para el año 2018 de los meses de Enero, Febrero y Marzo se registraron los siguientes datos de importaciones:

Tabla 3.4 Importación de fertilizante NPK en México en 2018

Importación de Fertilizante NPK en México 2018	
Mes	Toneladas
Enero	9,005
Febrero	22,704
Marzo	29,003

*Fuente: SE con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México 2003 - 2018 SNIEG. Información de Interés Nacional.*



Gráfica 3.2 Importaciones de fertilizante NPK en México 2018

En la tabla 3.5 se muestran los principales países que importan NPK a México en 2018 en los meses de Enero, Febrero y Marzo. Teniendo como principal importador Rusia, Noruega, Finlandia, Estonia y Alemania. Hasta Marzo del 2018 se tiene un total de 60,713 toneladas de fertilizante NPK importadas.

Tabla 3.5 Países que Importan a México fertilizante NPK

Importaciones (Toneladas)	Enero	Febrero	Marzo	Total 2018
Total por mes	9,005	22,704	29,003	60,713
Bélgica,	31.5	0	0	31.5
Canadá	1.36	0	2.71	4.07
Chile	500.4	0	0	500.4
China	0	0	42.5	42.5
Alemania)	21	1,062.7	1,983	3,066.7
España	600	0.0480	0	600.48
Estonia	0	0	5,000	5,000
Finlandia	0	0	5,470	5,470
Francia	0	1,900	0	1,900
Israel	96	264	1,152	1,512
Jordania	250	0	200	450
Malasia	3.89	0	0	3.89
Noruega	0	320,97	6,628	6,949
Rusia.	7,231	20,880	8,293	36,404
Estados Unidos	270.59	173.61	231.88	676.09

Fuente: SE con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México

### 3.4. Exportación de fertilizante NPK en México.

En México en los últimos años ha existido una variación entre las toneladas que se han exportado de NPK teniendo 15,726 toneladas en 2015 aumentando a 24,812 toneladas en 2016 y se disminuyendo en 2017 con 10,272 toneladas. En la tabla 3.6 se muestran las toneladas de fertilizante NPK que se exportan en México y en la gráfica 3.3 el comportamiento del incremento y disminución de esta misma.(SEMARNAT)

Tabla 3.6. Exportación de Fertilizante NPK en México del 2015 al 2017.

Exportación de Fertilizante NPK en México	
Año	Toneladas
2015	15,726
2016	24,812
2017	10,272

Fuente: BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México 2018.



Gráfica 3.3 Exportación de Fertilizante NPK en México.

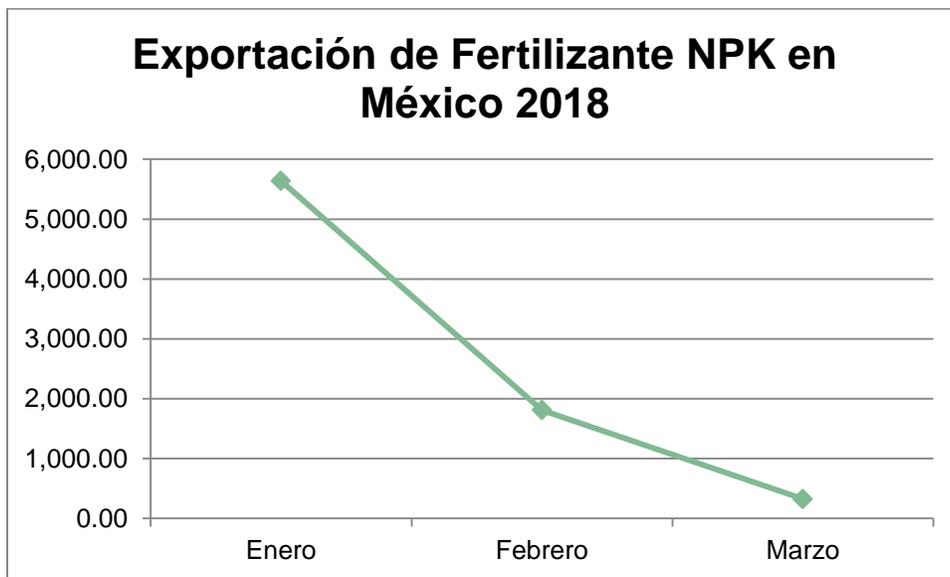
De igual manera que en las importaciones se obtuvieron los datos de exportación de fertilizante NPK en los meses de Enero, Febrero y Marzo 2018 que se muestran en la tabla 3.7. Teniendo un total de 7,772 toneladas de exportación de NPK hasta Marzo de 2018.

En la gráfica 3.4 se observa en una gráfica el comportamiento de las exportaciones en 2018.

Tabla 3.7 Exportación de fertilizante NPK en México en 2018

Exportación de Fertilizante NPK en México 2018	
Mes	Toneladas
Enero	5,637.39
Febrero	1,810.83
Marzo	324.16

Fuente: SE con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México



Gráfica 3.4 Exportación de fertilizante NPK en México 2018

En la tabla 3.8 se muestran los países que exportan NPK en México en 2018 hasta los meses de Enero, Febrero y Marzo, teniendo como principal y casi único exportador Cuba, con 6,720 toneladas. Por los datos que se observan en la tabla se aprecia que en México existe un escases de exportación de fertilizante NPK hacia otros países.

Tabla 3.8 Países exportadores de fertilizante NPK en México 2018

<b>EXPORTACIONES (Toneladas)</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Total</b>
Total por mes	5,637	1,811	324	7,772
Bolivia	0	0	6	6
Canadá	0	21	0	21
Colombia	174	57	2	232
Cuba	5,250	1,470	0	6,720
China	36	0	36	73
Dominica	0	0	17	17
Ecuador	1	13	19	33
Honduras	6	0.75	2	9
Nicaragua	10	0	0	10
Tailandia	0	3	3	6
Trinidad y Tobago	0	25	0	25
Estados Unidos	156	216	233	605

Fuente: SE con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México

## **CAPITULO 4.**

### **LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.**

La localización de la planta es uno de varios estudios de la formulación y evaluación de proyectos y se define como aquella ubicación que asegura la mayor diferencia entre los costos y los beneficios (privados y sociales), de tal manera que la mejor localización de planta o servicio es la que le permite obtener la mayor tasa de rentabilidad de su inversión desde el punto de vista económico, o el menor costo desde el punto de vista social.

Los efectos favorables y desfavorables para las plantas prevalecen en largo plazo, afectando la rentabilidad para la empresa, ya que se ha demostrado que una mala localización puede afectar directamente hasta el 10% del capital de inversión.(Rase, B.)

#### **4.1. Elementos para el análisis de localización de plantas.**

Antes de proceder a evaluar y analizar posibles sitios para "instalar" un proyecto, es necesario contar con informes técnicos, económicos, y comerciales del mismo, que aportarán elementos de evaluación en la consideración de zonas de interés como los siguientes:

- a) Situación geográfica de mercados y materias primas.
- b) Factores económicos.
- c) Disponibilidad de recursos y servicios.
- d) Otros factores. (Medina J.R)

#### **4.2. Macrolocalización y microlocalización.**

Puede considerarse que el problema de localización consta de tres componentes:

- Elegir el territorio o la región general.
- Escoger la localidad particular dentro de la región.
- Seleccionar dentro de la localidad el lugar específico para la planta.

#### **4.2.1. Macrolocalización.**

Es la selección de la región o territorio donde se ubicará el proyecto, encontrando la ubicación más ventajosa para el proyecto, es decir cubriendo las exigencias o requerimientos contribuyendo a minimizar los costos de inversión y los costos y gastos durante el periodo productivo del proyecto.

En la macrolocalización se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Facilidades y costos del transporte.
- Competencia (Productores y distribuidores).
- Disponibilidad y costo de la mano de obra.
- Materias primas e Insumos.
- Energía eléctrica.
- Suministro de combustibles y agua.
- Localización del mercado.
- Características topográficas y costo de los terrenos.
- Condiciones de vida.
- Disposiciones legales, leyes y reglamentos.

#### **4.2.2. Microlocalización.**

Este estudio indica cual es la mejor alternativa de instalación dentro de la región elegida siendo esta ubicación la que permite obtener la mayor tasa de rentabilidad de la inversión desde el punto de vista privado, o el costo unitario mínimo desde el punto de vista social.

La microlocalización se basa principalmente en los siguientes aspectos:

- Localización urbana, o suburbana o rural.
- Transporte del personal.
- Policía y bomberos.
- Costo de los terrenos.
- Cercanía a carreteras.

- Servicios.
- Cercanía al aeropuerto o muelles.
- Cercanía a la ciudad y parques industriales.
- Tipo de drenajes.
- Condiciones de las vías urbanas y de las carreteras.
- Disponibilidad de restaurantes y comida en alrededores.
- Recolección de basuras y residuos. (Salazar, L.)

#### **4.3. Localización de la Planta Productora de fertilizante NPK.**

Al considerar la localización de la planta productora de fertilizante NPK en el proyecto es posible concluir que hay más de una solución factible adecuada por lo que hay que determinar las variables relevantes más importantes en forma concluyente. De igual forma, una localización que se ha determinado como óptima en las condiciones vigentes puede no serlo en el futuro. Es así que se debe considerar el establecimiento de esta planta de forma definitiva o temporal, para fines ideales del proyecto se considera un establecimiento definitivo.

Para el análisis de la planta productora de NPK se consideran diferentes factores que se mencionarán a continuación para encontrar la ubicación más óptima.

El primer factor fue los consumidores, se ubicaron los principales productos agrícolas en el país que según SAGARPA se tiene el maíz, la caña de azúcar, el aguacate, el sorgo, el chile verde, el tomate, el jitomate, el trigo, el frijol y la papa, se buscó en SAGARPA en el servicio de información agroalimentaria los estados con mayor producción de estos cultivos, teniendo como resultado que los mayores productores son Sonora, Sinaloa y Jalisco como se muestra en la tabla 4.1.(SAGARPA)

Teniendo así los mayores consumidores de fertilizantes y pesticidas por todas las hectáreas de cultivos que tienen.

Tabla 4.1 Estados con mayor producción agrícola.

	Sinaloa	Veracruz	Chiapas	Sonora	Oaxaca	Jalisco	Michoacan	Tamaulipas	Guanajuato	Nayarit
Maiz	x	x	x	x	x					
Caña de Azucar		x				x				
Aguacate							x			
Sorgo	x					x		x	x	x
Chile verde	x			x		x				
Tomate	x			x		x	x			
Jitomate	x			x	x					
Trigo	x			x					x	
Frijol	x									x
Papa	x			x						

*Fuente: Creación propia con datos de SAGARPA en el servicio de información agroalimentaria*

Como segundo factor se considero la disponibilidad de las materias, investigando en el INEGI en los catálogos del SCIAN (Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte) para obtener el código de acuerdo a la materia prima que se esta buscando y con este código buscar en el banco de datos del DNUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) el cual desglosa un mapa de la republica mexicana y al ingresar el código se encontraron los estado de la republica donde se encuentra la materia prima, de los diez estados que se buscaron Tamaulipas resulto con mayor disponibilidad de materias primas ya que es el único que tiene la roca fosfórica, seguido de Veracruz, Sonora, Jalisco y Michoacan , como se muestra en la tabla 4.2.(INEGI)

Teniendo estos resultados se descartaron Nayarit, Chiapas, Oaxaca y Guanajuato ya que son los estados que no cuentan con un gran número de consumidores y materias primas, aunque aun se considero Sinaloa por que a pesar de no tener materias primas si es un gran consumidor caso contrario con Tamaulipas que no es un gran consumidor pero este es el único estado con todas las materias primas disponibles.

Tabla 4.2 Materias primas disponibles por estados de mayor producción.

MATERIAS PRIMAS	Clasificación por proceso productivo	Sinaloa	Veracruz	Chiapas	Sonora	Oaxaca	Jalisco	Michoacan	Tamaulipas	Guanajuato	Nayarit
Cloruro de potasio.	Sales										
Sulpomag.	Sales		x		x		x	x	x	x	
Sulfato de Amonio.	Sales										
Sulfato de Potasio.	Sales										
Roca fosforica.	Minerales no metalicos.								x		
MAP	Fertilizantes Fosfatados.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Amoniaco.	Otros productos quimicos.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ácido Sulfúrico.	Ácidos.		x		x	x	x	x	x		
Ácido fosfórico	Fertilizantes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cera parafinica	Derivados del petroleo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	TOTAL	4	6	4	6	5	6	6	7	5	4

Fuente: Creación propia con datos del INEGI del banco de datos del DENUE Directorio Nacional de Unidades Económicas.

Como tercer factor se tomó en cuenta el costo del terreno y los servicios que estos proporcionan en la tabla 4.3 se puede observar que en cuanto a precio del terreno los precios más bajos son en Sonora, Sinaloa debido a la zona en la que están ubicados y a los pocos servicios que estos ofrecen, el terreno más caro es en Veracruz ya que tiene cercanía con los puertos y cuenta con más servicios, dejando a Jalisco, Michoacan y Tamaulipas como los precios intermedios, pero en servicios Michoacan y Tamaulipas son muy escasos.

Por lo tanto en cuanto a Terrenos y servicios son mejor Veracruz y Jalisco, en materias primas ambas están igual ya que tienen la disponibilidad de seis de siete de las materias primas, pero en cuanto a los consumidores Jalisco es mayor en su producción agrícola.

Así que tomando en cuenta estos factores Jalisco sería la mejor opción para localizar la planta en Tlajomulco de Zuñiga teniendo un terreno que cuenta con agua, energía eléctrica, drenaje, recolección de basura, cercanía con carreteras, cercanía con parques industriales y cuenta con 7,000 m<sup>2</sup>.

Tabla 4.3 Costos de terrenos y servicios.

Estado	Ubicación	Costo	Agua y energía eléctrica	Drenaje y recolección de basura	Condiciones de vías urbanas y carreteras	Cercanía con carreteras	Cercanía a la ciudad y parques industriales	Cercanía con aeropuertos o muelles
Sinaloa	14 kilómetros por la salida sur carretera Mexico 15 libre Culiacan -Mazatlan justo en el entronque a COSTA RICA. 1 Hectárea	\$1,350,000	x			x		
Sonora	Terreno Km. 3 Carretera a Varadero Nacional M9 Y M10 Fracc. Playitas, Guaymas, Sonora. 1 Hectárea.	\$2,500,000	x					
Veracruz	Avenida Rafael cuervo, en la zona denominada kilometro 13.5; tiene una superficie de 1 ha	\$5,000,000	x	x		x		x
Jalisco	Terreno de 8,000 m2 con uso de suelo Industria "Camino Viejo a los Laureles No. 1". La Alameda. 44940, Col. El zapote del valle. A 400 mts de Carretera a Chapala.	\$3,000,000	x	x	x	x	x	
Michoacan	Hectárea 100x100 a 100 metros de la carretera salida a mil cumbres, km7 partiendo del crucero camelinas mil cumbres.	\$2,700,000	x			x		
Tamaulipas	Carretera Nacional Km 14 Nuevo Laredo Monterrey 50 de Frente x 100 de fondo	\$3,000,000	x			x		

Fuente: Creación propia con datos de cotizaciones de los propietarios de los terrenos.

Figura 4.1 Localización del terreno en Camino Viejo a los Laureles, Zapote Jalisco



Fuente: datos del mapa 2018 Google, INEGI Imágenes, digital

## **CAPITULO 5. ANÁLISIS ECONÓMICO.**

El estudio económico o análisis económico dentro de la metodología de evaluación de proyectos, consiste en expresar en términos monetarios todas las determinaciones hechas por la cantidad de materia prima necesaria, mano de obra directa e indirecta, personal administrativo, número y capacidad de equipo para el proceso, todo aquello que requiera un gasto o inversión.

La esencia del estudio económico es el análisis de cientos de cifras monetarias que a su vez son la base del cálculo de la rentabilidad de la inversión. Este estudio comprende el monto de recursos económicos necesarios que implica la realización del proyecto previo a la puesta en marcha, así como la determinación del costo total requerido en su periodo de operación. (Rodríguez M.)

### **5.1 Costos base de producción.**

Los costos de producción no son más que un reflejo de las determinaciones en el estudio técnico. Los costos de producción se anotan y determinan con las siguientes bases.

#### **5.1.1 Costo de materia prima**

Se refiere a los materiales que se consumen de manera directa para hacer el producto final. De este modo, para la producción de NPK se necesitan de 10 materias primas, como se muestra en la tabla 5.1 los cuales tienen un costo anual total de \$9,086,061.42 millones de pesos.

Tabla 5.1 Costo de materias primas.

Materia prima	Kg/día	NMX/Kg	256 días laborales
Cloruro de potasio	2,500	\$1.27	\$806,437.50
Sulpomag	555.5556	\$4.61	\$652,743.39
Sulfato de amonio	80.1446	\$1.73	\$35,374.18
MAP	245.4544	\$2.59	\$161,797.40
Sulfato de potasio	755.5556	\$2.15	\$413,270.02
Roca fosfática	250	\$1.76	\$111,881.25
Ácido fosfórico	3,416.209	\$4.69	\$4,085,615.15
Amoniaco líquido	1,545.447	\$5.52	\$2,175,371.20
Ácido sulfúrico	890.0522	\$1.03	\$234,680.06
Resina parafínica	200	\$8.02	\$408,892.26
<b>Total</b>			<b>\$9,086,062.42</b>

Fuente. Creación propia con precios de distintos proveedores: Fosforita de México, Fosfatos y Químicos. FOSQUIBA, Acción Química, HJB Química Internacional, UNISAL Mexicana de S.A. de C.V, CHEMICAL S.A de C.V.

### 5.1.2 Costos de mano de obra

La mano de obra se clasifica en directa e indirecta. La mano de obra directa es aquella que interviene personalmente en el proceso de producción, específicamente se refiere a los obreros. La mano de obra indirecta se refiere a quienes aun estando en producción no son obreros, tales como supervisores, jefes, gerente, etc. En la figura 5.1 se muestra el organigrama de cómo queda organizado el personal.

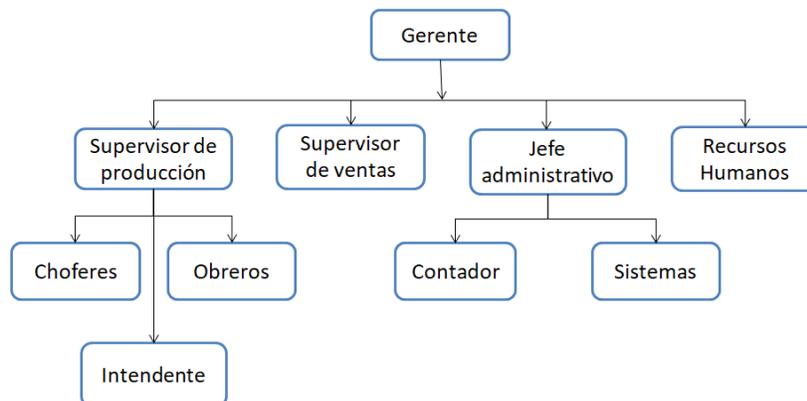


Figura 5.1 Organigrama del personal

En la tabla 5.2 se muestra la mano de obra directa e indirecta. El salario anual total sería de \$ 2,404,800.00 pesos.

Tabla 5.2 Mano de obra directa e indirecta.

Puesto	Cantidad	Salario mensual	Salario mensual total	Salario Anual Total
Mano de obra indirecta				
Gerente	1	\$25,000.00	\$25,000.00	\$300,000.00
Supervisor de ventas	1	\$20,000.00	\$20,000.00	\$240,000.00
Jefe administrativo	1	\$10,000.00	\$10,000.00	\$120,000.00
R.H.	2	\$10,000.00	\$20,000.00	\$240,000.00
Contador	1	\$9,500.00	\$9,500.00	\$114,000.00
Sistemas	2	\$9,500.00	\$19,000.00	\$228,000.00
Chofer	3	\$4,500.00	\$13,500.00	\$162,000.00
Intendente	2	\$3,700.00	\$7,400.00	\$88,800.00
Mano de obra directa				
Supervisor de producción	2	\$20,000	\$40,000.00	\$480,000.00
Obrero	8	\$4,500.00	\$36,000.00	\$432,000.00
Total	23	\$116,700.00	\$200,400.00	\$2,404,800.00

Fuente: Creación propia con datos de la bolsa de trabajo UNAM.2017

### 5.1.3 Costos de mantenimiento

Esta actividad se realizara dentro de la empresa, el mantenimiento regularmente se calcula del 2 % de los precios fijos \$7,688, 065 millones de pesos obtenidos en la tabla 5.13. (Baca, U.G.) El mantenimiento para la producción del NPK tiene un costo de \$ 150,354 pesos.

#### 5.1.4 Costos de energía eléctrica.

El principal gasto por este insumo se debe a los motores eléctricos que se utilizan en el proceso. Para su cálculo, se toma en cuenta la capacidad de cada uno de los motores que intervienen en las operaciones del proceso y el tiempo que permanecen en operación por día. Según CFE para una industria el costo del kW es de 1.37 \$/kW.

En la tabla 5.3 se enuncian los motores requeridos para el proceso con la potencia de cada equipo por hora, el tiempo de trabajo de cada equipo y su consumo energético en Kw/hr, por día se pagaría \$229.03 y bimestralmente se pagaría \$9,161.34 pesos y anualmente se pagarían \$54,968.06 pesos en gasto por motores, mientras que el costo por iluminación bimestral es de \$2,077.84 pesos y anualmente es de \$ 12,476.00 pesos. El costo total anual por este insumo es de \$67,444.06, anualmente crecería este insumo ya que aumenta un 2% la tarifa. (CFE)

Tabla 5.3. Costo de consumo energético por motores.

Equipo	Potencia (HP)	Tiempo de trabajo (hr)	Consumo energético (kWh)	Tarifa \$ (MXN)
Motor Mezclador	40	1	29.84	\$40.88
Motor de reactor granulador	14.75	2	11.00	\$30.15
Motor del tambor rotatorio	10.5	1	7.83	\$10.73
Motor del tamiz rotatorio	7.3	1	5.45	\$7.46
Motor de Ciclones (3)	3	1	2.24	\$9.20
Motor del molino de bolas	25	1	18.5	\$25.35
Motor del compresor	10	2	7.46	\$20.44
Motor del horno	73	1	54.46	\$74.61
Motor del reactor agitado	10	1	7.46	\$10.22
			144.2383 kW /Dia	\$229.03 por día
				\$9,161.34 bimestrales

Fuente: Creación propia con datos de Comisión Nacional de Electricidad CFE, 2018

### 5.1.5 Costos de consumo de agua

Es un insumo importante para el proceso de producción. La planta gastará alrededor de 150,000 litros bimestrales de agua, para el pago del agua se tiene una cuota base bimestral de \$102.72.

En la tabla 5.4 se muestran los litros gastados en intervalos de 0 hasta 120,000 litros, después de 120,000 litros se cobrará un costo base de \$3,850.29 y por cada 1000 litros gastados \$86.29, es decir en la planta al gastar 30,000 litros más del límite se pagara \$2,580 por lo tanto sumando el costo base por zona más el costo base por 120,000 litros más el costo extra de consumo se tiene un total de \$6,619 pesos bimestrales y un total de \$39,714 pesos anuales como se muestra en la tabla 5.4.(GOCDMEX.)

Tabla 5.4. Tarifas bimestrales por cada litro consumido de agua.

Consumo en litros		Tarifa clasificación popular	
Límite Inferior	Límite superior	Cuota Mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior.
0	10,000	\$41.09	\$0.00
Mayor a 10,000	20,000	\$41.09	\$7.39
Mayor a 20,000	30,000	\$115.00\$	\$14.45
Mayor a 30,000	50,000	\$259.52	\$19.98
Mayor a 50,000	70,000	\$659.02	\$32.90
Mayor a 70,000	90,000	\$1,371.01	\$44.45
Mayor a 90,000	120,000	\$2,206.24	\$54.80
Mayor a 120,000		\$3,850.29	\$86.29

Fuente: Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 31 de diciembre de 2017.

Tabla 5.5 Pago bimestral y anual de consumo en agua en pesos.

Lts bimestrales de la planta.	Costo base por zona	Costo base más de 120,000 Lts	Cuota adicional por cada 1000Lts.	30,000 Lts. extras	Pago bimestral	Pago anual
150,000	\$102.71	\$3,850.29	\$86.00	\$2,580	\$6,619	\$39,714

Fuente: Creación propia con datos de la Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2017.

### 5.1.6 Consumo de combustible

En el caso del combustible, el necesario para el proceso es el gas natural con un poder calorífico entre 8,205 kcal/m<sup>3</sup> (922 BTU/ft<sup>3</sup>) y 9,104 kcal/m<sup>3</sup> (1,024 BTU/ft<sup>3</sup>), tiene un costo de \$ 1,863.74 por m<sup>3</sup>, al día se consumen 0.3631487m<sup>3</sup>, diario se tendría un costo de \$ 676.81, por 256 días que se laboran al año, se tiene un costo anual de \$ 173,264.57

### 5.1.7 Costos por depreciación

El equipo de la planta y edificios asociados con el proceso tienen un valor que disminuye con el tiempo. Cuando se cierra la planta, el equipo puede venderse solo por una fracción del costo original. La diferencia entre el costo original y el valor residual o de rescate es la depreciación, la cual se representa como un gasto anual. El periodo para depreciar lo establece el gobierno federal, para los equipos de proceso es un 10% de depreciación en un lapso de 10 años como se muestra en la tabla 5.6

Tabla 5.6 Depreciación de equipo anual.

Equipo	Precio	% depreciación anual	Años de vida útil	Depreciación anual
Tanque de ácido sulfúrico 5,000 lts. Acero al carbón	\$95,000.00	10	10	910.331
Tanque de ácido fosfórico 20,000 lts. Acero al carbón.	\$170,608.70	10	10	4760.87
Mezclador tipo pantalón 3 Ton. Acero al carbón.	\$279,200.10	10	10	27920.01
Bomba de diafragma 12 GPM, acero al carbón.	\$21,906.60	10	5	2190.66
Reactor granulador rotatorio 2.5 ton/hr, acero al carbón.	\$375,000.00	10	10	37500
Tanque de amoniaco, 20,000 lts. Acero inoxidable	\$266,511.50	10	10	26651.15
Reactor agitador 3,000 lts. Acero inoxidable.	\$305,351.70	10	10	30535.17
Ciclón 2,000 Kg. Acero al carbón.	\$38,268.00	10	10	3826.8
Ciclón 1,000 Kg. Acero al	\$12,623.73	10	5	1262.373

carbón.				
Torre de lavado 12,000m <sup>3</sup> /h, acero inoxidable.	\$130,000.00	10	10	13000
Molino de bolas 1 ton. Acero al carbón.	\$114,260.00	10	10	11426
Tamizador 2.5 ton. Acero al carbón.	\$52,116.92	10	10	5211.692
Tambor rotatorio 2.5 ton. Acero al carbón.	\$200,820.18	10	10	20082.018
Transportador de tornillo 5 m <sup>3</sup> /h, acero al carbón.	\$17,305.56	10	5	1730.556
Bomba de desplazamiento positivo, 0- 63.6 m <sup>3</sup> /h acero inoxidable, Polipropileno.	\$3,796.36	10	5	379.636
Generador de vapor 1MPa	\$557,420.00	10	10	55742
Bomba de diafragma, 8GPM, polipropileno.	\$8,748.54	10	5	874.854
Tanques suavizadores, polietileno de alta densidad.	\$93,591.60	10	5	9359.16
Tanque de almacenamiento de agua 5,000 lts. Polietileno de alta densidad.	\$9,103.31	10	5	910.331
Tanque de almacenamiento de HCl 1000 lts. Acero inoxidable.	\$30,456.96	10	10	3045.696
Tanque de almacenamiento NaOH 5,000 lts. Polietileno de alta densidad.	\$9,103.31	10	5	910.331
Tanque de almacenamiento de G.N 10,000 lts. Acero inoxidable.	\$240,048.50	10	10	24004.85
Compresor 12 m <sup>3</sup> / min. Potencia: 10 HP	\$190,540.00	10	10	19054
Horno. Acero al carbón.	\$32,000.00	10	5	3200
Total de depreciación anual				\$ 325,378.15

Creación propia con datos de proveedores de los equipos y el gobierno federal.

### 5.3 Capital de trabajo

Se consideran aquellos recursos que requiere la planta para atender las operaciones de producción así como la operación necesaria para financiar el primer mes de operación de la planta una vez que ya se encuentra instalada y lista para operar.

Está compuesto por el capital necesario para cubrir los salarios, compra de materias primas, pagos, etc. (Méndez, V.A)

En la tabla 5.7 se enuncian los recursos y el capital que se pagara el primer mes de operación de la planta, obteniendo un total de \$ 980,940.37 pesos.

Tabla 5.7 Capital del trabajo.

Recursos	Capital de trabajo	Por año
Materias primas	\$757,171.87	\$9,086,062.42
Administrativos	\$200,400.00	\$2,404,800.00
Operativos: Luz en equipos	\$4,580.67	\$54,968.06
Iluminación	\$1,039.67	\$12,476.00
Agua	\$3,309.50	\$39,714.00
Gas	\$14,438.67	\$173,264.57
<b>Total</b>	<b>\$980,940.37</b>	

Creación propia

#### 5.4 Inversión de capital.

El capital de inversión es la cantidad de dinero requerida para construcción de una nueva planta o la modificación de una existente, y es la suma del capital fijo de inversión y el capital de trabajo. Debe determinarse el costo de la planta desde el momento en que la idea es concebida hasta la puesta en marcha de la misma, por ello deben de tenerse en cuenta diversos términos, desde la obra civil hasta el coste de ingeniería, pasando por el coste de equipos, permisos, gastos de pruebas, etc.

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos y diferidos necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo.

#### 5.4.1. Activo tangible / fijo

Son los bienes propiedad de la empresa, como terrenos edificios, maquinaria, equipo, herramienta, etc. Se llama fijo por que la empresa no puede desprenderse fácilmente de él sin que ello ocasione problemas a sus actividades productivas

- Equipo de proceso:

El costo del equipo es la parte más importante de la estimación del capital fijo por que representa entre el 15 y 40% de este.

En la tabla 5.8 se muestra la lista de equipos de proceso requeridos para la producción, así como las unidades necesarias, costo unitario y total a partir de cotizaciones y las características de cada equipo.( Multiaria, R.)

Tabla 5.8. Equipos de proceso con su respectiva cotización.

Equipo	Cantidad	\$ Unitario (MXN)	\$ Total (MXN)	Características
Tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico.	1	\$95,000.00	\$95,000.00	Capacidad: 5,000 Litros Material: Acero inoxidable.
Tanque de almacenamiento de ácido fosfórico.	1	\$170,608.70	\$170,608.70	Capacidad: 20,000 Litros Material: Acero inoxidable.
Mezclador tipo pantalón.	1	\$279,200.1	\$279,200.1	Capacidad: 3 Ton Material: Acero al carbón.
Bomba de diafragma neumática.	1	\$21,906.60	\$21,906.60	Capacidad: 12 GPM Material: Acero al carbón.
Reactor rotatorio.	1	\$375,000.00	\$375,000.00	Capacidad: 2.5 ton/h. Material: Acero al carbón.
Tanque de almacenamiento a presión.	1	\$266,511.50	\$266,511.50	Capacidad: 20,000 Litros Material: Acero inoxidable
Reactor agitado (preneutralizador).	1	\$305,351.70	\$305,351.70	Capacidad: 3,000 Litros Material: Acero inoxidable
Ciclón	1	\$38,268.00	\$38,268.00	Capacidad: 2,000Kg Material: Acero al carbón.

Ciclón	2	\$12,623.73	\$25,247.46	Capacidad: 500Kg Material: Acero al carbón.
Torre de lavado tipo Venturi	1	\$130,000	\$130,000.00	Capacidad: 12,000 m <sup>3</sup> /h Material: Acero inoxidable
Molino de bolas	1	\$114,260	\$114,260.00	Capacidad: 1 Ton. Material: Acero al carbón
Tamizador	1	\$52,117	\$52,116.92	Capacidad: 2.5 ton Material: Acero al carbón.
Tambor rotatorio	3	\$66,940	\$200,820.18	Capacidad: 2.5 ton Material: Acero al carbón.
Transportador de tornillo	1	\$17,305.56	\$17,305.56	Capacidad: 5 m <sup>3</sup> /h Material: Acero al carbón.
Bomba de desplazamiento positivo	1	\$3,796.36	\$3,796.36	Capacidad:0-63.6m <sup>3</sup> /h Material: Acero inoxidable, PP, PVDF.
Total	18		\$2,095,393.08	

*Fuente: Creación propia con cotizaciones de proveedores de equipos: Manometrix, PULVEX, ARGAL, Grupo ACURA, Equipos de Proceso ULLMANN, LEPSA, Molinos y Mezcladores VEYCO,*

- Equipos de servicios auxiliares

Los servicios auxiliares se definen como los servicios indispensables para el funcionamiento de los equipos y el proceso, estos no forman parte directa de los mismos, pero sin ellos llevar a cabo el proceso resultaría imposible. Es una de las áreas claves para mantener la operación óptima y continua de la planta.

Por ello también se llevó a cabo el costeo de equipos de los servicios, en la tabla 5.9 se muestra el equipo, cantidad, precio unitario, precio total y las características importantes del equipo. ( Multiaria R.)

Tabla 5.9. Equipos de servicios auxiliares.

Equipo	Cantidad	\$ Unitario (MXN)	\$ Total (MXN)	Características
Generador de vapor	1	\$557,420	\$557,420	Presión de trabajo: 1MPa Temperatura de vapor: 184°C
Bomba de diafragma neumática.	1	\$8748.54	\$8748.54	Capacidad: 8 GPM Material de carcasa: Polipropileno.
Tanques suavizadores de agua.	2	\$46,795.80	\$93,591.60	FLM: 100 Carcasa interior de polietileno de alta densidad.
Tanque de almacenamiento de agua.	1	\$9,103.31	\$9,103.31	Capacidad: 5,000 Litros Material: Polietileno de alta densidad.
Tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico.	1	\$30,456.96	\$30,456.96	Capacidad: 1000 Litros Material de acero inoxidable.
Tanque de almacenamiento de hidróxido de sodio	1	\$9,103.31	\$9,103.31	Capacidad: 5,000 Litros Material: Polietileno de alta densidad.
Tanque de almacenamiento de gas natural.	1	\$240,048.5	\$240,048.5	Capacidad: 10,000 Litros Material: Acero inoxidable
Compresor de aire	1	\$190,540	\$190,540	Capacidad: 12 m3/min Potencia: 10 HP
Horno	1	\$32,000	\$32,000	Capacidad: 5-11 C.C Acero al carbón.
Total			\$1,161,012.2	

Fuente: Creación propia con cotización de distintos proveedores de equipos: Spura, TEISA, CICSA y Manometrix.

- Terreno y Construcción.

Se considerarán primero los costos de los servicios, terreno y construcción. En los servicios de acuerdo a la tabla 6.10 se tiene un costo total de \$ 1,161,012.22 pesos.

Para el costo del terreno se realizó una cotización a diferentes prediales de la zona de Jalisco con uso de suelo industrial, se eligió un terreno de 7,000m<sup>2</sup> con un precio de \$ 3,000,000 de pesos.

Para el costo de construcción de una planta se recurrió a un Ingeniero Civil el cual proporciono un costo de aproximadamente \$8,568,000 millones de pesos. En la tabla 5.10 se muestra el costo final de los servicios, terreno y construcción de planta.

Tabla 5.10 Activos fijos.

Activo fijo	Costo
Terreno	\$3,000,000.00
Construcción de la planta	\$7,406,988.00
Servicios.	\$1,161,012.00
Total	\$11,568,000.00

*Fuente: Creación propia con datos de proveedores de quipos de los servicios, Ing. civil para la construcción de la planta, y cotización del costo de terreno en Jalisco.*

Para los costos de instalación de equipos, tubería, instrumentación, aislamiento y los costos diferidos se llevó a cabo por medio del método de factores de experiencia, este método se basa en el costo de los equipos, de ahí se tiene para cada "costo fijo" un factor que es multiplicado por el costo de equipos. El factor se obtuvo del libro de GENERAL PROCESS PLANT COST ESTIMATING (ENGINEERING DESIGN GUIDELINE) de KLM Technology Group. (Multiari, R .)

Así como se observa en la tabla 5.11

Tabla 5.11 Método de factores de experiencia

Activo fijo.	Factor de experiencia	Precio
Costo de equipos	1	\$2,095,393.08
Instalación de equipo	0.43	\$901,019.02
Tubería	0.07	\$146,677.52
Instrumentación	0.1	\$209,539.31
Aislamiento	0.04	\$83,815.72
Total, de costos directos		\$3,436,444.65

*Fuente: Creación propia con datos de GENERAL PROCESS PLANT COST ESTIMATING (ENGINEERING DESIGN GUIDELINE) de KLM Technology Group.*

Por lo tanto sumando los activos fijos obtenidos en la tabla 5.10 y 5.11 se obtiene un costo total de activos tangibles o fijos de \$15,004,444 millones de pesos.

#### **5.4.2 Activo intangible/ diferidos.**

Son el conjunto de bienes y propiedades de la empresa, necesarios para su funcionamiento, y que incluyen: patentes de invención, marcas, diseños comerciales o industriales, nombres comerciales, capacitaciones, etc. (Multiari, R.)

No se tiene el registro de pago por otros elementos como marcas, nombres comerciales, etc ya que la empresa es nueva, y se pretende que el nombre de la empresa sea FERGAMEX es un nombre nuevo que no está en el mercado.

Para la producción de fertilizante NPK 10-20-20 no se pagara por uso de patente ya que el proceso pertenece a la Universidad de Carabobo en Venezuela pero no se encuentra patentado.

Teniendo el total de capital de activos fijos y el capital de trabajo se puede hacer el cálculo de la inversión, siendo así:

- Capital fijo \$15,004,444 millones de pesos.
- Capital de trabajo: \$ 980,940 pesos.

Por lo tanto se tendrán una inversión por capital de:

- Inversión de capital: \$15,985,385 de pesos.

### **5.5 Costos financieros**

Son los intereses que se deben de pagar en relación con capitales obtenidos en préstamo. Algunas veces estos costos se incluyen en los generales y de administración, ya que un capital prestado puede tener usos muy diversos.

Es la compensación a pagar por usar dinero prestado. Si la planta se construye con capital prestado es necesario el cálculo de amortización.

Para ello se podría pedir un préstamo a una institución encargada de prestar a empresas con nuevos proyectos, el préstamo sería de Nacional Financiera (NAFIN) que otorga financiamiento en conjunto con intermediarios financieros (bancos), los cuales pueden utilizarse para capital de trabajo (maquinaria) o activo fijo (un local) y se otorgan de acuerdo a las posibilidades y garantías de pago del cliente. Ofrece un monto máximo 20 millones de pesos destinado a capital de trabajo y activos fijos, una tasa de interés 12.7% a 14.3% anuales con un plazo máximo 5 años y opciones de amortización del crédito acordes a las necesidades de la empresa.

Para la evaluación financiera se considera pedir un préstamo de \$16,000,000 millones de pesos con un interés de 13 % a amortización simple con un máximo de 5 años a pagar como se muestra en la tabla 5.12 (NAFIN)

Tabla 5.12 Pagos por préstamo a Nacional Financiera (NAFIN).

Amortización simple					
Años	Saldo inicial	Interés	P.P	Pagos Totales anuales	Saldo final
1	\$16,000,000	\$2,080,000.00	\$3,200,000.00	\$5,280,000.00	\$12,800,000
2	\$12,800,000	\$1,664,000.00	\$3,200,000.00	\$4,864,000.00	\$9,600,000
3	\$9,600,000	\$1,248,000.00	\$3,200,000.00	\$4,448,000.00	\$6,400,000
4	\$6,400,000	\$832,000.00	\$3,200,000.00	\$4,032,000.00	\$3,200,000
5	\$3,200,000	\$416,000.00	\$3,200,000.00	\$3,616,000.00	\$0
Pago total después de 5 años				\$22,240,000.00	

Fuente: Creación propia con datos de Nacional Financiera (NAFIN).

## 5.6 Ingresos

Las ganancias generadas por la venta del producto es otro componente importante que se necesita para evaluar económicamente un proyecto.

El precio del fertilizante se basó en un intermedio entre los precios de la competencia (ver tabla 3.1), y el precio más adecuado para obtener ganancias del producto, el precio del fertilizante complejo NPK 10-20-20 por kilogramo es de \$9.25 pesos y el costal en presentación de 50 Kg es de \$462.5 pesos.

En la planta habrá producción de lunes a viernes (252 días) por dos turnos (matutino 8:00-16:00 y vespertino de 16:00-22:00) y se darán cuatro días festivos quedando así 256 días al año para laborar.

Al día se producirán 10,000 kg y multiplicado por los 256 días laborales al año se tiene un total de 2,560,000 Kg/año. Vendiendo el total de 10,000 Kg/ día se tiene un ingreso de 24,320,000 millones pesos en el primer año.

### 5.7 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es un indicador que permite identificar cual es el nivel en que deberá operar el proyecto sin incurrir en pérdidas, aun cuando no se logren utilidades.

Este punto es el nivel de servicios en el que son exactamente iguales el presupuesto de ingresos y el de gastos.

Para la determinación del punto de equilibrio debemos conocer los costos fijos y variables, por lo general se entiende que los costos fijos son aquellos independientes del volumen de producción, y que los costos variables son los que varían directamente con el volumen de producción. En la tabla 5.13 se muestran los costos fijos y los costos variables ya calculados con anterioridad. (Mercado, L.)

Tabla 5.13. Costos fijos y variables.

Costos fijos		Costos variables	
Amortización	\$5,440,000	Mat primas	\$9,086,062.42
Sueldos fijos	\$1,492,800.00	Mano de obra directa	\$912,000.00
Agua, luz, gas.	\$280,422.06	TOTAL	\$6,398,091
Depreciación de equipos	\$304,488		
Subtotal	\$7,517,711		
Mantenimiento 2% costos fijos	\$150,354		
Total	\$7,668,065		

Fuente: Creación propia

La fórmula para obtener el punto de equilibrio en pesos es el siguiente:

$$Pe (\$) = \frac{\text{costos fijos}}{1 - \left(\frac{\text{costos variables}}{\text{ingresos totales}}\right)}$$

Para obtener el punto de equilibrio en porcentaje, se manejan los mismos conceptos, pero el desarrollo de la fórmula es el siguiente:

$$Pe (\%) = \frac{Pe(\$)}{\text{ingresos totales}}$$

En la siguiente tabla 5.14 se presentan los cálculos con las formulas anteriores para determinar el punto de equilibrio en pesos y en porcentaje.

Tabla 5.14 Punto de equilibrio

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos Totales	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000
Costos fijos	\$7,504,865	\$7,504,865	\$7,504,865	\$7,504,865	\$7,504,865	\$7,504,865	\$7,504,865	\$7,504,865	\$7,504,865	\$7,504,865
Costos variables	\$6,398,091	\$6,398,091	\$6,398,091	\$6,398,091	\$6,398,091	\$6,398,091	\$6,398,091	\$6,398,091	\$6,398,091	\$6,398,091
Costos totales	\$13,902,956	\$13,902,956	\$13,902,956	\$13,902,956	\$13,902,956	\$13,902,956	\$13,902,956	\$13,902,956	\$13,902,956	\$13,902,956
Punto de equilibrio (\$)	\$10,184,088	\$10,184,088	\$10,184,088	\$10,184,088	\$10,184,088	\$10,184,088	\$10,184,088	\$10,184,088	\$10,184,088	\$10,184,088
Punto de equilibrio (%)	\$41.88	\$41.88	\$41.88	\$41.88	\$41.88	\$41.88	\$41.88	\$41.88	\$41.88	\$41.88

Fuente: Creación propia calculando el punto de equilibrio con ecuaciones anteriores.

El resultado obtenido de 10,405,550 millones de pesos se interpreta como las ventas necesarias para que la planta pueda operar sin perdidas ni ganancias, si las ventas del negocio están por debajo de esta cantidad la planta pierde y por arriba de la cifra mencionada son utilidades para la planta.

El porcentaje que resulta, indica que de las ventas totales, el 42.8% es empleado para el pago de los costos fijos y variables y el 57.2 % restante, es la utilidad neta que obtiene la empresa. (Ortiz, V.)

## 5.8. Estados de resultados

En el estado de resultados se detallan los logros obtenidos (ingresos) por la administración de la entidad en un periodo determinado y los esfuerzos realizados (costos y gastos) para alcanzar dichos logros.

Las empresas pueden tener como resultado de sus operaciones utilidades (cuando los logros son mayores a los esfuerzos) o perdidas (cuando fueron más los esfuerzos que los logros).

Se presenta de manera detallada la forma en que se obtiene la utilidad o pérdida de una empresa. A este estado también se le conoce como estado de pérdidas y ganancias.<sup>(Méndez V.A)</sup> Además se consideraron impuestos que se deben pagar en México como el ISR que es el Impuesto Sobre la Renta, es un impuesto directo sobre las ganancias obtenidas , siendo las ganancias la diferencia entre los ingresos y las deducciones autorizadas. Se tributa una tasa de entre 30 y 35% que deben pagar todos los que están registrados ante la Secretaria de Hacienda, ya sean personas físicas (una sola persona) o personas morales (asociación de dos o más personas).(Quinto, C.)

El Impuesto Sobre Nóminas o ISN es un impuesto estatal que grava la realización de pagos de dinero por concepto de remuneraciones al trabajo personal en relación de dependencia. Los sueldos y salarios; dinero pagado por tiempo extraordinario, bonos, primas de antigüedad, comisiones, ayudas, son considerados remuneración para este impuesto.

Este impuesto alcanza y obliga a las personas físicas o morales que en su carácter de patrones, realicen pagos por remuneración a sus trabajadores. En Jalisco se tiene del 2% el Impuesto Sobre Nóminas ISN. (Financiamiento RED)

En el lapso de 6 años en que se evaluó económicamente el proyecto se obtuvo el siguiente estado de resultados:

Tabla 5.15. Estado de resultados.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción (Kg/año)	2,560,000	2,560,000	2,560,000	2,560,000	2,560,000	2,560,000	2,560,000	2,560,000	2,560,000	2,560,000
Ingresos (\$)	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000	\$24,320,000
Egresos (\$)	\$16,714,278	\$17,309,506	\$16,907,627	\$16,505,901	\$16,104,330	\$12,302,922	\$12,309,678	\$12,316,604	\$12,323,706	\$12,330,988
Utilidad bruta (\$)	\$7,605,721	\$7,010,493	\$7,412,372	\$7,814,098	\$8,215,669	\$12,017,078	\$12,010,322	\$12,003,396	\$11,996,294	\$11,989,012
ISR 35%	\$2,662,002	\$2,453,672	\$2,594,330	\$2,734,934	\$2,875,484	\$4,205,977	\$4,203,613	\$4,201,189	\$4,198,703	\$4,196,154
ISN 2%	\$48,096	\$48,096	\$48,096	\$48,096	\$48,096	\$48,096	\$48,096	\$48,096	\$48,096	\$48,096
Utilidad neta(\$)	\$4,895,622	\$4,508,724	\$4,769,945	\$5,031,068	\$5,292,089	\$7,763,004	\$7,758,613	\$7,754,111	\$7,749,495	\$7,744,762

*Creación propia con datos calculados anteriormente en tablas 5.2- 6.19*

Después de tener todos los datos de costos y llegar hasta el flujo neto de efectivo, se procede a obtener los indicadores de rentabilidad.

### 5.9. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos de inversión.

Este método de evaluación, considera el valor del dinero a través del tiempo, y representa la utilidad que obtiene el inversionista después de haber recuperado la inversión, obteniendo la rentabilidad exigida; mide los resultados obtenidos por el proyecto a valor presente del periodo en que se hace la evaluación.

En pocas palabras mediante el criterio del Valor Actual Neto (VAN), nos determina si el proyecto es financieramente rentable.

Con este método se define la aceptación o rechazo de un proyecto de acuerdo con los siguientes criterios de evaluación:

- Si el VAN es < 0, se rechaza el proyecto.
- Si el VAN es = 0, el proyecto es indiferente.
- Si el VAN es > 0, se acepta el proyecto

### 5.9.1 Cálculo del VAN

Para el cálculo de la VAN se requiere de la utilidad neta o flujo neto de efectivo. Al obtener el flujo neto de efectivo se calcula de la siguiente manera:

$$VAN = -I_0 + \frac{\sum_{t=0}^n FNE_t}{(1+i)^t}$$

Dónde:

- $I_0$ = Inversión inicial
- FNE= Flujo neto de efectivo
- $i$ = Costo de oportunidad de capital. (Gómez A.M.)

El costo de oportunidad de capital tiene que ser mayor a la inflación, para ello se investigó en el banco de México, teniendo en Julio del 2018 una inflación de 4.81%. Como la inflación con el paso del tiempo cambia ya sea que disminuya o incremente se consideró tener un costo de oportunidad mayor a 4.81% dejándolo en 6%.

A partir de los datos ya obtenidos de la utilidad neta mostrados en la tabla 5.15 en el estado de resultados, se procede al cálculo de la VAN, por medio de la ecuación antes ya mencionada obteniendo un VAN de \$ 27,810,284 millones de pesos lo cual siendo mayor a 0 significa que puede ser llevado a cabo el proyecto, ya que se tendrá una ganancia después de recuperar la inversión de \$ 27,810,284 millones de pesos.

## 5.10 Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad anual que ofrece una inversión, una tasa de rentabilidad que el proyecto paga a los inversionistas por invertir sus fondos allí. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento.

### 5.10.1 Cálculo de la TIR

Para el cálculo de este se usó la siguiente ecuación, teniendo un resultado de TIR de 23 %.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Dónde:

- $F_t$  son los flujos de dinero en cada periodo  $t$
- $I_0$  es la inversión realiza en el momento inicial ( $t = 0$ )
- $n$  es el número de periodos de tiempo

El criterio de selección será el siguiente donde “ $k$ ” es la tasa de descuento de flujos o costo de oportunidad elegida para el cálculo del VAN:

- Si  $TIR > k$ , el proyecto de inversión será aceptado.
- Si  $TIR = k$ , en esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- Si  $TIR < k$ , el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión. (Guzmán)

Como ya se mencionó para el cálculo del VAN se utilizó un 6% de costo de oportunidad lo cual quiere decir que al obtener el TIR= 32% al ser mayor que “K”, el proyecto de inversión será aceptado ya que este genera una tasa de rentabilidad del 32% anual por invertir en él.

### **5.11. Análisis de sensibilidad**

Representa el comportamiento de un proyecto ante el cambio de diversas situaciones o variables, este nos indica las posibilidades que tiene de sobrevivir un proyecto ante la variación de las expectativas previstas en la proyección de una determinada variable.

Permite visualizar de forma inmediata las ventajas y desventajas económicas de un proyecto de inversión. Es una herramienta sencilla de implementar, y que nos proporciona la información básica para tomar una decisión acorde al grado de riesgo que decidamos asumir.

Sus características son:

- Estima la sensibilidad de los resultados del proyecto (VAN) a cambios de un parámetro. Análisis “que pasa si”.
- Permite conocer que variables de riesgo son importantes (como fuente de riesgo).
- Una variable es importante dependiendo de:
  - Su participación porcentual en los beneficios o costos
  - Su rango de valores probables.
- El análisis de sensibilidad permite determinar la dirección del cambio en el VAN.

Para la mayoría de las variables, la dirección es obvia.

- a) Los ingresos suben la VAN sube
- b) Los costos suben la VAN baja (Bustos, F.)

En la tabla 5.16, 5.17 y 5.18, se muestran las tablas de sensibilidad del proyecto de fertilizante. En la tabla 5.16 se cambió el precio del amoniaco, ya que es la materia prima que ha ido aumentando en los últimos años y es importante considerar este cambio, obteniendo el siguiente resultado entre más disminuye el precio del amoniaco mayor es el VAN y el TIR y viceversa si aumenta el costo del amoniaco el VAN y el TIR disminuye.

Tabla 5.16. Variando el costo de amoniaco

% de variación	Costo de amoniaco (\$)	VAN (\$)	TIR%
-15	\$4.69	\$29,270,775	34
-10	\$4.97	\$28,778,079	33
-5	\$5.24	\$28,302,980	33
0	\$5.52	\$27,810,284	32
5	\$5.80	\$27,317,588	32
10	\$6.07	\$26,842,489	31
15	\$6.35	\$26,349,793	31

*Creación propia con datos del precio inicial de amoniaco de Acción Química S.A DE C.V.*

En la tabla 5.17 se cambió el precio del producto, y el comportamiento del VAN y del TIR es el mismo que el caso anterior, si aumenta el precio del producto, la VAN y TIR aumentan considerablemente, mientras que si baja también bajan los indicadores.

Tabla 5.17 Variación de precio de producto NPK 10-20-20.

% de variación	Costo del fertilizante NPK(\$)	VAN (\$)	TIR %
-15	\$7.67	\$6,666,559	13
-10	\$8.55	\$16,834,033	22
-5	\$9.02	\$22,322,159	27
0	\$9.50	\$27,810,284	32
5	\$9.97	\$33,298,409	37
10	\$10.97	\$44,794,588	47
15	\$12.61	\$63,743,062	64

*Creación propia*

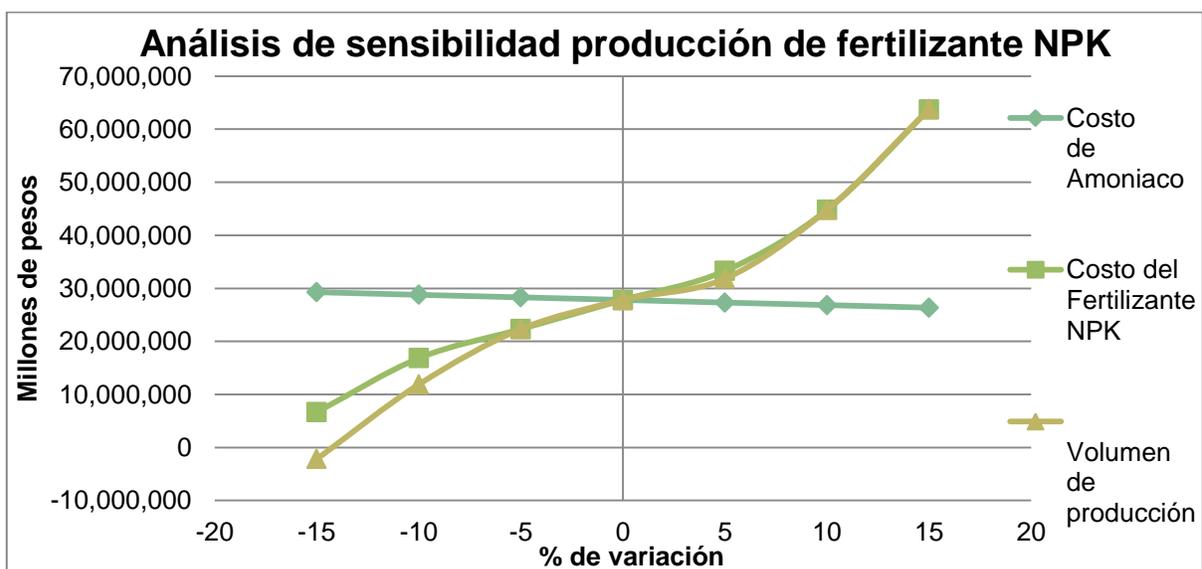
Como último se varió el volumen de producción y se observa en la tabla 5.18 que es un factor muy importante ya que si la producción disminuye un -15% de lo establecido el VAN resulta menor a cero es decir, no se generaría ninguna utilidad y existiría una pérdida de \$ -2,182,320 millones de pesos, por el lado de la TIR el valor obtenido está debajo del costo de oportunidad y teniendo los parámetros que el TIR tiene que ser mayor al costo de oportunidad este ya no sería viable el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

Tabla 5.18 Variación de volumen de producción.

% de variación	Volumen de producción (kg/año)	VAN (\$)	TIR %
-15	1,860,480	-2,182,320	4
-10	2,188,800	\$11,894,721	18
-5	2,432,000	\$22,322,159	26
0	2,560,000	\$27,810,284	27
5	2,688,000	\$31,837,928	36
10	2,956,800	\$44,823,472	47
15	3,400,320	\$63,839,827	64

Creación propia

En la gráfica 5.1 se observa el comportamiento del VAN al cambiar el costo del amoníaco, el precio del fertilizante y la capacidad de producción.



Gráfica 5.1 Análisis de sensibilidad.

## **5.12. Análisis de riesgos.**

El análisis de los riesgos determinará cuáles son los factores de riesgo que potencialmente tendrían un mayor efecto sobre el proyecto.

Existen tres tipologías de métodos utilizados para determinar el nivel de riesgos de un negocio. Los métodos pueden ser: Métodos Cualitativos – Métodos Cuantitativos – Métodos Semicuantitativos.

- **Métodos Cualitativos:**

Es el método de análisis de riesgos más utilizado en la toma de decisiones en proyectos empresariales, los emprendedores se apoyan en su juicio, experiencia e intuición para la toma de decisiones.

Se pueden utilizar cuando el nivel de riesgo sea bajo y no justifica el tiempo y los recursos necesarios para hacer un análisis completo.

- **Métodos Semi-cuantitativos:**

Se utilizan clasificaciones de palabra como alto, medio o bajo, o descripciones más detalladas de la probabilidad y la consecuencia. Estas clasificaciones se demuestran en relación con una escala apropiada para calcular el nivel de riesgo. Se debe poner atención en la escala utilizada a fin de evitar malas interpretaciones de los resultados del cálculo.

- **Métodos Cuantitativos:**

Se consideran métodos cuantitativos a aquellos que permiten asignar valores de ocurrencia a los diferentes riesgos identificados, es decir, calcular el nivel de riesgo del proyecto.

Los métodos cuantitativos incluyen:

- Análisis de probabilidad
- Análisis de consecuencias
- Simulación computacional

El desarrollo de dichas medidas puede ser realizado mediante diferentes mecanismos, entre los cuales se destaca el Método Montecarlo, el cual se caracteriza por:

- Amplia visión para mostrar múltiples posibles escenarios
- Sencillez para llevarlo a la práctica
- Computarizable para la realización de simulaciones. (Baldovino P.)

Para el análisis de riesgo se procedió a un método cuantitativo, como menciona es por el método Montecarlo.

### **5.12.1. Método Monte Carlo**

La simulación Monte Carlo realiza el análisis de riesgo con la creación de modelos de posibles resultados mediante la sustitución de un rango de valores —una distribución de probabilidad— para cualquier factor con incertidumbre inherente. Luego, calcula los resultados una y otra vez, cada vez usando un grupo diferente de valores aleatorios de las funciones de probabilidad.

Dependiendo del número de incertidumbres y de los rangos especificados, para completar una simulación Monte Carlo puede ser necesario realizar miles o decenas de miles de recálculos. La simulación Monte Carlo produce distribuciones de valores de los resultados posibles.

Por medio de un simulador del método Monte Carlo, llamado @Risk se hizo el análisis de riesgos del caso base de VAN y TIR. (PALADISE)

### **5.12. 2 Simulador @RISK**

@RISK realiza análisis de riesgo utilizando la simulación para mostrar múltiples resultados posibles en un modelo de hoja de cálculo, y le indica qué probabilidad hay de que se produzcan.

Computa y controla matemática y objetivamente gran número de escenarios futuros posibles, y luego le indica las probabilidades y riesgos asociados con cada uno.

Para usar el simulador primero se seleccionan los supuestos de salida que en este caso son las variables que cambian como lo son ventas, precio unitario (la cantidad a la que pones tu producto o servicio al mercado) y costo unitario (lo que cuesta elaborar el producto). (@RISK) Como se muestra en la tabla 5.19

Tabla 5.19 Variables para el simulador @RISK.

Supuestos de entrada	Supuestos de salida
VAN =\$27,810,284	Ventas =2,560,000Kg
TIR = 32%	Precio unitario =\$9.50

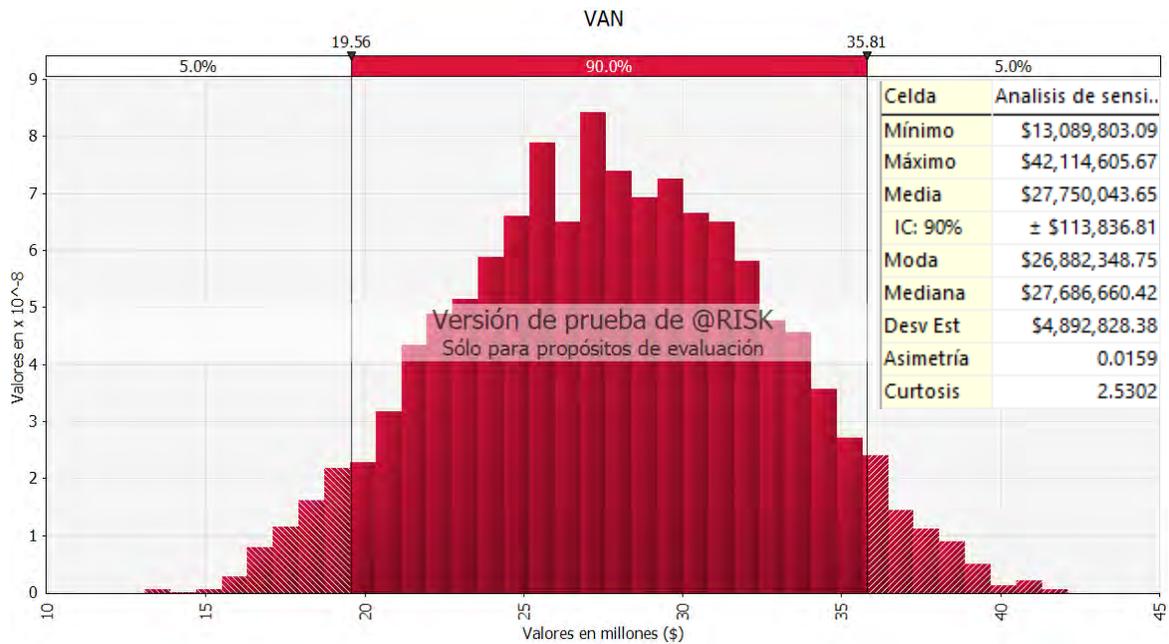
*Creación propia*

Después se seleccionan los supuestos de entrada que son el valor del VAN y la TIR y seleccionando 5,000 iteraciones y 100 simulaciones se obtuvieron las siguientes gráficas de riesgos para el VAN (gráfica 5.2) y la TIR (grafica 5.3).

En la gráfica 5.2 se observa que existe un 90% de probabilidad que el VAN este entre 19,560,000 millones de pesos y un 35,810,000 millones de pesos, por lo tanto se tiene la seguridad que está dentro de un rango aceptable ya que no se tendrían perdidas dentro de este 90 %. Por otro lado existe un 5% de riesgo que esta pueda caer un mínimo de \$13,089,803 de pesos y otro 5% de probabilidad que el VAN pueda llegar a un máximo \$42,114,605 millones de pesos.

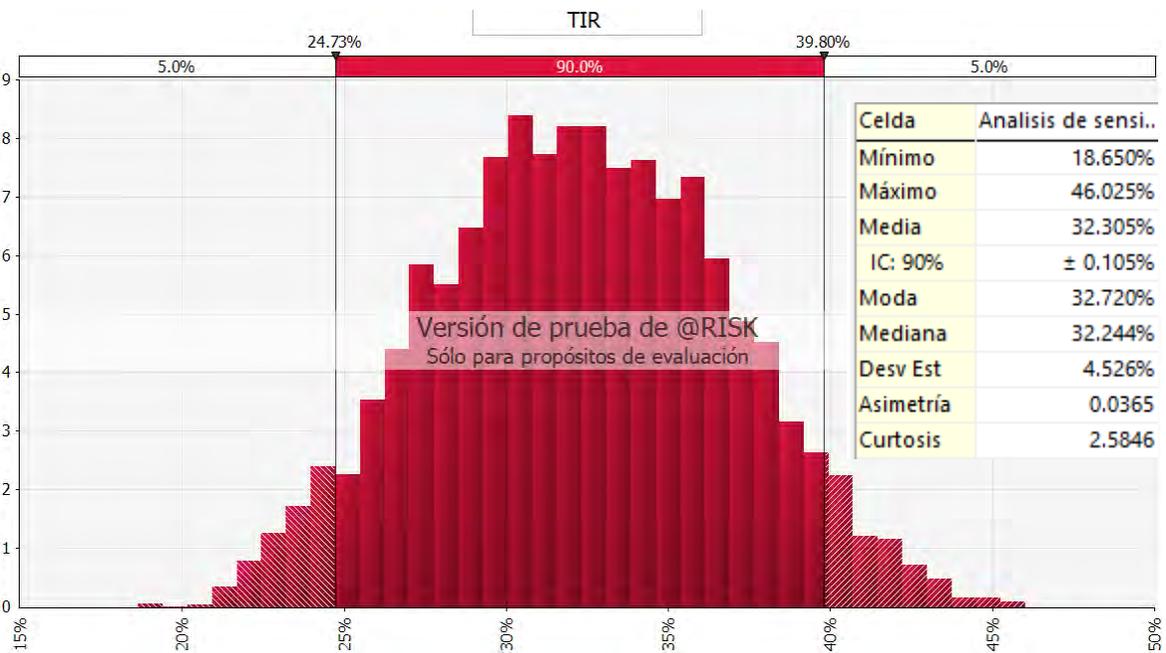
En la gráfica 5.3 se observa que existe un 90 % de probabilidad que el TIR pueda variar desde un 24.73% hasta un 39.80% y siguiendo los factores antes ya mencionados que la TIR no tiene que ser menor al costo de oportunidad en este caso de 6 % para que sea un proyecto viable, se tiene un 90% de probabilidad que la TIR será aceptable para el proyecto.

Además podría existir un 5% de riesgo que esta pueda caer un mínimo de 18.65 % y otro 5% de probabilidad que el TIR pueda llegar a un máximo 46.02 %.



*Creación propia con @Risk.*

**Grafica 5.2. Análisis de riesgos para VAN**



*Creación propia con @Risk.*

**Grafica 5.3. Análisis de riesgos para TIR**

## **CAPITULO 6.**

### **RIESGOS PARA EL AMBIENTE**

Se define como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o por la naturaleza.

Existen diversos tipos de impactos ambientales, pero fundamentalmente se pueden clasificar, de acuerdo a su origen, en los provocados por:

- El aprovechamiento de recursos naturales ya sean renovables (aprovechamiento forestal o la pesca) o no renovables (extracción del petróleo o del carbón).
- Contaminación. Todos los proyectos que producen algún residuo emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.
- Ocupación del territorio. Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones. (Moreno, J.A.)

#### **6.1. Problemas ambientales en la producción de fertilizantes.**

Los impactos socioeconómicos positivos de esta industria son obvios: los fertilizantes son críticos para lograr el nivel de producción agrícola necesario para alimentar la población mundial, rápidamente creciente. Además, hay impactos positivos indirectos para el medio ambiente natural que provienen del uso adecuado de estas sustancias; por ejemplo, los fertilizantes químicos permiten intensificar la agricultura en los terrenos existentes, reduciendo la necesidad de expandirla hacia otras tierras que puedan tener usos naturales o sociales distintos.

Sin embargo, los impactos ambientales negativos de la producción de fertilizantes pueden ser severos. Las aguas residuales constituyen un problema fundamental. Pueden ser muy ácidas o alcalinas y, dependiendo del tipo de planta, pueden contener algunas sustancias tóxicas para los organismos acuáticos, si las

concentraciones son altas: amoníaco o los compuestos de amonio, urea de las plantas de nitrógeno, cadmio, arsénico.

Los productos de fertilizantes terminados también son posibles contaminantes del agua; su uso excesivo e inadecuado puede contribuir a la eutrofización (enriquecimiento masivo de nutrientes inorgánicos N y P) de las aguas superficiales o contaminación con nitrógeno del agua freática que es el agua subterránea que se encuentra a una profundidad relativamente pequeña bajo el nivel del suelo. Además, la explotación de fosfato puede causar efectos negativos.

Entre los principales problemas se resalta el control de polvos ya que la materia es sólida y contienen distintos componentes como amoníaco, potasio, sulfatos de amonio, nitrato de amonio, provenientes de las calderas, trituradores, ciclones y granuladores.

Aunque la mayoría de estos polvos se lleven a un tratamiento de lavado y después a una recirculación para que vuelvan a ser utilizados llega un momento en el que se tiene una liberación de gases a la atmósfera. Otros factores importantes son el consumo de energía y el tratamiento de residuos peligrosos. Los desechos sólidos que se producen principalmente en las plantas de fertilizantes consisten usualmente en ceniza.

En la etapa de construcción el mayor daño se concentra en las actividades de acondicionamiento de vías, excavación, cimentación y a los desechos que se producen como consecuencia de estas actividades.

En forma general, los componentes ambientales más afectados son el suelo, la hidrología subterránea (mantos acuíferos), y atmósfera, que quedan directamente afectados por la generación de polvos, pequeños desechos sólidos con composiciones de cadmio, azufre y cloro, que se complementan con la liberación de amoníaco, dióxido de carbono y gases fluorados.

## CONCLUSIONES

En el estudio técnico se obtuvo teóricamente fertilizante NPK 10-20-20 en forma de gránulos a precios competitivos en el mercado nacional, ya que el precio por cada costal de 50Kg va de \$450 hasta \$600 pesos teniendo el nuevo fertilizante NPK en \$ 475 pesos. Por otro lado, el estudio de mercado brindó la información necesaria para introducir de manera consiente el producto, de modo que se asegure la venta total de la producción establecida.

Con base en los estudios financieros al determinar el punto de equilibrio se necesitan vender 10,405,550 millones de pesos para que la planta pueda operar sin pérdidas ni ganancias y llegar así al equilibrio. Si las ventas del negocio están por debajo de esta cantidad la planta pierde y por arriba de la cifra mencionada son utilidades para la planta. Se obtuvo que de este punto de equilibrio un 42.8% es empleado para el pago de los costos fijos y variables y el 57.2 % restante, es la utilidad neta que obtiene la empresa.

Para el cálculo del VAN, se obtuvo un VAN de \$27,810,284 millones de pesos lo cual siendo mayor a 0 significa que puede ser llevado a cabo el proyecto, ya que después de cuatro años que se recuperaría la inversión de 15,985,385 millones de pesos se obtendría una ganancia de \$27,810,284 millones.

En el cálculo de la TIR se obtuvo de 32% y es aceptable ya que para el cálculo del VAN se utilizó un 6% de costo de oportunidad lo cual quiere decir que al obtener el TIR de 32% al ser mayor que el costo de oportunidad, el proyecto de inversión será aceptado.

En cuanto al análisis de riesgos al existir un 90% de probabilidad que el VAN este entre 19,560,000 millones pesos y en 35,810,000 millones de pesos, por lo tanto se tiene la seguridad que está dentro de un rango aceptable ya que no se tendrían pérdidas dentro de este 90 %. Por otro lado existe un 5% de riesgo que esta pueda caer un mínimo de \$13,089,803 de pesos y otro 5% de probabilidad que el VAN pueda llegar a un máximo \$42,114,605 millones de pesos.

Para los resultados de la TIR en el análisis de riesgo existe un 90 % de probabilidad que el TIR pueda variar desde un 24.73% hasta un 39.80% y siguiendo los factores antes ya mencionados que la TIR no tiene que ser menor al costo de oportunidad en este caso de 6 % para que sea un proyecto viable, se tiene un 90% de probabilidad que la TIR será aceptable para el proyecto. En ambos casos no existen riesgos mayores por lo tanto sería un proyecto viable.

En el análisis de sensibilidad se observó que si cambia el precio de una materia prima no afecta tanto el proyecto, pero si disminuye el precio del fertilizante al público o la producción si afecta significativamente

En cuanto al impacto ambiental se tiene una pequeña problemática directa en los factores de hidrología y suelos, principalmente por la generación de polvos y desechos químicos en el proceso.

## ANEXOS

### Balance de materia y energía

Para realizar el balance de masa es necesario establecer la concentración de nutrientes que se desea obtener. Para el caso de la planta se eligió la concentración NPK: 10-20-20 que además tendrá micronutrientes como el calcio y el magnesio en 1%.

De acuerdo con el balance y los criterios de elección de las materias primas se obtuvo la composición detallada del producto final que se especifica a continuación:

Composición del producto final por nutriente

Nutriente	Componentes	Porcentaje del nutriente que aporta (p/p)	Composición del nutriente por componente	Composición por nutriente
N (total)	Sulfato de amonio	21% de N	0.02687	0.10
	MAP	11% de N	0.0027	
	DAP	18% de N	0.07043	
P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Roca fosfática	26% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.0065	0.20
	MAP	55% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	
	DAP	46% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.0135	
K (K <sub>2</sub> O)	KCl	60% de K <sub>2</sub> O	0.15	0.20
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50% de K <sub>2</sub> O	0.03777	
	Sulpomag	22% de K <sub>2</sub> O	0.01223	
Mg	Sulpomag	18% de Mg	0.01	0.01
CaO	Roca fosfática	40% de CaO	0.01	0.01

Creación propia con datos del proceso de fertilizante NPK granular Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería.

Las cantidades de materia prima que se van a emplear para una producción de 10,000 Kg al día son:

Materia prima	Kg/ día
Sulpomag	555.554
Cloruro de potasio	2,500
Sulfato de potasio	755.554
Roca fosfórica	250
MAP	245.454
Sulfato de amonio	80.144
Ácido fosfórico	5,279.596
Ácido sulfúrico	890.052
Amoniacó	1,545.446
Abono	151.094





## Bibliografía

1. De León Vázquez, E. (2009). *La Producción de Fertilizante a Partir de Gas Natural*. Tesina de licenciatura no publicada, IPN, Cd de México.
2. Méndez Morales, J.S. (2016) .*Problemas Económicos de México y Sustentabilidad*. México: McGraw Hill
3. Madrid, R., y Madrid, J. V. (1996). *Fertilizantes*. México: Mundi –Prensa.
4. Fuentes, L (1999). *El suelo y los fertilizantes*. México: Mundi-prensa.
5. Fernández, R. A. (2017). *Elementos del suelo esenciales para las plantas*. Recuperado de [http://www.infoagro.com/abonos/elementos\\_suelo\\_esenciales\\_plantas.htm](http://www.infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm) . Consultado: Agosto 21, 2017.
6. AGROGEN. (2017) .*NPK triple 17*. Recuperado de <http://www.agrogen.com.mx> . Consultado: agosto 20, 2017
7. International Plant Nutrition Institute. (2016). *Fuentes de Nutrientes Específicos*. Recuperado de [https://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/A48F7C5B42D2D6BF85257BBA0059A849/\\$FILE/NSS-ES-03.pdf](https://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/A48F7C5B42D2D6BF85257BBA0059A849/$FILE/NSS-ES-03.pdf) . Consultado: Agosto 21, 2017.
8. Fertilizantes YPF. (2016). *Ficha comercial de Sulfato de potasio y magnesio*. Recuperado de <http://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/FT-Sulfato-de-Potasio-y-Magnesio.pdf> . Consultado: Noviembre 30, 2017
9. ISUSA. (2016) *Sulfato de amonio*. Recuperado de <http://www.isusa.com.uy/producto/sulfato-de-amonio-industrial> Consultado: Noviembre 30, 2017.
10. International Plant Nutrition Institute. (2016). *Fuentes de Nutrientes Específicos, Fosfato monoamónico*, Recuperado de [https://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/5941C29125DA441485257BBA0059B952/\\$FILE/NSS-ES-09.pdf](https://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/5941C29125DA441485257BBA0059B952/$FILE/NSS-ES-09.pdf) . Consultado: Noviembre 30, 2017.
11. International Plant Nutrition Institute. (2016). *Sulfato de potasio, Fuentes de Nutrientes Específicos*. Recuperado de [https://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/ACFE8C498DEF020A85257BBA0059AE52/\\$FILE/NSS-ES-05.pdf](https://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/ACFE8C498DEF020A85257BBA0059AE52/$FILE/NSS-ES-05.pdf) Consultado: Noviembre 30, 2017.
12. International Plant Nutrition Institute. (2016). *Roca fosfórica. Fuentes de Nutrientes Específicos*. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/87987AB4CE177BBC85257BBA0059D2C2/\\$FILE/NSS-ES-19.pdf](http://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/87987AB4CE177BBC85257BBA0059D2C2/$FILE/NSS-ES-19.pdf) Consultado: Noviembre 30, 2017.
13. Corporativo Químico global. (2016). *Ácido fosfórico*. Recuperado de <https://quimicoglobal.mx/acido-fosforico-2/> Consultado: Noviembre 30, 2017.
14. INQUIFERSA. (2016). *Amoniaco Anhidro*, Recuperado de <http://www.inquifersa.com.mx/noticias/amoniaco-anhidro/> Consultado: Noviembre 30, 2017.
15. Corporativo Químico global. (2016). *Ácido sulfúrico*, Recuperado de <https://quimicoglobal.mx/acido-sulfurico-2/> Consultado: Noviembre 30, 2017.
16. Ácidos y Solventes en la industria química.(2015). *Ácido sulfúrico*. Recuperado de <http://www.acidosysolventes.com/acido-sulfurico.shtml> Consultado; Marzo 25, 2018

17. Ballesteros, J. F., (2015) *Fertilizantes de acción lenta encapsulados*. Recuperado de [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1995\\_11.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1995_11.pdf) Consultado: Julio 17,2018
18. Cosmos,Online. (2016). *Información Técnica y Comercial de las Ceras parafinicas*. Recuperado de <https://www.cosmos.com.mx/wiki/ceras-parafinicas-dl1v.html> Consultado: Noviembre 30, 2017.
19. Cooke, G.W. (1994). *Fertilizantes y sus Usos.*, Cd. De México: Limusa.
20. Bracho, D., Martínez, A., Mata, J., Reidtler, Y. (2013) *Proceso de producción de granulados NPK (10-20-20)*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/169050041/Procesos-Petroquimicos-NPK-Final> Consultado: Sept.8, 2017.
21. Taylor, L. (1997) Método de producción de fertilizante granular NPK. *Informaciones Agronómicas.N°26,8-14*. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/1F7EE4751C203EC485258012005E5F03/\\$FILE/Ing-Agro26.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/1F7EE4751C203EC485258012005E5F03/$FILE/Ing-Agro26.pdf) Consultado: Septiembre 8, 2017.
22. Incro Lmtd. (1995).*Fertilizer NPK (10-20-20) Process Producction*. Patente 5497946, 1985.
23. Cabello F.J.(1999). *Proceso de Producción de Fertilizantes Granulados Tipo NPK Enriquecido con Lodos de Tratamiento de Aguas*. Patente NL/a/2005/000080, 2007.
24. Unie Van, K.(1980). *Procedimiento de Preparación de un Fertilizante Granular de NPK*. Patente ES482116.
25. ANACOFER, Asociación Nacional de Comercializadoras de Fertilizantes. (2006). *Mercado mexicano de fertilizantes: perspectivas 2006*. Recuperado de <http://www.fertilizando.com/estadisticas/mercadoMexicanoFertilizantes2006.pdf> . Consultado: Septiembre 4, 2017.
26. INQUIFERSA. (2016). *La industria de los fertilizantes en México*. Recuperado de <http://inquifersa.com.mx/noticias/la-industria-de-los-fertilizantes-en-mexico/> Consultado: Septiembre 4, 2017.
27. SEMARNAT. (2016). *Exportación e Importación de fertilizantes en México*. Recuperado de [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/02\\_agrigan/d2\\_agrigan05\\_02.pdf](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/02_agrigan/d2_agrigan05_02.pdf) Consultado: Abril 25, 2018
28. ANACOFER. (2015).*Importación estimada a Diciembre 2017*. Recuperado de <http://www.anacofer.com.mx/graficas.html> Consultado Abril 30, 2018
29. Rase, H.F., y Barrow, M.H. (1998). *Ingeniería de proyectos para plantas de proceso*. México: Continental.
30. Medina, J.R. (2009). Localización de una planta industrial: revisión crítica y adecuación de los criterios empleados en esta decisión. *Revista mexicana de ingeniería química*, 8, 271-274.
31. Salazar, L.B. (2015). *Métodos de localización de planta*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/diseño-y-distribución-en-planta/métodos-de-localización-de-planta/>. Consultado: Octubre 10, 2017.
32. SAGARPA. (2016). *Servicio de información agroalimentaria*. Recuperado de <https://www.gob.mx/sip/acciones-y.programas/producción-agricola-33119>. Consultado: Julio 31, 2018

33. INEGI. (2018). Banco de datos. *DNUE ( Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas)*. Recuperdo de [www.beta.inegi.org.mx/mapa/denue/default.aspx](http://www.beta.inegi.org.mx/mapa/denue/default.aspx) Consultado: Julio 31, 2018
34. Vázquez, M. (1994). *Análisis Financiero, Estudio económico*. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2011/eva-ele4.pdf>. Consultado: Noviembre 19, 2017.
35. Baca,U.G., (2001).*Evaluación de proyectos, Estudio económico*. Recuperado de <https://ianemartinez.files.wordpress.com/2012/09/evaluacion-de-proyectos-gabriel-baca-urbina-corregido.pdf>. Consultado: Noviembre 20, 2017.
36. Comisión Federal de Electricidad, CFE. (2018). *Tarifas por Kw 2018*, (Online), Recuperado de [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas\\_industria.asp?Tarifa=CMAMT&Anio=2017](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_industria.asp?Tarifa=CMAMT&Anio=2017), Consultado: Octubre 27, 2018.
37. Gaceta Oficial de la Ciudad de México. (2018). *Tarifas del agua*. Recuperado de <http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/tarifas/tarifas172.pdf>. Consultado: Mayo 5, 2018. Consultado: Febrero 13, 2018.
38. Méndez, V.A., (2000). *Teoría y prácticas de contabilidad*. Recuperado de [https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Contabilidad\\_Financiera1\\_Unidad\\_3.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Contabilidad_Financiera1_Unidad_3.pdf) .Consultado: Noviembre 25, 2017.
39. Reni Mutiaria, y Sari, (2014).KLM Technology Group, *GENERAL PROCESS PLANT COST ESTIMATING (ENGINEERING DESIGN GUIDELINE)*.Malasia: Kolmetz
40. Nacional Financiera Banca de desarrollo. (2018). *Industrial de la Construcción*. Recuperado de [http://www.nafin.com.mx/portalf/content/financiamiento/financiamiento\\_construccion.html](http://www.nafin.com.mx/portalf/content/financiamiento/financiamiento_construccion.html) Consultado: Mayo 1, 2018
41. Legorreta, M.A. (2010). *Análisis financiero y económico en la instalación de una consultoría profesional*. Tesis de licenciatura no publicada, UNAM, Facultad de Economía. Cd. México.
42. Ortiz, V.G. (2016). *Finanzas, como calcular el punto de equilibrio*. Recuperado de <https://www.gestipolis.com/punto-de-equilibrio-como-se-determina/> Consultado: Agosto 1, 2018.
43. Quinto, C. R. (2018). ISR: Impuesto sobre la Renta en México 2018. Recuperado de <https://www.rankia.mx/blog/isr-impuesto-renta/2128565-isr-impuesto-renta-mexico-2018>, Consultado: Mayo 28, 2018.
44. Financiamiento RED México. (2018). *Impuestos sobre Nóminas 2018*. Recuperado de <http://losimpuestos.com.mx/impuesto-sobre-nominas/>, Consultado: Mayo 28, 2018.
45. Gómez, A.M. (2014). *Evaluación económica*. Tesis de licenciatura no publicada, UNAM, Cd de México.<http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap4.pdf>. Consultado: Noviembre 22, 2017.
46. Sevilla, A. (2017). *Tasa interna de Retorno. Economía* <http://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html> Consultado: Mayo 15, 2017.
47. Bustos ,F.E., IPN, *Escuela superior de Cómputo Análisis de sensibilidad*. Recuperado de [http://www.angelfire.com/ak6/ilb/3\\_5.pdf](http://www.angelfire.com/ak6/ilb/3_5.pdf). Consulado noviembre 18, 2017.

48. Gestión de riesgos (2017). *Análisis y Cuantificación, Análisis de riesgos*. Recuperado de [http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis\\_Riesgos/pages/pdf/metodologia/4AnalisisycuantificaciondelRiesgo%28AR%29\\_es.pdf](http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis_Riesgos/pages/pdf/metodologia/4AnalisisycuantificaciondelRiesgo%28AR%29_es.pdf). Consultado: noviembre 26, 2017.
49. PALADISE.(2016). *Fabricante de software de análisis de riesgos y de decisiones*. Recuperado de [http://www.palisade-lta.com/risk/simulacion\\_monte\\_carlo.asp](http://www.palisade-lta.com/risk/simulacion_monte_carlo.asp). Consultado: noviembre 26, 2017
50. @RISK. (2017). *Simulador @RISK*. Recuperado de <http://www.palisade-lta.com/risk/> Consultado Mayo 15, 2018
51. Moreno, J.A. (2017). *Análisis comparativo de métodos de la Evaluación de Impacto Ambiental*. Tesis de Licenciatura no publicada, UNAM, Cd. México.

