

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

"Diseño de un Sistema de Control y Gestión del Inventario de  
Producto Terminado para una Empresa Productora de  
Fertilizantes Simples y Compuestos"

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentada por:

Leo Alexander Trujillo Coloma

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2006

## AGRADECIMIENTO

A mi directora de tesis, MSc. Denise Rodríguez y vocales, MSc. Jorge Abad y PhD. Kléber Barcia, por su valiosa colaboración y paciencia, a todos mis profesores que compartieron sus conocimientos sin egoísmo, a mi querido colegio San José De La Salle, que en sus aulas aprendimos a tener una vida de principios, metas y tenacidad para alcanzarlos, a todos mis buenos amigos y uno especial a toda mi familia, su incondicional apoyo es algo que debo retribuirles enormemente.

## **DEDICATORIA**

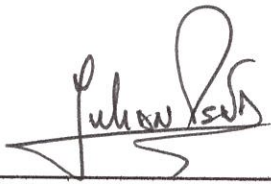
**A DIOS**

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

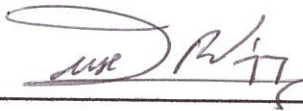
A MIS AMIGOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Julián Peña  
DELEGADO DEL DECANO  
DE LA FIMCP



---

Ing. Denise Rodríguez Z.  
DIRECTORA DE TESIS



---

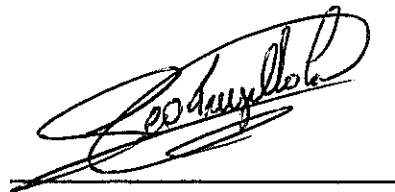
Dr. Kléber Barcia V.  
VOCAL



## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Leo Trujillo Coloma', written over a horizontal line.

Leo Trujillo Coloma

Leo Trujillo Coloma

## **RESUMEN**

El siguiente proyecto de tesis trata sobre el diseño de un sistema de gestión y control de los inventarios de producto terminado, en una empresa productora de fertilizantes simples y compuestos de la ciudad de Guayaquil.

Hoy en día la empresa en estudio, ha diversificado su maletín de servicios y productos dentro de las mismas instalaciones, lo que ha generado una reducción de espacio en las áreas destinadas al almacenamiento del producto terminado, como son los sacos de fertilizante simples y compuestos. Además, existe un desbalance entre las cantidades de producción y la demanda del fertilizante, hecho que se refleja en los altos

niveles de inventario. Este escenario ha obligado a la empresa a tener un mayor control y gestión de los inventarios de producto terminado.

El objetivo principal de esta tesis es diseñar un sistema de gestión del inventario de producto terminado, que jerarquice el inventario según su valor monetario y así, establecer políticas de inventario y cantidades de reaprovisionamiento adecuadas al nuevo escenario que tiene la empresa hoy en día. El modelo de gestión a seguir, se deriva de la recopilación de algunas teorías de inventarios para sistemas de demanda independiente y que será mostrada en el marco teórico de esta tesis.

La metodología a utilizar en esta tesis es la siguiente:

Comienza con un levantamiento de datos entre varios departamentos de la empresa como: Producción, Comercialización, Inventarios y Aseguramiento de la Calidad. Luego estos datos son analizados para convertirlos en información y poder ser utilizados en el objetivo de esta tesis.

Finalmente, una vez obtenida la información de los diferentes departamentos de la empresa, se elaborará el diseño de gestión del inventario de producto terminado, en base al modelo visto en el marco teórico y ajustado al escenario actual de la empresa.

El resultado esperado de esta tesis, es reducir un 30% la inversión financiera del inventario de producto terminado tanto de fertilizante simple como compuesto.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes generales de la empresa.....	1



1.1.1 Operaciones de la empresa.....	1
1.1.2 Estructura organizacional.....	4
1.1.3 Funcionalidad y característica de los fertilizantes.....	7
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.3 Objetivos de la tesis.....	15
1.4 Metodología a utilizar para el desarrollo de esta tesis.....	16
1.5 Estructura de la tesis.....	18
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. BASES Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>19</b>
2.1 Concepto de inventarios.....	19
2.1.1 El papel que juega el inventario.....	19
2.1.2 Terminología del inventario.....	20
2.1.3 Costos de inventario.....	22
2.1.4 Medidas de efectividad.....	24
2.1.5 Políticas de inventario.....	26
2.2 Decisiones de cantidad.....	29
2.2.1 Modelos estáticos de tamaño de lote.....	31
2.2.2 Modelos dinámicos de tamaño de lote.....	37
2.3 Decisiones de tiempo.....	41
2.3.1 Decisiones de una sola vez.....	42
2.3.2 Decisiones de tiempo continuo.....	43
2.3.3 Decisiones de tiempo intermitente.....	48

2.4 Decisiones de control.....	50
2.4.1 Análisis de Pareto.....	51
2.4.2 Sistemas de control de inventarios: un enfoque administrativo.....	54

### CAPÍTULO 3

3. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	64
3.1 Capacidad de almacenamiento de la empresa.....	64
3.2 Tipos de fertilizantes producidos en la empresa.....	67
3.2.1 Fertilizante simple.....	67
3.2.2 Fertilizante compuesto.....	68
3.3 Análisis de la producción de fertilizantes.....	71
3.3.1 Producción total de fertilizantes.....	72
3.3.2 Producción de fertilizantes ingresados a bodega.....	78
3.3.3 Producción de fertilizantes despachada a clientes.....	81
3.4 Análisis de la demanda de fertilizantes.....	84
3.4.1 Demanda total de fertilizantes.....	85
3.4.2 Demanda de fertilizantes desde bodega.....	90
3.4.3 Demanda de fertilizantes desde la planta.....	93
3.5 Análisis de la producción y la demanda en el tiempo.....	95
3.5.1 Fertilizantes simples en el tiempo.....	95
3.5.2 Fertilizantes compuestos en el tiempo.....	98

3.5.3 Fertilizantes simples y compuestos en el tiempo.....	101
3.6 Análisis del stock de producto terminado de fertilizantes.....	106
3.6.1 Saldo bodega de fertilizante simple.....	107
3.6.2 Saldo bodega de fertilizante compuesto.....	109
3.6.3 Producto no conforme generado en las bodegas.....	110

## CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DEL INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO.....	115
4.1 Análisis ABC de los artículos en inventario de producto terminado.....	116
4.1.1 Análisis ABC para el fertilizante simple.....	118
4.1.2 Análisis ABC para el fertilizante compuesto.....	121
4.2 Clasificación de fertilizantes especiales.....	126
4.2.1 Clasificación de fertilizantes simples especiales.....	126
4.2.2 Clasificación de fertilizantes compuestos especiales.....	127
4.3 Inventarios Grupo A.....	128
4.4 Inventarios Grupo B.....	131
4.5 Inventarios Grupo C.....	134
4.6 Análisis de los resultados esperados del diseño.....	136

## CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	146
5.1 Conclusiones.....	146
5.2 Recomendaciones.....	150

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

B	Boro
C	Carbono
Ca	Calcio
Cl	Cloro
DPF	Demanda de período fijo
EOQ	Cantidad económica a ordenar
EPQ	Lote económico a producir
Fe	Hierro
H	Hidrógeno
K	Potasio
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
MRP	Planeación de recursos de materiales
N	Nitrógeno
NH <sub>4</sub>	Amonio
NO <sub>3</sub>	Nitrato

O	Oxígeno
P	Fósforo
S	Azufre
Zn	Zinc

## SIMBOLOGÍA

$A$	Costo por ordenar
$c$	Costo unitario
$D$	Demanda por unidad de tiempo
$\bar{D}$	Demanda promedio en un período
$i$	Costo anual de mantener el inventario
$I$	Nivel de inventario
$I_t$	Inventario disponible en el tiempo
$O_t$	Posición de órdenes colocadas en el tiempo
$Q$	Tamaño de la orden
$Q^*$	Cantidad económica a ordenar o producir
$R$	Punto de reorden
$s$	Inventario de seguridad
$T$	Período de revisión
$T^*$	Valor óptimo del período de revisión
$t_1$	Nivel de inventario inicial
$t_2$	Nivel de inventario final
$X_t$	Posición del inventario en el tiempo

Z	Valor estandarizado de la distribución normal
$\alpha$	Nivel de servicio
$\sigma$	Desviación estándar
$\tau$	Tiempo de entrega
$\Psi$	Tasa de producción
\$	Dólar americano
%	Porcentaje

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Proceso de la fotosíntesis..... 8
Figura 1.2	Esquema general de nutrición de una planta..... 10
Figura 1.3	Utilización del amoníaco para elaborar fertilizantes..... 11
Figura 1.4	Nomenclatura de los fertilizantes compuestos..... 13
Figura 1.5	Metodología a seguir para el desarrollo de la tesis..... 17
Figura 2.1	Política de revisión periódica..... 28
Figura 2.2	Política de revisión continua..... 29
Figura 2.3	Clasificación de los modelos de tamaño de lote..... 31
Figura 2.4	Geometría del inventario EOQ..... 34
Figura 2.5	Geometría del inventario EPQ..... 36
Figura 2.6	Clasificación de las decisiones de tiempo..... 42
Figura 2.7	Sistema de revisión periódica..... 48
Figura 2.8	El principio fundamental del sistema de control del inventario..... 56
Figura 2.9	Diseño del sistema de control de inventarios..... 58
Figura 2.10	Acción administrativa..... 63
Figura 3.1	Distribución y zonificación de la empresa..... 65
Figura 3.2	Distribución anual de la producción de fertilizantes por 72

	tipo de producto.....	
Figura 3.3	Pareto de la producción anual de sacos de fertilizantes simples.....	73
Figura 3.4	Pareto de la producción anual de sacos de fertilizantes compuestos.....	74
Figura 3.5	Pareto de la cantidad anual de sacos de fertilizantes no conformes.....	76
Figura 3.6	Distribución anual por tipo de producción.....	77
Figura 3.7	Distribución de la producción ingresada a bodega.....	78
Figura 3.8	Pareto de la producción anual de sacos de fertilizantes simples ingresado a bodega.....	79
Figura 3.9	Pareto de la producción anual de sacos de fertilizantes compuestos ingresado a bodega.....	80
Figura 3.10	Distribución de la producción despachada a clientes.....	81
Figura 3.11	Pareto de la producción anual de sacos de fertilizante simple despachado a clientes.....	83
Figura 3.12	Pareto de la producción anual de sacos de fertilizante compuesto despachado a clientes.....	84
Figura 3.13	Distribución anual de la demanda de fertilizante por tipo de producto.....	86
Figura 3.14	Pareto de la demanda anual de sacos de fertilizantes simples.....	87
Figura 3.15	Pareto de la demanda anual de sacos de fertilizantes compuestos.....	88
Figura 3.16	Distribución anual de la demanda de fertilizante por tipo de demanda.....	89
Figura 3.17	Distribución de la demanda de fertilizantes simples y compuestos desde la bodega.....	91
Figura 3.18	Pareto de la demanda anual de sacos de fertilizante simple desde la bodega.....	92
Figura 3.19	Pareto de la demanda anual de sacos de fertilizante compuesto desde la bodega.....	93
Figura 3.20	Distribución de la demanda de fertilizantes simples y compuestos desde la planta.....	94
Figura 3.21	Producción mensual de sacos de fertilizante simple – Año 2004.....	96
Figura 3.22	Demanda mensual de sacos de fertilizante simple – Año 2004.....	97
Figura 3.23	Producción y demanda mensual de sacos de fertilizante simple – Año 2004.....	98
Figura 3.24	Producción mensual de sacos de fertilizante compuesto – Año 2004.....	99
Figura 3.25	Demanda mensual de sacos de fertilizante compuesto.....	100

	– Año 2004.....	
Figura 3.26	Producción y demanda de sacos de fertilizante compuesto – Año 2004.....	101
Figura 3.27	Producción total mensual de sacos de fertilizante – Año 2004.....	102
Figura 3.28	Demanda total mensual de sacos de fertilizante – Año 2004.....	103
Figura 3.29	Producción y demanda total mensual de sacos de fertilizantes – Año 2004.....	105
Figura 3.30	Producción ingresada y demanda bodega total mensual de sacos de fertilizante – Año 2004.....	107
Figura 3.31	Pareto del saldo anual de sacos de fertilizante simple en las bodegas de producto terminado.....	108
Figura 3.32	Pareto del saldo anual de sacos de fertilizante compuesto en las bodegas de producto terminado.....	110
Figura 3.33	Producto no conforme generado en las bodegas de producto terminado – Año 2004.....	111
Figura 3.34	Sacos de fertilizante simple no conforme generado en las bodegas de producto terminado – Año 2004.....	113
Figura 3.35	Sacos de fertilizante compuesto no conforme generado en las bodegas de producto terminado – Año 2004.....	114
Figura 4.1	Análisis ABC para los fertilizantes simples.....	119
Figura 4.2	Curva ABC para los fertilizantes simples.....	120
Figura 4.3	Análisis ABC para los fertilizantes compuestos.....	123
Figura 4.4	Curva ABC para los fertilizantes compuestos.....	124
Figura 4.5	Cálculo del punto de reorden (R) y stock de seguridad (s) para los fertilizantes simples del grupo A.....	129
Figura 4.6	Cálculo del punto de reorden (R) y stock de seguridad (s) para los fertilizantes compuestos del grupo A.....	129
Figura 4.7	Cálculo del stock de seguridad (s), punto de reorden (R) y cantidad de reorden (Q) para los fertilizantes simples del grupo B.....	132
Figura 4.8	Cálculo del stock de seguridad (s), punto de reorden (R) y cantidad de reorden (Q) para los fertilizantes compuestos del grupo B.....	133
Figura 4.9	Cálculo del stock de seguridad (s) y punto de reorden (R) para los fertilizantes simples del grupo C.....	136
Figura 4.10	Cálculo del stock de seguridad (s) y punto de reorden (R) para los fertilizantes compuestos del grupo C.....	136



## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Operaciones realizadas en las instalaciones.....	2
Tabla 2	Clasificación de los nutrientes minerales.....	9
Tabla 3	Concentración de nutrientes minerales en fertilizantes simples empleados para mezclas.....	14
Tabla 4	Capacidad de almacenamiento de la empresa.....	66
Tabla 5	Listado de fertilizantes simples.....	68
Tabla 6	Listado de fertilizantes compuestos.....	69
Tabla 7	Fórmulas y nombres comerciales de los fertilizantes compuestos.....	70
Tabla 8	Fórmulas comerciales de los fertilizantes compuestos.....	71
Tabla 9	Saldo anual de fertilizante simple desde las bodegas de producto terminado.....	109
Tabla 10	Saldo anual de fertilizante compuesto desde las bodegas de producto terminado.....	110
Tabla 11	Precio de venta del fertilizante simple.....	117
Tabla 12	Precio de venta del fertilizante compuesto.....	117
Tabla 13	Resultado del análisis ABC para los fertilizantes simples..	121

Tabla 14	Resultado del análisis ABC para los fertilizantes compuestos.....	124
Tabla 15	Saldo actual anual de fertilizante.....	137
Tabla 16	Saldo actual anual de fertilizante según la clasificación ABC (sacos).....	138
Tabla 17	Saldo actual anual de fertilizante según la clasificación ABC (\$)......	139
Tabla 18	Saldo propuesto anual de fertilizante según la clasificación ABC (sacos).....	140
Tabla 19	Saldo propuesto anual de fertilizante según la clasificación ABC (\$)	141
Tabla 20	Análisis comparativo del saldo actual de fertilizante versus el saldo propuesto (sacos).....	142
Tabla 21	Análisis comparativo del saldo actual de fertilizante versus el saldo propuesto (\$)......	143
Tabla 22	Estructura del departamento de Logística.....	145

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes generales de la empresa

La empresa en estudio fue fundada en el año 1964 con capital estatal. En el mes de enero del año 1994, fue privatizada y adquirida por un grupo empresarial de la ciudad de Guayaquil.

Su principal actividad es la importación y comercialización de fertilizantes simples, la elaboración de fertilizantes compuestos y su comercialización también.

A continuación vamos a detallar las diferentes operaciones dentro de la empresa, su estructura organizacional y al final una pequeña introducción acerca de los fertilizantes.

### **1.1.1 Operaciones de la empresa**

Dada la infraestructura con la que cuenta la empresa en estudio, esta ha sido aprovechada por el grupo corporativo para el desarrollo de otras líneas de negocio a través del tiempo, ampliando el maletín de productos y/o servicios que ofrece la empresa.

A continuación, en la Tabla 1 se muestra un resumen de todos los negocios que se desarrollan actualmente en las instalaciones de la empresa.

<b>TABLA 1</b>
<b>OPERACIONES REALIZADAS EN LAS</b>

INSTALACIONES	
LINEA DE NEGOCIO:	DESCRIPCION:
1. PROCESO DE FERTILIZANTES	<b>Almacenamiento al granel y proceso de ensacado de fertilizantes simples y elaboración de compuestos.</b>
2. DESCARGA DE FERTILIZANTES	<b>Operaciones de puerto que se realizan para la manipulación, transporte y almacenamiento de fertilizantes importados al granel en buques con capacidad hasta 30,000 TM de materia prima.</b>

<p>3. CARGA DE BANANO PARA EXPORTACION</p>	<p><b>Operaciones de muelle requeridas para recibir fruta de vehículos transportadores de banano, realizar el proceso de verificación de calidad y almacenamiento en los buques para exportación.</b></p>
<p>4. DESPACHO DE ACERO</p>	<p><b>Operación del muelle donde la empresa recibe planchas, perfiles y bobinas de acero que luego de desaduanizar son despachadas a diferentes clientes.</b></p>
<p>5. DESPACHO DE AGROQUIMICOS</p>	<p><b>La empresa realiza la importación del producto y</b></p>

	<p><b>subcontrata el servicio para el re-embalado en presentaciones específicas requeridas por el mercado local, que luego se despacha a los clientes desde las instalaciones propias.</b></p>
<p><b>6. FABRICACION DE PALLETS</b></p>	<p><b>Operaciones que otra empresa del grupo desarrolla para fabricación de pallets que luego serán empleados en el embalaje de cajas de banano para exportación</b></p>

Como puede apreciarse en la Tabla 1, las diferentes operaciones que se realizan dentro de las instalaciones de la

empresas son de diferentes índoles pero todas ellas tienen afinidad con respecto al giro global del negocio del grupo, esto representa una ventaja competitiva al nivel corporativo pero por motivos de uso de espacio, equipos, personal y costos operativos, representa una desventaja para el negocio propio de la empresa: los fertilizantes.

### **1.1.2 Estructura organizacional**

La empresa se caracteriza por ser una unidad de negocio autónoma en sus operaciones pero dependiente a nivel económico y organizacional de la matriz corporativa del cual es parte en conjunto con otras cinco compañías relacionadas al negocio agroindustrial.

Esta relación de dependencia ha originado un permanente cambio en su estructura organizacional, debido a la permanente centralización de procesos hacia la casa matriz y al crecimiento operativo que mantiene por la apertura de nuevas líneas de negocios en el área comercial. En el Apéndice A, se presenta la estructura organizacional de la empresa al momento de la realización de esta tesis.

A continuación se muestra una breve descripción de las diferentes áreas que tiene la empresa según su organigrama:

- Gerencia: responsable de la dirección, planificación y supervisión de las actividades de las diferentes áreas de la empresa.
- Comercialización: responsable de la planificación, ejecución y control de la publicidad, promoción, mercadeo y venta de los productos que ofrece la empresa. Además brinda asesoramiento técnico a los clientes y distribuidores en la utilización y manipulación de los productos.
- Operaciones: responsable de la planificación, coordinación, ejecución, supervisión y control de la producción en la planta, del mantenimiento de maquinaria y equipos, del aseguramiento de la calidad del producto así como de la operación y logística en la descarga de fertilizantes ya sea de buques o contenedores.
- Finanzas: responsable de las transacciones de los diferentes eventos económicos que ocurren en la empresa de acuerdo a los principios contables, se los presentan a través de los informes de los estados financieros y se los analiza de acuerdo a parámetros establecidos por la matriz corporativa.



- Operaciones Portuarias: responsable de la planificación, organización y control de las operaciones de atraque y zarpe, carga y descarga de los barcos y de todas las operaciones marítimas y portuarias del terminal que tiene la empresa.
- Administración: responsable de implementar, supervisar y controlar el cumplimiento de las leyes, reglamentos y políticas de la empresa, es un soporte para todos los departamentos en la resolución de los problemas o necesidades para la ejecución de sus actividades.
- Recursos Humanos: responsable de la implementación de políticas y procedimientos en la administración del recurso humano, así como también de la planificación y coordinación de procesos de compensaciones, selección, capacitación, evaluaciones de desempeño, beneficios y otras inherentes al área, emitidas por la matriz corporativa.

En el organigrama que se muestra en el Anexo A se puede ver que se trata de una empresa con una estructura organizacional de tamaño considerable, coherente con el volumen de operaciones que se maneja actualmente.

### **1.1.3 Funcionalidad y características de los fertilizantes**

En esta sección se explica de manera sencilla y figurativa el papel que desempeñan los fertilizantes, negocio principal de la empresa, en el proceso agrícola y los factores que intervienen para su aplicación en suelos.

### **Conceptos generales de fertilización:**

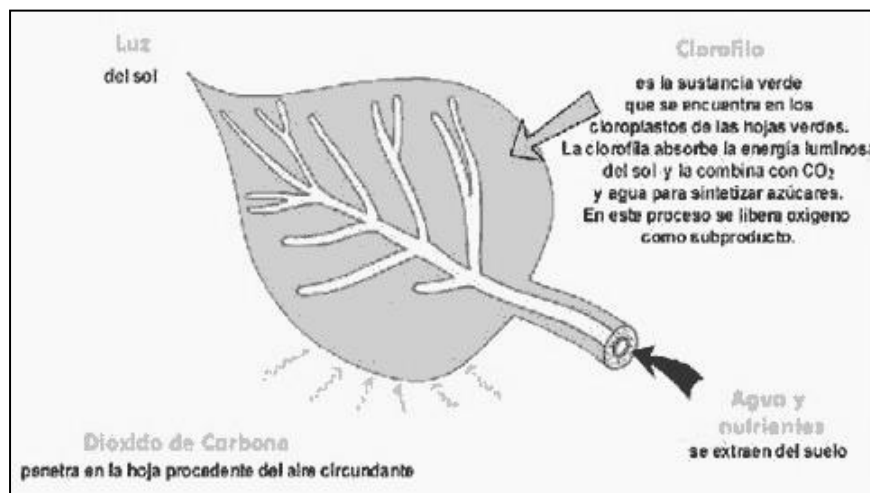
La relación entre hombres y plantas se ajusta perfectamente a una simbiosis en nuestra cadena alimentaria; ya que el hombre colabora con la naturaleza en tres factores preponderantes:

- Adición de nitrógeno, fósforo, potasio, cal y el resto de nutrientes necesarios para garantizar un rendimiento óptimo.
- Control de la disponibilidad de agua en el suelo mediante técnicas de riego y drenaje que optimicen este recurso.
- Buenas prácticas de labranza y producción para obtener las mejores condiciones ambientales favorables al crecimiento.

### **Nutrientes necesarios para las plantas:**

Son conocidos 16 elementos químicos fundamentales para el normal crecimiento de las plantas. Estos son clasificados en 2 grandes grupos de nutrientes: los no minerales y los minerales.

1. Los nutrientes no minerales: son aquellos elementos que se encuentran en la atmósfera y el agua y que son utilizados en el proceso de la fotosíntesis, ver Figura 1.1, estos son: Oxígeno (O), Hidrógeno (H) y Carbono (C). Los productos generados en fotosíntesis son los principales causales de la mayor parte del crecimiento de las plantas, si existiera falta de alguno de ellos, estuviera escaso el crecimiento.



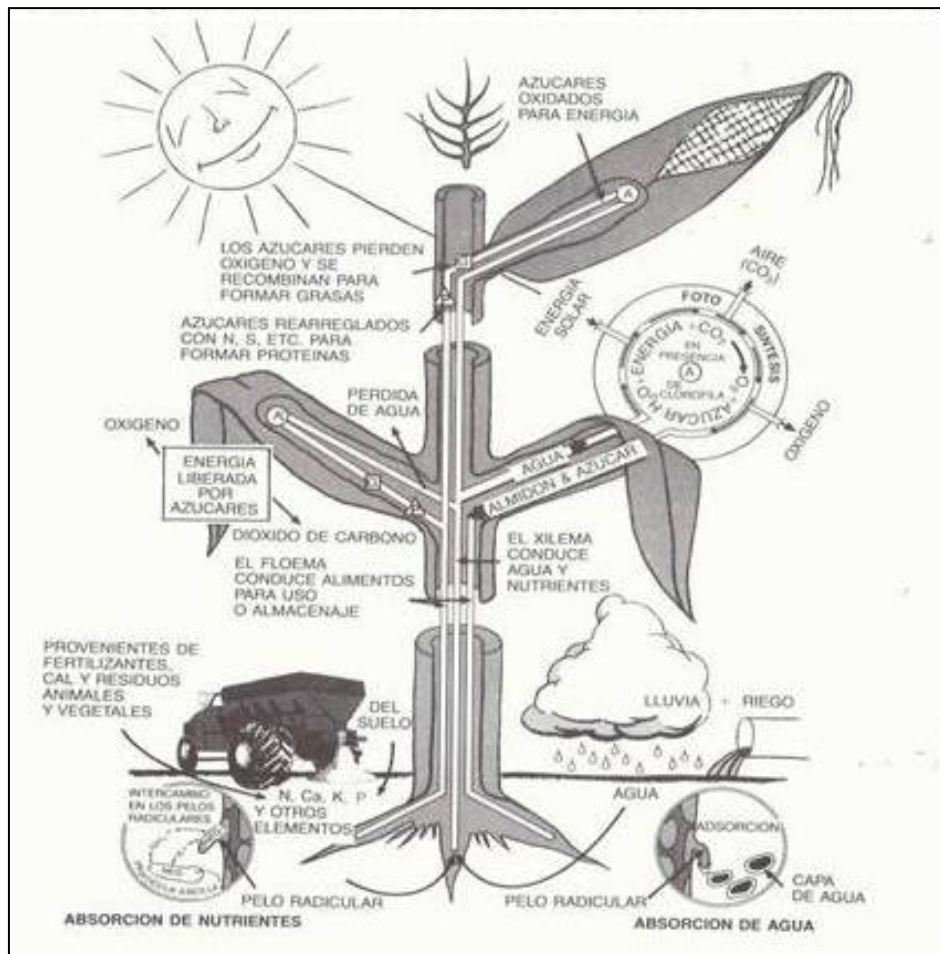
**FIGURA 1.1 PROCESO DE LA FOTOSÍNTESIS**

2. Los nutrientes minerales: Son aquellos que provienen del suelo y se los clasifica en tres grupos: Primarios, Secundarios, Micronutrientes. Los nutrientes primarios son los primeros en carecer en el suelo puesto que las plantas los utilizan en cantidades relativamente grandes.

La Tabla 2 presenta la clasificación de los nutrientes minerales que serán pilares fundamentales en la descripción del papel que desempeñan los fertilizantes inorgánicos que veremos más adelante.

TABLA 2	
CLASIFICACION DE LOS NUTRIENTES MINERALES	
NUTRIENTES PRIMARIOS:	MICRONUTRIENTES:
<b>1. Nitrógeno (N)</b>	<b>1. Boro (B)</b>
<b>2. Fósforo (P)</b>	<b>2. Cloro (Cl)</b>
<b>3. Potasio (K)</b>	<b>3. Cobre (Cu)</b>
NUTRIENTES SECUNDARIOS:	<b>4. Hierro (Fe)</b>
<b>1. Calcio (Ca)</b>	<b>5. Manganeso (Mn)</b>
<b>2. Magnesio (Mg)</b>	<b>6. Molibdeno (Mo)</b>
<b>3. Azufre (S)</b>	<b>7. Zinc (Zn)</b>

La Figura 1.2 que se muestra a continuación, esquematiza de manera clara y sencilla el sistema de nutrición para cualquier planta en general.



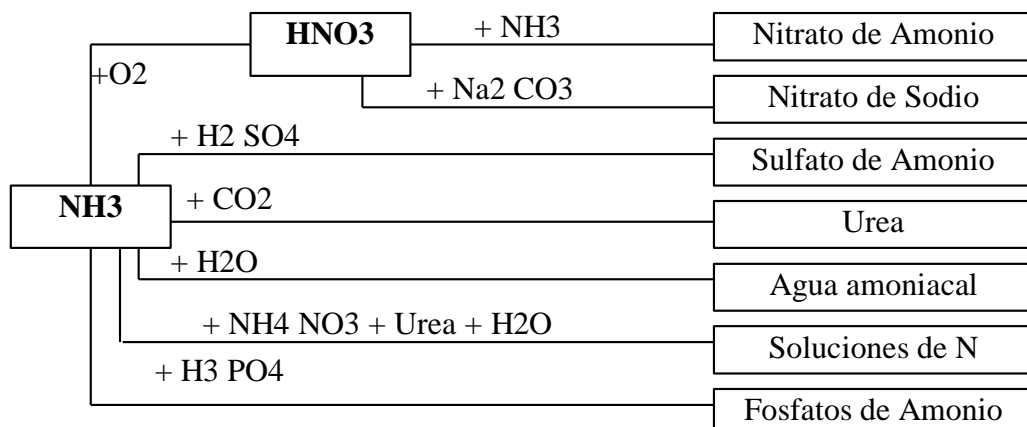
**FIGURA 1.2 ESQUEMA GENERAL DE NUTRICION DE UNA PLANTA**

**Descripción de los nutrientes minerales primarios (N-P-K):**

**Nitrógeno:**

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas al formar parte de todas las células vivientes. Específicamente, las plantas asimilan el nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) o de nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Es primordial para la síntesis de la clorofila, si falta nitrógeno y clorofila el cultivo no empleará luz del sol como fuente energética para desarrollar sus funciones básicas en la absorción de nutrientes.

En la Figura 1.3 se muestra un esquema de la utilización del amoniac para la elaboración de fertilizantes.



**FIGURA 1.3 UTILIZACIÓN DEL AMONIACO PARA ELABORAR FERTILIZANTES**

**Fósforo:**

Este nutriente es esencial e insustituible para el crecimiento de las plantas; las mismas deben poseerlo para completar un ciclo normal de producción.

El contenido de fósforo en los fertilizantes se expresa como equivalente de  $P_2O_5$  que es la designación del contenido relativo de fósforo.

El fósforo internamente actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división celular, alargamiento celular y otros procesos en la planta.

### **Potasio:**

Una de las funciones del potasio en el proceso de crecimiento de la planta es ayudar a la translocación de carbohidratos a diversos órganos en la planta.

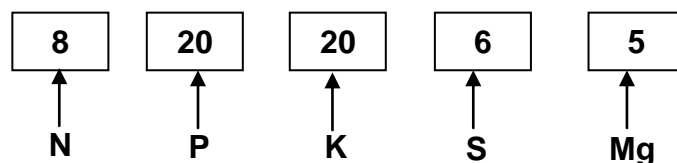
El potasio incrementa la materia seca y el contenido de almidón en las raíces. Por otro lado, el potasio reduce el contenido de ácido hidrocianico en las raíces, lo cual reduce el sabor amargo.

## **Nomenclatura de los Fertilizantes Compuestos**

Una vez explicados los papeles de los principales nutrientes (N-P-K) se debe conocer que los fertilizantes compuestos son la mezcla física de 2 o más fertilizantes simples en diferentes proporciones que generan una combinación específica de concentraciones de nutrientes de acuerdo a la necesidad específica de un suelo.

La nomenclatura numérica empleada para identificar un fertilizante compuesto muestra, en un orden secuencial N – P – K – S – Mg, la concentración porcentual de cada uno de estos elementos.

Para graficar esta nomenclatura se muestra un ejemplo en la Figura 1.4 a continuación:



**FIGURA 1.4 NOMENCLATURA DE LOS FERTILIZANTES COMPUESTOS**

En ocasiones cuando son requeridos micronutrientes se añade un dígito adicional para indicar la concentración de este, generalmente Boro granular.



Los fertilizantes empleados como fuente de concentración de cada uno de los nutrientes minerales son básicamente los indicados en la Tabla 3.

<b>TABLA 3</b>					
<b>CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES MINERALES EN FERTILIZANTES SIMPLES EMPLEADOS PARA MEZCLAS</b>					
<b>Fertilizante Simple:</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>MG</b>	<b>S</b>
UREA	46%	0	0	0	0
DAP	18%	46%	0	0	0
MURIATO GR	0	0	60%	0	0
SULFATO MAGNESIO	0	0	0	25%	20%
SULPOMAG GR	0	0	22%	11%	22%

## **1.2 Planteamiento del problema**

Hoy en día la empresa en estudio, ha diversificado su maletín de servicios y productos dentro de las mismas instalaciones, lo que ha generado una paulatina reducción de espacio en las áreas destinadas al almacenamiento del producto terminado, como son los sacos de fertilizante simple y compuesto.

Por otro lado, existe un desbalance entre las cantidades de producción y demanda del fertilizante, hecho que se refleja en los altos niveles de inventario que la empresa ha reportado anualmente.

Dado este escenario, la empresa toma la decisión de establecer una política formal de inventarios a fin de mejorar el control y gestión de los inventarios de producto terminado.

### **1.3 Objetivos de la tesis**

El objetivo principal de esta tesis es diseñar un sistema de control y gestión del inventario de producto terminado, teniendo en cuenta la demanda histórica del fertilizante (simple y compuesto) y el espacio actual destinado para el almacenamiento de los mismos con el fin de reducir el nivel de inventario de las bodegas de producto terminado.

Dado el objetivo principal, se derivan otros objetivos específicos, los cuales son:

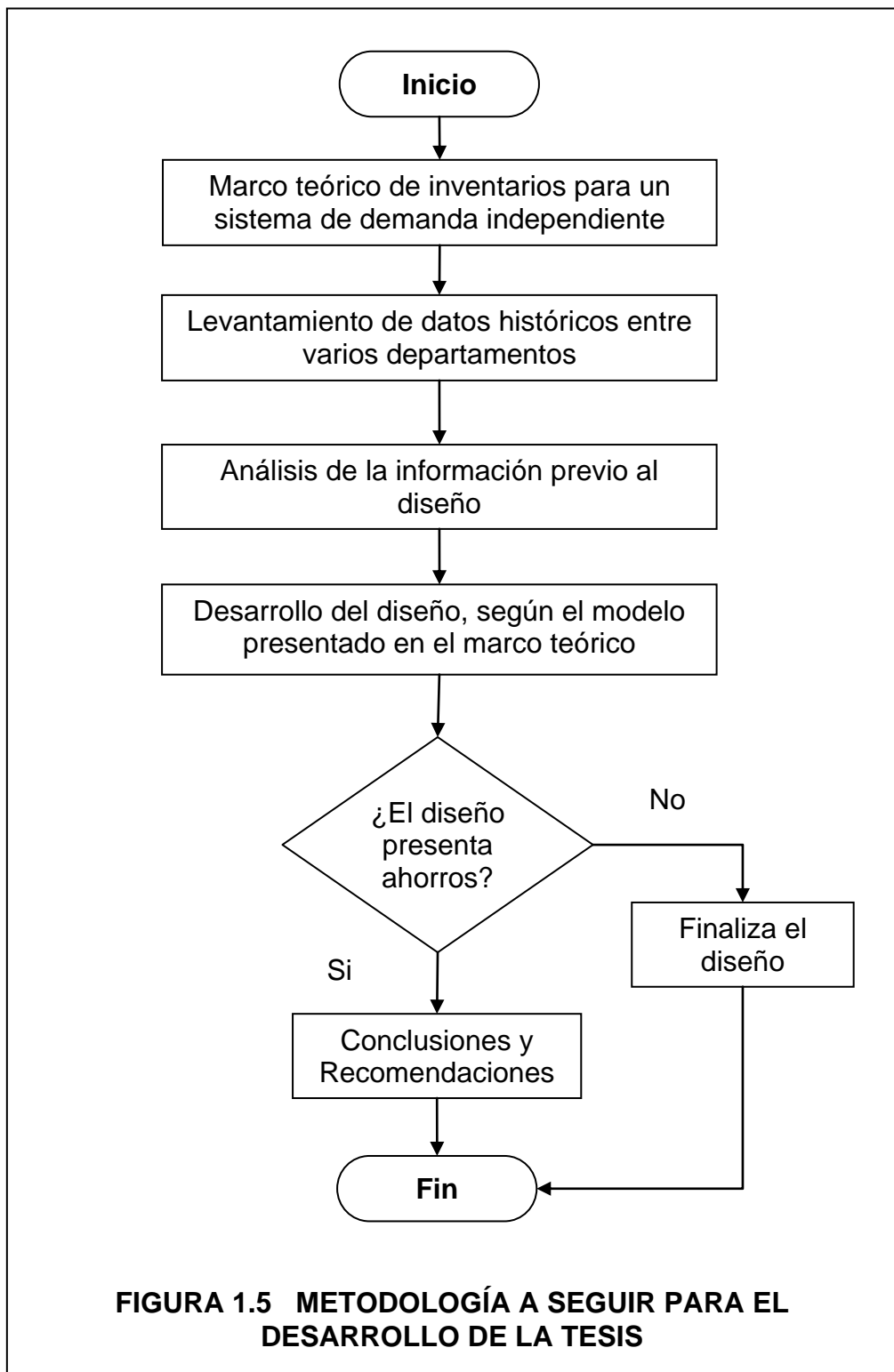
- Determinar una clasificación del inventario de producto terminado de las bodegas o patios de almacenamiento, en base al impacto monetario que representa cada uno de ellos.

- Determinar políticas de inventario para el producto terminado, previamente clasificado, con sus respectivos parámetros de control y gestión.
- Determinar el inventario de seguridad para cada tipo de fertilizante que la empresa ofrece comercialmente, todo esto en base a la variabilidad histórica de la demanda y el nivel de servicio, previamente establecido.
- Determinar, en volumen y dinero, el ahorro que el diseño propone con respecto al escenario actual de la empresa.

Todos estos objetivos específicos estarán presentes en el desarrollo de la tesis y nos guiarán en el alcance del objetivo principal de la misma.

#### **1.4 Metodología a utilizar para el desarrollo de la tesis**

En la Figura 1.5 se resume la metodología a seguir para alcanzar el objetivo principal de esta tesis.



## **1.5 Estructura de la tesis**

En esta sección se describirá, en forma resumida, el contenido de cada capítulo que forma parte de esta tesis.

- Capítulo 2: se presenta las bases y fundamentos teóricos de los inventarios para un escenario de demanda independiente. Además, una serie de modelos matemáticos teóricos sobre las variables de decisión que tiene un sistema de inventarios, como son: decisiones de cantidad y decisiones de tiempo. Al final del capítulo se muestra un modelo de control y gestión del inventario en base a toda la información vista.
- Capítulo 3: se realiza un análisis de la situación actual de la empresa, en base a los datos proporcionados por los diferentes departamentos de la empresa, se analiza la situación de la capacidad de almacenamiento, tipos de fertilizantes, niveles de producción, de la demanda y del producto terminado.
- Capítulo 4: en este capítulo, en base al modelo de control y gestión propuesto en el marco teórico y a la información obtenida en el análisis de la situación actual, se procede a desarrollar el diseño de un sistema de control y gestión del inventario de producto terminado y un análisis de los resultados esperados del diseño.
- Capítulo 5: En este capítulo se puntualizan todas las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo de esta tesis.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. BASES Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1 Concepto de Inventarios**

El inventario es un sistema importante y complejo y que se debe comprender su naturaleza antes de analizarlo. En esta primera sección se hará justo eso. Primeramente, se ampliará el papel que juega el inventario, su terminología, se identificará los costos del inventario y se presentará algunas medidas de efectividad para estos sistemas.

#### **2.1.1 El papel que juega el inventario**

Hasta ahora, sólo se ha descrito el inventario, pero no se lo ha definido. Entre las muchas definiciones disponibles, se muestra la siguiente por Daniel Sipper y Robert Bulfin en su libro Planeación y Control de la Producción:

*“Una cantidad de bienes bajo el control de la empresa, guardados durante algún tiempo para satisfacer una demanda futura”.*

Para el sector de manufactura, tales bienes son principalmente materiales: materia prima, unidades compradas, productos semiterminados y terminados, refacciones y materiales de consumo.

Esta definición muestra en otras palabras, que el inventario es un amortiguador entre dos procesos: el abastecimiento y la demanda. El proceso de abastecimiento contribuye con bienes al inventario, mientras que la demanda consume el mismo inventario. El inventario es necesario debido a las diferencias en las tasas y los tiempos entre el abastecimiento y la demanda, y esta diferencia se puede atribuir tanto a factores internos como: economías de escala, el suavizamiento de la operación y el servicio al cliente, como principal factor externo tenemos la incertidumbre de la demanda.

### **2.1.2 Terminología de inventario**

En la sección anterior se identificó la demanda como incierta y se mencionaron dos tipos de inventario: materia prima y

producto terminado. Ahora formalmente distinguiremos tipos de ambiente de demanda y varias clases de inventarios.

### **Ambiente de demanda:**

Aquí se puede clasificar en dos grandes categorías:

- **Determinístico o estocástico:** determinístico significa que se conoce con certidumbre la demanda futura de un artículo en inventario; cuando la demanda es aleatoria se llama estocástico. Cada caso requiere un análisis diferente.
- **Independiente o dependiente:** la demanda de un artículo no relacionada con otro artículo y afectada principalmente por las condiciones del mercado se llama demanda independiente. Ejemplos de este tipo tenemos la venta al menudeo o producto terminado en la manufactura. La demanda dependiente en cambio es muy común en la manufactura (la demanda de una unidad se deriva de la demanda de otra). Un ejemplo de este tipo sería un automóvil, llantas y tuercas. Cada vehículo requiere 5 llantas y 20 tuercas. Así la demanda de autos sería demanda independiente y las llantas y tuercas sería demanda dependiente.



## **Tipos de inventario**

- Los tipos de inventario en los sistemas de producción se clasifican según el valor agregado durante el proceso de manufactura. Las clasificaciones son: materia prima, producto en proceso (PEP) y producto terminado.

### **2.1.3 Costos de inventario**

Se define un inventario como una “cantidad de un bien”; como tal, incurre en costos. El costo de compra es obvio. Otros tipos de costos son el costo de ordenar (de preparación), el costo de almacenaje, el costo por faltantes y el costo de operación del sistema. Se explicará cada uno a continuación.

- Costo de compra: es el costo por artículo que se paga a un proveedor (llamado también costo de materiales). Sea  $c$  el costo unitario y  $Q$  el número de unidades compradas (tamaño de lote). Entonces el costo total de compra es  $cQ$ , una función lineal de  $Q$ . En algunos casos el proveedor tiene una tabla de costos basada en la cantidad comprada. Este costo unitario es una función de  $Q$  y el costo de compra es una función más compleja. Si se fabrica una unidad,  $c$  incluye tanto el costo del material como el costo variable para

producirla. El costo total de manufactura para un lote de producción es  $cQ$ .

- Costo de ordenar: es aquel en que se incurre cada vez que se coloca una orden con el proveedor. Es independiente del tamaño de lote que se compra y, por lo tanto, es un costo fijo denotado por  $A$ . Sin embargo, el costo anual de ordenar, depende del tamaño de lote.
- Costo de almacenaje: el inventario compromete el capital, uso de espacio y requiere mantenimiento, y todo cuesta dinero. Esto se llama costo de almacenaje o de mantener inventario e incluye lo siguiente:
  - ✓ Costo de oportunidad
  - ✓ Costo de almacenaje y manejo
  - ✓ Impuestos y seguros
  - ✓ Robos, daños, caducidad, obsolescencia, etc.
- Costo de operación del sistema: por último, existen costos relacionados con la operación y el control de los sistemas de inventario, que reciben el nombre de costo de operación del sistema. Este costo puede ser grande; incluye por ejemplo, el costo de computadoras y programas para el control del inventario.

#### **2.1.4 Medidas de efectividad**

El inventario es, en términos básicos, una entidad de servicio. Si el inventario satisface la demanda cuando ocurre, entonces el servicio es perfecto, de otra manera hay problemas con el servicio. Proporcionar un alto nivel de servicio no es gratis. El estudio de los sistemas de inventarios es un análisis de trueques entre los beneficios y los costos de mantenerlos. La meta es maximizar los beneficios al mismo tiempo que se minimiza el costo, una difícil misión. Esa meta es aún más compleja cuando el inventario contiene muchos artículos diferentes.

Primero se estudian los costos, los beneficios se ven como un costo de oportunidad. Existen 2 enfoques para medir la efectividad, un enfoque modelado y un enfoque gerencial. Se explicará cada uno a continuación:

- Enfoque modelado: este enfoque optimiza el sistema de inventarios. El criterio que se emplea en la mayoría de los modelos es minimizar el costo, aunque, en principio, también se podría usar maximización. Estos criterios son equivalentes para la mayoría de los sistemas de inventario, porque la ganancia es la diferencia entre el precio y el costo.

- Enfoque gerencial: utilizado casi siempre para sistemas de inventarios de múltiples artículos. La meta inmediata es reportar el tamaño del inventario a la gerencia. Una medida del tamaño del inventario es la inversión total en la fecha de reporte. Se multiplica la cantidad disponible de cada artículo por su costo y se suma el resultado para todos los artículos. Para obtener una medida relativa sobre si se tiene “demasiado” o “muy poco” inventario o para comparar el desempeño con los “estándares industriales” y con el de los competidores se usan otras dos medidas:

$$\text{Meses de abastecimiento} = \frac{\text{Inversión en inventario total}}{\text{Demanda promedio pronosticada (\$/mes)}}$$

$$\text{Rotación del inventario anual} = \frac{12 \times \text{Demanda promedio pronosticada (\$/mes)}}{\text{Inversión en inventario total}}$$

La primera medida indica cuánto tiempo se podrá satisfacer la demanda futura con el inventario disponible; la segunda indica la rapidez de rotación del inventario; mientras más alto sea el valor, más baja será la inversión en inventario.

Estas medidas cambian un poco con los diferentes objetivos y con los tipos de inventario (materia prima, producto terminado). Para verificar el desempeño futuro, se usa el pronóstico de demanda y para la evaluación del desempeño

pasado se usa la demanda real. Una manera rápida de calcular la rotación del inventario a partir de la hoja de balance de una compañía es:

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Valor de las ventas}}{\text{Valor del inventario}}$$

La comparación de esta cifra con la rotación de otras compañías o los estándares industriales de una indicación del desempeño de la operación del inventario.

### **2.1.5 Políticas de inventario**

El elemento principal que afecta el inventario es la demanda. Desde el punto de vista del control de producción, se supone que la demanda es una variable incontrolable. Existen 3 factores importantes en un sistema de inventario, llamados variables de decisión, que se pueden controlar:

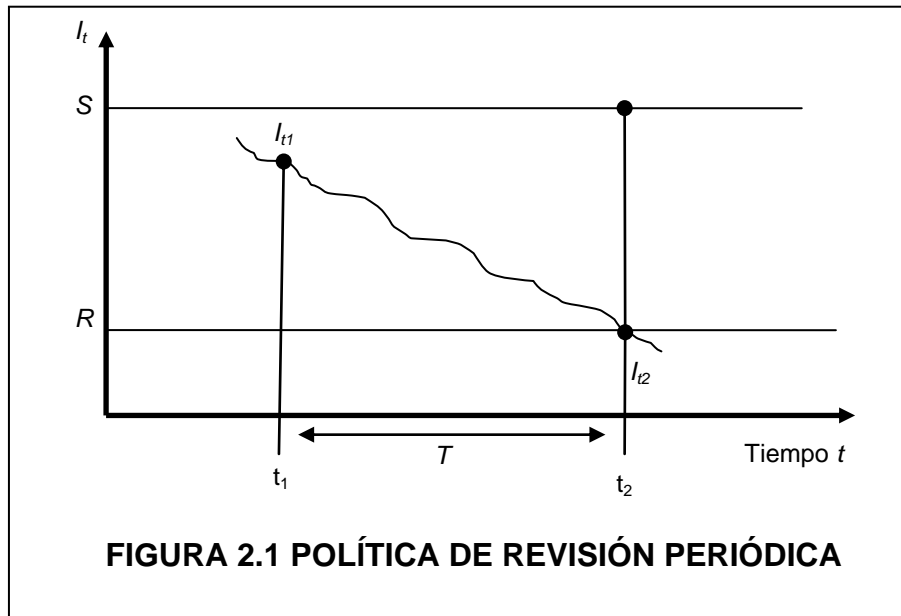
- ¿Qué debe ordenarse? (Decisión de variedad)
- ¿Cuándo debe ordenarse? (Decisión de tiempo)
- ¿Cuánto debe ordenarse? (Decisión de cantidad)

Para el desarrollo de esta tesis nos basaremos en las 2 últimas variables de decisión, dado que la primera variable de decisión ya está dada por el giro del negocio de la compañía, que es la

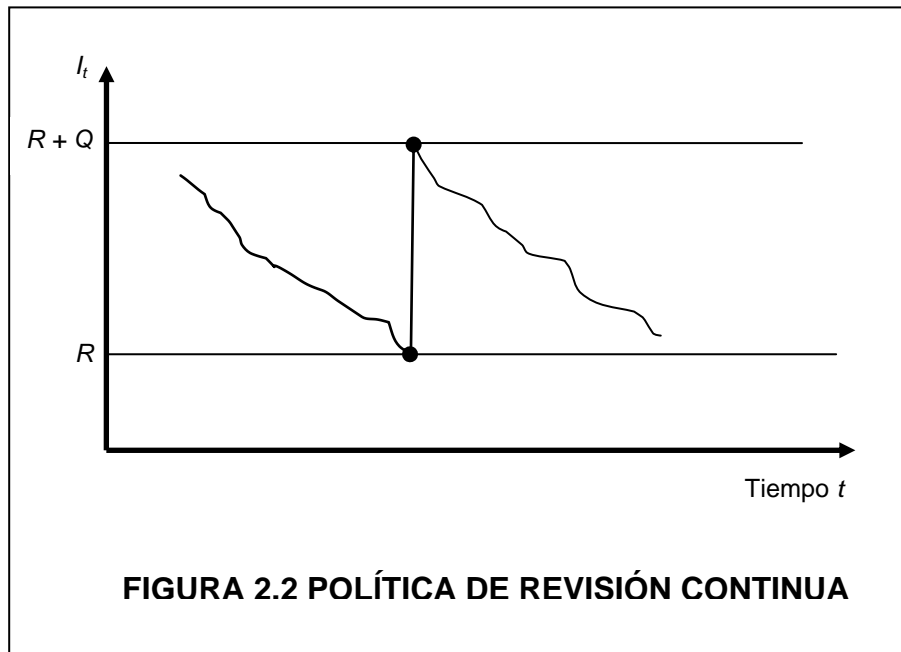
elaboración y comercialización de fertilizantes simples y compuestos, y por lo tanto resulta irrelevante.

Al ser la decisión de variedad irrelevante, las otras 2 decisiones se toman usando 2 políticas de control de inventarios diferentes, conocidas como: de revisión periódica y de revisión continua, a continuación una breve descripción de cada uno:

1. Política de revisión periódica: se verifica el nivel del inventario  $I$ , en intervalos de tiempo fijo, digamos una semana, un mes o cualquier tiempo  $T$ , llamado “período de revisión”, y se coloca una orden si  $I$  es menor que cierto nivel predeterminado  $R$ , llamado punto de reorden (decisión de tiempo). El tamaño de la orden  $Q$  es la cantidad requerida para aumentar el inventario a un nivel predeterminado  $S$  (decisión de cantidad). El tamaño de  $Q$  varía de un período a otro. En la Figura 2.1 se muestra esta política suponiendo que la demanda es de una unidad a la vez y que las órdenes se entregan instantáneamente. En  $t_1$  el nivel de inventario está por arriba del punto de reorden  $R$ , por lo que no se ordena. En el siguiente tiempo de revisión  $t_2$ ,  $T$  períodos después de  $t_1$ ,  $I_{t_2} < R$  y se ordena  $Q = S - I_{t_2}$  unidades. Con frecuencia en algunos textos se hace referencia a esta política como política periódica o política de tiempo fijo.



2. Política de revisión continua: en esta política el nivel del inventario se controla continuamente. Cuando el nivel llega al punto de reorden  $R$  (decisión de tiempo), se ordena una cantidad fija  $Q$  (decisión de cantidad). Esta es una política continua  $(Q,R)$ , o política de cantidad fija de reorden. La Figura 2.2 presenta esta política suponiendo una entrega instantánea de la orden y la demanda de una unidad a la vez.



## 2.2 Decisiones de Cantidad

En esta sección se analiza una de las decisiones más importantes relacionadas con los sistemas de inventario. La decisión de cantidad (es decir, cuánto ordenar). Esta decisión tiene un impacto considerable a nivel del inventario que se mantiene y, por esto, influye directamente en los costos del inventario.

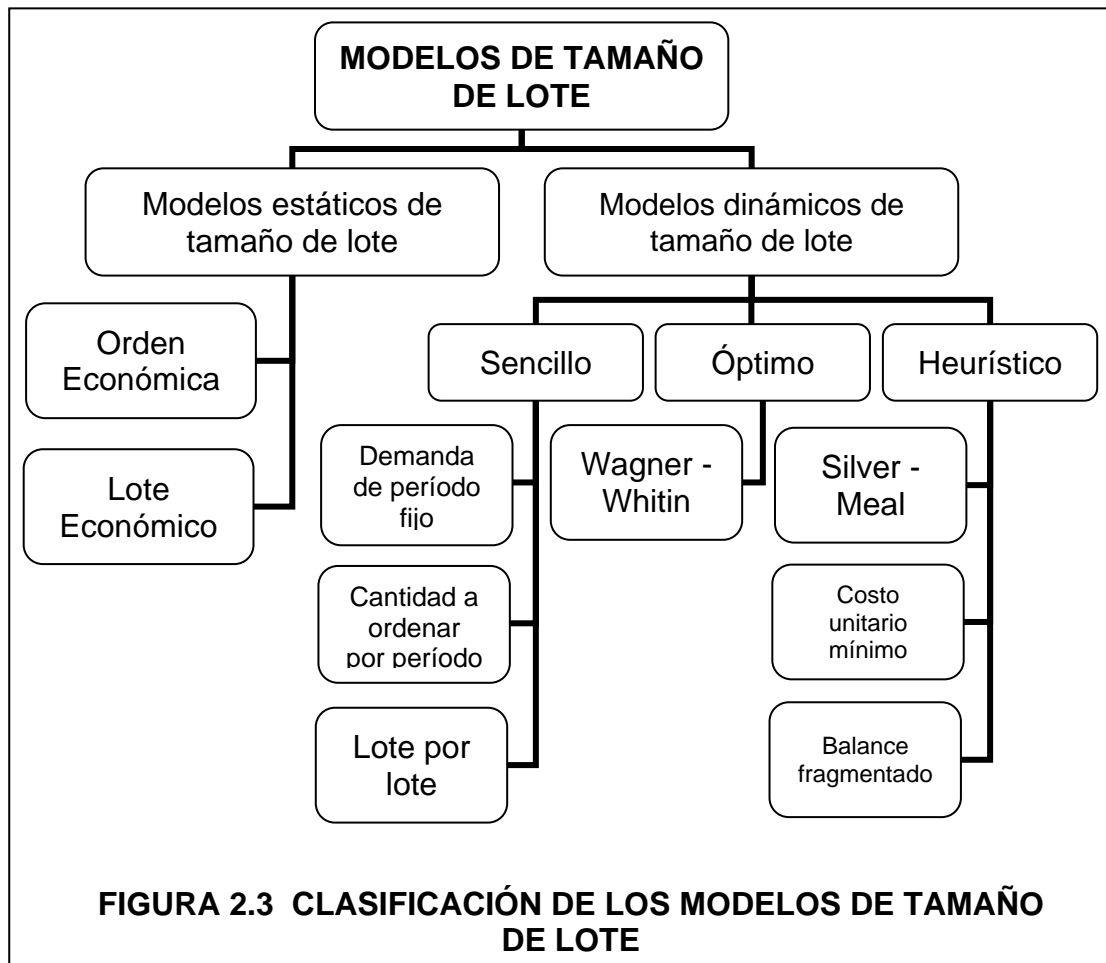
Se presentarán los modelos más comunes desarrollados a lo largo de muchos años y se analizan juntos para proporcionar un panorama claro de lo que se ha hecho. El factor común de estos modelos es que manejan una demanda conocida y un solo artículo.



Por lo general, los modelos para decisiones de cantidad se llaman modelos de tamaño de lote. Existen muchos de ellos, aquí se agruparon bajo 2 grandes rubros:

1. Modelos estáticos de tamaño de lote: que se usan para demanda uniforme (constante) durante el horizonte de planeación.
2. Modelos dinámicos de tamaño de lote. Son modelos empleados para cambiar la demanda durante el horizonte de planeación. Se supone que la demanda es conocida con certidumbre, lo que en ocasiones se llama demanda irregular.

Como se puede apreciar en la Figura 2.3, esta es una clasificación resumida de algunos de los modelos más conocidos de tamaño de lote, a continuación daremos una breve descripción de cada uno de ellos y cual es su alcance.



### 2.2.1 Modelos estáticos de tamaño de lote

Un ambiente de demanda constante y uniforme no es común en el mundo real. Sin embargo es un punto de inicio conveniente para desarrollar modelos de inventarios más complejos y lograr entender todas complicaciones dentro de un sistema de inventarios. Se presentan 2 modelos dentro de esta categoría:

1. Cantidad económica a ordenar (EOQ): éste es el modelo fundamental de los modelos de inventarios; Harris los introdujo en 1951. También se conoce como la fórmula de Wilson, ya que fue él quien promovió su uso. La importancia de este modelo es que todavía es uno de los modelos de inventarios que más se usan en la industria, y sirve como base para modelos más elaborados. Se supone el siguiente ambiente para la toma de decisiones:

- ✓ Existe un solo artículo en el sistema de inventario.
- ✓ La demanda es uniforme y determinística y el monto es de  $D$  unidades por unidad de tiempo (día, semana, mes o año). Se usará la demanda anual, pero puede ser cualquier otra unidad, siempre y cuando el resto de los parámetros se calculen en la misma unidad de tiempo.
- ✓ No se permiten faltantes
- ✓ No hay un tiempo de entrega (tiempo desde que se coloca la orden hasta que se recibe).
- ✓ Toda la cantidad ordenada llega al mismo tiempo, esto se llama tasa de reabastecimiento infinito.

Este modelo es adecuado para la compra de materia prima en producción o para el ambiente de ventas al menudeo. La variable de decisión para este modelo es  $Q$ , el número de

unidades a ordenar, un número entero positivo. Los parámetros de costo se conocen con certidumbre y son los siguientes.

$c$  = costo unitario (\$/unidad)

$i$  = costo total anual de mantener el inventario (% por año)

$h = ic$  = costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año)

$A$  = costo de ordenar (\$/orden)

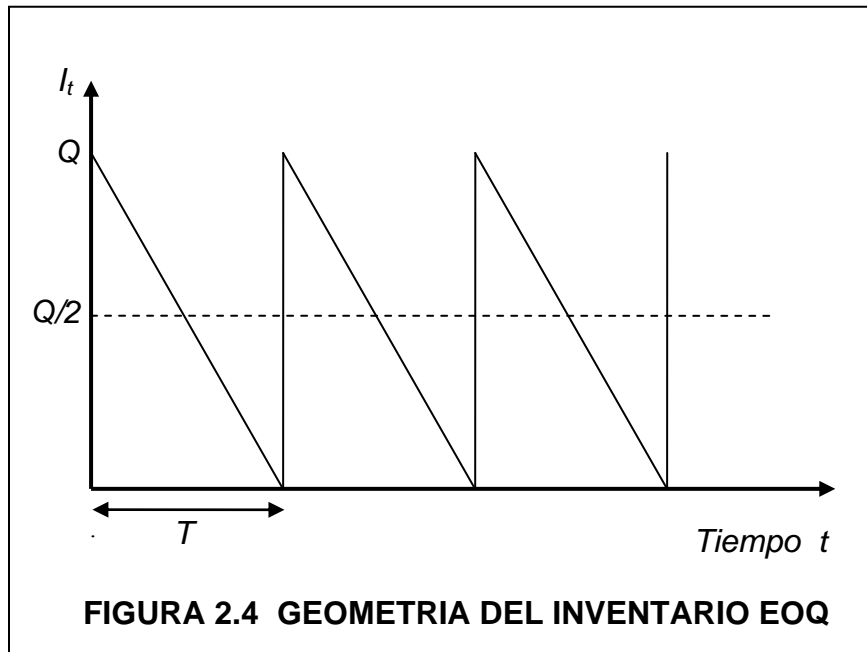
$D$  = demanda por unidad de tiempo

$T$  = longitud de ciclo, el tiempo que transcurre entre la colocación de órdenes sucesivas de abastecimiento.

$K(Q)$  = costo total anual promedio como una función del tamaño de lote  $Q$ .

$I_t$  = inventario disponible en el tiempo  $t$  (cantidad real de material que hay en almacén)

El concepto básico de este modelo es crear un balance entre estos 2 costos opuestos, los costos de ordenar y los costos de almacenar. El costo de ordenar es un costo fijo; si se ordena más, el costo por unidad será menor. El costo de almacenar es un costo variable que disminuye si el inventario que se tiene disminuye. Este balance se logra minimizando  $K(Q)$ , el costo total anual promedio.



Como lo muestra la Figura 2.4 el nivel de inventario es  $Q$  en el tiempo cero. Cuando pasa el tiempo, el inventario se agota a una tasa de  $D$  unidades por año. Cuando el nivel de inventario llega a cero, se ordenan  $Q$  unidades. Como se supone que el tiempo de entrega es cero y la tasa de reabastecimiento es infinita, el nivel de inventario se elevará a  $Q$  de inmediato y el proceso se repetirá. Debido a la geometría del inventario, en ocasiones este método se llama modelo de diente de sierra. Según la geometría del inventario y después de realizar una serie de cálculos, llegamos a la siguiente expresión:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

$Q^*$  se conoce como la cantidad económica a ordenar o lote económico o EOQ.

2. Lote económico a producir (EPQ): esta extensión del modelo EOQ relaja la suposición de una tasa de reabastecimiento infinito. En su lugar se tiene una tasa finita, que es lo normal para artículos fabricados, en donde el lote se entrega a través del tiempo de acuerdo con la tasa de producción. En este caso, se prohíben los faltantes estableciendo el costo por faltantes como infinito. En la Figura 2.5 vemos la geometría que presenta este modelo.

Sea:

$\Psi$  = tasa de producción, medida en las mismas unidades que la demanda

$Q$  = tamaño de lote de producción

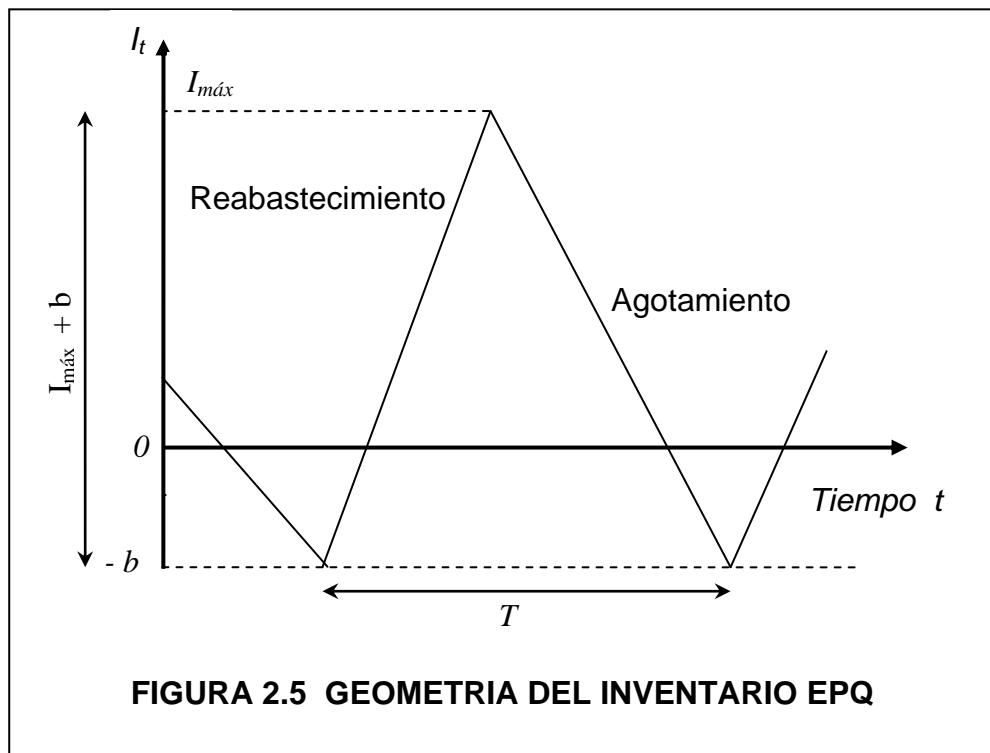
$A$  = costo de preparación

$c$  = costo unitario de producción

$B_t$  = nivel de faltante (orden atrasada) en el tiempo  $t$

$\bar{B}$  = nivel promedio de faltantes

$b$  = máximo  $B_t$



Dada la geometría de este modelo y manipulación matemática, tenemos el costo total anual promedio:

$$K(Q, b) = cD + \frac{AD}{Q} + \frac{h \left[ Q \left( 1 - \frac{D}{\Psi} \right) - b \right]^2}{2Q \left( 1 - \frac{D}{\Psi} \right)} + \frac{\pi b D}{Q} + \frac{\pi b^2}{2Q \left( 1 - \frac{D}{\Psi} \right)}$$

Es obvio que no se planean faltantes para este caso, por lo que para este caso tenemos  $b = 0$ . Las ecuaciones de costo se convierten en:

$$K(Q) = cD + \frac{AD}{Q} + \frac{hQ}{2} \left( 1 - \frac{D}{\Psi} \right)$$

Derivando e igualando a cero, tenemos:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h\left(1 - \frac{D}{\Psi}\right)}}$$

En este caso  $Q^*$  se conoce como el lote económico de producción o EPQ.

### 2.2.2 Modelos dinámicos de tamaño de lote

Los modelos de tamaño de lote dinámico surgen cuando la demanda es irregular, es decir, cuando no es uniforme durante el horizonte de planeación. El análisis de modelos de demanda irregular se organiza en 3 grupos de técnicas de solución como sigue:

1. Reglas simples o sencillas: son reglas de decisión para la cantidad económica a ordenar que no están basadas directamente en la “optimización” de la función de costo, sino que tienen otras características. Se trata de métodos muy sencillos que son significativos por su amplio uso, en especial en los sistemas MRP.

Existen 3 reglas simples que son comunes: Demanda de período fijo, cantidad a ordenar en el período y lote por lote, a continuación una breve descripción de cada uno de ellos.



- ✓ Demanda de período fijo (DPF): este enfoque es equivalente a la regla simple de ordenar “m meses de demanda futura”. Por ejemplo, si se quiere ordenar para la “demanda de 2 meses”, se suman las demandas pronosticadas para los próximos 2 meses, y ésta es la cantidad ordenada. La demanda de período fijo se refiere a un solo artículo y se basa en la cantidad.
  - ✓ Cantidad a ordenar para el período: ésta es una modificación de la regla anterior, en la que se usa la “estructura” para seleccionar el período fijo. El tamaño de lote promedio que se busca se divide entre la demanda promedio, se obtiene el período fijo que debe usarse.
  - ✓ Lote por lote (LxL): éste es un caso especial de la regla de período fijo, la cantidad a ordenar es siempre la demanda para un período. Casi siempre se usa para artículos muy caros (en términos de uso anual) y para artículos que tienen una demanda irregular.
2. Enfoque óptimo: o conocido también como el algoritmo Wagner – Whitin, es un enfoque de optimización de la demanda irregular. Este algoritmo tienen el objetivo de minimizar el costo variable del inventario, el costo de ordenar (preparar) y el de mantener inventario durante el horizonte de

planeación. La diferencia es que el algoritmo de Wagner – Whitin genera una solución de costo mínimo que conduce a una cantidad óptima a ordenar  $Q_i$ . El procedimiento de optimización está basado en programación dinámica; evalúa todas las maneras posibles de ordenar para cubrir la demanda en cada período del horizonte de planeación.

3. Reglas heurísticas: son aquellas que están dirigidas al logro de una solución de bajo costo que no necesariamente es la óptima. Un método heurístico es un enfoque que aprovecha la estructura del problema. Mediante el uso de un conjunto de reglas “racionales”, obtiene una solución “buena”; es decir, cercana a la óptima o, en ocasiones, la óptima. Los métodos heurísticos se usan cuando no es posible o no es computacionalmente factible obtener el óptimo. A continuación se mencionan 3 enfoques heurísticos comunes, el denominador común es que todos comparten el objetivo del EOQ de minimizar la suma de los costos de preparación e inventario, pero cada uno emplea un método distinto. Además, se supone que  $A$  y  $h$  son constantes para todo el horizonte de planeación, a continuación una breve descripción de cada uno de ellos:

- ✓ Método Silver – Meal : el principio de esta heurística es que considera ordenar para varios períodos futuros, digamos  $m$ . Intenta lograr el costo promedio mínimo por período para el lapso de  $m$  períodos. El costo considerado es el costo variable, esto es, el costo de ordenar (preparar) más el costo de mantener el inventario.
- ✓ Costo unitario mínimo: este procedimiento es similar al heurístico de Silver – Meal. La diferencia radica en que la decisión se basa en el costo variable promedio por unidad en lugar de por períodos.
- ✓ Balanceo de período fragmentado: este método intenta minimizar la suma del costo variable para todos los lotes. De acuerdo al análisis del EOQ (visto en secciones anteriores) si la demanda es uniforme, el costo por ordenar (preparar) es igual al costo de almacenar. Aunque este argumento es correcto para demanda uniforme, no es cierto para demanda irregular, en la que el inventario promedio no es la mitad del tamaño de lote. Sin embargo, puede proporcionar soluciones razonables para la demanda irregular y por esa razón es utilizado en este enfoque heurístico.

## 2.3 Decisiones de tiempo

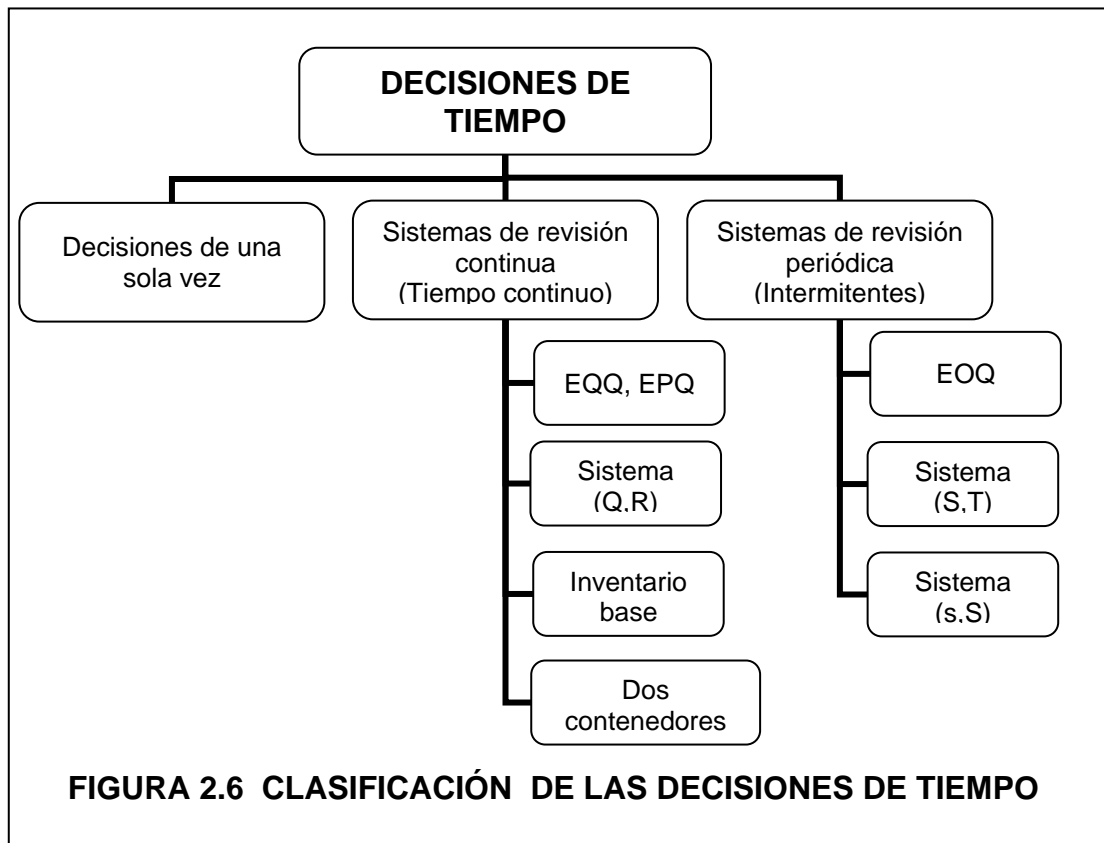
En esta sección se analiza la segunda decisión más importante en los sistemas de inventarios: cuándo ordenar. Esta decisión tiene efecto no sólo en el nivel de inventario y, por ende, en el costo del inventario, sino también en el nivel del servicio que se proporciona al cliente. Las decisiones de tiempo juegan un papel primordial en las filosofías de satisfacción al cliente.

Al igual que en las decisiones de cantidad, se presentaran los modelos “clásicos” para ayudar a entender el comportamiento de los sistemas de inventario respecto a las decisiones de tiempo. A continuación se estudiarán los modelos bajo 3 categorías importantes.

- Decisiones de una sola vez
- Sistemas de revisión periódica, que son sinónimo de decisiones de tiempo continuo.
- Sistemas de revisión periódica, que son sinónimo de decisiones intermitentes.

Todos los modelos que veremos a continuación manejan un solo artículo, pero se pueden extender a artículos múltiples y muchos de ellos manejan demanda estocástica. En la Figura 2.6 se muestra la

estructura detallada de las decisiones de tiempo, a continuación una breve descripción de cada una de ellas.



### 2.3.1 Decisiones de una sola vez

Las situaciones de decisiones de una sola vez son muy comunes en los ambientes tanto de manufactura como de venta al menudeo. Con frecuencia el problema se relaciona con bienes estacionales, que tienen demanda sólo durante períodos cortos. El valor del producto declina al final de la temporada e incluso puede ser negativo. El tiempo de entrega puede ser

más largo que la temporada de ventas, por lo que si la demanda es más grande que la orden original, no puede hacer un pedido urgente de productos adicionales. Entonces, existe una sola oportunidad de ordenar. Un ejemplo común es un puesto de periódicos. Si el dueño no compra suficientes periódicos para satisfacer la demanda, pierde su ganancia. Si ordena demasiados, el exceso no se vende y paga una sanción por regresarlos.

### **2.3.2 Decisiones de tiempo continuo**

Los sistemas de decisión de tiempo continuo, más conocidos como sistemas de revisión continua, se mencionaron en la sección 2.1.5, como una de las políticas de inventario. Para examinar estos sistemas, se definen 2 nuevas variables de estado para el inventario.

$X_t$  = posición del inventario en el tiempo  $t$

$O_t$  = posición de órdenes colocadas en el tiempo  $t$ , algunas veces llamada la “tubería” del inventario.

Recordemos que  $I_t$  es el inventario disponible en el tiempo  $t$  y  $B_t$  es el nivel de faltantes (órdenes atrasadas) en el tiempo  $t$ .

Entonces

$$X_t = I_t + O_t - B_t$$

Ya sea  $I_t$  o  $B_t$  o ambos serán cero en cualquier tiempo. Básicamente, la diferencia entre  $X_t$  e  $I_t$  es que  $X_t$  considera el inventario como en una tubería. Sea

$R$ = punto de reorden, el nivel de  $X_t$  cuando se coloca una orden

La decisión de tiempo, cuándo ordenar, es

Si  $X_t \leq R$ , entonces se coloca una orden de  $Q$  unidades

$R$  determina el momento de la decisión de cantidad. Estos sistemas  $(Q,R)$ ; la política está definida por 2 decisiones. La decisión de cantidad se analizó en la sección anterior y el punto de reorden es el tema de esta sección. Debemos observar 2 cosas:

- La decisión de tiempo considera la posición del inventario total y no sólo del inventario disponible.
- La cantidad ordenada,  $Q$ , se puede determinar por cualquier método para el tamaño de lote.

Dentro de estos sistemas revisión continua, tenemos 4 grupos que a continuación explicaremos brevemente:

1. EOQ y EPQ: en la sección 2.2.1 (modelos estáticos de tamaños de lote), se explicó como obtener la cantidad económica a ordenar y la cantidad económica a producir con tiempo de entrega cero. En esta sección se permitirá que el

tiempo de entrega sea distinto de cero, pero se supondrá que es una constante conocida, digamos  $\tau$ . El lapso de una orden (expresado en las mismas unidades que los otros datos) es el tiempo que transcurre entre colocar la orden y su recepción. Todavía se supone que las unidades ordenadas llegan al mismo tiempo  $\tau$  unidades después de colocar la orden. La demanda durante el tiempo de entrega se conoce con certidumbre. Como antes de la demanda anual es uniforme y se denota por  $D$ . Primero se examina el caso del EOQ. Si se quiere que la cantidad  $Q$  llegue cuando se ha agotado todo el inventario, se establece

$$R = D\tau$$

Si no se permiten faltantes y no hay otras órdenes en camino (en la tubería), al colocar una orden, entonces

$$X_t = I_t$$

y la decisión de tiempo es colocar la orden siempre que

$$I_t \leq D\tau$$

Para el EPQ, el argumento es similar. Se hace

$$R = D\tau$$

Donde  $\tau$  es el tiempo de entrega requerido para preparar la nueva corrida de producción. Cuando la posición del



inventario es menor o igual que  $R$ , se inicia una nueva orden de producción.

2. Modelo  $(Q, R)$ : ahora se considerará el modelo estocástico esencial para el sistema de revisión continua. Se presenta un enfoque administrativo, en el cual se establece una política de servicio. Las 2 variables de decisión  $Q$  y  $R$ , definen la política de este modelo.

- ✓ Decisión de cantidad: se evalúa la cantidad a ordenar usando el modelo EOQ, sustituyendo el valor esperado de la demanda aleatoria por la de la demanda conocida:

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

- ✓ Decisión de punto de reorden: el punto de reorden está dado por :

$$R = \bar{D}\tau + s$$

de forma que el inventario de seguridad determina a  $R$ . el inventario de seguridad maneja la variabilidad de la demanda durante el tiempo de entrega, que se mide por  $\sigma_t$ . Por lo tanto, el inventario de seguridad se mide en “unidades de desviación estándar” y es

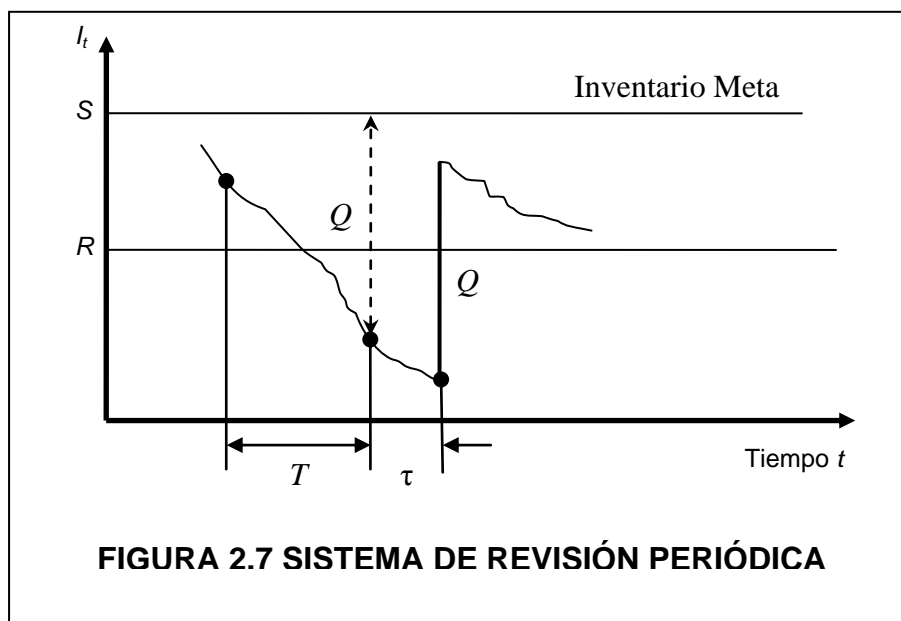
$$k\sigma_t$$

donde  $k$  es el factor de seguridad elegido para proporcionar un nivel de servicio deseado. Se la demanda en el tiempo de entrega tiene una distribución normal, se puede conocer mejor el valor de  $k$ .

3. Sistema de inventario base: es un caso especial de un modelo  $(Q,R)$ . En la forma más sencilla, al hacer cualquier retiro de inventario, se emite una orden de reabastecimiento por la misma cantidad. Sólo se requiere una variable de decisión, el punto de reorden  $R$ , que es igual a la demanda esperada en el tiempo de entrega más el inventario de seguridad.
4. Sistemas de 2 contenedores: es un caso especial del sistema de revisión continua. Su mayor ventaja consiste en que no es necesario mantener registros. Normalmente, el inventario se almacena en 2 contenedores, los retiros del inventario se hacen del primer contenedor, que contiene  $Q = EOQ$  unidades. Una vez que esta vacío, se emite una orden del primer de  $EOQ$  unidades, y se usa el segundo contenedor como repuesto hasta que llega la orden.

### 2.3.3 Decisiones de tiempo intermitente

En la sección 2.1.5, se introdujo la política de revisión periódica. Aquí se profundizará sobre la decisión de tiempo de esta política. El inventario se revisa cada  $T$  periodos. En cada revisión, si  $X_t > R$ , no se ordena, pero si  $X_t \leq R$ , se ordena hasta el nivel meta,  $S$ , donde  $X_t$  es la posición del inventario. En la Figura 2.7 se muestra un esquema de este sistema. A continuación detallaremos los modelos más conocidos para los sistemas de revisión periódica.



1. EOQ: el modelo EOQ también puede examinarse desde una perspectiva de revisión periódica. Recordemos que la suposición es que el tiempo de entrega es cero. El EOQ se

podría ver como un sistema de revisión periódica, en el que el valor óptimo del período de revisión es

$$T^* = \frac{Q^*}{D} = \sqrt{\frac{2A}{hD}}$$

El nivel de inventario meta es  $Q^*$ , de manera que el tamaño de lote ordenado es  $Q^*$ . Cuando el tiempo de entrega es  $\tau$ ,  $T^*$  permanece igual, pero el inventario meta es  $R + Q^*$  con el tamaño de lote  $Q^*$

2. Modelo (S,T): considere un sistema de revisión periódica en el que el inventario meta es igual a  $S$ ; en cada revisión si  $X_t \leq S$ , se ordena hasta el nivel del inventario meta  $S$ . Este es un caso especial en el que  $R=S$ . Se tiene 2 variables de decisión, el intervalo de revisión  $T$  y el inventario meta  $S$ . Al igual que en los sistemas de revisión continua, todavía se tiene un trueque entre el nivel de servicio y la inversión. El período de revisión  $T$  se puede basar en la conveniencia, es decir, una vez al mes, todos los viernes, etc, o según la fórmula EOQ, esto es:

$$T = \sqrt{\frac{2A}{hD}}$$

Con respecto a la decisión del inventario meta, se basa en el mismo argumento dado para el sistema  $(Q,R)$  se cumple aquí, elegir  $S$  es equivalente a decidir el nivel del inventario

de seguridad. Al considerar el inventario de seguridad y usar la misma notación que para el modelo  $(Q,R)$ , se obtiene lo siguiente.

$$S = \bar{D}(T + \tau) + s$$

Para una demanda en el tiempo de entrega con distribución normal,

$$S = Z\sigma_{T+\tau}$$

Lo que nos lleva a la expresión final:

$$S = \bar{D}(T + \tau) + z\sigma_{T+\tau}$$

3. Sistemas de reabastecimiento opcional: aquí se definen 2 niveles de inventario  $(s, S)$ . El intervalo de revisión es  $T$  y en cualquier punto de revisión, la decisión es que si  $I_t \leq s$ , no se ordena.  $I_t$  es el inventario disponible en cualquier punto de revisión. La ventaja sobre los sistemas  $(S,T)$  es que la cantidad a ordenar pedida es razonable. Es particularmente útil cuando los costos tanto de revisión como de ordenar son significativos.

## 2.4 Decisiones de Control

En las secciones anteriores, hemos visto una gran variedad de modelos, políticas y enfoque para los diferentes aspectos de los sistemas de inventario. En esta última sección se presentará la

administración y el control de sistemas de inventarios para artículos múltiples. Los sistemas de artículos múltiples pueden tener 30, 300, 3000 o 30000 artículos, de todas maneras lo que se quiere es minimizar el costo y maximizar el servicio.

En secciones anteriores se analizó la relevancia de los modelos de inventarios. Se hizo hincapié en la importancia de los modelos clásicos de inventarios no sólo para obtener una solución, sino para mejorar su comprensión. Ahora para ayudar aún más a esta comprensión, se analiza un enfoque administrativo para el control del inventario bajo condiciones reales. Para comenzar, se presenta el análisis de Pareto, una herramienta importante en el manejo de sistemas de artículos múltiples.

#### **2.4.1 Análisis de Pareto**

Es una herramienta para separar lo “importante” de lo “no importante”, es una técnica útil para asignar esfuerzo administrativo. Su nombre se debe al economista italiano Vilefredo Pareto, quien estudió la distribución de la riqueza en Milán en el siglo XVIII. Observó que una porción grande de la riqueza era propiedad de un pequeño segmento de la población. El mismo principio de Pareto se aplica a muchas otras situaciones; unos cuantos tienen mucha importancia y

muchos tienen muy poca importancia. Es común que los sistemas de inventarios tengan unos cuantos artículos que dan cuenta del uso (o ventas) de una gran cantidad de dinero. Esta característica permite un trueque entre la inversión y el control, elemento importante para mantener un costo bajo y un alto nivel de servicio. Dickie (1951) de General Electric fue el primero en aplicar el principio de Pareto. El le llamó análisis ABC, los artículos A son esos pocos artículos “importantes” y los C son los muchos “no importantes”. Los artículos B caen entre los A y lo C. En la industria, el análisis de Pareto se conoce como análisis ABC. Para ser precisos, se llamará ABC a la herramienta y Pareto a la teoría.

### **La curva ABC:**

Esta curva jerarquiza los artículos en inventario en orden descendente por su uso (o venta) anual en dinero. Esta jerarquía en forma tabular se llama distribución por valor. Se puede graficar el porcentaje de artículos jerarquizados del total de artículos contra el porcentaje acumulado correspondiente del valor total en dinero, representado por ese porcentaje de artículos jerarquizados. En principio, los artículos jerarquizados se clasifican en tres grupos:

- A = artículos con “alto uso de dinero”
- B = artículos con “uso medio de dinero”
- C = artículos con “bajo uso de dinero”

Por lo general, las curvas ABC muestran que el grupo A significa alrededor del 20% de los artículos jerarquizados y el 80% del uso total del dinero. En ocasiones esto se llama regla “80-20”. El que estos dos números sumen 100 es simple coincidencia.

En forma más detallada, el procedimiento para preparar las curvas ABC es:

- Paso 1: se tabulan los artículos en inventario en orden descendente del uso anual del dinero por artículo. El uso anual del dinero es la multiplicación del costo unitario y el número anual de unidades usadas.
- Paso 2: Se evalúa la actividad acumulada comenzando al principio de la lista y acumulando las actividades por artículo hacia abajo.
- Paso 3: Se trabaja hacia abajo y se calcula
  - ✓ Porcentaje acumulado de artículos basado en el número total de artículos.
  - ✓ Porcentaje acumulado de uso del dinero basado en el uso total anual.



- Paso 4: Se grafica la curva ABC del porcentaje acumulado del uso del dinero como una función del porcentaje acumulado de artículos.

#### **2.4.2 Sistemas de control de inventarios: un enfoque administrativo**

En esta sección se analizará una metodología para establecer un control de inventarios en un medio ambiente del mundo real. Este sistema tiene las siguientes características.

- Artículos múltiples
- Demanda estocástica
- Tiempo de entrega estocástico

Se supone que una computadora maneja y controla el sistema de inventario. Este sistema de control se puede usar para inventarios con demanda independiente o dependiente, o para inventarios de materia prima o de producto terminado.

Los objetivos de este sistema de control son:

- Minimizar el costo, sinónimo de minimizar la inversión en inventario
- Maximizar la satisfacción del cliente, sinónimo de maximizar el nivel de servicio.

Maximizar el servicio a cualquier costo no presenta dificultad.  
Es más difícil hacerlo con un costo mínimo.

Un sistema de control de inventarios debe tomar en cuenta 3  
decisiones de inventarios básicas:

1. Decisiones de variedad: qué ordenar
2. Decisiones de cantidad: cuánto ordenar
3. Decisiones de tiempo: cuándo ordenar

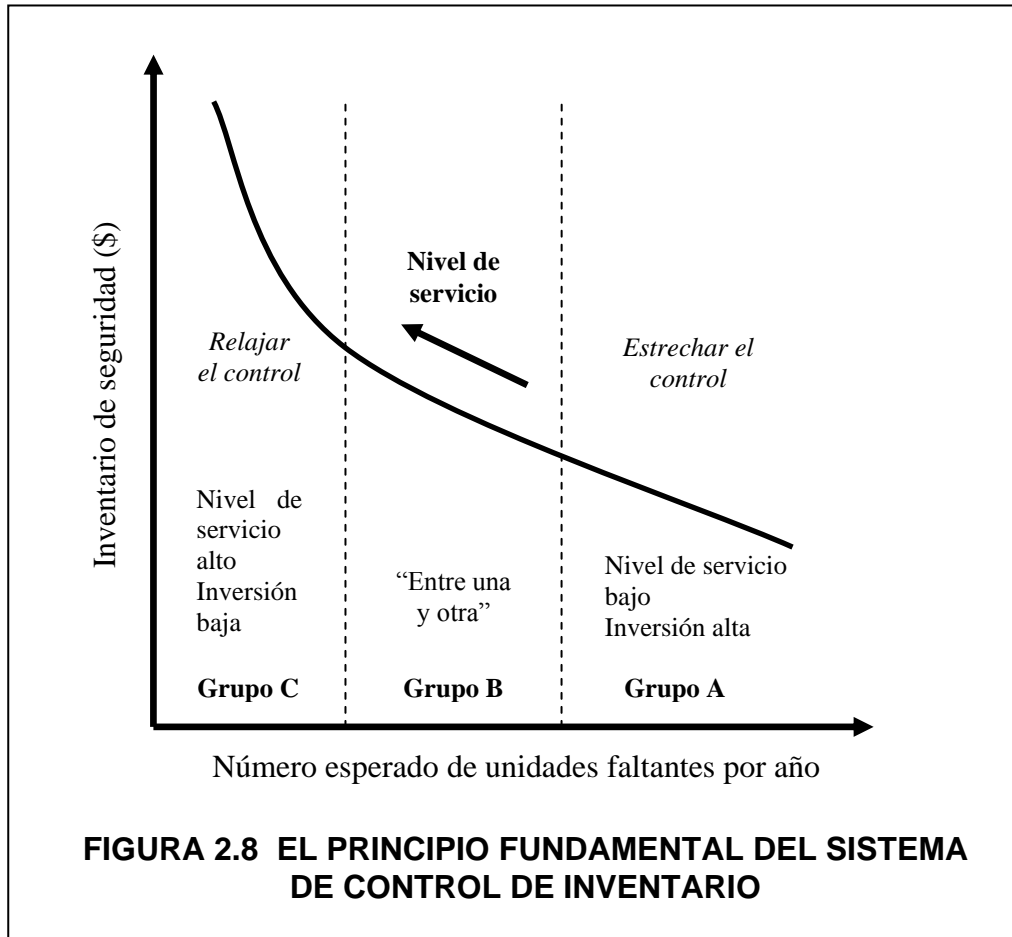
Estas decisiones se aplican a sistemas de uno o múltiples artículos. En los sistemas de artículos múltiples se ha logrado tomar decisiones para muchos artículos. Primero se analiza el principio en que se basa el sistema de control de inventarios y después se describen sus componentes y su operación.

### **El principio fundamental:**

El principio fundamental es un trueque entre la inversión y el control. Es el resultado de combinar el concepto ABC con la tasa de surtido como se puede ver en la Figura 2.8. La clasificación ABC se sobrepone a la curva de nivel de servicio. Se usará el siguiente razonamiento.

1. Para artículos de poco valor (grupo C):
  - Tener un alto nivel de servicio no es costoso.

- Invertir en inventario de seguridad.
- Relajar el control; los artículos se controlan en masa.



Un artículo "C" puede tener un "valor bajo" en uso anual monetario, pero puede tener un costo por faltantes "alto".

2. Para artículos de valor alto (grupo A):

- Tener un alto nivel de servicio es costoso
- Reducir la inversión en inventario de seguridad

- Estrechar el control; los artículos se controlan de forma individual.

Algunos artículos del grupo B caen en medio y su control se parece al del grupo C.

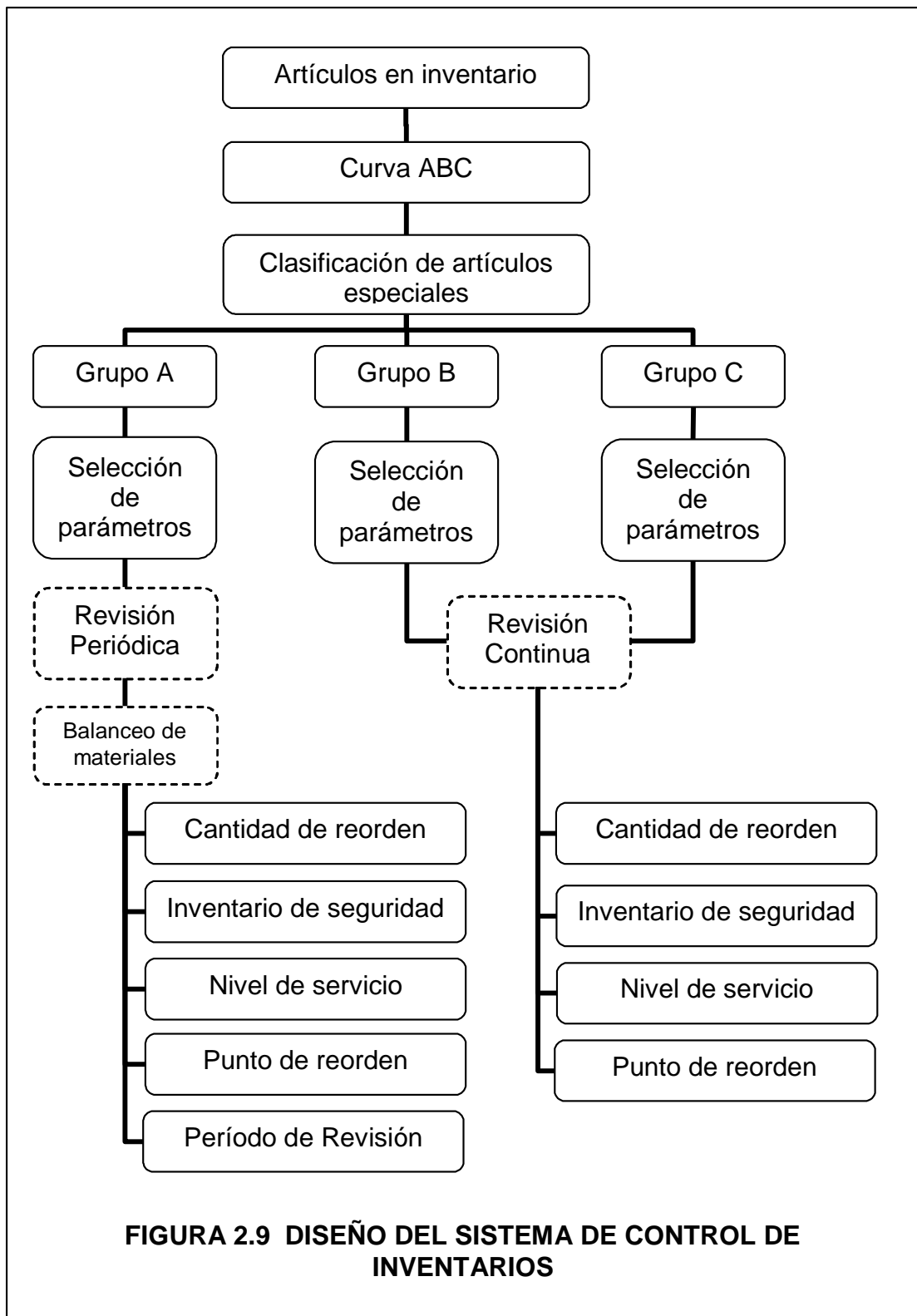
### **Diseño del sistema de control:**

Después de estructurar la clasificación ABC, se comienza por identificar artículos especiales. Estos son los artículos de los grupos B y C que necesitan atención especial. Como ejemplos, se tiene.

- Artículos que, si faltan, causan severos problemas de producción (por implicación, un costo alto por faltantes).
- Artículos que tienen problemas de calidad al llegar
- Artículos con una vida corta en el almacén.

Estos artículos necesitan un control individual y se incluyen en el grupo A.

El siguiente paso es desarrollar la estructura de control específica para cada grupo. La Figura 2.9 que se muestra a continuación, indica los principales componentes de un sistema de control de inventarios.



**FIGURA 2.9 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS**

## Estructura de control

Se describe la estructura de control para los artículos A, B y C por separado.

### Política de control – Grupo A:

La política de control para el grupo A es revisión periódica. Por lo general, sus parámetros son:

- Revisión periódica: una o 2 semanas
- Cantidad a ordenar: lote por lote (LxL).
- Inventario de seguridad: bajo, más bajo que el grupo B y C.

Para el grupo A se utiliza un bajo nivel de servicio, lo que implica tener un bajo stock de seguridad, esto se recompensa con un control más estrecho para evitar quiebres de stock.

Para planear un inventario futuro para cada artículo, se usa una ecuación de balance de materiales.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Período de} \\ \text{inicio del} \\ \text{inventario} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Período de} \\ \text{recepciones} \\ \text{programadas} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Período de} \\ \text{demanda} \\ \text{pronosticada} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Período de} \\ \text{terminación} \\ \text{del inventario} \end{array} \right\}$$

Para supervisar se usa la misma ecuación, pero:

- En lugar de las recepciones programadas se usan las recepciones reales.

- En lugar de la demanda pronosticada se usa la demanda real.

La herramienta usada en ambos casos es la tabla de balance de materiales para cada artículo. En cada punto de revisión se actualiza el balance de materiales y se verifican faltantes, excedentes y punto de reorden de cada artículo.

### **Política de control – Grupo B y C:**

Los grupos B y C tienen la misma estructura de control. La política de control que se usa es revisión continua. La diferencia entre los 2 grupos es el valor asignado a los distintos parámetros.

El enfoque es control en masa con administración por excepción. Los artículos se controlan como un grupo, no en forma individual. El estado de un artículo se verifica de manera continua, y sólo cuando hay una excepción se notifica al administrador. Este enfoque permite manejar y controlar un sistema de inventarios de artículos múltiples.

Para establecer la estructura de control para la administración por excepción deben definirse algunos parámetros. Estos son

el punto de reorden  $R$ , la cantidad a ordenar  $Q$  y el inventario de seguridad  $s$ .

El punto de reorden ( $R$ ) se establece en:

$$R = D\tau + s$$

El tiempo de entrega,  $\tau$ , es una variable aleatoria y es prácticamente imposible establecer y mantener tiempos de entrega individuales para miles de artículos. Por lo tanto, se establece un tiempo de entrega para el grupo. Un grupo puede consistir en artículos similares, en artículos del mismo proveedor, etc. Se supone que el valor de  $\tau$  es más grande que el valor promedio para el grupo.

Para la decisión de tiempo se usa la posición del inventario  $X_t$ ; si  $X_t < R$  se emite otra orden.

Cantidad a ordenar ( $Q$ ). Se usan 2 enfoques diferentes para el grupo B y para el grupo C.

Grupo B: en principio se ordenan cantidades que tienen alguna medida económica. Estas pueden ser el EOQ, el mínimo costo unitario, cantidad de período fragmentado, entre otras vistas en secciones anteriores.



Grupo C: los artículos del grupo C se ordenan en lotes grandes (requerimientos del período establecido) por lo común para 6 o 12 meses.

Inventario de seguridad (s). Se utiliza un nivel de servicio más alto que en el caso del grupo A (más alta para el grupo C que para el B). Esto casi siempre da como resultado que se tienen de 1.2 a 1.5 meses de demanda pronosticada en inventario para artículos del grupo B. Los artículos del grupo C tendrán en inventario alrededor de 3 meses de demanda pronosticada. Para estos artículos se supervisa el nivel de inventario de seguridad usando la siguiente prueba; si

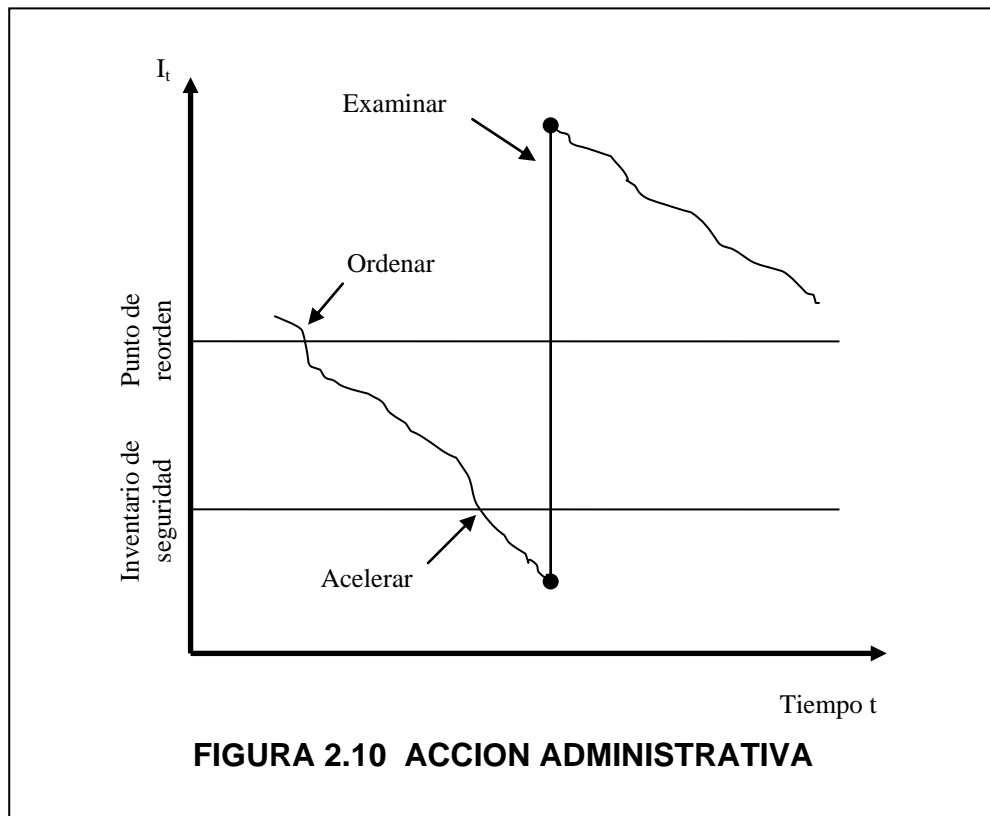
$$I_t \leq s$$

Entonces se acelera la orden.

Control del proceso (Grupo B y C). Para cada artículo en inventario, se definen los parámetros punto de reorden (R), tiempo de entrega ( $\tau$ ), inventario de seguridad (s), y se guardan en una base de datos. Si todos los parámetros están dentro de los parámetros establecidos, no pasa nada. En el momento en que al generar una transacción de inventario, viola uno de estos parámetros (es decir, nivel de inventario por debajo del punto de

reorden o por debajo del stock de seguridad) se marca a ese artículo como una excepción. El administrador del inventario obtiene de esta forma un informe de excepciones. La frecuencia de este informe es determinado por la empresa y con las capacidades actuales de los sistemas informáticos, esta información puede estar disponible en cualquier momento.

La acción administrativa que debe tomarse, se resume en la Figura 2.10



# **CAPÍTULO 3**

## **3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo veremos como está la situación actual de la empresa con respecto a sus diferentes variables, como la capacidad de almacenamiento de fertilizantes al granel y producto terminado, los tipos de fertilizantes que se producen, los niveles de producción, la demanda de cada tipo y el saldo anual del producto terminado, todas estos factores nos servirán para tener un criterio global de cual es el escenario actual de la empresa.

### **3.1 Capacidad de almacenamiento de la empresa**

Como se mencionó en el Capítulo 1, la empresa ha utilizado sus instalaciones para la generación de nuevos negocios, ampliando su maletín de servicios y productos, dada esta premisa, la capacidad de almacenamiento de producto terminado ha quedado reducida, como podemos apreciar en la Figura 3.1, podemos ver una distribución de las instalaciones de la empresa, zonificado por colores.



<b>TABLA 4</b>	
<b>CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA EMPRESA</b>	
<b>BODEGAS</b>	<b>CAPACIDAD</b>
<b>PRODUCTO AL GRANEL</b>	
Bin Sur	9,000 Ton.
Bin Norte	8,000 Ton.
Bodega 33	9,000 Ton.
Bodega 34	9,000 Ton.
Bodega 35	9,000 Ton.
Tanque	5,000 Ton.
<b>Total Producto al Granel</b>	<b>49,000 Toneladas</b>
<b>PRODUCTO TERMINADO</b>	
Bodega 36	200,000 sacos
Patio Sur	400,000 sacos
Patio Norte	400,000 sacos
<b>Total Producto Terminado</b>	<b>1,000,000 Sacos</b>

En la Figura 3.1 también podemos apreciar, de color celeste, la bodega 36, que es utilizada para el almacenamiento de producto terminado, generalmente fertilizantes compuestos, en el caso de los fertilizantes simples, se utilizan los patios sur y norte, que están de color violeta y amarillo respectivamente, aunque una parte del patio norte ha comenzado a ser utilizado como almacenamiento temporal

de los productos ingresados por el muelle, reduciendo su capacidad de almacenamiento de sacos en un 50%.

### **3.2 Tipos de fertilizante producidos en la empresa**

Como se explicó en el Capítulo 1, la empresa produce 2 tipos de fertilizante en sus instalaciones: fertilizante simple y fertilizante compuesto, ambos en sacos de 50 Kg. A continuación vamos a detallar cada uno de estos productos.

#### **3.2.1 Fertilizante Simple**

La empresa actualmente utiliza 16 tipos de fertilizante simples, los mismos que son importados en buques al granel y descargados en las diferentes bodegas que posee la empresa para el almacenamiento al granel, todo esto por medio de un sistema de bandas transportadoras que recorren cada bodega.

A continuación, en la Tabla 5 podemos ver la lista de todos los fertilizantes simples utilizados en la empresa, cabe recalcar que este mismo fertilizante es utilizado para la producción de fertilizantes compuestos, los mismos que serán detalladas más adelante.

<b>TABLA 5</b>	
<b>LISTADO DE FERTILIZANTES SIMPLES</b>	
UREA	SULPOMAG ST
MOP GR	SULPOMAG GR
DAP	SULF MAG ST
NIT AMONIO	NIT POT GR
MOP ST	SULF POTASIO
SULF AMONIO	SULF MAG GR
MOP SOL	BORO GR
TSP	BORO ST

### **3.2.2 Fertilizante Compuesto**

Los fertilizantes compuestos son la mezcla física de varios fertilizantes simples, que en diferentes proporciones, según las necesidades minerales del terreno, y mezclado de forma homogénea, produce un fertilizante con características específicas. Algunos de ellos son fabricados bajo pedido, pero la gran mayoría son marcas comerciales de la empresa y por lo tanto su volumen de producción es mucho mayor.

A continuación, en la Tabla 6 podemos ver la lista de los 55 fertilizantes compuestos que son elaborados actualmente en la empresa.

<b>TABLA 6</b>			
<b>LISTADO DE FERTILIZANTES COMPUESTOS</b>			
10-30-10(TSP)	15-25-16-2-3	26-00-26	19-5-21-4-3-0.15
8-20-20	13-26-13-4-3	15-31-15	15-6-27-4-5
15-15-15	15-15-15-6-5	15-30-15-1-1	23-4-5-4-19-4-1-7-3-4
18-6-28-2-2	20-6-12-7-5-0.39	22-00-32	16-10-17-5-4-0.33
8-20-20-6-5	12-36-12(TSP)	0-0-19-11-15 ST	19-4-24-3-3
21-16-12-3-4	23-0-16-7-9	18-00-36	21-12-15-3-4
29-0-17-2-3	22-17-13-2-3	6-15-13-11-8	18.41 - 4.58 - 24.51 - 3.27 - 2.62
30-0-16-2-3	27-0-20-2-3	16-00-40	17-23-14-3-4
13-26-6	12-30-10-5-4	16-0-28-4.18-9.36- 0.73	20-6-18-3-2-1
21-0-28-2-2	23-00-30	23-5-19-3-3	14-36-13
0-0-29-12-10-0.5	20-0-24-4-5-0.11	9-22-24-3-4	31-00-20
8-24-8(TSP)	17-17-17-2.45-4.9	42-00-0.5	19-13-14-3-3-0.5
14-6-25-3-2-1	12-24-12-4-5-0.99	15.9-4.97-27.83- 2.73-3.34-0.3	13-7-20-5-6-0.57
0-0-18-11-14 GR	6-15-13-7-5-2	11-3-24-5-10-0.12	

En la Tabla 7, aparece el listado de las 19 fórmulas comerciales de los fertilizantes compuestos que la empresa produce y que tienen un nombre comercial con las que se las conoce mejor en el sector agrícola y son reconocidas como producto de la empresa.



<b>TABLA 7</b>			
<b>FÓRMULAS Y NOMBRES COMERCIALES DE LOS FERTILIZANTES COMPUESTOS</b>			
<b>Fórmula Comercial</b>	<b>Nombre Comercial</b>	<b>Fórmula Comercial</b>	<b>Nombre Comercial</b>
18-6-28-2-2	Fertirey Invierno	22-17-13-2-3	Reymaiz Siembra
8-20-20-6-5	Enriquecido	27-0-20-2-3	Reymaiz Desarrollo
29-0-17-2-3	Reyarroz Desarrollo	12-30-10-5-4	Enriquecido
21-16-12-3-4	Fertiforraje Sierra	12-24-12-4-5-0.99	Reyalfalfa Boro
21-0-28-2-2	Fertirey Verano	0-0-19-11-15 ST	Fertisamag St
30-0-16-2-3	Reycaña Desarrollo	9-22-24-3-4	Reycaña Siembra
14-6-25-3-2-1	Reypalma Boro	15-6-27-4-5	Reypalma
0-0-18-11-14 GR	Fertisamag Gr	21-12-15-3-4	Fertiforraje Costa
15-25-16-2-3	Reyarroz Siembra	20-6-18-3-2-1	Reycacao Producción
15-15-15-6-5	Enriquecido		

Además de los fertilizantes compuestos que tienen nombres comerciales y que son reconocidos en el sector agrícola como productos de la empresa, existen muchos fertilizantes compuestos que no tienen un nombre comercial, simplemente una fórmula comercial pero de la misma forma ya son reconocidos en el sector agrícola como un productos de la empresa.

En la Tabla 8 se muestra un listado de todos estos 23 fertilizantes compuestos.

<b>TABLA 8</b>		
<b>FORMULAS COMERCIALES DE LOS FERTILIZANTES COMPUESTOS</b>		
10-30-10(TSP)	23-00-30	16-00-40
8-20-20	6-15-13-7-5-2	23-5-19-3-3
15-15-15	26-00-26	42-00-0.5
13-26-6	15-31-15	19-4-24-3-3
0-0-29-12-10-0.5	15-30-15-1-1	17-23-14-3-4
8-24-8(TSP)	22-00-32	31-00-20
13-26-13-4-3	18-00-36	14-36-13
12-36-12(TSP)	6-15-13-11-8	

Las otras 13 referencias de fertilizantes compuestos pertenecen al grupo de mezclas bajo pedido, es decir, son exclusivas de un cliente en particular y con el tiempo será una fortaleza de la empresa ya que representa un paso más en la mejora del servicio al cliente por medio del asesoramiento personalizado de las necesidades de los suelos de una forma técnica.

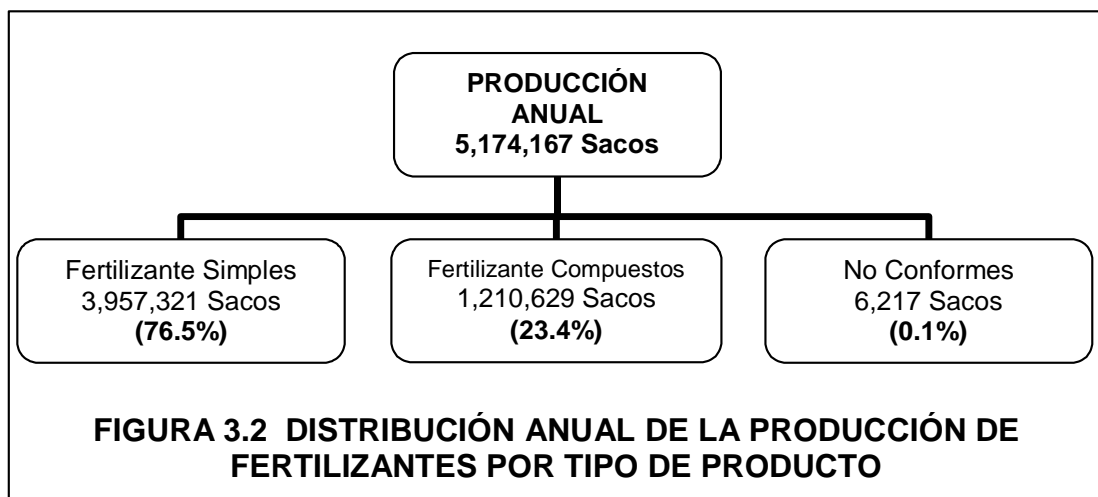
### **3.3 Análisis de la producción de fertilizantes**

Ahora en esta sección vamos a analizar el volumen de producción de los diferentes tipos de fertilizantes que se elaboran en la empresa con

el objeto de analizar cual es su comportamiento y sus principales características.

### 3.3.1 Producción total de fertilizantes

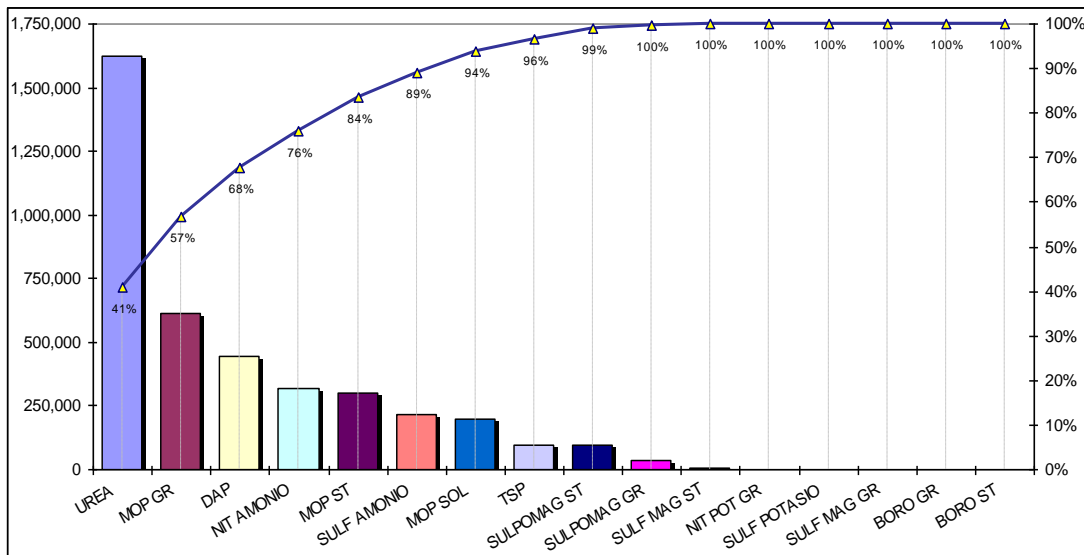
La producción total de fertilizantes esta formada por 3 tipos de productos: producción de fertilizantes simples, producción de fertilizantes compuestos y el ensacado de productos no conformes que se generan en el proceso, resultado del manipuleo del producto en el día a día, este producto se lo ensaca y se lo ingresa a bodega para luego ser utilizado en alguna otra unidad del grupo ya que no puede ser vendido a un cliente tercero.



En la Figura 3.2 podemos ver la distribución de la producción anual de fertilizantes para cada uno de los tipos y el impacto porcentual que representa con respecto a la producción global de sacos de fertilizantes.

Como se puede ver en la Figura 3.2, la producción de fertilizantes simples representa en promedio el 76.5% de la producción total anual de fertilizantes, la de fertilizantes compuestos representa el 23.4% y los no conformes el 0.1%.

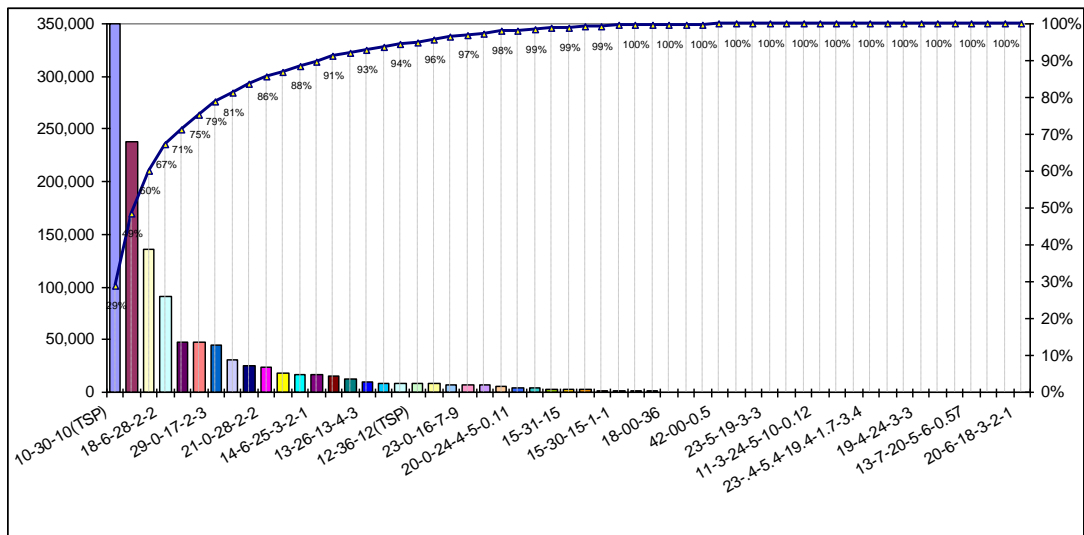
Con respecto a los fertilizantes simples, la producción total es de 3,957,321 sacos, en la Figura 3.3 podemos ver un pareto de la producción total anual de sacos de fertilizantes simples.



**FIGURA 3.3 PARETO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTES SIMPLES**

Como se puede apreciar en la Figura 3.3, aproximadamente el 80% de la producción se concentra en los 5 primeros ítems (Urea, MOP Gr., DAP, Nit. Amonio y MOP St.) de los 16 tipos que la empresa utiliza en sus operaciones diarias. Más adelante veremos si esta clasificación de la producción coincide con su valor monetario.

Con respecto a los fertilizantes compuestos, la producción total es de 1,210,629 sacos anuales, en la Figura 3.4 podemos ver un pareto de la producción total anual de sacos de fertilizantes compuestos.



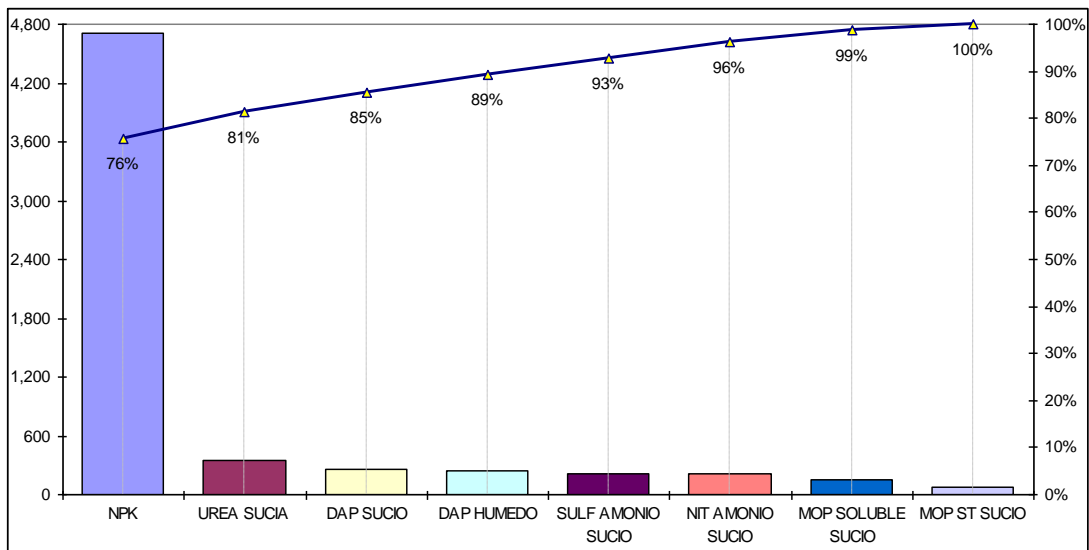
**FIGURA 3.4 PARETO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTES COMPUESTOS**

Se puede apreciar en la Figura 3.4 que aproximadamente el 80% de la producción total de sacos de fertilizantes compuestos se concentra en los 8 primeros ítems (10-30-10TSP, 8-20-20, 15-15-15, 18-6-28-2-2, 8-20-20-6-5, 21-16-12-3-4, 29-0-17-2-3, 30-0-16-2-3) de los 55 que la empresa produce actualmente.

Cabe recalcar que estos primeros ítems pertenecen a los productos del tipo comercial, algo que era de suponer ya que la producción de fertilizantes compuestos bajo pedido esta todavía en sus primeras fases de desarrollo y su volumen de producción todavía es bajo.

Con respecto al producto no conforme que se genera en el día a día dentro de la planta de producción, tenemos lo siguiente según la Figura 3.5

Como se puede apreciar en la Figura 3.5 el producto llamado NPK, que es la recolección de los diferentes tipos de fertilizante que se encuentra esparcido por la planta, representa aproximadamente el 80% del total de producto no conforme que se genera en un año de producción.



**FIGURA 3.5 PARETO DE LA CANTIDAD ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTES NO CONFORMES**

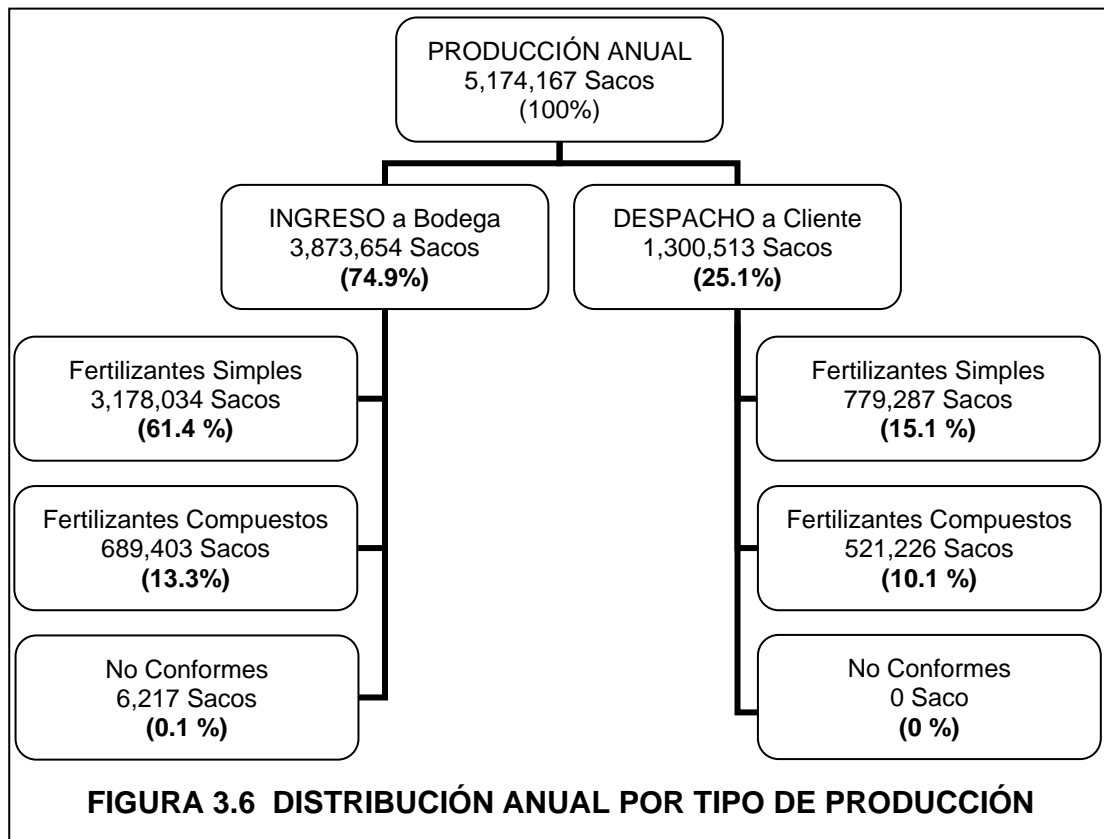
Ya que sus condiciones de calidad impiden que puedan ser vendidos a clientes terceros, todos estos productos no conformes se transportan hacia a las haciendas del grupo para ser utilizados.

Ahora debemos diferenciar 2 eventos que ocurren dentro de la planta de producción:

El primer evento es que la producción de sacos de fertilizantes se lo hace con el fin de ingresarlo a las bodegas o patios de producto terminado.

El segundo evento es que la producción sea directamente para el despacho de un cliente que se encuentra dentro de las

instalaciones de la empresa, previamente coordinado con el departamento de comercialización.



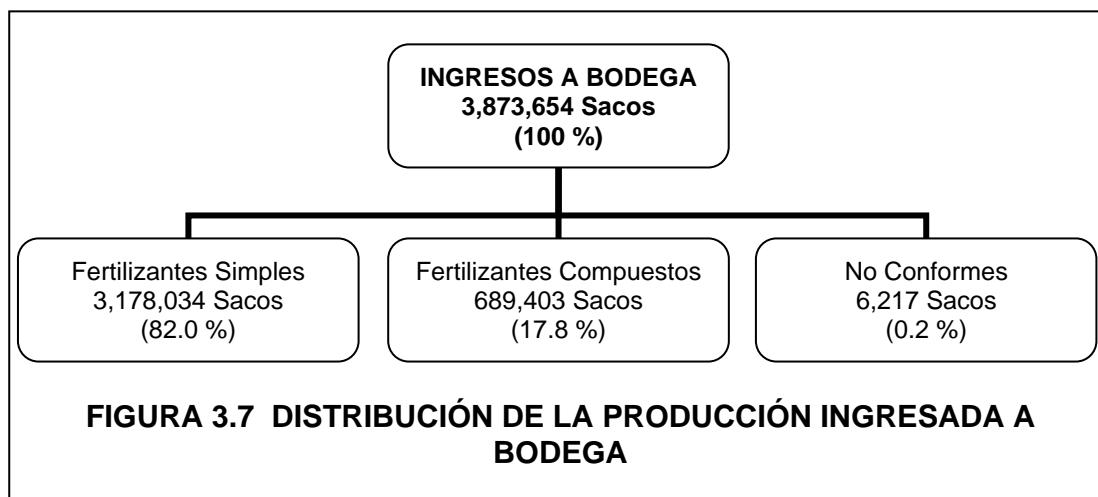
La Figura 3.6 muestra el desglose de la producción según el tipo en el que se haya incurrido. Podemos ver que los ingresos a bodega representan el 74.9% de la producción total anual, mientras que los despachos a clientes representan el 25.1% de la producción anual de fertilizante. Esto nos indica que almacenamiento del producto terminado ocupa la mayor parte de la producción de fertilizante simple y compuesto.



### 3.3.2 Producción de fertilizantes ingresados a bodega

En esta sección vamos a detallar las cantidades de producción de los diferentes fertilizantes que son ingresados a las bodegas o patios de almacenamiento de producto terminado de la empresa para luego ser vendido a un cliente tercero o realizar una transferencia a otra unidad del grupo que esté requiriendo fertilizante, veremos cuál es su comportamiento y tendencias de producción para este caso.

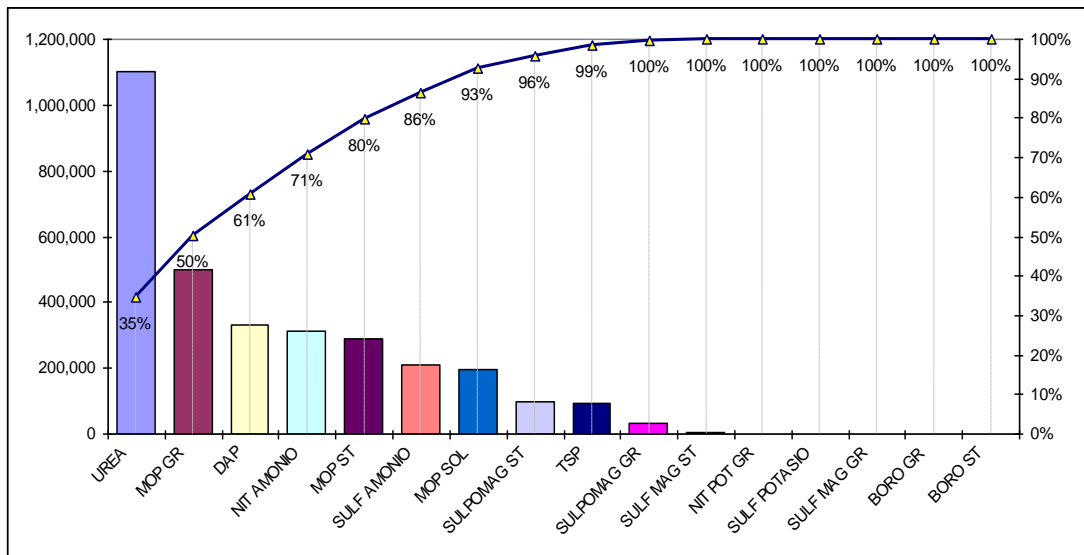
En la Figura 3.7 podemos ver el peso porcentual de cada tipo de fertilizante con respecto a los sacos ingresados a bodega en un año.



Como se puede apreciar en la Figura 3.7 los sacos ingresados de fertilizantes simples representan el 82% del total de ingresos

a bodega muy por encima de los sacos de fertilizantes compuestos que solo representan el 17.8%. En el caso de los no conformes apenas representa el 0.2%.

En el caso de los fertilizantes simples, en la Figura 3.8 podemos ver un pareto de la producción de fertilizantes simples ingresada a las bodegas o patios de producto terminado.

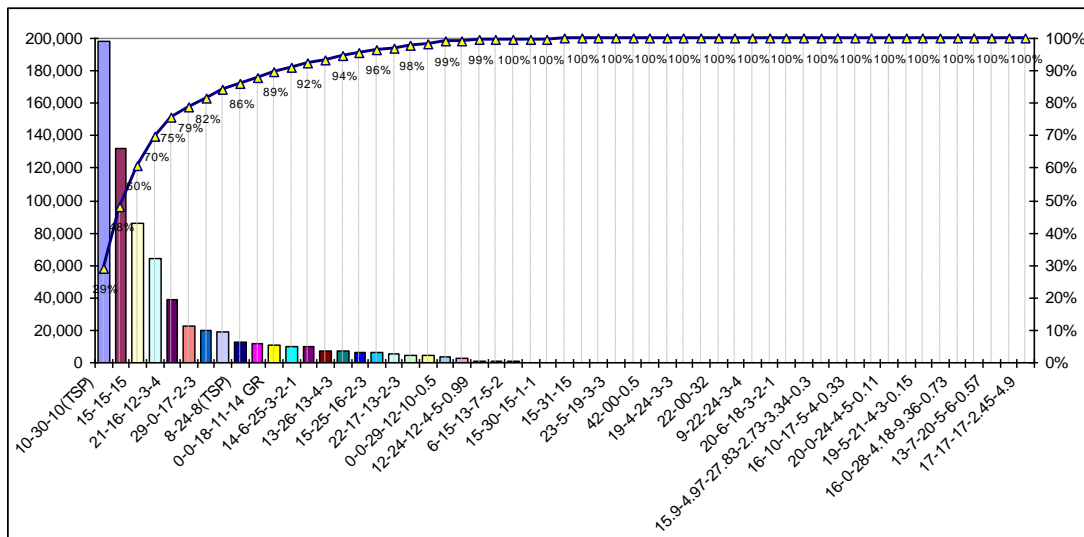


**FIGURA 3.8 PARETO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTES SIMPLES INGRESADO A BODEGA**

Se puede apreciar en la Figura 3.8 que aproximadamente el 80% de la producción de sacos de fertilizante simple ingresada a bodega se concentra en los primeros 5 ítems (Urea, MOP Gr., DAP, Nit. Amonio y MOP St.) de los 16. Cabe recalcar que son

los mismos ítems con respecto al pareto de la producción total de fertilizante simple.

En el caso de los fertilizantes compuestos, en la Figura 3.9 podemos ver un pareto de la producción de los fertilizantes compuestos ingresado en un año a las bodegas o patios de producto terminado.



**FIGURA 3.9 PARETO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTES COMPUESTOS INGRESADA A BODEGA**

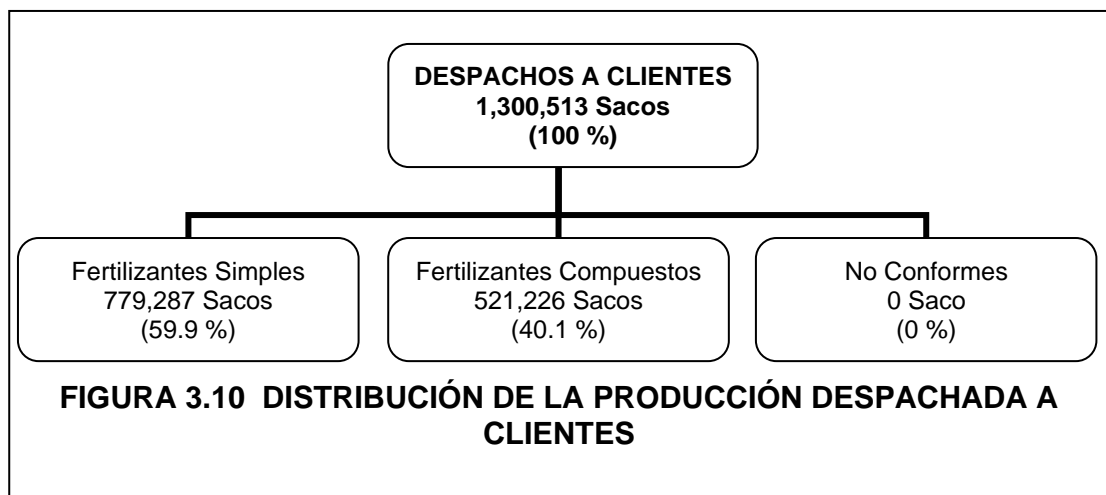
Se puede apreciar en la Figura 3.9 que aproximadamente el 80% de la producción de fertilizantes compuestos ingresados a bodega se concentra en los primeros 7 ítems (10-30-10TSP, 8-20-20, 15-15-15, 18-6-28-2-2, 21-16-12-3-4, 8-20-20-6-5,

29-0-17-2-3) de las 42 marcas comerciales que tiene la empresa.

En el caso de los productos no conformes, todos estos se ingresan a la bodega de producto terminado para luego enviarlos a otras unidades del grupo y poder ser utilizados en alguna forma.

### 3.3.3 Producción de fertilizantes despachada a clientes

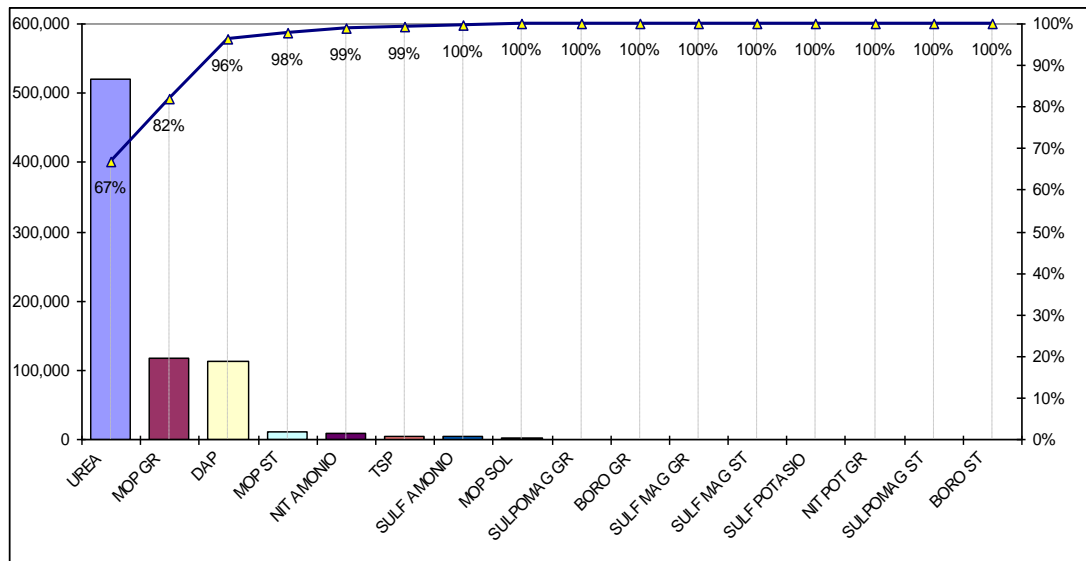
En esta sección vamos a detallar las cantidades de producción de los diferentes fertilizantes que son despachados desde la línea de producción a un cliente. Ahora en la Figura 3.10 podemos ver el peso porcentual de cada tipo de producto con respecto a los sacos despachados a clientes.



Como se puede apreciar en la Figura 3.10, los sacos de fertilizantes simples representa el 59.9% con respecto al total de sacos despachados a clientes, los de fertilizantes compuestos representan el 40.1% y en el caso de no conformes es el 0% debido a que todos ellos son ingresados a bodega.

Se puede apreciar que la producción destinada al despacho de clientes, la diferencia entre la cantidad de sacos de fertilizantes simples y compuestos es mucho menor con respecto al caso de la producción destinada al ingreso a bodega, una razón es que los fertilizantes compuestos en algunos casos son bajo pedido o son mezclas comerciales de baja rotación y por lo tanto ambas son producidas y despachadas directamente desde la línea de producción de fertilizantes compuestos.

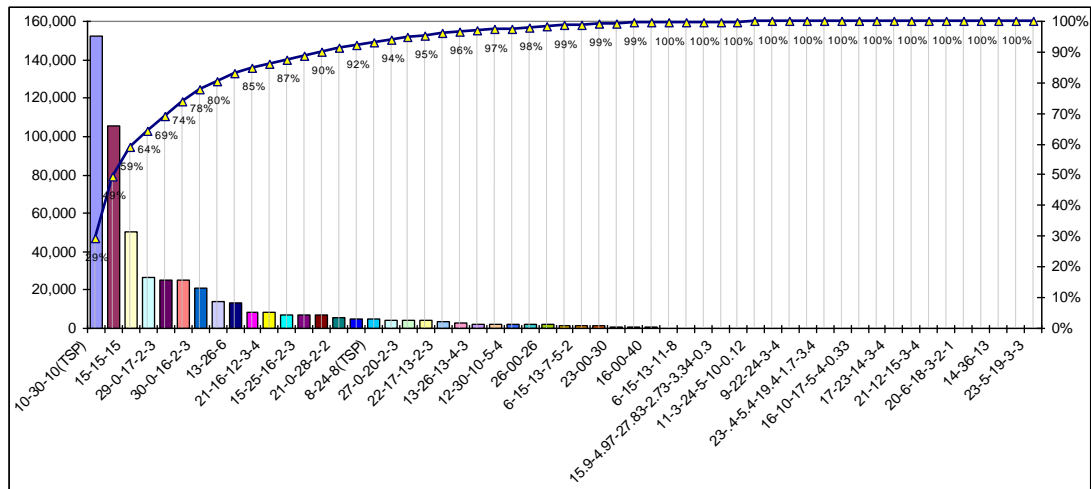
Con respecto a la producción despachada de fertilizantes simples, en la Figura 3.11 podemos ver un pareto de la producción de los tipos de fertilizantes simples que fueron despachados a clientes en un año.



**FIGURA 3.11 PARETO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE SIMPLE DESPACHADO A CLIENTES**

Como se puede apreciar en la Figura 3.11, aproximadamente el 80% de la producción de fertilizante simple despachado se concentra en los 2 primeros ítems (Urea y MOP Gr.) de los 16. En este caso se muestra claramente que el fertilizante simple conocido como Urea es el de mayor demanda.

Con respecto a la producción despachada de fertilizantes compuestos, en la Figura 3.12 podemos ver un pareto de la producción de los tipos de fertilizantes compuestos que fueron despachados a clientes en un año.



**FIGURA 3.12 PARETO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE COMPUESTO DESPACHADO A CLIENTES**

Como se puede apreciar en la Figura 3.12, aproximadamente el 80% de la producción de fertilizantes compuestos despachada a clientes, se concentra en los 8 primeros ítems (10-30-10TSP, 8-20-20, 15-15-15, 18-6-28-2-2, 29-0-17-2-3, 8-20-20-6-5, 30-0-16-2-3, 0-0-29-12-10-0.5) de los 55 que actualmente se producen.

### 3.4 Análisis de la demanda de fertilizantes

En la sección anterior vimos el análisis de los niveles de producción de los diferentes tipos fertilizantes, tipos de producción y ver los productos más representativos para cada uno de estos escenarios.

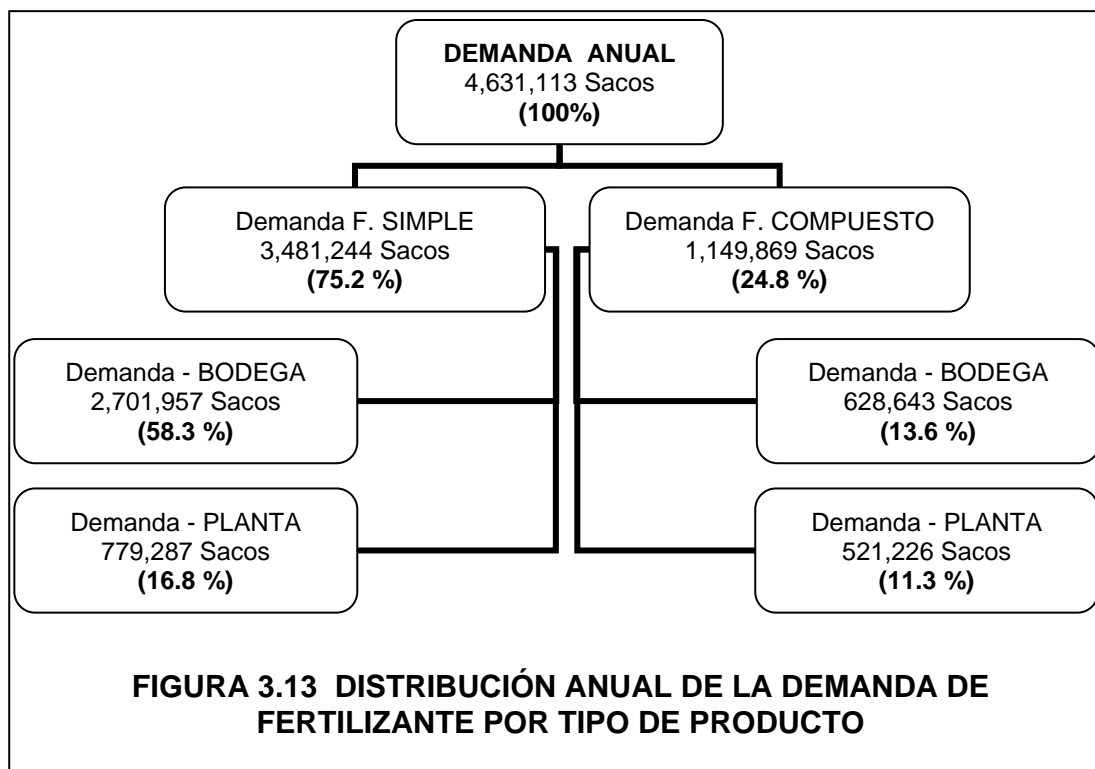
Ahora haremos un análisis similar para el caso de la demanda de fertilizante, cabe recalcar que la información fue proporcionada por el departamento de inventarios y el de comercialización, que en conjunto con la información obtenida por el departamento de producción, se muestra a continuación los resultados obtenidos.

### **3.4.1 Demanda total de fertilizante**

La demanda total de fertilizantes esta formada por 2 tipos de productos: la demanda del fertilizante simple y la demanda del fertilizante compuesto. En el caso de los productos no conformes, estos no son de venta al público.

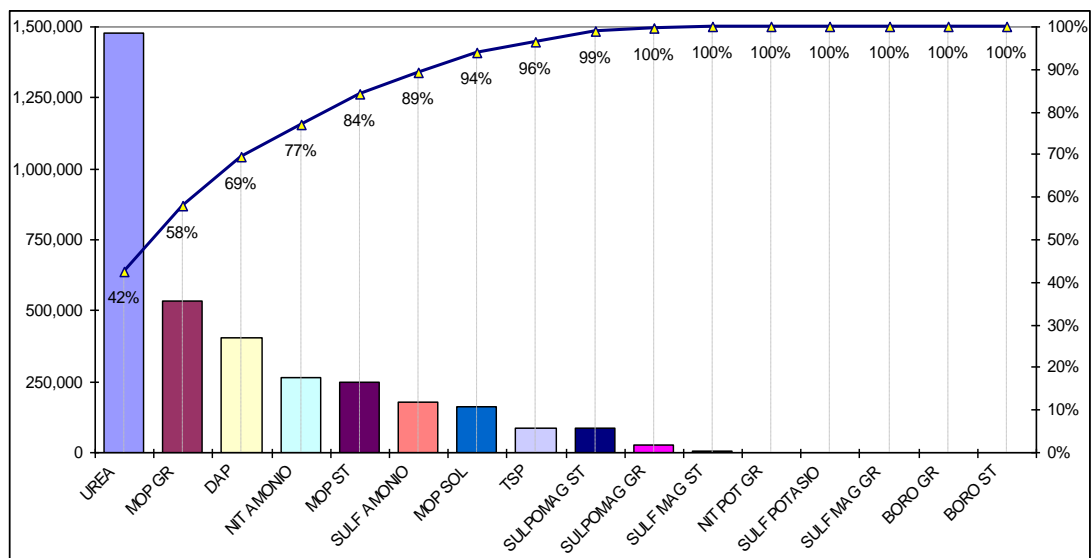
En la Figura 3.13 que se muestra a continuación, se detalla el desglose de la demanda anual de fertilizante de la empresa, podemos apreciar además en detalle, del tipo de venta del fertilizante simple y compuesto, es decir, las ventas hechas desde la bodega de producto terminado y las ventas desde la planta de producción (en la sección anterior se lo llamo “producción para despacho”).





Como se puede apreciar en la Figura 3.13, la demanda de fertilizante simple representa en promedio el 75.2% de las ventas anuales de fertilizante, mientras que las ventas de fertilizante compuesto representa el 24.8% restante.

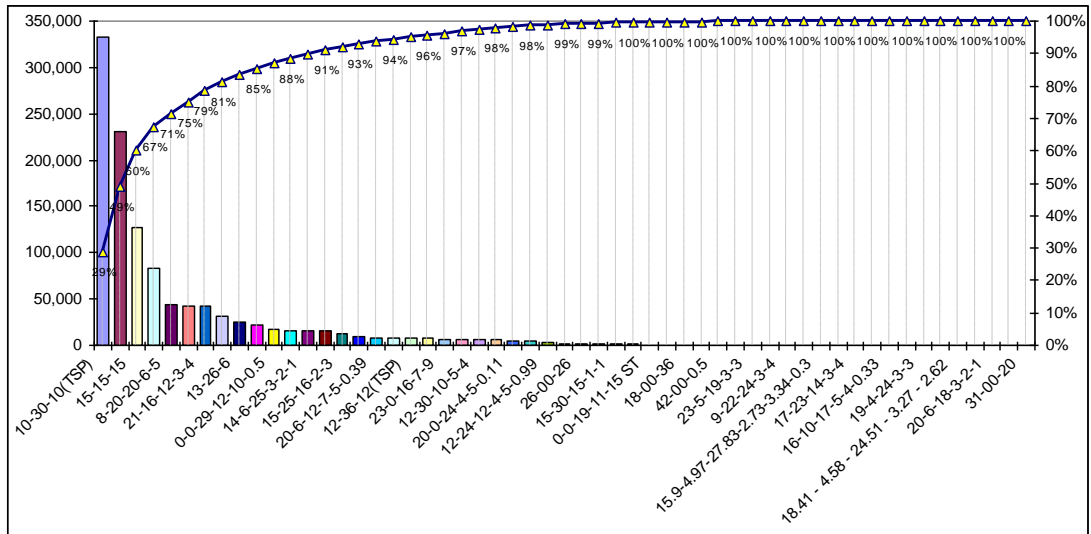
Con respecto a los fertilizantes simples, la demanda total es de 3,481,244 sacos, en la Figura 3.14 podemos ver un pareto de la demanda total anual de sacos de fertilizantes simples.



**FIGURA 3.14 PARETO DE LA DEMANDA ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTES SIMPLES**

Como se puede apreciar en la Figura 3.14, podemos apreciar que aproximadamente el 80% de la demanda anual de fertilizante simple se concentra en los 5 primeros ítems (Urea, MOP Gr., DAP, Nit. Amonio, MOP St.) de los 16 tipos de fertilizantes simples que tiene la empresa actualmente.

Con respecto a los fertilizantes compuestos, la demanda total es de 1,149,869 sacos anuales, en la Figura 3.15 podemos ver un pareto de la demanda total anual de sacos de fertilizantes compuestos.



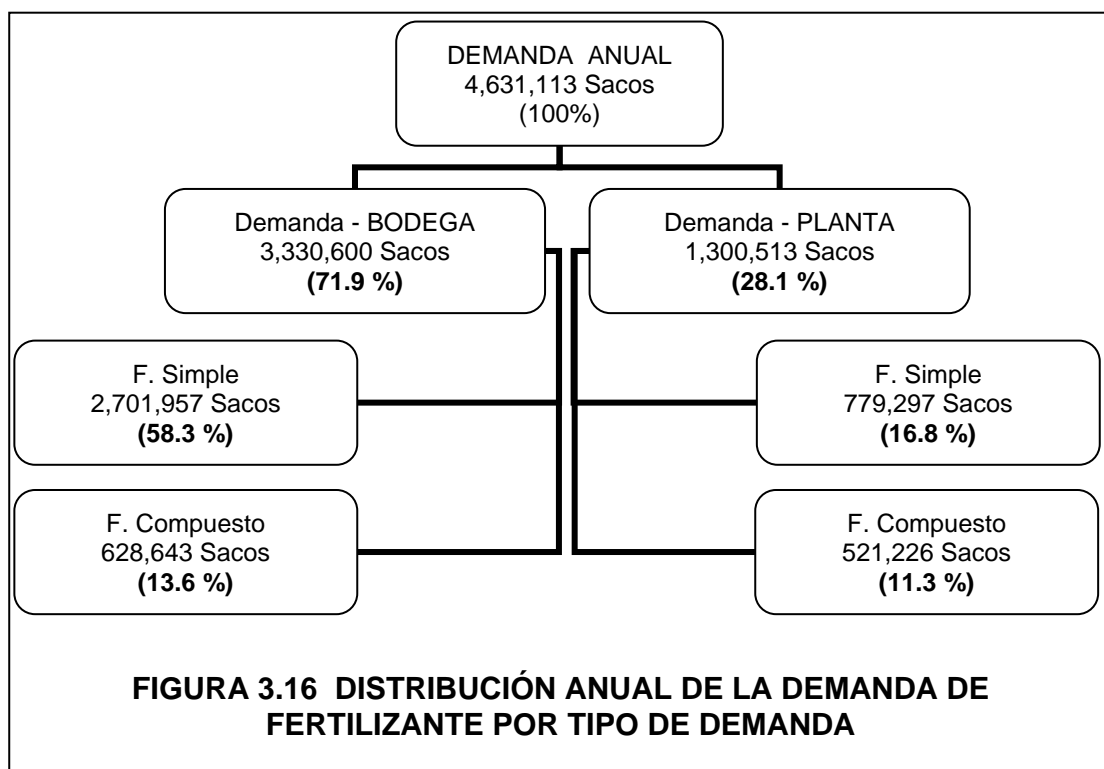
**FIGURA 3.15 PARETO DE LA DEMANDA ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTES COMPUESTOS**

Se puede apreciar en la Figura 3.15 que aproximadamente el 80% de la demanda anual de sacos de fertilizantes compuestos se concentra en los 8 primeros ítems (10-30-10TSP, 8-20-20, 15-15-15, 18-6-28-2-2, 8-20-20-6-5, 29-0-17-2-3, 21-16-12-3-4, 30-0-16-2-3) de los 55 que la empresa produce actualmente. Como era de suponer, estos 8 primeros ítems, corresponden a los fertilizantes compuestos del tipo comercial.

De la misma forma que en el análisis de la producción, aquí ocurren 2 eventos dentro de la demanda de fertilizante:

El primer evento es que la demanda o venta del fertilizante, simple o compuesto, se lo hace desde las bodegas o patios de producto terminado.

El segundo evento es que la demanda o venta de fertilizante se lo haga directamente desde la planta de producción.



En la Figura 3.16 se muestra el desglose de la demanda anual total de fertilizantes y se indica la cantidad y peso porcentual de cada tipo de demanda con respecto a la demanda anual total, es decir, cuantos sacos fueron vendidos desde las bodegas o

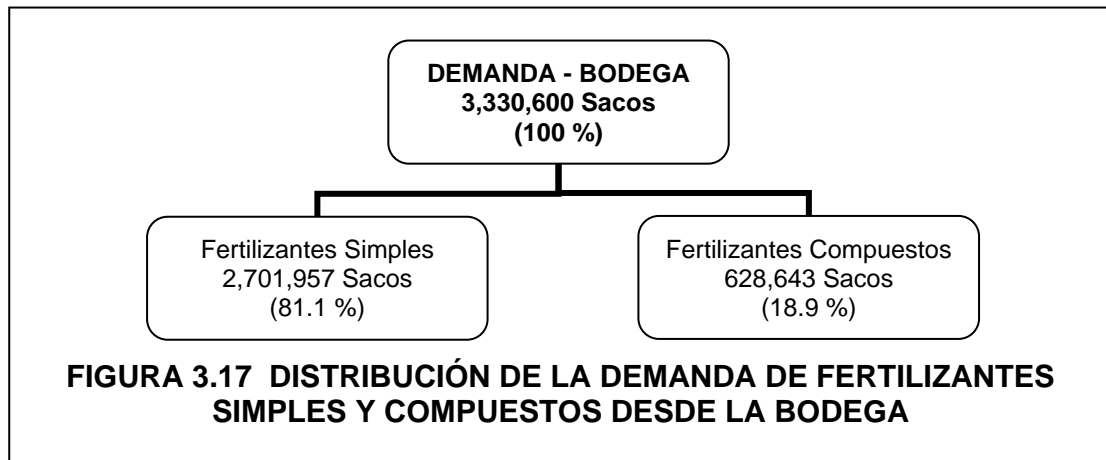
patios de producto terminado y cuantos fueron vendidos desde las líneas de producción de la planta.

En la Figura 3.16 podemos ver la distribución de la demanda del fertilizante por tipo de demanda, la demanda del fertilizante desde la bodega o patio de producto terminado representa el 71.9% de la demanda total mientras que la demanda desde la planta representa el 28.1%.

#### **3.4.2 Demanda de fertilizantes desde la bodega**

En esta sección veremos el desglose por producto del comportamiento de la demanda de los diferentes fertilizantes que son despachados desde las bodegas o patios de producto terminado.

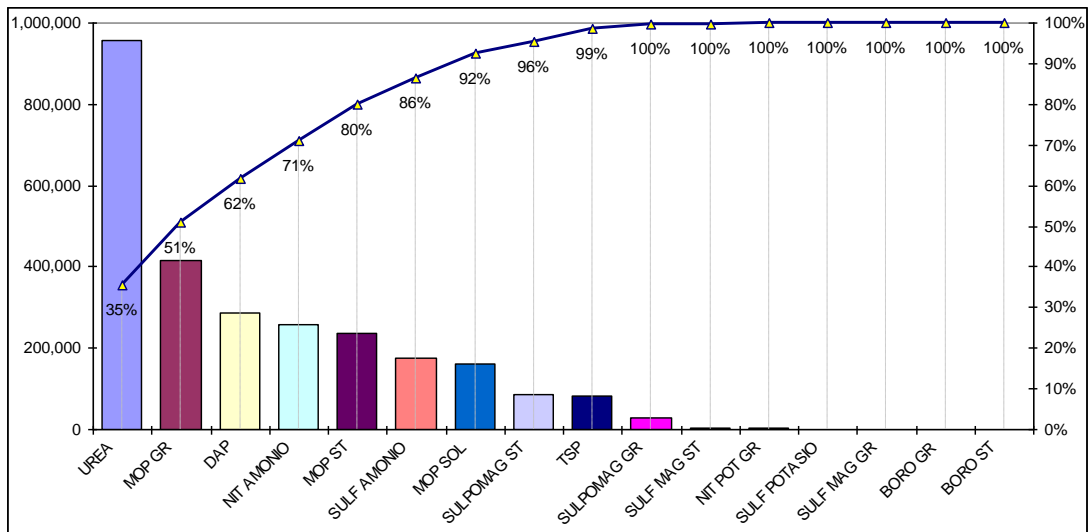
En la Figura 3.17 podemos ver el peso porcentual de cada tipo de fertilizante con respecto a la demanda anual de sacos demandados desde las bodegas y/o patios de producto terminado.



Como se puede apreciar en la Figura 3.17, los fertilizantes simples representan el 81.1% mientras que los fertilizantes compuestos apenas el 18.9%.

En el caso de los fertilizantes simples, en la Figura 3.18 que se muestra a continuación, podemos ver un pareto de la producción de fertilizantes simples despachados desde las bodegas o patios de almacenamiento de producto terminado.

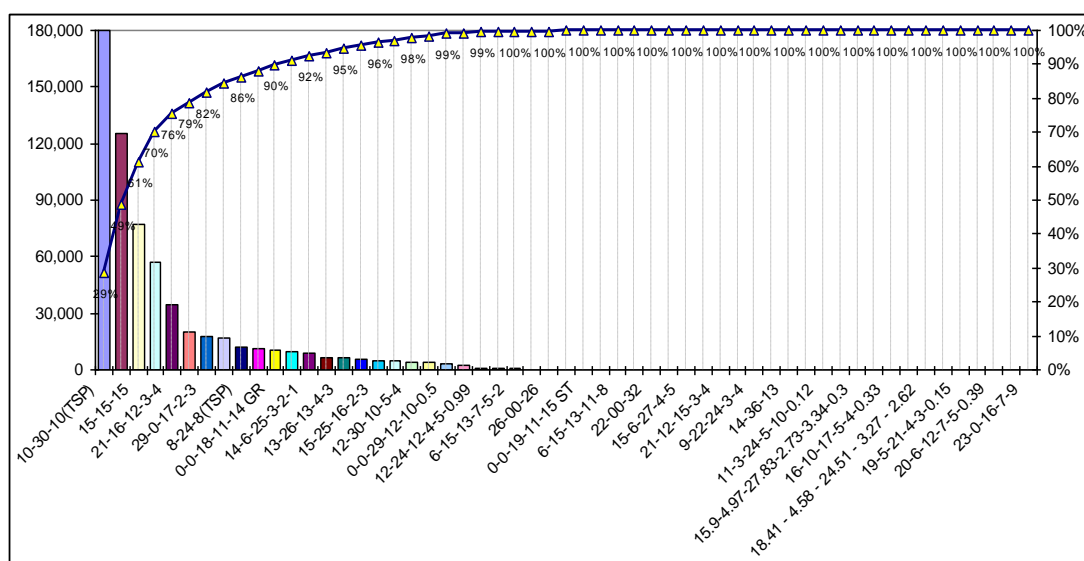
Se puede apreciar en la Figura 3.18 que aproximadamente el 80% de la demanda desde la bodega de fertilizante simple se concentra en los 5 primeros ítems (Urea, MOP Gr., DAP, Nit. Amonio, MOP St.) de los 16.



**FIGURA 3.18 PARETO DE LA DEMANDA ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE SIMPLE DESDE LA BODEGA**

En el caso de los fertilizantes compuestos, en la Figura 3.19 podemos ver un pareto de la demanda de los fertilizantes compuestos despachados desde las bodegas o patios de almacenamiento de producto terminado.

Se puede apreciar en la Figura 3.19 que aproximadamente el 80% de la demanda anual desde la bodega de fertilizantes compuestos se concentra en los primeros 7 ítems (10-30-10TSP, 8-20-20, 15-15-15, 18-6-28-2-2, 21-16-12-3-4, 8-20-20-6-5, 29-0-17-2-3) de los 42 tipos de fertilizantes compuestos que ocupan la bodega.



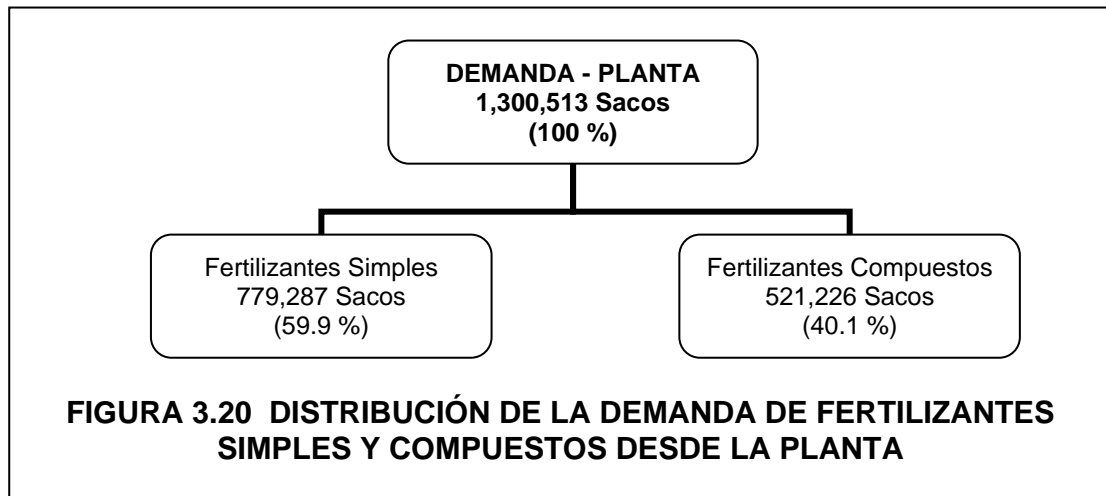
**FIGURA 3.19 PARETO DE LA DEMANDA ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE COMPUESTO DESDE LA BODEGA**

### 3.4.3 Demanda de fertilizantes desde la planta

En esta sección se verá en detalle por producto, como se comporta la demanda de fertilizantes, simples y compuestos, desde la planta de producción.

En la Figura 3.20 se muestra el peso porcentual de cada tipo de fertilizante, de la demanda anual promedio de sacos de fertilizantes que son demandados desde la planta de producción. Se puede apreciar que la diferencia entre los tipos de fertilizantes no es mucha, a diferencia de la demanda desde la bodega.





Como es lógico, la demanda de fertilizantes, simples y compuestos, desde la planta de producción es exactamente lo mismo que la producción despachada a clientes, visto en detalle en la sección 3.3.3, por lo que no es necesario repetir los mismos gráficos de Pareto para cada tipo de fertilizante.

Para el caso de los fertilizantes simples, podemos revisar la Figura 3.11 donde se muestra la producción anual de fertilizante simple despachado a clientes. Para el caso de los fertilizantes compuestos, podemos revisar la Figura 3.12 donde se muestra la producción anual de fertilizante compuesto despachado a clientes.

### **3.5 Análisis de la producción y la demanda en el tiempo.**

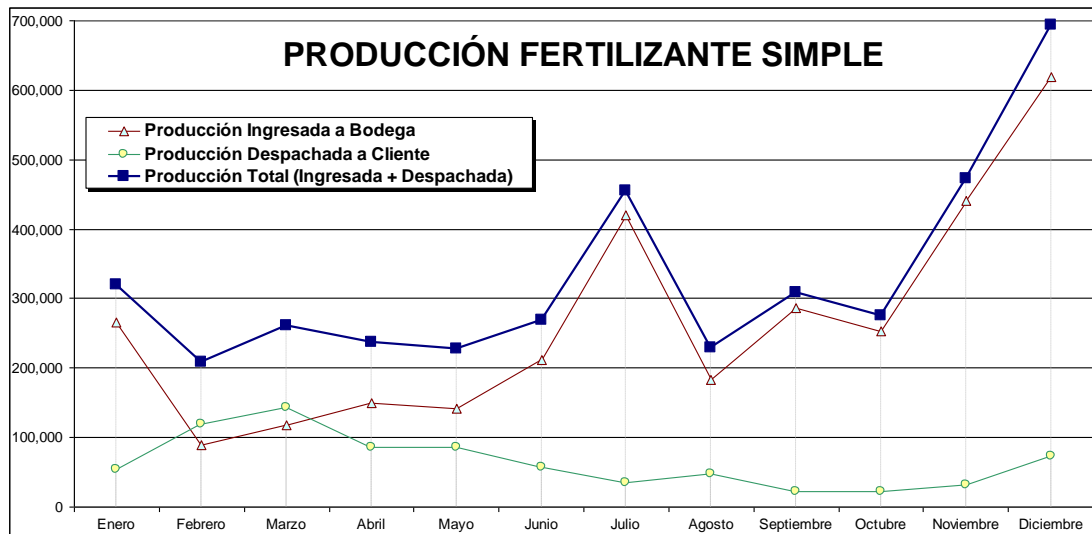
En esta sección vamos a analizar la producción y la demanda de fertilizantes en el transcurso del tiempo, es decir, analizar la tendencia de estas 2 variables en el tiempo y ver sus niveles más altos y bajos

A continuación vamos a ver un análisis tanto para los fertilizantes simples, compuestos y luego la unión de ambos.

#### **3.5.1 Fertilizantes simples en el tiempo**

En secciones anteriores hemos visto en detalle cual es la tendencia de la producción y la demanda de los fertilizantes simples en lo que respecta a los diferentes tipos de fertilizantes simples, en esta sección vamos a ver como se comporta los niveles de producción y demanda en el tiempo y luego compararlos.

En la Figura 3.21 que se muestra a continuación, podemos ver los niveles de producción ingresado, despachado y la producción total del fertilizante simple a través del tiempo.

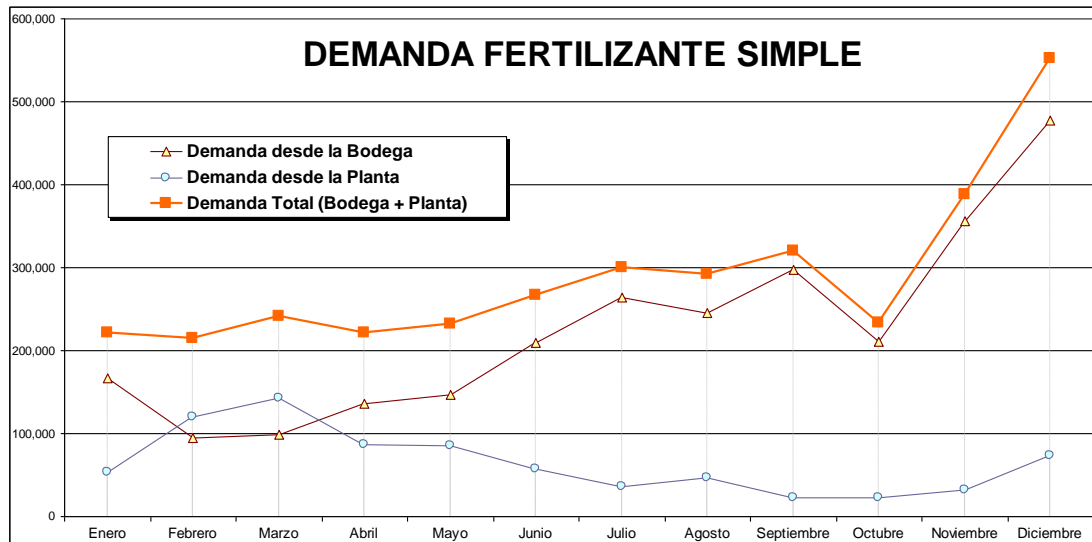


**FIGURA 3.21 PRODUCCIÓN MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE SIMPLE – AÑO 2004**

En la Figura 3.21 se puede ver que los niveles de producción para despacho son inferiores que los de la producción ingresada a bodega.

Con respecto a la producción ingresada, observamos un pico a partir del mes de julio y de ahí en adelante su producción comienza a elevarse hasta llegar los meses más altos como son noviembre y diciembre, esto se debe a que son los meses en que existe un reabastecimiento de fertilizante con la llegada de buques y se necesita generar espacio para poder descargar todo el fertilizante que esta por llegar.

En la Figura 3.22 podemos ver el comportamiento de la demanda de fertilizante simple.

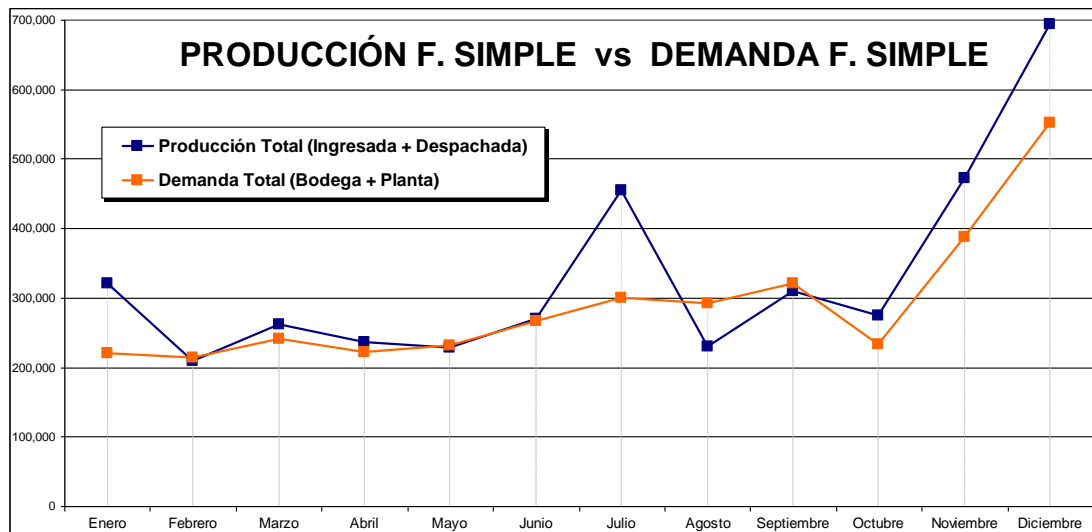


**FIGURA 3.22 DEMANDA MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE SIMPLE – AÑO 2004**

Como se puede apreciar en la Figura 3.22, la demanda de fertilizante simple desde la bodega presenta un incremento desde junio hasta los meses picos como son noviembre y diciembre, esto coincide con los meses picos de producción y de esta forma ayuda a liberar en parte todo el producto almacenado en las bodegas de producto terminado.

Con respecto a la demanda de fertilizante simple desde planta, es mucho menor que la demanda de bodega, además se comporta de forma inversa ya que la demanda desde planta es mayor en los primeros meses del año y luego va decreciendo.

En la Figura 3.23 se muestra una comparación entre la cantidad total producida de fertilizante simple versus la demanda total del mismo.



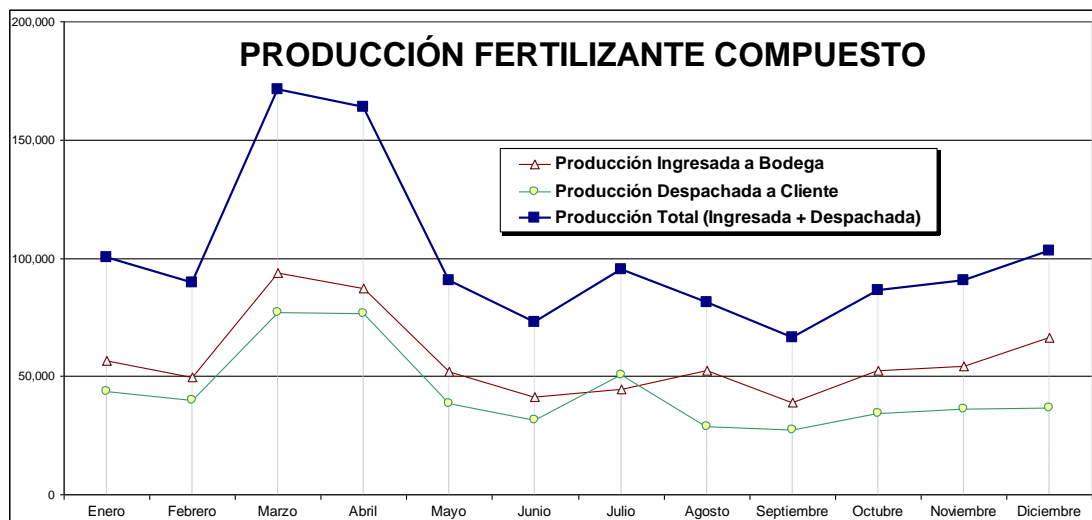
**FIGURA 3.23 PRODUCCIÓN Y DEMANDA MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE SIMPLE – AÑO 2004**

Podemos apreciar en la Figura 3.23 que en forma general la producción de fertilizante simple es mayor que su demanda, esas diferencias entre la producción y la demanda se reflejan en el inventario sobrante y que se va acumulando cada año.

### **3.5.2 Fertilizantes compuestos en el tiempo.**

Como en la sección anterior se vio el comportamiento de la producción y la demanda del fertilizante simple, ahora en esta sección haremos lo mismo para los fertilizantes compuestos.

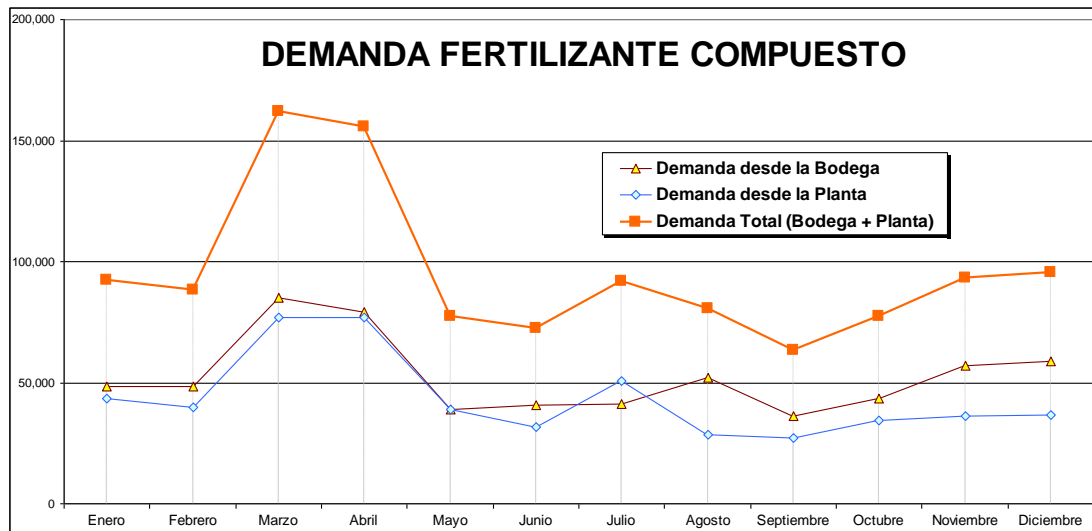
En la Figura 3.24 que se muestra a continuación, se muestra los niveles de producción ingresado, despachado y la producción total de los fertilizantes compuestos a través del tiempo.



**FIGURA 3.24 PRODUCCIÓN MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE COMPUESTO – AÑO 2004**

En la Figura 3.24 podemos apreciar que la producción de fertilizantes compuestos ingresado a bodega es de mayor volumen que el de despacho a cliente. La producción total de fertilizante compuesto muestra sus mayores niveles en los primeros meses del año a diferencia de los fertilizantes simples.

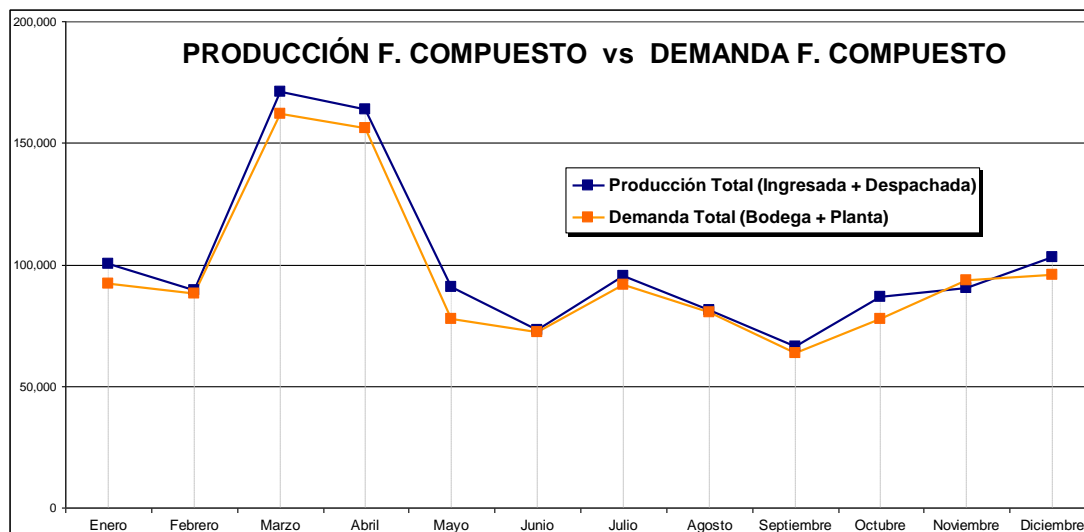
En la Figura 3.25 podemos ver el comportamiento de la demanda de fertilizante compuesto.



**FIGURA 3.25 DEMANDA MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE COMPUESTO – AÑO 2004**

Podemos ver en la Figura 3.25 que la demanda de fertilizante compuesto desde la bodega es ligeramente superior que la demanda desde la planta. Se observa que la demanda total de fertilizante compuesto es mayor en los primeros meses del año, a diferencia de la demanda del fertilizante simple.

En la Figura 3.26 se muestra una comparación entre la cantidad total producida de fertilizante compuesto versus la demanda total del mismo.



**FIGURA 3.26 PRODUCCIÓN Y DEMANDA DE SACOS DE FERTILIZANTE COMPUESTO – AÑO 2004**

Vemos en la Figura 3.26 que la producción de fertilizante compuesto en forma general es ligeramente mayor que la demanda del mismo, esas diferencias entre la producción y la demanda se reflejan en el saldo de inventario de producto terminado. Esas diferencias son menores que en el caso del fertilizante simple.

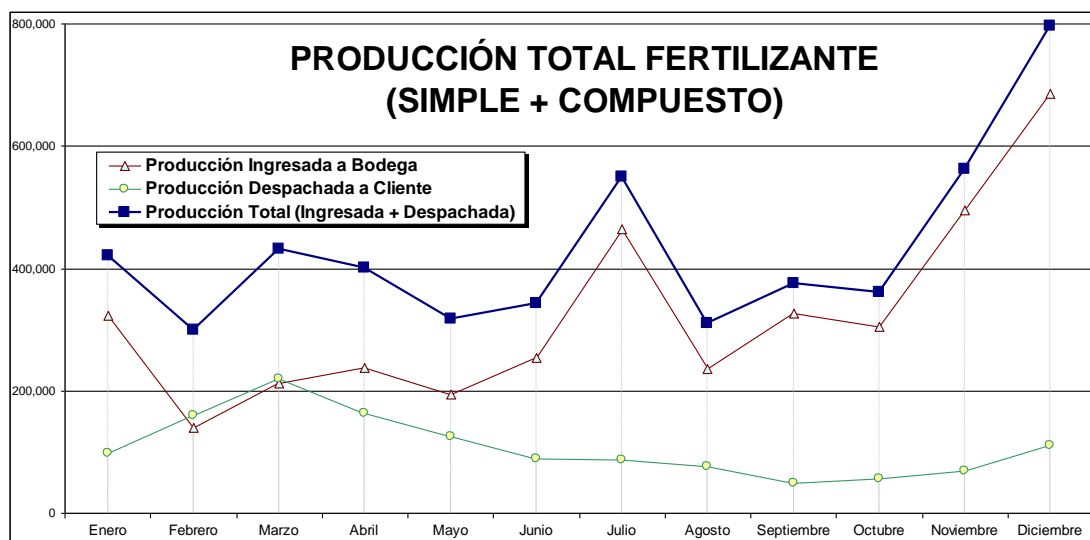
### 3.5.3 Fertilizantes simples y compuestos en el tiempo

En las secciones anteriores vimos el comportamiento de la producción y la demanda en forma individual para el fertilizante simple y para el fertilizante compuesto. En esta sección



analizaremos de forma global la producción y la demanda de los fertilizantes.

En la Figura 3.27, se muestra los niveles de producción totales tanto para los ingresos, despachos y el global.



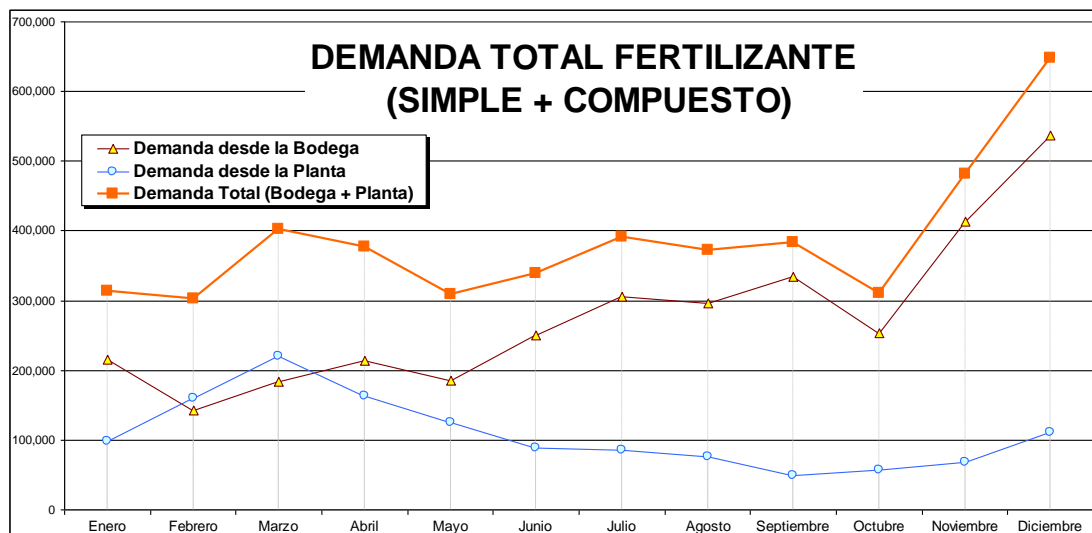
**FIGURA 3.27 PRODUCCIÓN TOTAL MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE – AÑO 2004**

Vemos en la Figura 3.27 que la producción total de fertilizante despachado es menor que la producción ingresada a bodega. Se puede apreciar que en forma general la producción bordea los 400,000 sacos mensuales, a excepción de los últimos meses del año donde se ven incrementos significativos en los niveles de producción. Dada la diferencia que existe entre los ingresos versus los despachos, vemos que la producción total

tiende a comportarse como la producción ingresada a las bodegas y/o patios de producto terminado.

En forma general, la producción total despachada a clientes presenta un alto nivel en los primeros meses el año mientras que la producción ingresada a bodega presenta un mayor nivel en los últimos meses del año.

En la Figura 3.28 se muestra los niveles de demanda totales tanto para la demanda desde bodega, desde planta y la sumatoria de ambos.

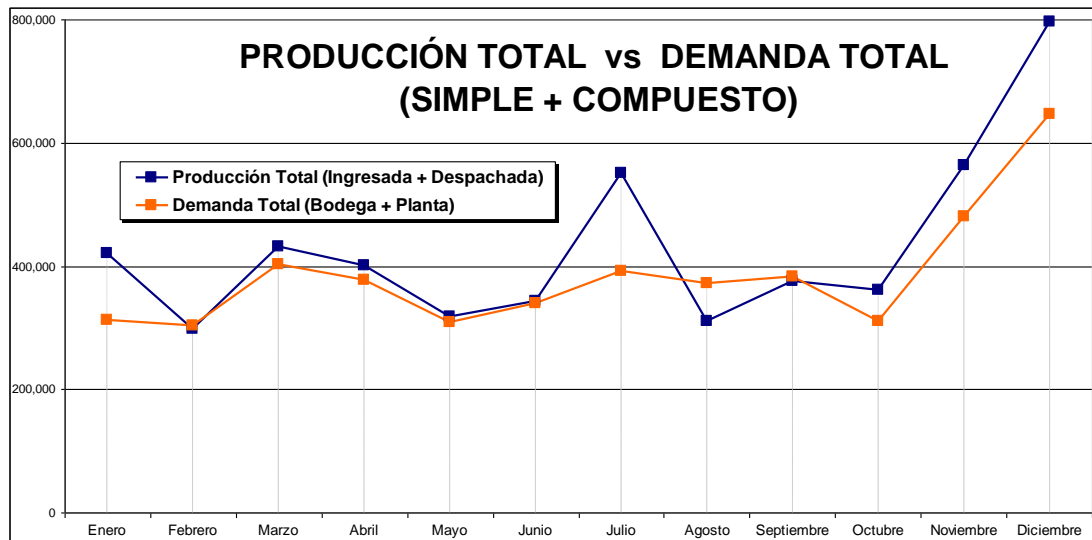


**FIGURA 3.28 DEMANDA TOTAL MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE – AÑO 2004**

Vemos en la Figura 3.28, que la demanda total de fertilizante en está alrededor de los 300,000 y 400,000 sacos mensuales, a excepción de los últimos meses del año donde se observa un incremento considerable en la demanda de fertilizante. Según las gráficas anteriores, la producción de fertilizante simple muestra un incremento mayor de la demanda en los últimos meses del año, mientras que la demanda del fertilizante compuesto muestra un incremento mayor en los primeros meses del año.

En forma general la demanda de sacos desde la bodega se incrementa conforme avanza el año, mientras que la demanda desde la bodega se reduce conforme avanza el año.

En la Figura 3.29, se muestra un contraste entre la producción total de fertilizante y la demanda total de fertilizante a través del tiempo.



**FIGURA 3.29 PRODUCCIÓN Y DEMANDA TOTAL MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE – AÑO 2004**

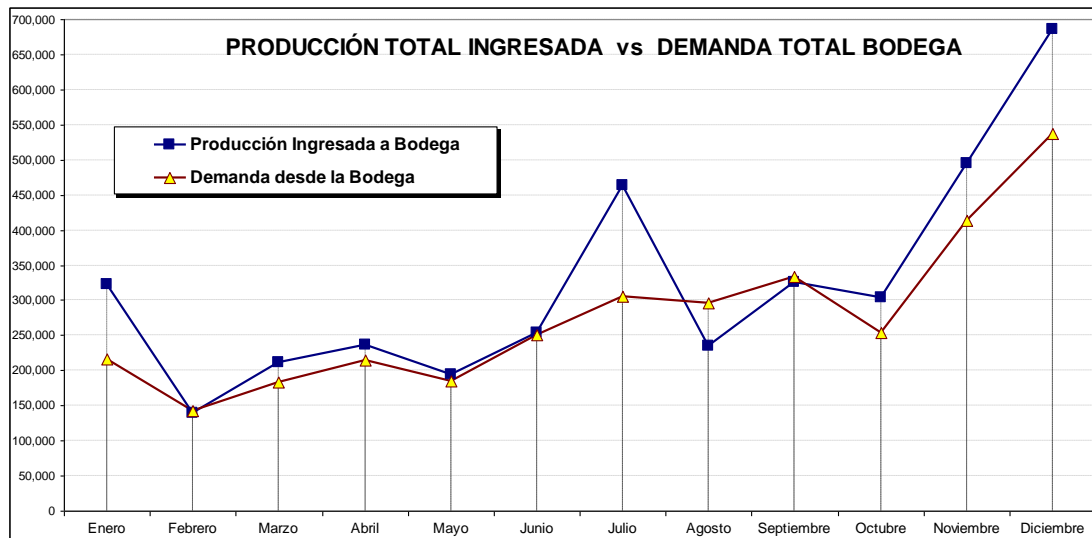
Vemos en la Figura 3.29, vemos en forma global que el nivel de producción es mayor que el nivel de la demanda de fertilizante, existen meses en que la diferencia es notoria entre la producción y la demanda, esas diferencias se reflejan luego en los niveles de producto terminado sobrante que se genera al final del año. En forma general los niveles de producción siguen a la demanda, pero por otros factores, los niveles de producción tienen que aumentar con el único fin de ensacar el producto y generar espacio en las bodegas de almacenamiento al granel de fertilizante, generando un exceso de producción y por ende unos altos niveles de inventario, en la siguiente sección se analizará esta temática.

### **3.6 Análisis del stock de producto terminado de fertilizantes**

Una vez analizado la producción de fertilizante, su demanda y haberlos comparado contra el tiempo, observamos que las diferencias entre ellos genera un stock sobrante que se va acumulando cada año, a continuación vamos a analizar el stock de producto terminado de fertilizantes, su costo y el impacto que este genera en la empresa.

Empezaremos este análisis recordando la cantidad total de fertilizante (simple y compuesto) que se ingresa aproximadamente en un año a las bodegas o patios de producto terminado, menos la cantidad demandada total desde las bodegas y como resultado tenemos el saldo de inventario para ese período.

En la Figura 3.30 se puede apreciar como se comporta la demanda total de fertilizante desde bodega versus la producción total ingresada a las bodegas o patios de producto terminado.



**FIGURA 3.30 PRODUCCIÓN INGRESADA Y DEMANDA BODEGA TOTAL MENSUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE – AÑO 2004**

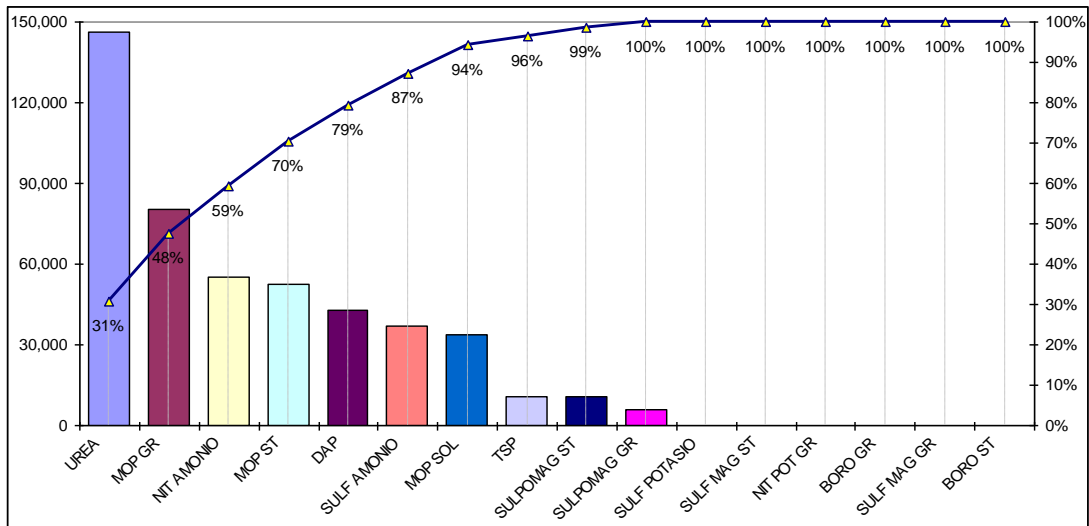
El saldo anual de producto terminado consiste en todo el fertilizante, simple y compuesto que fue ingresado a la bodega o patios de producto terminado y no pudo ser vendido en ese período. Más adelante detallaremos esta cantidad en los diferentes tipos de fertilizantes. El saldo anual de sacos de fertilizantes es el siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Producción Anual Ingresada} \\ 3,867,437 \text{ sacos} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Demanda Anual Bodega} \\ 3,330,600 \text{ sacos} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Saldo Anual Bodega} \\ 536,837 \text{ sacos} \end{array} \right\}$$

### 3.6.1 Saldo bodega de fertilizante simple

En esta sección analizaremos la cantidad de fertilizante simple que ha quedado como saldo de la diferencia entre la producción y la demanda.

En la Figura 3.31 podemos ver un pareto del saldo anual de sacos de fertilizante simple que se encuentran almacenados en las bodegas de producto terminado.



**FIGURA 3.31 PARETO DEL SALDO ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE SIMPLE EN LAS BODEGAS DE PRODUCTO TERMINADO**

Según la Figura 3.31 aproximadamente el 80% del saldo de los fertilizantes simples que se encuentran en las bodegas de producto terminado se concentran en los 5 primeros ítems (Urea, MOP Gr., Nit. Amonio, MOP St., Dap) de los 16 que tiene la empresa.

A continuación en la Tabla 9, se indica la cantidad de sacos de fertilizante simple sobrante durante el año 2004 y el valor

monetario de esa cantidad.

<b>TABLA 9</b>	
<b>SALDO ANUAL DE FERTILIZANTE SIMPLE DESDE LAS BODEGAS DE PRODUCTO TERMINADO</b>	
476,077 Sacos	\$ 7,157,679.97

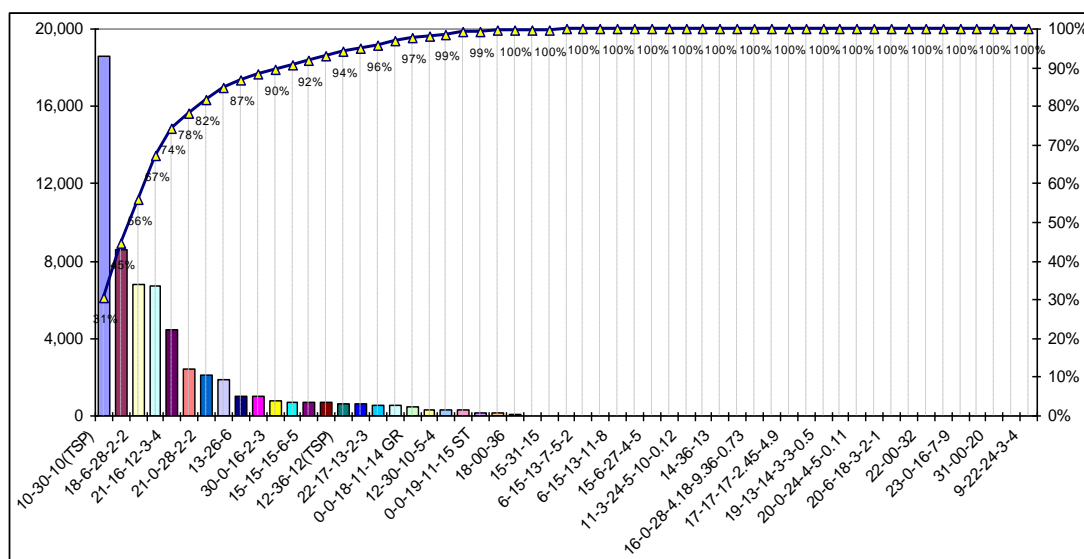
### **3.6.2 Saldo bodega fertilizante compuesto**

En esta sección analizaremos la cantidad de fertilizante compuesto que ha quedado como saldo en las bodegas de productor terminado, a causa de la diferencia entre la producción y la demanda.

En la Figura 3.32 podemos ver un pareto de la cantidad anual de sacos de fertilizante compuesto perteneciente al saldo en bodega y/o patios de producto terminado.

Podemos ver en la Figura 3.32, que aproximadamente el 80% de la cantidad de fertilizante compuesto sobrante de las bodegas de producto terminado se concentra en los 7 primeros ítems (10-30-10TSP, 15-15-15, 18-6-28-2-2, 8-20-20, 21-16-12-3-4, 8-20-20-6-5, 21-0-28-2-2).





**FIGURA 3.32 PARETO DEL SALDO ANUAL DE SACOS DE FERTILIZANTE COMPUESTO EN LAS BODEGAS DE PRODUCTO TERMINADO**

A continuación en la Tabla 10, se indica la cantidad de sacos de fertilizante compuesto sobrante durante el año 2004 y el valor monetario de esa cantidad.

TABLA 10	
SALDO ANUAL DE FERTILIZANTE COMPUESTO DESDE LAS BODEGAS DE PRODUCTO TERMINADO	
60,760 Sacos	\$ 897,517.7

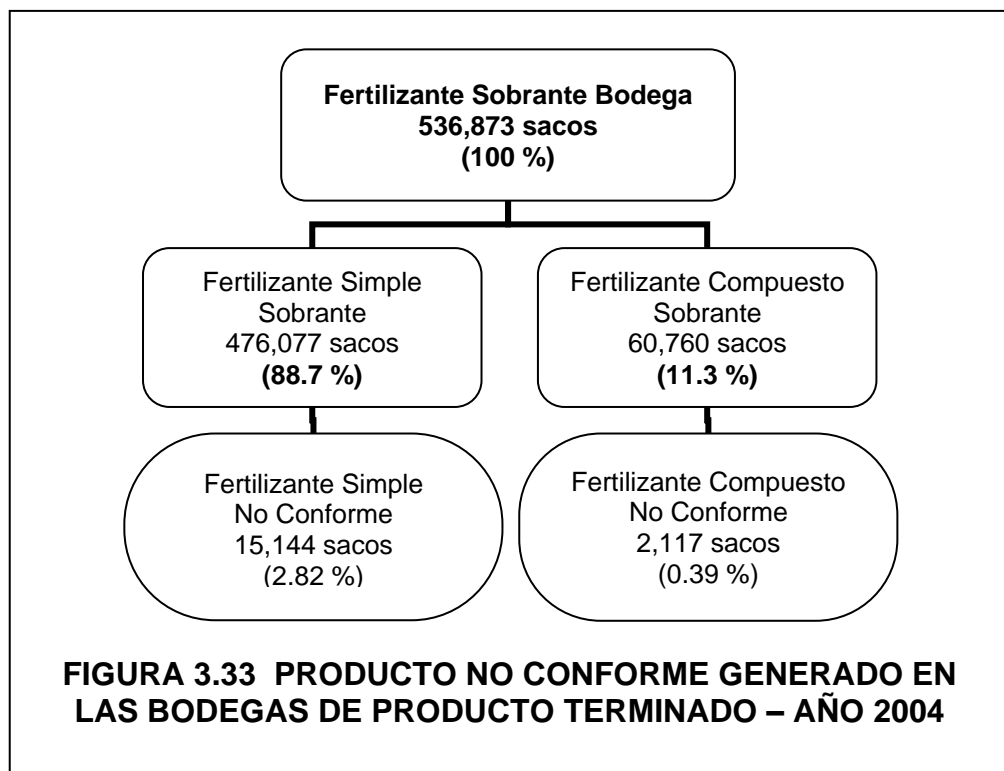
### 3.6.3 Producto no conforme generado en las bodegas

Así como en el proceso de producción se genera producto no conforme, de la misma forma en el proceso de manipuleo y almacenamiento de sacos de fertilizantes, tanto en las bodegas

y patios de almacenamiento, se genera producto terminado no conforme y que por lo tanto no puede ser vendido al cliente.

A continuación vamos a detallar las cantidades reportadas durante el año 2004 tanto para los fertilizantes simples y para los compuestos. La información fue proporcionada por el departamento de aseguramiento de la calidad.

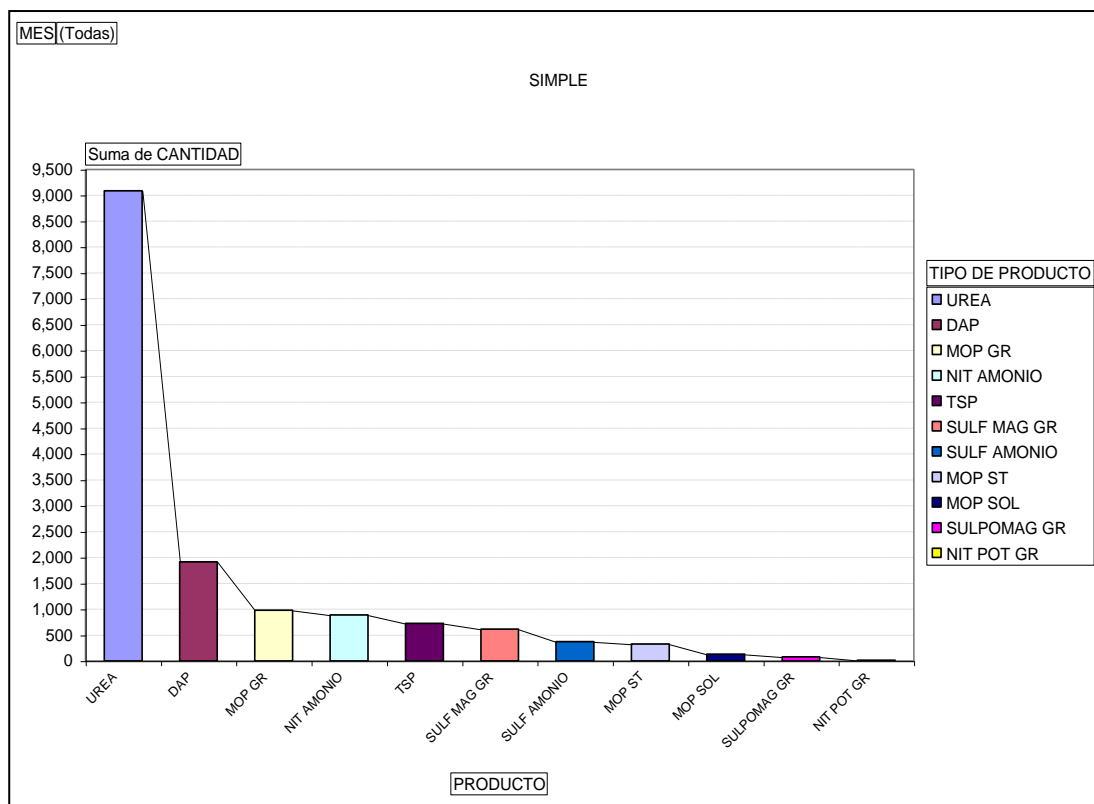
En la Figura 3.33 se muestra las cantidades de fertilizante no conforme generada en las bodegas de producto terminado.



Según la Figura 3.33, el fertilizante simple no conforme representa el 2.82% y el compuesto representa el 0.39% del fertilizante sobrante anual que se encuentran en las bodegas o patios de producto terminado y que no puede ser utilizado para la venta.

En el caso del fertilizante simple era de suponer un porcentaje mayor dado que se que su volumen de producción y demanda es mayor y además este se almacena en patios no cubiertos, lo que implica que los sacos de fertilizante están propensos a sufrir los efectos del clima como la lluvia, sol, polvo, etc.

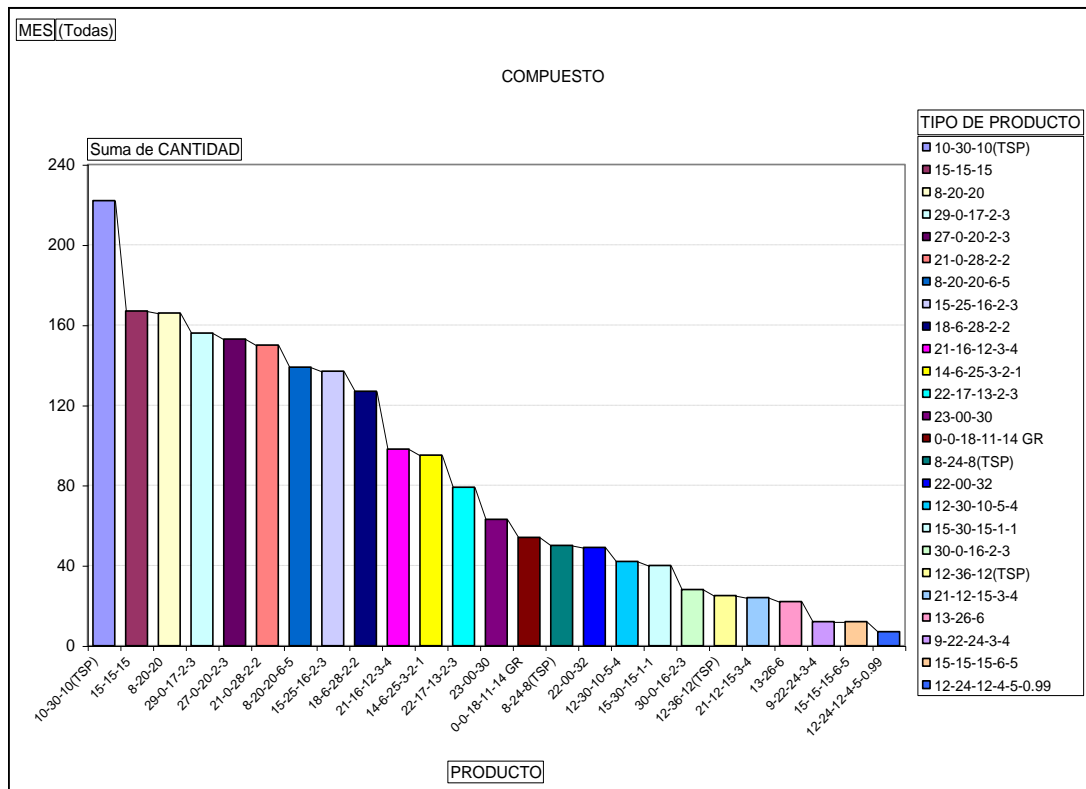
A continuación, en la Figura 3.34 se muestra el detalle de las cantidades de fertilizante simple no conforme reportadas durante el año 2004 desde las bodegas de producto terminado.



**FIGURA 3.34 SACOS DE FERTILIZANTE SIMPLE NO CONFORME GENERADO EN LAS BODEGAS DE PRODUCTO TERMINADO – AÑO 2004**

Vemos en la Figura 3.34 que el fertilizante simple conocido como urea presenta un marcado nivel de no conformidad.

A continuación en la Figura 3.35, se muestra en detalle las cantidades de fertilizante compuesto no conforme reportadas durante el año 2004 desde las bodegas de producto terminado.



**FIGURA 3.35 SACOS DE FERTILIZANTE COMPUESTO NO CONFORME GENERADO EN LAS BODEGAS DE PRODUCTO TERMINADO – AÑO 2004**

Podemos apreciar en la Figura 3.35 que las cantidades de producto no conforme de fertilizantes compuestos son mucho menores que en el caso de los fertilizantes simples. Esto se debe a que el tiempo de almacenamiento de los fertilizantes compuestos es mucho menor que en el caso de los fertilizantes simples, lo que obliga a tener un mayor control de los mismos.

# **CAPÍTULO 4**

## **4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DEL INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO**

En este capítulo, dado el marco teórico y la información analizada en capítulos anteriores, se procede al diseño de un sistema de control y gestión de los inventarios de producto terminado. En el capítulo 2, se mostró el marco teórico de esta tesis y se propone una estructura secuencial para lograr el objetivo de este capítulo.

En forma resumida, empezaremos con la jerarquización de los artículos en inventario de producto terminado, tanto para los fertilizantes simples como para los fertilizantes compuestos, luego una clasificación de los artículos especiales, según sea el caso. Una vez clasificado, se seleccionarán los parámetros (política de control, cantidad a ordenar, punto de reorden, stock de seguridad, etc.) para cada tipo de inventario según su clasificación previa.

#### **4.1 Análisis ABC de los artículos en inventario de producto terminado**

El análisis ABC jerarquiza los artículos en inventario en orden descendente por su venta anual. A continuación veremos el análisis ABC tanto para los fertilizantes simples y fertilizantes compuestos.

En el capítulo anterior, sección 3.4.1, se observó que la demanda anual de fertilizante de la empresa estaba constituida por la demanda despachada desde la bodega y patios de producto terminado (aproximadamente el 72%), y por la demanda despachada desde la planta (aproximadamente el 28%).

Para la jerarquización del inventario, solicitamos al departamento de comercialización, el precio de venta de cada tipo de fertilizante, con esta información y más la demanda anual desde la bodega de cada tipo de fertilizantes se jerarquizará los inventarios de producto terminado.

En la Tabla 11 que se muestra a continuación, podemos ver el precio de venta al público de cada tipo de fertilizante simple al momento de realizar esta tesis.

<b>TABLA 11</b>			
<b>PRECIO DE VENTA DEL FERTILIZANTE SIMPLE</b>			
<b>Fertilizante:</b>	<b>P.V.P. (\$ / Saco)</b>	<b>Fertilizante:</b>	<b>P.V.P. (\$ / Saco)</b>
BORO GR	17.32	SULF AMONIO	11.22
BORO ST	10.97	SULF MAG GR	12.19
DAP	18.25	SULF MAG ST	10.56
MOP GR	13.97	SULF POTASIO	21.08
MOP SOL	13.31	SULPOMAG GR	13.83
MOP ST	13.31	SULPOMAG ST	10.76
NIT AMONIO	14.25	TSP	15.86
NIT POT GR	31.71	UREA	17.24

A continuación, en la Tabla 12 se muestra el precio de venta al público de cada tipo fertilizante compuesto.

<b>TABLA 12</b>									
<b>PRECIO DE VENTA DEL FERTILIZANTE COMPUESTO</b>									
0-0-18- 11-14 GR	\$13.72	14-36- 13	\$15.96	16-10- 17-5- 4-0.33	\$17.25	20-6- 18-3-2- 1	\$16.35	27-0-20- 2-3	\$16.08
0-0-19- 11-15 ST	\$10.72	14-6-25- 3-2-1	\$15.89	17-17- 17- 2.45- 4.9	\$13.12	21-0- 28-2-2	\$15.63	29-0-17- 2-3	\$16.22



0-0-29-12-10-0.5	\$11.32	15.9-4.97-27.83-2.73-3.34-0.3	\$16.32	17-23-14-3-4	\$17.32	21-12-15-3-4	\$16.44	30-0-16-2-3	\$16.28
10-30-10(TSP)	\$14.34	15-15-15	\$13.58	18.41-4.58-24.51-3.27	\$16.36	21-16-12-3-4	\$16.66	31-00-20	\$15.63
11-3-24-5-10-0.12	\$14.52	15-15-15-6-5	\$16.15	18-00-36	\$15.62	22-00-32	\$15.9	42-00-0.5	\$16.59
12-24-12-4-5-0.99	\$16.86	15-25-16-2-3	\$16.8	18-6-28-2-2	\$15.82	22-17-13-2-3	\$16.8	6-15-13-11-8	\$14.85
12-30-10-5-4	\$16.89	15-30-15-1-1	\$17.13	19-13-14-3-3-0.5	\$16.63	23-4-5.4-19.4-1.7-3.4	\$16.98	6-15-13-7-5-2	\$14.21
12-36-12(TSP)	\$16.62	15-31-15	\$12.45	19-4-24-3-3	\$16.24	23-00-30	\$15.94	8-20-20	\$13.2
13-26-13-4-3	\$16.76	15-6-27-4-5	\$16.34	19-5-21-4-3-0.15	\$16.78	23-0-16-7-9	\$13.1	8-20-20-6-5	\$15.97
13-26-6	\$13.58	16-00-40	\$15.89	20-0-24-4-5-0.11	\$13.2	23-5-19-3-3	\$16.65	8-24-8(TSP)	\$12.14
13-7-20-5-6-0.57	\$16.32	16-0-28-4.18-9.36-0.73	\$16.23	20-6-12-7-5-0.39	\$13.45	26-00-26	\$15.96	9-22-24-3-4	\$16.16

#### 4.1.1 Análisis ABC para el fertilizante simple

Como se vio en capítulos anteriores, la empresa cuenta con 16 tipos de fertilizantes simples, ahora jerarquizaremos cada uno de ellos según su precio de venta.

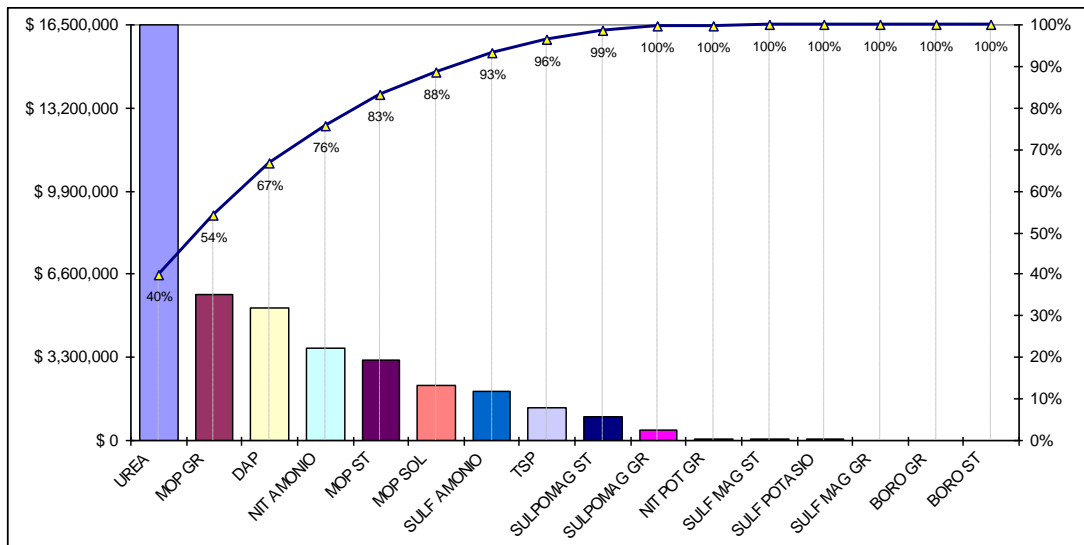
Una vez obtenido el precio de venta y la cantidad demandada en un año, procedemos a realizar el análisis ABC para los diferentes tipos de fertilizantes simples que tiene la empresa. La Figura 4.1 muestra la aplicación del análisis ABC.

Fertilizante Simple	Venta Anual Bodega [Sacos]	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]	%	% Acumulado
UREA	956,847	17.24	<b>16,496,042.28</b>	39.898%	39.90%
MOP GR	416,833	13.97	<b>5,823,157.01</b>	14.084%	53.98%
DAP	288,379	18.25	<b>5,262,916.75</b>	12.729%	66.71%
NIT AMONIO	257,828	14.25	<b>3,674,049.00</b>	8.886%	75.60%
MOP ST	237,745	13.31	<b>3,164,385.95</b>	7.654%	83.25%
MOP SOL	162,870	13.31	<b>2,167,799.70</b>	5.243%	88.49%
SULF AMONIO	174,130	11.22	<b>1,953,738.60</b>	4.725%	93.22%
TSP	83,354	15.86	<b>1,321,994.44</b>	3.197%	96.42%
SULPOMAG ST	85,925	10.76	<b>924,553.00</b>	2.236%	98.65%
SULPOMAG GR	28,688	13.83	<b>396,755.04</b>	0.960%	99.61%
NIT POT GR	1,880	31.71	<b>59,614.80</b>	0.144%	99.76%
SULF MAG ST	3,980	10.56	<b>42,028.80</b>	0.102%	99.86%
SULF POTASIO	1,600	21.08	<b>33,728.00</b>	0.082%	99.94%
SULF MAG GR	1,490	12.19	<b>18,163.10</b>	0.044%	99.98%
BORO GR	278	17.32	<b>4,814.96</b>	0.012%	100.00%
BORO ST	130	10.97	<b>1,426.10</b>	0.003%	100.00%
<b>Ventas Bodega F. Simple</b>	<b>2,701,957</b>	<b>N.A.</b>	<b>\$ 41,345,167.53</b>	<b>100.00%</b>	<b>N.A.</b>

**FIGURA 4.1 ANÁLISIS ABC PARA LOS FERTILIZANTES SIMPLES**

Como se puede apreciar, existen fertilizantes simples con un precio unitario mucho más alto que otros pero dado su volumen no representan el mismo impacto en forma global.

Dada la información obtenida en la figura anterior, procedemos a graficar la curva ABC de la demanda anual de fertilizante simple, el resultado se muestra a continuación en la Figura 4.2.



**FIGURA 4.2 CURVA ABC PARA LOS FERTILIZANTES SIMPLES**

Podemos ver en la Figura 4.2 el porcentaje acumulado que aporta cada tipo de fertilizante simple.

A continuación, en la Tabla 13 se muestra el resultado del análisis ABC y se indica el tipo de inventario al que pertenece cada tipo de fertilizante simple y los rangos que se utilizaron para la jerarquización de cada uno de ellos.

<b>TABLA 13</b>
<b>RESULTADO DEL ANÁLISIS ABC PARA LOS FERTILIZANTES</b>

<b>SIMPLES</b>		
<b>Fertilizante Simple</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>TIPO</b>
UREA	0% a ≈ 80%	<b>A</b>
MOP GR		
DAP		
NIT AMONIO		
MOP ST		
MOP SOL	≈ 80% a ≈ 95%	<b>B</b>
SULF AMONIO		
TSP		
SULPOMAG ST	≈ 95% a 100%	<b>C</b>
SULPOMAG GR		
NIT POT GR		
SULF MAG ST		
SULF POTASIO		
SULF MAG GR		
BORO GR		
BORO ST		

#### **4.1.2 Análisis ABC para el fertilizante compuesto**

Como se vio en capítulos anteriores, la empresa cuenta con 55 tipos de fertilizantes compuestos, de las cuales 42 son marcas comerciales de la empresa y las otras 13 son fertilizantes compuestos hechos bajo pedido.

Para los objetivos de esta tesis, el análisis ABC solo se justifica para las 42 marcas comerciales ya que ellas están expuestas a la demanda independiente del mercado.

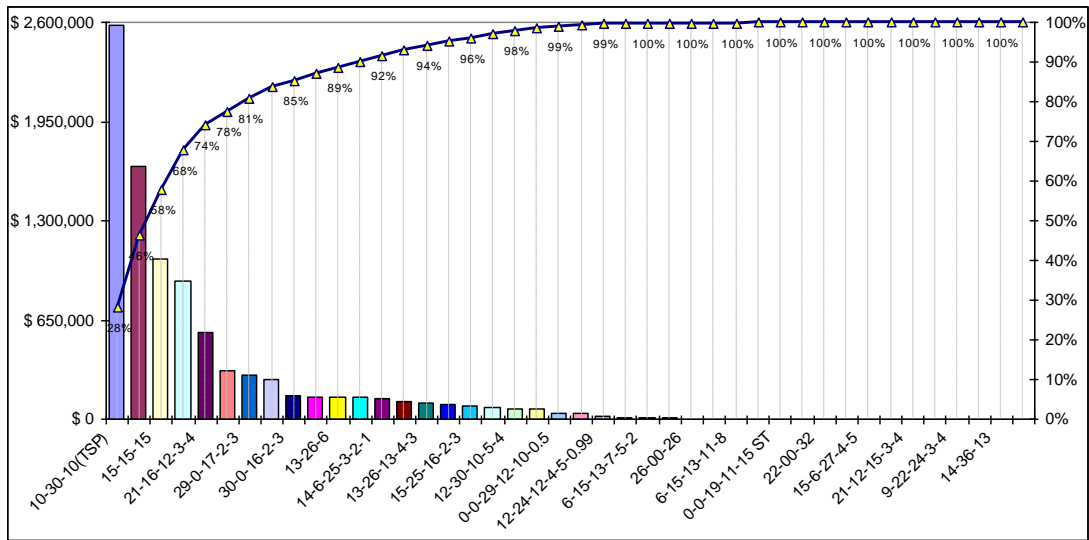
De la misma manera que en el caso anterior, una vez obtenido el precio de venta y la cantidad demandada en un año, procedemos a realizar el análisis ABC para los diferentes tipos de fertilizantes compuestos que tiene la empresa.

A continuación, en la Figura 4.3 se muestra la aplicación del análisis ABC, de la misma forma que en el caso del fertilizante simple, existen fertilizantes compuestos con un precio de venta unitario mucho más alto que otros pero dado su volumen no representan el mismo impacto en forma global.

Fertilizante Compuesto	Venta Anual Bodega [Sacos]	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]	%	% Acumulado
10-30-10(TSP)	180,000	14.34	2,581,200.00	28.246%	28.246%
8-20-20	125,680	13.20	1,658,976.00	18.154%	46.400%
15-15-15	77,445	13.58	1,051,703.10	11.509%	57.909%
18-6-28-2-2	57,435	15.82	908,621.70	9.943%	67.852%
21-16-12-3-4	34,377	16.66	572,720.82	6.267%	74.120%
8-20-20-6-5	19,850	15.97	317,004.50	3.469%	77.589%
29-0-17-2-3	17,930	16.22	290,824.60	3.183%	80.771%
21-0-28-2-2	16,659	15.63	260,380.17	2.849%	83.621%
30-0-16-2-3	9,495	16.28	154,578.60	1.692%	85.312%
0-0-18-11-14 GR	10,834	13.72	148,642.48	1.627%	86.939%
13-26-6	10,920	13.58	148,293.60	1.623%	88.562%
8-24-8(TSP)	11,810	12.14	143,373.40	1.569%	90.131%
14-6-25-3-2-1	8,660	15.89	137,607.40	1.506%	91.636%
12-36-12(TSP)	6,752	16.62	112,218.24	1.228%	92.864%
13-26-13-4-3	6,537	16.76	109,560.12	1.199%	94.063%
15-15-15-6-5	5,881	16.15	94,978.15	1.039%	95.103%
15-25-16-2-3	5,205	16.80	87,444.00	0.957%	96.060%
23-00-30	4,780	15.94	76,193.20	0.834%	96.893%
12-30-10-5-4	4,270	16.89	72,120.30	0.789%	97.683%
22-17-13-2-3	4,079	16.80	68,527.20	0.750%	98.432%
0-0-29-12-10-0.5	3,380	11.32	38,261.60	0.419%	98.851%
27-0-20-2-3	2,290	16.08	36,823.20	0.403%	99.254%
12-24-12-4-5-0.99	1,191	16.86	20,080.26	0.220%	99.474%
18-00-36	480	15.62	7,497.60	0.082%	99.556%
6-15-13-7-5-2	470	14.21	6,678.70	0.073%	99.629%
15-30-15-1-1	291	17.13	4,984.83	0.055%	99.684%
26-00-26	275	15.96	4,389.00	0.048%	99.732%
23-5-19-3-3	240	16.65	3,996.00	0.044%	99.775%
6-15-13-11-8	230	14.85	3,415.50	0.037%	99.813%
15-31-15	265	12.45	3,299.25	0.036%	99.849%
0-0-19-11-15 ST	248	10.72	2,658.56	0.029%	99.878%
42-00-0.5	100	16.59	1,659.00	0.018%	99.896%
22-00-32	97	15.90	1,542.30	0.017%	99.913%
16-00-40	95	15.89	1,509.55	0.017%	99.929%
15-6-27-4-5	90	16.34	1,470.60	0.016%	99.946%
19-4-24-3-3	85	16.24	1,380.40	0.015%	99.961%
21-12-15-3-4	81	16.44	1,331.64	0.015%	99.975%
17-23-14-3-4	65	17.32	1,125.80	0.012%	99.988%
9-22-24-3-4	35	16.16	565.60	0.006%	99.994%
20-6-18-3-2-1	12	16.35	196.20	0.002%	99.996%
14-36-13	12	15.96	191.52	0.002%	99.998%
31-00-20	12	15.63	187.56	0.002%	100.000%
<b>Ventas Bodega F. Compuesto</b>	<b>628,643</b>	<b>N.A.</b>	<b>\$ 9,138,212.25</b>	<b>100.000%</b>	<b>N.A.</b>

**FIGURA 4.3 ANÁLISIS ABC PARA LOS FERTILIZANTES COMPUESTOS**

Dada la información obtenida en la Figura 4.3, procedemos a graficar la curva ABC de la demanda anual de fertilizante compuesto, el resultado se muestra a continuación en la Figura 4.4.



**FIGURA 4.4 CURVA ABC PARA LOS FERTILIZANTES COMPUESTOS**

Podemos ver en la Figura 4.4 el porcentaje acumulado que aporta cada tipo de fertilizante compuesto.

A continuación, en la Tabla 14 se muestra el resultado del análisis ABC y se indica el tipo de inventario al que pertenece cada tipo de fertilizante compuesto.

TABLA 14		
RESULTADO DEL ANÁLISIS ABC PARA LOS FERTILIZANTE COMPUESTOS		
Fertilizante Compuesto	% Acumulado	TIPO
10-30-10(TSP)	0% a ≈ 80%	A
8-20-20		
15-15-15		
18-6-28-2-2		

21-16-12-3-4		
8-20-20-6-5		
29-0-17-2-3		
21-0-28-2-2	≈ 80% a ≈ 95%	<b>B</b>
30-0-16-2-3		
0-0-18-11-14 GR		
13-26-6		
8-24-8(TSP)		
14-6-25-3-2-1		
12-36-12(TSP)		
13-26-13-4-3		
15-15-15-6-5		
15-25-16-2-3		
23-00-30		
12-30-10-5-4		
22-17-13-2-3		
0-0-29-12-10-0.5		
27-0-20-2-3		
12-24-12-4-5-0.99		
18-00-36		
6-15-13-7-5-2		
15-30-15-1-1		
26-00-26		
23-5-19-3-3		
6-15-13-11-8		
15-31-15		
0-0-19-11-15 ST		
42-00-0.5		
22-00-32		
16-00-40		
15-6-27-4-5		
19-4-24-3-3		
21-12-15-3-4		
17-23-14-3-4		
9-22-24-3-4		
20-6-18-3-2-1		
14-36-13		
31-00-20		



## **4.2 Clasificación de fertilizantes especiales**

El análisis ABC muestra la manera en que el principio de Pareto ayuda a asignar el esfuerzo administrativo. El grupo A, que representa la mayor parte de la inversión en inventario de producto terminado, tiene un control estrecho. Los artículos del grupo C obtienen poca atención administrativa, no valen el esfuerzo. Los del grupo B están en un punto intermedio.

Una vez definida la clasificación ABC, tanto para fertilizantes simples y para los compuestos, seguiremos con la identificación de artículos especiales. Estos son los artículos de los grupos B y C que necesitan algún tipo de atención especial y necesitan ser clasificados como productos del grupo A. A continuación revisaremos, tanto para los fertilizantes simples y los compuestos, la clasificación ABC y veremos si existen artículos que necesiten algún control especial en base al asesoramiento de los departamentos de calidad, comercialización y producción e inventarios.

### **4.2.1 Clasificación de fertilizantes simples especiales**

En la sección 4.1.1 se realizó el análisis ABC para el fertilizante simple, dando como resultado lo mostrado en la Tabla 11. Ahora consultando con los departamentos de calidad,

comercialización, producción e inventarios acerca de los fertilizante simples encasillados en los grupos B y C, nos dijeron que no existen algún tipo de restricción importante en cuanto a su tiempo de almacenamiento, alteración de sus propiedades químicas u otra razón para que algunos de ellos tenga un control especial, dada estas premisas, la clasificación ABC mostrada en la Tabla 11 permanece constante.

#### **4.2.2 Clasificación de fertilizantes compuestos especiales**

De la misma forma que en los fertilizantes simples, en la sección 4.1.2 se realizó el análisis ABC para los fertilizantes compuestos, dando como resultado lo mostrado en la Tabla 12.

Igual que en el caso anterior, se consultó con los departamentos de calidad, comercialización, producción e inventarios acerca de los fertilizantes compuestos encasillados en los grupos B y C. Dentro del grupo B y C no hubo ninguna novedad.

En conclusión, el análisis ABC permanece constante para los 42 tipos de fertilizantes compuestos comerciales que actualmente tiene la empresa.

### 4.3 Inventarios Grupo A

Una vez clasificado los productos dentro del grupo A, tanto para los fertilizantes simples y los fertilizantes compuestos, procedemos describir la política de control y los parámetros a utilizar para todos los fertilizantes simples y compuestos dentro del grupo A.

A continuación se muestra el resumen del diseño de control y gestión de los inventarios para el grupo A:

- **Principio de control:** Control de artículos individuales.
- **Política de inventarios:** Revisión periódica.
- **Período de revisión (T):** 7 días = 0.23 mes.
- **Tiempo de entrega ( $\tau$ ):** 3 días = 0.1 mes.
- **Punto de reorden (R):**  $\bar{D}(T+\tau) + s$
- **Cantidad de reorden (Q):** lote por lote (L x L).
- **Inventario de seguridad (s):** bajo, menor que el grupo B y C.
- **Nivel de servicio ( $\alpha$ ):** bajo, 95%, menor que el grupo B y C.

Con esta información procedemos al cálculo del punto de reorden (R) y el inventario de seguridad (s) para cada uno de los fertilizantes encasillados dentro del grupo A.

En la Figura 4.5 y 4.6 que se muestra a continuación, podemos ver el cálculo del stock de seguridad (s) y el punto de reorden (R) para los

fertilizantes simples y compuestos del grupo A en base a los parámetros definidos para el grupo A.

	DAP	MOP GR	MOP ST	NIT AMONIO	UREA
Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) $\bar{D}$	24,032	34,736	19,812	21,486	79,737
Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) $\sigma$	21,286	22,520	14,822	22,372	23,421
Período de revisión $T$ (meses)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Tiempo de entrega a bodega $\tau$ (meses)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
$T+\tau$ (meses)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
$\bar{D}_{T+\tau} = \bar{D} * (T+\tau)$ (sacos)	8,010.5	11,578.7	6,604.0	7,161.9	26,579.1
$\sigma_{T+\tau} = \sigma * (T+\tau)$ (sacos)	12,289	13,002	8,557	12,917	13,522
Nivel de Servicio $\alpha = F(Z)$	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Distribución Normal Estándar $Z$	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
Stock de seguridad $s = Z * \sigma_{T+\tau} = Z * \sigma * (T+\tau)$ (sacos)	20,214	21,386	14,076	21,246	22,242
Punto de Reorden $R = \bar{D}_{T+\tau} + s$ (sacos)	28,225	32,965	20,680	28,408	48,821

**FIGURA 4.5 CALCULO DEL PUNTO DE REORDEN (R) Y STOCK DE SEGURIDAD (s) PARA LOS FERTILIZANTES SIMPLES DEL GRUPO A**

	10-30-10(TSP)	15-15-15	18-6-28-2-2	21-16-12-3-4	29-0-17-2-3	8-20-20	8-20-20-6-5
Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) $\bar{D}$	15,000	6,454	4,786	2,865	1,494	10,473	1,654
Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) $\sigma$	5,720	2,211	5,435	893	919	3,135	734
Período de revisión $T$ (meses)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Tiempo de entrega a bodega $\tau$ (meses)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
$T+\tau$ (meses)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
$\bar{D}_{T+\tau} = \bar{D} * (T+\tau)$ (sacos)	5000.0	2151.3	1595.4	954.9	498.1	3491.1	551.4
$\sigma_{T+\tau} = \sigma * (T+\tau)$ (sacos)	3302.7	1276.4	3137.8	515.5	530.9	1809.8	424.0
Nivel de Servicio $\alpha = F(Z)$	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Distribución Normal Estándar $Z$	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
Stock de seguridad $s = Z * \sigma_{T+\tau} = Z * \sigma * (T+\tau)$ (sacos)	5,432	2,099	5,161	848	873	2,977	697
Punto de Reorden $R = \bar{D}_{T+\tau} + s$ (sacos)	10,432	4,251	6,757	1,803	1,371	6,468	1,249

**FIGURA 4.6 CALCULO DEL PUNTO DE REORDEN (R) Y STOCK DE SEGURIDAD (s) PARA LOS FERTILIZANTES COMPUESTOS DEL GRUPO A**

Como se puede apreciar en la Figura 4.5 y 4.6, el cálculo del stock de seguridad (s) esta en función de: el nivel de servicio ( $\alpha$ ), la desviación estándar mensual de la demanda de ventas desde la bodega ( $\sigma$ ), el período de revisión (T) y el tiempo de entrega ( $\tau$ ).

Además, en la Figura 4.5 y 4.6, se muestra el cálculo del punto de reorden (R), decisión de tiempo, que esta en función de: la demanda mensual promedio ( $\bar{D}$ ), el período de revisión (T), el tiempo de entrega ( $\tau$ ) y el stock de seguridad (s).

Todos estos parámetros, tanto para el stock de seguridad como para el punto de reorden, están basados para el mismo período de tiempo, de forma que los resultados obtenidos sean coherentes tanto para los fertilizantes simples y los compuestos del grupo A.

Siguiendo el modelo de gestión y control de los inventarios, tenemos que para la cantidad de reorden (Q) del grupo A, se usará el modelo “lote por lote” (L x L). Éste es un caso especial de la regla de demanda de período fijo (DPF); la cantidad a ordenar es siempre la demanda para un período. Se lo utiliza para artículos muy caros (en términos de uso anual del dinero) y para artículos que tienen demanda irregular.

Ahora para planear un inventario en futuro para cada artículo del grupo A, se usa una ecuación de balance de materiales como se muestra a continuación:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Período de} \\ \text{inicio del} \\ \text{inventario} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Período de} \\ \text{ingresos} \\ \text{programados} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Período de} \\ \text{demanda} \\ \text{pronosticada} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Período de} \\ \text{terminación} \\ \text{del inventario} \end{array} \right\}$$

El período de ingresos programados se refiere al punto de reorden (Q) de producto a ingresar a la bodega o patio de almacenamiento, según el modelo lote por lote (L x L), se debe tener en cuenta además que siempre debe mantenerse el stock de seguridad (s) calculado para cada artículo a fin de evitar cualquier quiebre de stock.

#### 4.4 Inventarios Grupo B

Continuando con el diseño del sistema de control y gestión, una vez determinado los fertilizantes, simples y compuestos, dentro del grupo B, procedemos a describir la política de control y los parámetros a utilizar para este grupo.

A continuación se muestra el resumen del diseño de control y gestión de los inventarios para el grupo B:

- **Principio de control:** Control masivo.
- **Política de inventarios:** Revisión continua.
- **Período de revisión (T):** No aplica.
- **Tiempo de entrega ( $\tau$ ):** 2 días = 0.07 mes.
- **Punto de reorden (R):**  $\check{D}\tau + s$
- **Cantidad de reorden (Q):** lote económico (EOQ).

- **Inventario de seguridad (s):** medio, menor que el grupo C.
- **Nivel de servicio ( $\alpha$ ):** medio, 97%, menor que el grupo C.

Con esta información procedemos al cálculo del punto de reorden (R), inventario de seguridad (s) y para este grupo también se hará el cálculo de la cantidad de reorden (Q) para cada uno de los fertilizantes encasillados dentro del grupo B.

En la Figura 4.7 y 4.8 que se muestra a continuación, podemos ver el cálculo del stock de seguridad (s), el punto de reorden (R) y la cantidad de reorden (Q) para los fertilizantes simples y compuestos del grupo B en base a los parámetros definidos para este grupo.

	MOP SOL	SULF AMONIO	TSP
Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) [D]	13,573	14,511	6,946
Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) [ $\sigma$ ]	17,752	24,940	7,612
Tiempo de entrega a bodega [ $\tau$ ] (meses)	0.07	0.07	0.07
$\bar{D}_\tau = \bar{D} \cdot \tau$ (sacos)	904.8	967.4	463.1
$\sigma_\tau = \sigma \cdot \sqrt{\tau}$ (sacos)	4,583.6	6,439.6	1,965.4
Nivel de Servicio [ $\alpha$ ] = F(Z)	0.97	0.97	0.97
Distribución Normal Estándar [Z]	1.88	1.88	1.88
$s = Z \cdot \sigma_\tau = Z \cdot \sigma \cdot \sqrt{\tau}$ (sacos)	8,621	12,112	3,696
Punto de Reorden [R] = $\bar{D}_\tau + s$ (sacos)	9,526	13,079	4,160
c = costo unitario (\$/saco)	13.31	11.22	15.86
i = costo total anual de mantener el inventario (% por año)	10%	10%	10%
h = ic = costo total anual de mantener el inventario (\$ por saco por año)	1.331	1.122	1.586
A = costo de ordenar (\$/orden)	350	350	350
D = demanda anual estimada (sacos por año)	162,870	174,130	83,354
EOQ = $Q^* = \sqrt{2AD/h}$ (sacos)	9,255	10,423	6,065

**FIGURA 4.7 CÁLCULO DEL STOCK DE SEGURIDAD (s), PUNTO DE REORDEN (R) Y CANTIDAD DE REORDEN (Q) PARA LOS FERTILIZANTES SIMPLES DEL GRUPO B**

	0-0-18-11-14 GR	12-36-12(TSP)	13-26-13-4-3	13-26-6	14-6-25-3-2-1	15-15-15-6-5	21-0-28-2-2	30-0-16-2-3	8-24-8(TSP)
Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) $\bar{D}$	903	563	545	910	722	490	1,388	791	984
Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) $\sigma$	505	415	865	498	651	411	1,869	1,082	530
Tiempo de entrega a bodega $\tau$ (meses)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
$\bar{D}_\tau = \bar{D} \cdot \tau$ (sacos)	60.2	37.5	36.3	60.7	48.1	32.7	92.6	52.8	65.6
$\sigma_\tau = \sigma \cdot \sqrt{\tau}$ (sacos)	130.3	107.0	223.3	128.7	168.1	106.2	482.5	279.3	136.7
Nivel de Servicio $\alpha = F(Z)$	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Distribución Normal Estándar $Z$	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
$s = Z \cdot \sigma_\tau = Z \cdot \sigma \cdot \sqrt{\tau}$ (sacos)	245	201	420	242	316	200	908	525	257
Punto de Reorden $R = \bar{D}_\tau + s$ (sacos)	305	239	456	303	364	232	1,000	578	323
$c$ = costo unitario (\$/saco)	13.72	16.62	16.76	13.58	15.89	16.15	15.63	16.28	12.14
$i$ = costo total anual de mantener el inventario (% por año)	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
$h = ic$ = costo total anual de mantener el inventario (\$ por saco por año)	1.372	1.662	1.676	1.358	1.589	1.615	1.563	1.628	1.214
$A$ = costo de ordenar (\$/orden)	350	350	350	350	350	350	350	350	350
$D$ = demanda anual estimada (sacos por año)	10,834	6,752	6,537	10,920	8,660	5,881	16,659	9,495	11,810
$EOQ = Q^* = \sqrt{2AD/h}$ (sacos)	2,351	1,686	1,652	2,373	1,953	1,597	2,731	2,021	2,610

**FIGURA 4.8 CÁLCULO DEL STOCK DE SEGURIDAD (s), PUNTO DE REORDEN (R) Y CANTIDAD DE REORDEN (Q) PARA LOS FERTILIZANTES COMPUESTOS DEL GRUPO B**

Como se puede apreciar en la Figura 4.7 y 4.8, el cálculo del stock de seguridad (s) esta en función de: el nivel de servicio ( $\alpha$ ), la desviación estándar mensual de la demanda de ventas desde la bodega ( $\sigma$ ) y el tiempo de entrega ( $\tau$ ).

Además, en la Figura 4.7 y 4.8, se muestra el cálculo del punto de reorden (R), decisión de tiempo, que esta en función de: la demanda mensual promedio ( $\bar{D}$ ), el tiempo de entrega ( $\tau$ ) y el stock de seguridad (s).

Finalmente, tenemos el cálculo de la cantidad de reorden (Q), decisión de cantidad, para el grupo B se ordenan cantidades que



tienen alguna medida económica, como la cantidad económica de lote (EOQ) y que esta en función de: el costo anual de mantener el inventario ( $h$ ), el costo de poner una orden ( $A$ ) y la demanda anual estimada ( $D$ ). Cabe indicar que los valores utilizados para el cálculo de la cantidad de reorden ( $Q$ ), fueron analizados y proporcionados por los diferentes departamentos de la empresa.

#### 4.5 Inventarios Grupo C

Terminando con el diseño del sistema de control y gestión, una vez determinado los fertilizantes dentro del grupo C, procedemos a describir su política de control y sus parámetros.

A continuación se muestra el resumen del diseño de control y gestión de los inventarios para el grupo C:

- **Principio de control:** Control masivo.
- **Política de inventarios:** Revisión continua.
- **Período de revisión (T):** No aplica.
- **Tiempo de entrega ( $\tau$ ):** 2 días = 0.07 mes.
- **Punto de reorden (R):**  $\check{D}\tau + s$
- **Cantidad de reorden (Q):** Demanda de período fijo (DPF).
- **Inventario de seguridad (s):** alto, mayor que el grupo A y B.
- **Nivel de servicio ( $\alpha$ ):** alto, 99%, mayor que el grupo A y B.

Con esta información procedemos al cálculo del punto de reorden (R) e inventario de seguridad (s).

En la Figura 4.9 y 4.10 que se muestra a continuación, podemos ver el cálculo del stock de seguridad (s) y el punto de reorden (R) para los fertilizantes simples y compuestos del grupo C en base a los parámetros definidos para este grupo.

Como se puede apreciar en la Figura 4.9 y 4.10, el cálculo del stock de seguridad (s) esta en función de: el nivel de servicio ( $\alpha$ ), la desviación estándar mensual de la demanda de ventas desde la bodega ( $\sigma$ ) y el tiempo de entrega ( $\tau$ ).

Además, en la Figura 4.9 y 4.10, se muestra el cálculo del punto de reorden (R), decisión de tiempo, que esta en función de: la demanda mensual promedio ( $\check{D}$ ), el tiempo de entrega ( $\tau$ ) y el stock de seguridad (s).

	BORO GR	BORO ST	NIT POT GR	SULF MAG GR	SULF MAG ST	SULF POTASIO	SULPOMAG GR	SULPOMAG ST
Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) [D̄]	23	11	157	124	332	133	2,391	7,160
Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) [σ]	28	26	321	430	1,149	318	850	7,431
Tiempo de entrega a bodega [τ] (meses)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
D <sub>r</sub> = D̄τ (sacos)	1.54	0.72	10.44	8.28	22.11	8.89	159.38	477.36
σ <sub>r</sub> = στ (sacos)	7.19	6.62	82.77	111.06	296.65	82.08	219.52	1,918.66
Nivel de Servicio [α] = F(Z)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Distribución Normal Estándar [Z]	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33
s = Zσ <sub>r</sub> = Zστ (sacos)	17	15	193	258	690	191	511	4,463
Punto de Reorden [R] = D <sub>r</sub> + s (sacos)	18	16	203	267	712	200	670	4,941

**FIGURA 4.9 CÁLCULO DEL STOCK DE SEGURIDAD (s) Y PUNTO DE REORDEN (R) PARA LOS FERTILIZANTES SIMPLES DEL GRUPO C**

	0-0-19-11-15 ST	0-0-29-12-10 0.5	12-24-12-4-5 0.99	12-30-10-5-4	14-36-13	15-25-16-2-3	15-30-15-1-1	15-31-15	15-6-27-4-5	16-00-40	17-23-14-3-4	18-00-36	19-4-24-3-3
Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) [D̄]	21	282	99	356	1	434	24	22	8	8	5	40	7
Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) [σ]	32	509	63	305	3	557	17	14	17	11	19	30	20
Tiempo de entrega a bodega [τ] (meses)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
D <sub>r</sub> = D̄τ (sacos)	1.38	18.78	6.62	23.72	0.07	28.92	1.62	1.47	0.50	0.53	0.36	2.67	0.47
σ <sub>r</sub> = στ (sacos)	8.37	131.52	16.39	78.65	0.89	143.72	4.50	3.67	4.31	2.88	4.84	7.86	5.24
Nivel de Servicio [α] = F(Z)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Distribución Normal Estándar [Z]	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33
s = Zσ <sub>r</sub> = Zστ (sacos)	19	306	38	183	2	334	10	9	10	7	11	18	12
Punto de Reorden [R] = D <sub>r</sub> + s (sacos)	21	325	45	207	2	363	12	10	11	7	12	21	13

	20-6-18-3-2-1	21-12-15-3-4	22-00-32	22-17-13-2-3	23-00-30	23-5-19-3-3	26-00-26	27-0-20-2-3	31-00-20	42-00-0.5	6-15-13-11-8	6-15-13-7-5-2	9-22-24-3-4
Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) [D̄]	1	7	8	340	398	20	23	191	1	8	19	39	3
Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) [σ]	3	23	11	446	669	69	13	282	3	21	40	59	6
Tiempo de entrega a bodega [τ] (meses)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
D <sub>r</sub> = D̄τ (sacos)	0.07	0.45	0.54	22.66	26.56	1.33	1.53	12.72	0.07	0.56	1.28	2.61	0.19
σ <sub>r</sub> = στ (sacos)	0.89	5.96	2.85	115.20	172.67	17.89	3.37	72.84	0.89	5.32	10.31	15.21	1.54
Nivel de Servicio [α] = F(Z)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Distribución Normal Estándar [Z]	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33
s = Zσ <sub>r</sub> = Zστ (sacos)	2	14	7	268	402	42	8	169	2	12	24	35	4
Punto de Reorden [R] = D <sub>r</sub> + s (sacos)	2	14	7	291	428	43	9	182	2	13	25	38	4

**FIGURA 4.10 CÁLCULO DEL STOCK DE SEGURIDAD (s) Y PUNTO DE REORDEN (R) PARA LOS FERTILIZANTES COMPUESTOS DEL GRUPO C**

#### 4.6 Análisis de los resultados esperados del diseño

Una vez definido los diferentes parámetros y políticas de control para cada grupo de fertilizantes, según el análisis ABC, se procede a

cuantificar el ahorro, tanto en sacos como en dinero, con respecto al escenario actual.

En el capítulo 3, sección 3.6, se analizó la cantidad de producto sobrante, tanto de fertilizante simple y compuesto, a continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

En la Tabla 15 que se muestra a continuación, se indica la cantidad de producto sobrante reportada en un año, tanto para el fertilizante simple como para el fertilizante compuesto.

<b>TABLA 15</b>	
<b>SALDO ACTUAL ANUAL DE FERTILIZANTE</b>	
<b>SALDO ANUAL DE FERTILIZANTE SIMPLE</b> 476,077 sacos	<b>SALDO ANUAL DE FERTILIZANTE COMPUESTO</b> 60,760 sacos
<b>SALDO ACTUAL TOTAL DE FERTILIZANTE</b> <b>536,837 sacos</b>	

Según la Tabla 15, el saldo del fertilizante simple representa el 88.7%, mientras el saldo del fertilizante compuesto representa el 11.3% del saldo anual actual de fertilizante.

Ahora mostraremos los mismos valores, pero esta vez desglosado para cada grupo, según la clasificación ABC de los fertilizantes hecha en este capítulo, el resultado se muestra en la Tabla 16.

<b>TABLA 16</b>	
<b>SALDO ACTUAL ANUAL DE FERTILIZANTES SEGÚN LA CLASIFICACIÓN ABC (SACOS)</b>	
<b>SALDO ACTUAL FERTILIZANTE SIMPLE</b>	<b>SALDO ACTUAL FERTILIZANTE COMPUESTO</b>
<b>GRUPO A</b>	
377,337 Sacos	49,438 Sacos
<b>GRUPO B</b>	
81,550 Sacos	7,921 Sacos
<b>GRUPO C</b>	
17,190 Sacos	3,401 Sacos
<b>Saldo Total Fertilizante Simple</b> 476,077 Sacos	<b>Saldo Total Fertilizante Compuesto</b> 60,760 Sacos
<b>SALDO ACTUAL TOTAL FERTILIZANTE</b> <b>536,837 Sacos</b>	

Como se puede apreciar en la Tabla 16, la información mostrada esta en función de sacos, ahora en la Tabla 17, se mostrará la misma tabla pero en función del dinero, dada la información del precio de venta de cada fertilizante.

<b>TABLA 17</b>	
<b>SALDO ACTUAL ANUAL DE FERTILIZANTES SEGÚN LA CLASIFICACIÓN ABC (\$)</b>	
<b>SALDO ACTUAL FERTILIZANTE SIMPLE (\$)</b>	<b>SALDO ACTUAL FERTILIZANTE COMPUESTO (\$)</b>
<b>GRUPO A</b>	
\$ 5,913,728.0	\$ 722,571.8
<b>GRUPO B</b>	
\$ 1,034,999.5	\$ 121,501.7
<b>GRUPO C</b>	
\$ 208,951.5	\$ 53,444.2
<b>Saldo Actual Total Fertilizante Simple</b> \$ 7,157,679.0	<b>Saldo Actual Total Fertilizante Compuesto</b> \$ 897,517.7
<b>SALDO ACTUAL TOTAL FERTILIZANTE</b> <b>\$ 8,055,196.7</b>	

Según el diseño del sistema de control y gestión del inventario, mostrado en las secciones anteriores, se explica el cálculo del stock de seguridad (s) para cada grupo, según el análisis ABC, con esta información se suman las diferentes cantidades de stock de seguridad para cada grupo y tipo de fertilizante y el resultado sería el nuevo saldo anual de fertilizante.

A continuación, en la Tabla 18, se muestra el saldo anual propuesto (en sacos) según el diseño del sistema de control y gestión del inventario mostrado en las secciones anteriores.

<b>TABLA 18</b>	
<b>SALDO PROPUESTO ANUAL DE FERTILIZANTE SEGÚN LA CLASIFICACIÓN ABC (SACOS)</b>	
<b>SALDO PROPUESTO FERTILIZANTE SIMPLE</b>	<b>SALDO PROPUESTO FERTILIZANTE COMPUESTO</b>
<b>GRUPO A</b>	
99,164 Sacos	18,089 Sacos
<b>GRUPO B</b>	
24,429 Sacos	3,314 Sacos
<b>GRUPO C</b>	
6,338 Sacos	1,949 Sacos
<b>Saldo Propuesto Total Fertilizante Simple</b> 129,931 Sacos	<b>Saldo Propuesto Total Fertilizante Compuesto</b> 23,352 Sacos
<b>SALDO PROPUESTO TOTAL FERTILIZANTE</b> <b>153,283 Sacos</b>	

De la misma forma que en el escenario actual, este saldo propuesto esta en función de sacos, ahora llevamos esta información a su valor monetario en base al precio unitario de cada fertilizante y el resultado se muestra en la Tabla 19.

<b>TABLA 19</b>	
<b>SALDO PROPUESTO ANUAL DE FERTILIZANTE SEGÚN LA CLASIFICACIÓN ABC (\$)</b>	
<b>SALDO PROPUESTO FERTILIZANTE SIMPLE (\$)</b>	<b>SALDO PROPUESTO FERTILIZANTE COMPUESTO (\$)</b>
<b>GRUPO A</b>	
\$ 1,541,231.3	\$ 266,785.0
<b>GRUPO B</b>	
\$ 309,260.6	\$ 51,141.6
<b>GRUPO C</b>	
\$ 76,115.8	\$ 30,259.9
<b>Total Saldo Propuesto Fertilizante Simple</b> \$ 1,926,607.6	<b>Total Saldo Propuesto Fertilizante Compuesto</b> \$ 348,186.5
<b>SALDO PROPUESTO TOTAL FERTILIZANTE</b> <b>\$ 2,274,794.2</b>	

Comparando la información entre el escenario actual y el escenario propuesto, se nota a primera vista una clara reducción del saldo anual del inventario, tanto del fertilizante simple como del fertilizante compuesto, de la misma forma se ve una clara reducción económica.

A continuación, en la Tabla 20, se compara el saldo anual actual del inventario de producto terminado (en sacos) y el escenario propuesto, resultado del diseño de un sistema de control y gestión del inventario de producto terminado.



<b>TABLA 20</b>					
<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SALDO ACTUAL DE FERTILIZANTE VERSUS EL SALDO PROPUESTO (SACOS)</b>					
<b>FERTILIZANTE SIMPLE</b>			<b>FERTILIZANTE COMPUESTO</b>		
<b>Saldo Actual</b>	<b>Saldo Propuesto</b>	<b>Variación %</b>	<b>Saldo Actual</b>	<b>Saldo Propuesto</b>	<b>Variación %</b>
<b>GRUPO A</b>					
377,337	99,164	-73.7%	49,438	18,089	-63.4%
<b>GRUPO B</b>					
81,550	24,429	-70.0%	7,921	3,314	-58.2%
<b>GRUPO C</b>					
17,190	6,338	-63.1%	3,401	1,949	-42.7%
<b>SALDO TOTAL FERTILIZANTE SIMPLE</b>			<b>SALDO TOTAL FERTILIZANTE COMPUESTO</b>		
476,077	129,931	-72.7%	60,760	23,352	-61.6%
<b>SALDO TOTAL FERTILIZANTE (SIMPLE + COMPUESTO)</b>					
<b>SALDO ACTUAL TOTAL</b>		<b>SALDO PROPUESTO TOTAL</b>		<b>VARIACIÓN %</b>	
536,837 Sacos		153,283 Sacos		-71.4%	

En la tabla 20 se muestra claramente la reducción del inventario tanto por grupos y tipo de fertilizante. En forma global el diseño propuesto propone una reducción del 71.4% del inventario total de producto terminado con respecto al escenario actual.

Ahora en la tabla 21, llevaremos estos resultados a su valor monetario para cuantificar en dinero el ahorro que este diseño presenta.

<b>TABLA 21</b>					
<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SALDO ACTUAL DE FERTILIZANTE VERSUS EL SALDO PROPUESTO (\$)</b>					
<b>FERTILIZANTE SIMPLE</b>			<b>FERTILIZANTE COMPUESTO</b>		
<b>Saldo Actual</b>	<b>Saldo Propuesto</b>	<b>Variación %</b>	<b>Saldo Actual</b>	<b>Saldo Propuesto</b>	<b>Variación %</b>
<b>GRUPO A</b>					
\$ 5,913,728.0	\$ 1,541,231.3	-73.9%	\$ 722,571.8	\$ 266,785	-63.1%
<b>GRUPO B</b>					
\$ 1,034,999.5	\$ 309,260.6	-70.1%	\$ 121,501.7	\$ 51,141.6	-57.9%
<b>GRUPO C</b>					
\$ 208,951.5	\$ 76,115.8	-63.6%	\$ 53,444.2	\$ 30,259.9	-43.4%
<b>SALDO TOTAL FERTILIZANTE SIMPLE</b>			<b>SALDO TOTAL FERTILIZANTE COMPUESTO</b>		
\$ 7,157,679.0	\$ 1,926,607.6	-73.1%	\$ 897,517.7	\$ 348,186.5	-61.2%
<b>SALDO TOTAL FERTILIZANTE (SIMPLE + COMPUESTO)</b>					
<b>SALDO ACTUAL TOTAL</b>		<b>SALDO PROPUESTO TOTAL</b>		<b>VARIACIÓN %</b>	
\$ 8,055,196.7		\$ 2,274,794.2		-71.8%	

Una vez cuantificado el ahorro que este sistema de control y gestión del inventario de producto terminado presenta, incluiremos también el

costo que se incurriría ponerlo en práctica. Como se vio en capítulos anteriores, el primer paso para este diseño fue la recopilación y manejo de datos entre algunos departamentos de la empresa para luego transformarla en información y poder tomar decisiones.

En el apéndice A, se muestra el organigrama de la empresa en estudio al momento de la elaboración de esta tesis. Se puede apreciar en el organigrama que no existe un departamento de logística estructurado, incluso no existe un departamento de compras, debido a que este último fue centralizado hacia el edificio corporativo junto con las otras empresas del grupo al cual pertenece la empresa. Por este motivo y como una de las principales recomendaciones se indica la creación de un departamento de logística.

En el apéndice B, se muestra el organigrama propuesto donde se incluye la creación de un departamento de logística, este departamento contaría con un número de 20 personas y estaría liderada por un gerente de logística, reportando directamente a la gerencia general y su alcance sería básicamente la administración y gestión del aprovisionamiento y los inventarios de la empresa. En la Tabla 22 que se muestra a continuación se indica la estructura de este departamento y el costo anual que este tendría.

<b>TABLA 22</b>			
<b>ESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA</b>			
<b>CARGO</b>	<b>No. Personas</b>	<b>Sueldo Mensual (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
Gerente de Logística	1	2,500	2,500
Administrador de bodegas	1	900	900
Jefe de Bodega Santay	1	700	700
Asistente de Logística	2	500	1,000
Supervisor bodegas de producto terminado	1	400	400
Bodeguero de producto terminado	1	350	350
Bodeguero de materiales y repuestos	1	350	350
Bodeguero de semillas e insumos agrícolas	1	350	350
Digitador	1	300	300
Despachadores/Recibidores	8	300	2,400
Ayudante de bodega	2	300	600
<b>Total Mensual</b>	<b>20</b>	<b>N/A</b>	<b>9,850</b>
<b>TOTAL ANUAL (\$)</b>			<b>118,200</b>

Como se puede ver en la Tabla 22, el departamento tendría un total de 20 personas y el costo aproximado por el tema de sueldos anualmente sería de \$ 118,200

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

1. La clasificación del inventario por el método ABC dio como resultado que de los 16 tipos de fertilizantes simples, 5 pertenecen al grupo A, 3 pertenecen al grupo B y 8 pertenecen al grupo C.
2. En el caso de los fertilizantes compuestos, la clasificación del inventario por el método ABC dio como resultado de que de los 42 tipos de fertilizantes compuestos, 7 pertenecen al grupo A, 9 al grupo B y 26 al grupo C.
3. El principio fundamental en la que se basa el modelo de control y gestión del inventario es un trueque entre la inversión y el control. Es el resultado de combinar el concepto de la clasificación ABC del inventario de producto terminado con el nivel de servicio.

4. Para el inventario de bajo valor (grupo C): tener un alto nivel de servicio no es costoso, invertir en inventario de seguridad, relajar su control ya que estos se controlan en masa.
5. Para el inventario de alto valor (grupo A): tener un alto nivel de servicio es costoso, reducir la inversión en inventario de seguridad, estrechar su control ya que estos se controlan en forma individual.
6. Para el inventario de valor medio (grupo B) su control se parece a los del grupo C.
7. Las políticas de inventario que se utilizaron para el producto terminado fueron dos: para los productos del grupo A se utilizó una política de revisión periódica; para los productos de los grupos B y C se utilizó una política de revisión continua.
8. Los parámetros utilizados para el diseño del grupo A fueron: período de revisión ( $T$ ), tiempo de entrega ( $\tau$ ), punto de reorden ( $R$ ), cantidad de reorden ( $Q$ ), el inventario de seguridad ( $s$ ) y el nivel de servicio ( $\alpha$ ).

9. Los parámetros utilizados para el diseño del grupo B y C fueron: tiempo de entrega ( $\tau$ ), punto de reorden (R), cantidad de reorden (Q), el inventario de seguridad (s) y el nivel de servicio ( $\alpha$ ). En este caso no se necesita el período de revisión (T) debido a que su política de revisión es continua.
  
10. El cálculo del inventario de seguridad (s) para los productos del grupo A estuvo en función de: la desviación estándar de la distribución de la demanda ( $\sigma$ ), el período de revisión (T), el tiempo de entrega ( $\tau$ ) y el valor estandarizado de la distribución normal (Z).
  
11. El inventario de seguridad (s) para los productos del grupo B y C estuvo en función de: la desviación estándar de la distribución de la demanda ( $\sigma$ ), el tiempo de entrega ( $\tau$ ) y el valor estandarizado de la distribución normal (Z).
  
12. La desviación estándar de la distribución de la demanda ( $\sigma$ ) fue el factor más importante a la hora del cálculo del inventario de seguridad (s), productos de un mismo grupo, con demandas

parecidas pero con desviación estándar diferentes, obtenían cantidades de inventario de seguridad totalmente diferentes.

13. El nuevo saldo propuesto se lo calcula en base al inventario de seguridad (s) de cada producto. Según su definición el inventario de seguridad (s) es la cantidad mínima de inventario que un producto de tener para enfrentar cualquier variación en su demanda.
14. El presente diseño de control y gestión del inventario propone una reducción de aproximadamente un 70% con respecto al saldo actual del inventario de producto terminado lo que equivale a un ahorro de aproximadamente \$ 5,700,000
15. El saldo propuesto anual del modelo de control y gestión del inventario utiliza el 15% de la capacidad de almacenamiento actual de las bodegas de producto terminado. Este porcentaje es mucho menor con respecto al 53% que se utiliza al momento de realizar esta tesis.
16. Este modelo de gestión de control y gestión del inventario ofrece además, una guía o referencia para el departamento de



producción a la hora de la programación semanal, mensual y anual de la producción.

## **5.2 Recomendaciones**

1. Mejorar el manipuleo del producto terminado, además de la reducción existente del volumen de sacos por el diseño propuesto, existen oportunidades de mejora para reducir las cantidades de producto terminado no conforme que se generan en el manipuleo y almacenamiento del producto dentro de las bodegas o patios de producto terminado.
2. Comparar los resultados propuestos con respecto a otras empresas que tengan el mismo giro de negocio para ver si la gestión de operaciones esta dentro parámetros aceptables.
3. Como se vio en el desarrollo de esta tesis, el nivel de inventario de seguridad ( $s$ ) y el punto de reorden ( $R$ ), están en función de la variabilidad de la demanda ( $\sigma$ ) de cada tipo de fertilizante, por lo tanto, una forma para reducir este nivel de inventario de seguridad y por ende el punto de reorden, es estableciendo estrategias comerciales por parte del departamento de comercialización con el objeto de reducir la variabilidad de la demanda para cada tipo

de fertilizante, sobretodo de los encasillados en el grupo A que son los tienen un mayor impacto monetario dentro de la empresa.

4. Como se vio en la estructura organizacional, la empresa ha centralizado sus actividades de abastecimiento en el edificio corporativo, esto ha ocasionado un problema con respecto a las compras oportuna de materia prima y otros insumos para la producción. Además, la empresa no cuenta con un departamento que se ocupe del monitoreo de la demanda y sea un punto de conexión entre los departamentos de comercialización y operaciones. Todo esto genera la necesidad de la creación de un departamento de logística y sus principales actividades serían las siguientes:

- Pronósticos de ventas.
- Revisión de los programas de abastecimientos de materias primas e insumos para la producción.
- Seguimiento y revisión de los precios de la competencia.
- Información de consumo diario de materias primas.
- Conversión del fertilizante compuesto a fertilizantes simples.
- Proyección del consumo de materias primas sobre la base de proyección de ventas.

- Seguimiento y reporte de las transferencias del fertilizante a los diferentes centros de distribución.
- Proyectos de mejora dentro de la cadena logística y factibilidad para su implementación.

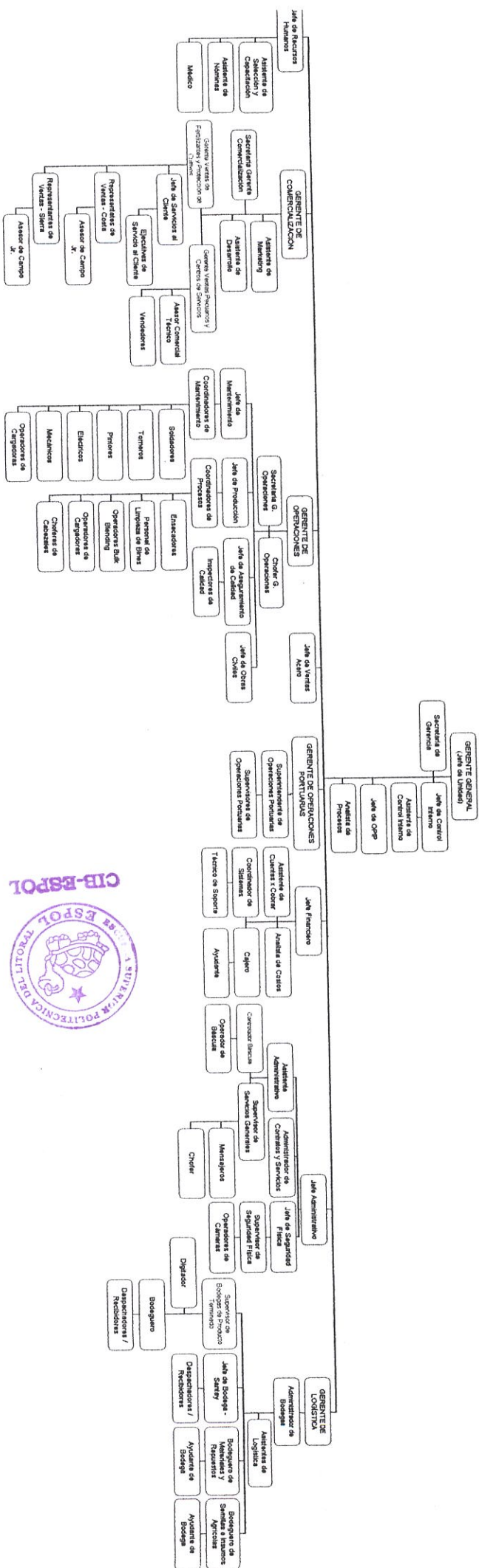
A todas estas actividades, se les suma las actividades ya llevadas a cabo como son el control y administración de las bodegas de producto terminado de fertilizantes, insumos agrícolas, materiales y repuestos.

## **APÉNDICES**



# APÉNDICE B

## ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA PROPUESTO



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. ABAD M. JORGE, Folleto de Logística, 2003
2. CHASE B. RICHARD, Administración de producción y operaciones, Octava Edición, 2000, Editorial Irwin Mc. Graw Hill.
3. DAMIANO GUSTAVO, Logística de almacenes y depósitos, 2004.
4. HODSON K. WILLIAN, Manual del Ingeniero Industrial, Cuarta Edición, Tomo II, 1996, Editorial Mc. Graw Hill.
5. MILLER R. IRWIN, Probabilidad y estadística para ingenieros, Cuarta Edición, 1992, Editorial Prentice Hall.
6. SIPPER DANIEL, Planeación y control de la producción, Primera Edición, 1998, Editorial Mc. Graw Hill.

VENTAS	A		A		A	
	DAP	MOP GR	MOP ST	NIT AMONIO	UREA	
Enero	10.200	35.750	0	45.740	121.250	212.940
Febrero	20.050	25.960	0	20.460	140.020	206.490
Marzo	76.550	14.560	12.450	2.560	115.750	221.870
Abril	37.450	59.900	21.460	2.540	75.860	197.210
Mayo	30.150	20.800	5.400	3.580	136.450	196.380
Junio	30.060	25.100	29.120	8.900	137.450	230.630
Julio	4.500	50.100	37.350	75.840	74.500	242.290
Agosto	69.760	78.330	3.650	42.570	61.850	256.160
Septiembre	24.770	25.460	39.740	8.560	181.450	279.980
Octubre	2.500	16.720	33.780	6.540	150.630	210.170
Noviembre	6.550	84.960	29.450	36.800	124.450	282.210
Diciembre	89.750	96.750	35.460	12.460	156.670	391.090
<b>Total Ventas Anuales</b>	<b>402.290</b>	<b>534.390</b>	<b>247.860</b>	<b>266.550</b>	<b>1.476.330</b>	<b>2.927.420</b>
<b>Saldo Anual Bodega</b>	<b>42.945</b>	<b>80.612</b>	<b>52.641</b>	<b>55.002</b>	<b>146.137</b>	<b>377.337</b>
% (Saldo Bod / Total Prod.)	9,65%	13,11%	17,52%	17,11%	9,01%	13,28%
<b>% (Saldo Bod / Prod. Inq. Bod.)</b>	<b>12,96%</b>	<b>16,21%</b>	<b>18,13%</b>	<b>17,58%</b>	<b>13,25%</b>	<b>15,63%</b>
<b>Demanda Anual desde Bodega</b>	<b>288.379</b>	<b>416.833</b>	<b>237.745</b>	<b>257.828</b>	<b>956.847</b>	<b>2.157.632</b>
<b>NO CONFORMES</b>	<b>1.918</b>	<b>983</b>	<b>324</b>	<b>892</b>	<b>9.087</b>	<b>13.204</b>
% CONFORMES	0,58%	0,20%	0,11%	0,29%	0,82%	0,40%
<b>% (Saldo Bod / Demanda Bod)</b>	<b>14,89%</b>	<b>19,34%</b>	<b>22,14%</b>	<b>21,33%</b>	<b>15,27%</b>	<b>18,60%</b>
Precio Fertilizante (\$/saco)	18,25	13,97	13,31	14,25	17,24	
<b>Inversión Saldo Anual (\$)</b>	<b>\$ 783.746,3</b>	<b>\$ 1.126.149,6</b>	<b>\$ 700.651,7</b>	<b>\$ 783.778,5</b>	<b>\$ 2.519.401,9</b>	<b>\$ 5.913.728,0</b>
<b>Promedio Mensual Ventas Totales (sacos)</b>	<b>33.524</b>	<b>44.533</b>	<b>20.655</b>	<b>22.213</b>	<b>123.028</b>	
<b>Desviación Estandar Ventas Totales (sacos)</b>	<b>29.694</b>	<b>28.871</b>	<b>15.452</b>	<b>23.129</b>	<b>36.137</b>	
% (Ventas Bodega / Ventas Totales)	71,68436%	78,00165%	95,91907%	96,72782%	64,81254%	
% (Ventas Planta / Ventas Totales)	28,31564%	21,99835%	4,08093%	3,27218%	35,18746%	
<b>Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) [D̄]</b>	<b>24.032</b>	<b>34.736</b>	<b>19.812</b>	<b>21.486</b>	<b>79.737</b>	2.157.632
<b>Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) [σ]</b>	<b>21.286</b>	<b>22.520</b>	<b>14.822</b>	<b>22.372</b>	<b>23.421</b>	
<b>Período de revisión (meses) [T]</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	
<b>Tiempo de entrega a bodega (meses) [τ]</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	
<b>T+τ (meses)</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	
<b>ĐT+τ = Đ*(T+τ) (sacos)</b>	<b>8.010,5</b>	<b>11.578,7</b>	<b>6.604,0</b>	<b>7.161,9</b>	<b>26.579,1</b>	
<b>σT+τ = σ√(T+τ) (sacos)</b>	<b>12.289</b>	<b>13.002</b>	<b>8.557</b>	<b>12.917</b>	<b>13.522</b>	
<b>Nivel de Servicio [α] = F(Z)</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	
<b>Distribución Normal Estándar [Z]</b>	<b>1,64</b>	<b>1,64</b>	<b>1,64</b>	<b>1,64</b>	<b>1,64</b>	
<b>Stock de seguridad [s] = Z * σT+τ = Z * σ√(T+τ) (sacos)</b>	<b>20.214</b>	<b>21.386</b>	<b>14.076</b>	<b>21.246</b>	<b>22.242</b>	<b>99.164</b>
<b>Punto de Reorden [R] = ĐT+τ + s (sacos)</b>	<b>28.225</b>	<b>32.965</b>	<b>20.680</b>	<b>28.408</b>	<b>48.821</b>	
<b>Inversión Saldo Anual Propuesto (\$)</b>	<b>\$ 368.912,6</b>	<b>\$ 298.767,0</b>	<b>\$ 187.346,2</b>	<b>\$ 302.754,9</b>	<b>\$ 383.450,7</b>	<b>\$ 1.541.231,4</b>

14,89%

73,70%

3,50%

0,52%

-73,7%

-73,9%

	DAP	MOP GR	MOP ST	NIT AMONIO	UREA
<b>Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) [D̄]</b>	<b>24.032</b>	<b>34.736</b>	<b>19.812</b>	<b>21.486</b>	<b>79.737</b>
<b>Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) [σ]</b>	<b>21.286</b>	<b>22.520</b>	<b>14.822</b>	<b>22.372</b>	<b>23.421</b>
<b>Período de revisión (meses) [T]</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>
<b>Tiempo de entrega a bodega (meses) [τ]</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>
<b>T+τ (meses)</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>
<b>ĐT+τ = Đ*(T+τ) (sacos)</b>	<b>8.010,5</b>	<b>11.578,7</b>	<b>6.604,0</b>	<b>7.161,9</b>	<b>26.579,1</b>
<b>σT+τ = σ√(T+τ) (sacos)</b>	<b>12.289</b>	<b>13.002</b>	<b>8.557</b>	<b>12.917</b>	<b>13.522</b>



Nivel de Servicio $[\alpha] = F(Z)$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Distribución Normal Estándar $[Z]$	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
Stock de seguridad $[s] = Z * \sigma_{T+\tau} = Z * \sigma\sqrt{(T+\tau)}$ (sacos)	20.214	21.386	14.076	21.246	22.242
Punto de Reorden $[R] = \check{D}_{T+\tau} + s$ (sacos)	28.225	32.965	20.680	28.408	48.821

99.164

	DAP	MOP GR	MOP ST	NIT AMONIO	UREA
Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) $[\check{D}]$	24.032	34.736	19.812	21.486	79.737
Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) $[\sigma]$	21.286	22.520	14.822	22.372	23.421
Período de revisión $[T]$ (meses)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Tiempo de entrega a bodega $[\tau]$ (meses)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
$T+\tau$ (meses)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
$\check{D}_{T+\tau} = \check{D}*(T+\tau)$ (sacos)	8.010,5	11.578,7	6.604,0	7.161,9	26.579,1
$\sigma_{T+\tau} = \sigma\sqrt{(T+\tau)}$ (sacos)	12.289	13.002	8.557	12.917	13.522
Nivel de Servicio $[\alpha] = F(Z)$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Distribución Normal Estándar $[Z]$	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
Stock de seguridad $[s] = Z * \sigma_{T+\tau} = Z * \sigma\sqrt{(T+\tau)}$ (sacos)	20.214	21.386	14.076	21.246	22.242
Punto de Reorden $[R] = \check{D}_{T+\tau} + s$ (sacos)	28.225	32.965	20.680	28.408	48.821

99.164

	A	A	A	A	A	A	A		
<b>VENTAS</b>	<b>10-30-10(TSP)</b>	<b>15-15-15</b>	<b>18-6-28-2-2</b>	<b>21-16-12-3-4</b>	<b>29-0-17-2-3</b>	<b>8-20-20</b>	<b>8-20-20-6-5</b>		
Enero	29.890	8.890	11.910	1.530	1.653	19.680	4.075	77.628	
Febrero	25.426	8.945	16.399	4.600	4.742	14.050	3.685	77.847	
Marzo	53.990	12.045	20.470	4.157	7.149	30.460	7.330	135.601	
Abril	39.409	18.940	18.470	3.400	2.413	29.138	4.610	116.380	
Mayo	18.675	3.185	2.010	3.302	790	15.025	5.520	48.507	
Junio	16.330	9.130	701	2.122	963	17.710	3.504	50.460	
Julio	23.535	13.632	953	3.760	3.135	17.910	1.980	64.905	
Agosto	21.665	9.380	125	4.420	3.587	19.685	3.090	61.952	
Septiembre	19.700	11.194	540	3.695	3.705	11.428	1.350	51.612	
Octubre	21.720	11.040	750	4.916	4.845	15.115	3.180	61.566	
Noviembre	31.955	11.165	10.010	4.530	2.290	17.975	4.365	82.290	
Diciembre	29.725	10.155	1.560	2.100	7.552	22.725	1.975	75.792	
<b>Total Ventas (sacos)</b>	<b>332.020</b>	<b>127.701</b>	<b>83.898</b>	<b>42.532</b>	<b>42.824</b>	<b>230.901</b>	<b>44.664</b>	<b>904.540</b>	
<b>Saldo Anual Bodega</b>	<b>18.612</b>	<b>8.556</b>	<b>6.796</b>	<b>4.460</b>	<b>1.869</b>	<b>6.748</b>	<b>2.397</b>	<b>49.438</b>	<b>8,79%</b>
% (Saldo Bod / Total Prod.)	5,31%	6,28%	7,49%	9,49%	4,18%	2,84%	5,09%	5,81%	
<b>% (Saldo Bod / Prod. Ing Bod.)</b>	<b>9,37%</b>	<b>9,95%</b>	<b>10,58%</b>	<b>11,48%</b>	<b>9,44%</b>	<b>5,10%</b>	<b>10,77%</b>	<b>9,53%</b>	
<b>Demanda Anual desde Bodega</b>	<b>180.000</b>	<b>77.445</b>	<b>57.435</b>	<b>34.377</b>	<b>17.930</b>	<b>125.680</b>	<b>19.850</b>	<b>512.717</b>	<b>56,68%</b>
<b>NO CONFORMES</b>	<b>222</b>	<b>167</b>	<b>127</b>	<b>98</b>	<b>156</b>	<b>166</b>	<b>139</b>	<b>1.075</b>	<b>2,17%</b>
% NO CONFORMES	0,11%	0,19%	0,20%	0,25%	0,79%	0,13%	0,62%	0,33%	
<b>% Saldo Bod / Ventas Bod</b>	<b>10,34%</b>	<b>11,05%</b>	<b>11,83%</b>	<b>12,97%</b>	<b>10,42%</b>	<b>5,37%</b>	<b>12,08%</b>	<b>10,58%</b>	
Precio Fertilizante (\$/saco)	14,34	13,58	15,82	16,66	16,22	13,2	15,97		
<b>Inversión Saldo Anual (\$)</b>	<b>\$ 266.896,1</b>	<b>\$ 116.190,5</b>	<b>\$ 107.512,7</b>	<b>\$ 74.303,6</b>	<b>\$ 30.315,2</b>	<b>\$ 89.073,6</b>	<b>\$ 38.280,1</b>	<b>\$ 722.571,8</b>	
<b>Promedio Mensual Ventas Totales (sacos)</b>	<b>27.668</b>	<b>10.642</b>	<b>6.992</b>	<b>3.544</b>	<b>3.569</b>	<b>19.242</b>	<b>3.722</b>		
<b>Desviación Estandar Ventas Totales (sacos)</b>	<b>10.552</b>	<b>3.645</b>	<b>7.939</b>	<b>1.105</b>	<b>2.196</b>	<b>5.759</b>	<b>1.652</b>		
% (Ventas Bodega / Ventas Totales)	54,21360%	60,64557%	68,45813%	80,82620%	41,86905%	54,43025%	44,44295%		
% (Ventas Planta / Ventas Totales)	45,78640%	39,35443%	31,54187%	19,17380%	58,13095%	45,56975%	55,55705%		
<b>Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) [D]</b>	<b>15.000</b>	<b>6.454</b>	<b>4.786</b>	<b>2.865</b>	<b>1.494</b>	<b>10.473</b>	<b>1.654</b>		

<b>Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) [σ]</b>	<b>5.720</b>	<b>2.211</b>	<b>5.435</b>	<b>893</b>	<b>919</b>	<b>3.135</b>	<b>734</b>		
Período de revisión (meses) [T]	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>		
Tiempo de entrega a bodega (meses) [τ]	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>		
T+τ (meses)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
$\check{D}T+\tau = \check{D}^*(T+\tau)$ (sacos)	5000,0	2151,3	1595,4	954,9	498,1	3491,1	551,4		
$\sigma T+\tau = \sigma\sqrt{(T+\tau)}$ (sacos)	3302,7	1276,4	3137,8	515,5	530,9	1809,8	424,0		
Nivel de Servicio [α] = F(Z)	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>		
Distribución Normal Estándar [Z]	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64		
<b>Stock de seguridad [s] = Z * σT+τ = Z * σ√(T+τ) (sacos)</b>	5.432	2.099	5.161	848	873	2.977	697	<b>18.089</b>	<b>-63,4%</b>
<b>Punto de Reorden [R] = <math>\check{D}T+\tau + s</math> (sacos)</b>	<b>10.432</b>	<b>4.251</b>	<b>6.757</b>	<b>1.803</b>	<b>1.371</b>	<b>6.468</b>	<b>1.249</b>		
<b>Inversión Saldo Anual Propuesto (\$)</b>	<b>\$ 77.900,3</b>	<b>\$ 28.510,5</b>	<b>\$ 81.651,6</b>	<b>\$ 14.127,2</b>	<b>\$ 14.163,0</b>	<b>\$ 39.295,5</b>	<b>\$ 11.137,1</b>	<b>\$ 266.785,1</b>	<b>-63,1%</b>

	10-30-10(TSP)	15-15-15	18-6-28-2-2	21-16-12-3-4	29-0-17-2-3	8-20-20	8-20-20-6-5		
<b>Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) [D̄]</b>	<b>15.000</b>	<b>6.454</b>	<b>4.786</b>	<b>2.865</b>	<b>1.494</b>	<b>10.473</b>	<b>1.654</b>		
<b>Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) [σ]</b>	<b>5.720</b>	<b>2.211</b>	<b>5.435</b>	<b>893</b>	<b>919</b>	<b>3.135</b>	<b>734</b>		
Período de revisión (meses) [T]	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>		
Tiempo de entrega a bodega (meses) [τ]	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>		
T+τ (meses)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
$\check{D}T+\tau = \check{D}^*(T+\tau)$ (sacos)	5000,0	2151,3	1595,4	954,9	498,1	3491,1	551,4		
$\sigma T+\tau = \sigma\sqrt{(T+\tau)}$ (sacos)	3302,7	1276,4	3137,8	515,5	530,9	1809,8	424,0		
Nivel de Servicio [α] = F(Z)	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>		
Distribución Normal Estándar [Z]	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64		
<b>Stock de seguridad [s] = Z * σT+τ = Z * σ√(T+τ) (sacos)</b>	5.432	2.099	5.161	848	873	2.977	697	<b>18.089</b>	
<b>Punto de Reorden [R] = <math>\check{D}T+\tau + s</math> (sacos)</b>	<b>10.432</b>	<b>4.251</b>	<b>6.757</b>	<b>1.803</b>	<b>1.371</b>	<b>6.468</b>	<b>1.249</b>		

	10-30-10(TSP)	15-15-15	18-6-28-2-2	21-16-12-3-4	29-0-17-2-3	8-20-20	8-20-20-6-5
<b>Promedio Mensual Ventas Bodega (sacos) <math>\check{D}</math></b>	<b>15.000</b>	<b>6.454</b>	<b>4.786</b>	<b>2.865</b>	<b>1.494</b>	<b>10.473</b>	<b>1.654</b>
<b>Desviación Estándar Mensual Ventas Bodega (sacos) <math>\sigma</math></b>	<b>5.720</b>	<b>2.211</b>	<b>5.435</b>	<b>893</b>	<b>919</b>	<b>3.135</b>	<b>734</b>
<b>Período de revisión <math>[T]</math> (meses)</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>
<b>Tiempo de entrega a bodega <math>[\tau]</math> (meses)</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>
<b><math>T+\tau</math> (meses)</b>	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
<b><math>\check{D}_{T+\tau} = \check{D}*(T+\tau)</math> (sacos)</b>	5000,0	2151,3	1595,4	954,9	498,1	3491,1	551,4
<b><math>\sigma_{T+\tau} = \sigma\sqrt{(T+\tau)}</math> (sacos)</b>	3302,7	1276,4	3137,8	515,5	530,9	1809,8	424,0
<b>Nivel de Servicio <math>[\alpha] = F(Z)</math></b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>
<b>Distribución Normal Estándar <math>[Z]</math></b>	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
<b>Stock de seguridad <math>[s] = Z * \sigma_{T+\tau} = Z * \sigma\sqrt{(T+\tau)}</math> (sacos)</b>	<b>5.432</b>	<b>2.099</b>	<b>5.161</b>	<b>848</b>	<b>873</b>	<b>2.977</b>	<b>697</b>
<b>Punto de Reorden <math>[R] = \check{D}_{T+\tau} + s</math> (sacos)</b>	<b>10.432</b>	<b>4.251</b>	<b>6.757</b>	<b>1.803</b>	<b>1.371</b>	<b>6.468</b>	<b>1.249</b>