

“DESARROLLO DE UN MODELO EFICIENTE  
PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE LA EMPRESA ILUMINACIONES  
GOMEZ & CIA LTDA.”

HENRY ORTIZ USECHE  
ALONSO ALVARÁN GIRALDO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PEREIRA  
2010

“DESARROLLO DE UN MODELO EFICIENTE  
PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE LA EMPRESA ILUMINACIONES  
GOMEZ & CIA LTDA.”

HENRY ORTIZ USECHE  
ALONSO ALVARÁN GIRALDO

PROYECTO DE GRADO

DIRECTOR: MAGISTER PEDRO DANIEL MEDINA VARELA  
PROFESOR DE TIEMPO COMPLETO EN LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PEREIRA

2010

Nota de aceptación

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Pereira, 28 de junio de 2010

A mi esposa Esperanza Giraldo, por acompañarme en todas las luchas de los últimos 18 felices años, ya que con todas sus virtudes me ha contribuido a crecer como persona y como profesional.

Henry Ortiz Useche.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre, por que con su nobleza y constancia me ha servido de ejemplo de superación y personalidad.

A mis profesores, por entregar sin egoísmo y compartir su conocimiento con absoluto compromiso de educadores.

A Adriana Lema y Frank Deivid Bolívar, mis compañeros de almuerzo, con quienes compartí día a día el trasegar del camino que hubo que recorrer para lograr la satisfactoria culminación de este proyecto.

A mi amigo Juan Manuel Estrada, que con su incondicional apoyo en lo personal, en lo académico y en lo laboral hizo que me fortaleciera en las adversidades para salir adelante siempre.

Al Ingenio Risaralda, mi empresa, la cual está constituida por una gran familia representada por su recurso humano que con nuestro trabajo se ha consolidado en una institución que nos brinda la estabilidad necesaria para realizar esta carrera, como es mi caso, y los que vienen detrás luchando por un título profesional.

A mi primo Carlos Humberto Vélez Useche porque con el hecho de asistir a clase diariamente en la Universidad Tecnológica de Pereira, viajando desde el municipio de “La paila”, siendo cabeza de hogar y rindiendo en su trabajo, me ha servido como ejemplo de superación para derrotar los escollos que he encontrado durante el transcurso de mi carrera.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. RESUMEN	24
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	26
2.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN PROBLEMA	16
2.1.1 Costeo de inventario	27
2.1.1.1 Costo de adquisición y elaboración de una orden	27
2.1.1.2 Costo de almacenaje	30
2.1.1.3 Cálculo de costo de almacenaje	30
2.1.1.4 Ubicación de los artículos en la bodega	32
2.1.1.5 Costo de los seguros	35
2.1.1.6 Costo de la vigilancia	36
2.1.1.7 Costo de las averías	36
2.1.1.8 El costo del artículo	36
2.1.1.9 El costo del manipuleo	36

2.1.1.10	El costo en el tiempo del dinero invertido	36
2.1.1.11	El costo por obsolescencia	36
2.1.1.12	Los costos indirectos	37
2.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	38
2.3	SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	39
3.	DELIMITACIÓN	42
4.	OBJETIVOS	43
4.1	OBJETIVO GENERAL	43
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	43
5.	JUSTIFICACIÓN	44
6.	MARCO REFERENCIAL	45
6.1	MARCO TEÓRICO	45
6.1.1	Métodos propuestos	46

6.1.2	Métodos gráficos	46
6.1.3	Análisis matemático	46
6.1.4	Simulación	47
6.1.5	Métodos heurísticos	47
6.1.6	Análisis de sistemas	47
6.1.7	Modelos para la toma de decisiones	48
6.1.8	Administración de inventarios	49
6.1.9	Clasificación ABC	50
6.1.10	Requisitos para pronosticar	52
6.1.11	Componentes de la demanda	53
6.1.12	Promedios ponderados	53
6.1.13	Promedios exponenciales ponderados	54
6.1.14	Efectos de tendencia	57
6.1.15	Control de inventario y de la producción	58
6.1.16	Efectos estacionales	58
6.6.17	Los ajustes de tendencia	59
6.1.18	Métodos de pronóstico con series de Fourier	60
6.1.19	Costo del modelo	61
6.1.20	Método de Box Jenkins	62
6.1.21	El tamaño del lote económico	63
6.1.21.1	El concepto básico de la EOQ (COE)	63
6.1.22	Inventario de reposición	63
6.1.23	Modelo de inventario de cantidad de orden fija punto de orden e inventario de reserva.	65
6.1.24	Estimación del error del pronóstico	67
6.1.25	Stock de reserva	69
6.2	MARCO CONCEPTUAL	71



6.2.1	Glosario	72
6.3	MARCO LEGAL	77
6.4	MARCO SITUACIONAL	78
6.4.1	Organigrama de la empresa	78
6.4.2	Política de calidad	79
6.4.3	Distribución de la planta física	80
6.4.4	Reseña histórica	82
6.4.5	Direccionamiento estratégico	83
6.4.5.1	Misión	83
6.4.5.2	Visión	84
6.4.5.3	Mandato	85
6.4.6	Maquinaria y equipo utilizado	85
6.4.7	Conocimiento del proceso	91
6.4.7.1	Recepción de materiales	91
6.4.7.2	Separado de materiales	92
6.4.8	Manejo actual de inventarios	92
6.4.9	Descripción de áreas de soporte	96
6.4.10	Las áreas de servicio	96
6.4.11	Áreas de circulación	96
7.	DISEÑO METODOLÓGICO	100
7.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	100

7.2	FASES DE LA INVESTIGACIÓN	100
7.2.1	Implementar modelo seleccionado	101
7.2.1.1	El concepto básico de las EOQ (COE)	101
7.2.1.2	Inventario de reposición	102
7.3	CÁLCULO DE MANTENER EL INVENTARIO EN EL TIEMPO	104
7.3.1	Área del sitio	104
7.4	METODOLOGÍA	106
7.4.1	La metodología Box – Jenkins	108
7.4.2	Modelos autorregresivos	109
7.4.3	Modelos de promedio móvil	112
7.4.4	Métodos de promedios móviles autorregresivos	114
7.4.5	Resumen	116
7.4.6	Aplicación de una estrategia para la construcción de un modelo	117
7.4.6.1	Paso 1: identificación del modelo	117
7.4.6.2	Paso 2: estimación de modelos	120
7.4.5.3	Paso 3: evaluación del método	122
7.4.6.4	Paso 4: realización del pronóstico con el modelo	123
7.5	COMENTARIOS FINALES	124

7.5.1	Criterio para la selección de un modelo	124
7.6	POBLACIÓN Y MUESTRA	126
7.7	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN OPERACIONALIZADAS	127
8.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOGIDA	128
8.1	DATOS HISTÓRICOS DE VENTAS	129
8.1.1	Cables y alambres	130
8.2	MODELO DE INVENTARIO PROBABILÍSTICO	156
8.2.1	Modelos de revisión continua	156
8.2.2	Modelo EOQ probabilizado	156
8.3	APLICACIÓN DEL MODELO EOQ PROBABILIZADO A CADA PRODUCTO	159
8.3.1	Análisis cable 6	160

8.3.2	Análisis cable 8	162
8.3.3	Análisis cable 12	163
8.3.4	Análisis alambre 8	165
8.3.5	Análisis alambre 10	166
8.3.6	Análisis alambre 12	168
8.3.7	Análisis alambre 14	169
8.3.8	Ejecución del modelo EOQ probabilizado	171
9.	CONCLUSIONES	173
9.1	COMENTARIOS ACLARATORIOS PREVIOS	174
10.	RECOMENDACIONES	175
10.1	CONSIDERACIONES PRÁCTICAS	175
	BIBLIOGRAFÍA	178
	ANEXOS	179
1	Plano de distribución en planta del lote ocupado por la empresa	

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 2.1. Costo de los productos según grupo A.B.C.	26
Tabla 2.2 Personal que interviene en el proceso de compra	28
Tabla 2.3 Conteo del proceso de compra.	29
Tabla 2.4 Cálculo y distribución de áreas	31
Tabla 2.5 Cálculo de costos por bodegaje.	37
Tabla 6.1 Normatividad que regula esta actividad económica	77
Tabla6.2 Comparativo de características de la planta física respecto a la norma NTC 4595. Fuente: Norma NTC 4595 y Anexo 1	81
Tabla 6.3 Principios y valores de la empresa.	84
Tabla 7.1 Descripción de cada artículo según su empaque	105
Tabla 7.2 Area neta ocupada por una unidad	107
Tabla 7.3 Variables operacionalizadas en el modelo aplicado	127

Tabla 8.1	Resumen del análisis A.B.C.	129
Tabla 8.2	Histórico de ventas cable 6, año 2007, 2008 y 2009	130
Tabla 8.3	Autocorrelación cable 6	131
Tabla 8.4	Autocorrelación parcial cable 6	133
Tabla 8.5	Datos históricos cable 8	134
Tabla 8.6	Autocorrelación Cable 8	136
Tabla 8.7	Autocorrelación parcial cable 8	137
Tabla 8.8	Datos históricos Cable 12	138
Tabla 8.9	Autocorrelación Cable 12	139
Tabla 8.10	Autocorrelación parcial Cable 12	140
Tabla 8.11	Datos históricos Alambre 8	141
Tabla 8.12	Autocorrelación alambre 8	142
Tabla 8.13	Autocorrelación parcial alambre 8	143
Tabla 8.14	Datos históricos alambre 10	144
Tabla 8.15	Autocorrelación alambre 10	145

Tabla 8.16	Autocorrelación parcial alambre 10	146
Tabla 8.17	Datos históricos alambre 12	148
Tabla 8.18	Autocorrelación alambre 12	149
Tabla 8.19	Autocorrelación parcial alambre 12	150
Tabla 8.20	Datos históricos alambre 14	151
Tabla 8.21	Autocorrelación alambre 14	152
Tabla 8.22	Autocorrelación parcial alambre 14	153
Tabla 8.23	Prueba de bondad y ajuste para cable 6	161
Tabla 8.24	Prueba de bondad y ajuste para cable 8	162
Tabla 8.25	Prueba de bondad y ajuste para cable 12	164
Tabla 8.26	Prueba de bondad y ajuste para alambre 8	165
Tabla 8.27	Prueba de bondad y ajuste para alambre 10	167
Tabla 8.28	Prueba de bondad y ajuste para alambre 12	168
Tabla 8.29	Prueba de bondad y ajuste para alambre 14	170

Tabla 8.30	compilación de parámetros usados para Prueba de bondad y ajuste	172
Tabla 8.31	Parámetros usados para Modelo EOQ probabilizado	172
Tabla 8.32	Resultados por producto de modelo EOQ probabilizado	173



## LISTA DE FIGURAS

		pág.
Figura 2.1	Dimensiones que ocupan los artículos en la bodega	35
Figura 6.1	Curva ABC	51
Figura 6.2	Modelo de inventario de cantidad de orden fija, punto de Orden e inventario de reserva	66
Figura 6.3	Fachada de la empresa	83
Figura 6.4	Mesa de máquina cuenta metros	87
Figura 6.5	Ruedas para carreteles de máquina cuenta metros	87
Figura 6.6	Indicador digital de longitud medida de máquina cuenta metros	88
Figura 6.7	Rueda de máquina cuenta metros	88
Figura 6.8	Bastidor de máquina cuenta metros de cable nueva	89
Figura 6.9	Máquina cuenta metros de cable nueva	90

Figura 6.10	Rueda de máquina cuenta metros de cable replegada	90
Figura 6.11	Mapa de procesos de Iluminaciones Gómez	91
Figura 6.12	Zona de recepción de mercancía	93
Figura 6.13	Zona de separado de mercancía	93
Figura 6.14	zona de carretes abiertos	94
Figura 6.15	Diferentes tipos de almacenaje	94
Figura 6.16	Diferentes tipos de almacenaje	94
Figura 6.17	Sistemas de almacenaje	95
Figura 6.18	Sistemas de almacenaje	95
Figura 6.19	Sistemas de almacenaje	95
Figura 6.20	Mesa de trabajo donde se arman lámparas	96
Figuras 6.21 – 6.22 – 6.23 – 6.24 – 6.25 – 6.26 – 6.27:	Vías de circulación de la bodega y parte donde van los extintores	97 a 99
Figura 7.1	Stock de reserva junta control de producción y de inventarios	104
Figura 7.2	Diagrama de flujo de una estrategia de	

	construcción modelo Box Jenkins.	108
Figura 7.3	Coeficiente de autocorrelación y autocorrelación parcial para Modelo autorregresivo	110
Figura 7.4	Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial De modelo autoagresivo ar(2)	111
Figura 7.5	Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial De modelo promedio móvil Ma (1)	113
Figura 7.6	Coeficientes promedio Ma(2)	114
Figura 7.7	Coeficientes de autocorrelación parcial de modelo mezclado arma(1,1)	115
Figura 7.8	Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial De modelo mezclado arma (1,1)	116
Figura 8.1	Autocorrelación cable 6	131
Figura 8.2	Histogramas curvas de comparación	132
Figura 8.3	Histogramas – curvas de comparación	132
Figura 8.4	Autocorrelación parcial. Cable 6	133
Figura 8.5	Histograma – Curva de comparación	134
Figura 8.6	Comportamiento cable 8 año 2007 – 2008 – 2009	135

Figura 8.7	Autocorrelación cable 8	136
Figura 8.8	Autocorrelación parcial cable 8	137
Figura 8.9	Comportamiento cable 12 año 2007 – 2008 – 2009	138
Figura 8.10	Autocorrelación cable 12	139
Figura 8.11	Autocorrelación parcial cable 12	140
Figura 8.12	Comportamiento alambre 8. Año 2007- 2008 – 2009	141
Figura 8.13	Autocorrelación alambre 8	142
Figura 8.14	Autocorrelación parcial alambre 8	143
Figura 8.15	Comportamiento alambre 10. Año 2007 – 2008 – 2009	144
Figura 8.16	Autocorrelación alambre 10	146
Figura 8.17	Autocorrelación alambre 10	147
Figura 8.18	Comportamiento alambre 12. Año 2007 – 2008 – 2009	148
Figura 8.19	Autocorrelación alambre 12.	149
Figura 8.20	Autocorrelación parcial alambre 12	150

Figura 8.21	Comportamiento alambre 14. Año 2007 – 2008 – 2009	151
Figura 8.22	Autocorrelación alambre 14	152
Figura 8.23	Autocorrelación parcial alambre 14	153
Figura 8.24	Comportamiento cable 6, 8, y 12, Año 2007–08 y 09	155
Figura 8.25	Comportamientos alambre 8,10,12,14. Año 2007 – 2008 y 2009	155
Figura 8.26	Modelo EOQ probabilizado	157
Figura 8.27	Determinación de $K\alpha$ para el tamaño de la existencia estabilizadora	158
Figura 8.28	Histograma de cable 6	160
Figura 8.29	Histograma de cable 8	162
Figura 8.30	Histograma de cable 12	163
Figura 8.31	Histograma de alambre 8	165
Figura 8.32	Histograma de alambre 10	166
Figura 8.33	Histograma de alambre 12	168
Figura 8.34	Histograma de alambre 14	169

## INTRODUCCIÓN

Al estudiar los sistemas de inventarios se enfrentan grandes problemas con dos clases de complejidad. En primer lugar, se tiene la complejidad debida a la gran magnitud de artículos que comprenden la gama de productos comercializados por la empresa "Iluminaciones Gómez". Por ejemplo, en las situaciones de mayoreo o menudeo se puede elaborar reglas relativamente simples para la compra por lotes, los sistemas reordenes y los niveles de inventario de las principales clases de artículos. Pero, ¿se puede enfrentar con el diseño de un sistema para manejo de inventarios teniendo miles de artículos?. En este caso, la eficiencia del sistema de inventarios instalado dependerá no solamente de las reglas de decisión de los inventarios, sino también del sistema de procesamiento de datos que apoye el marco conceptual del sistema diseñado. La segunda clase de complejidad se debe a la naturaleza de muchos sistemas producción-inventario, cuando el número de variables que afectan la actuación del sistema es muy grande y estas variables influyen recíprocamente en formas matemáticamente complejas. Para resolver esta clase de complejidad, se utilizan modelos matemáticos y de simulación, destinados a representar, con la mayor aproximación posible, las complejidades del sistema real necesarias en los modelos. Los métodos más usuales de análisis y síntesis que se emplean en la solución de los problemas que plantean los sistemas producción-inventarios son los gráficos, los matemáticos, la simulación, los heurísticos, y el análisis y diseño de sistemas.

Para realizar el desarrollo de un modelo eficiente para la gestión de inventarios de la empresa Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda. se estima que se deben abordar los siguientes temas:

- Análisis de movimientos históricos
- Rotación de productos
- Cantidades mínimas y máximas
- Retroalimentación de lista de precios.
- Descuentos permitidos.
- Inventarios A.B.C.
- Gamas de productos
- Análisis de costos por adquisición y mantenimiento del inventario.

## 1. RESUMEN

El presente trabajo menciona una secuencia de pasos que se deben recorrer con el fin de dotar al administrador de un almacén que comercializa artículos eléctricos para lograr la optimización de todos los recursos con los que se cuenta para el normal desarrollo de esta actividad económica.

Es así como se establece un procedimiento consignado en una hoja de ruta cuyo contenido es consecuente con los objetivos específicos de este documento, la cual circunscribe las actividades que se deben realizar para lograr aumentar la rentabilidad en las ventas y disminuir los costos de operación y conservación de los artículos que hacen parte del inventario.

En la actualidad hay una serie de tecnologías de software y hardware que facilitan al administrador del almacén el control de los stock de los artículos así como la consulta del inventario en línea que le permita saber el estado actual de las cantidades de mercancía sin tener que realizar un coteo físico de la misma.

Como su nombre lo indica, el desarrollo de un modelo eficiente para el manejo de los inventarios está sujeto en cuanto a su secuencia operacional y contenido, al documento emanado por la Universidad Tecnológica de Pereira referente al contenido del informe final o resultado de un proyecto de investigación como es el presente trabajo, proponiendo en él una investigación.

Alguna de las verdades que vale la pena mencionar en este resumen son, que los datos recolectados en los treinta y seis periodos que conforman los históricos de ventas de los productos más significativos según la clasificación ABC, son aleatorios o sea que la serie de tiempo que se obtiene con dichos datos, no se correlacionan entre sí, razón por la cual no se pudo pronosticar de manera mas exacta las posibles demandas de los productos comercializados con una mayor confiabilidad, pero las predicciones realizadas con estos históricos son una base para establecer una política de inventario (qué, cuándo y cuánto comprar) que resulta parcialmente válido para el ejercicio académico que se pretende plantear en este documento.

## SUMMARY

The present work is stated inside mention a sequence of Steps that must be accomplished with the purpose of giving to a shop manager who trades with electronic devices an optimization, just to obtain that all available resources have a normal development into this economic activity.

Then, it is developed a procedure set onto a route paper in which the content is consequent with the specific objectives of this document; thus the activities must be accomplished in order to achieve an upper profitability on sales and diminishing of costs of operation, as well as the conservation of the products in the inventory.

Nowadays, there are some series of software and hardware technologies that for a shop manager facilitate the whole control onto the article stocks, such as the inventory searching on line, which allows knowing the current state of merchandise without accomplishing a physical inspection of it.

As it is indicated itself, the development of an efficient model for inventory management is linked to an operational sequence and content. This document created for UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, refers to the content on the final report or the result of a researching project as this present work, establishing a researching on it.

Some of the findings that worth to mention in this summary are: the collected data during thirty six periods that conform the sale records of the most significant products according to the ABC classification, are aleatory, it means the series of time obtained with these data are not related among them. Then this was the reason which was not possible to foresee an accurate way of the possible exigencies of the traded products with a major viability, but the accomplished predictions with this historic records are the base to establish an inventory politic (what, when and how much to buy) which result not completely valid for the academic exercise that is attended to state in this document.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

- Márgenes de utilidad.
- Compra Vs. venta.

Se conoce que en la actualidad, el problema de la empresa son los niveles elevados de inventarios en su mayoría de productos, debido a que no se tiene en cuenta su rotación ni el costo de mantener la mercancía almacenada representando un lucro cesante para la empresa.

La tabla 1. muestra los valores totales del inventario de los últimos tres años, llevados a valor presente con una tasa de oportunidad del 1% mensual, en ella se evidencia una cuantía considerable que exige la atención de la administración con el fin de evitar tener unos activos de la empresa en un estado de lucro cesante, si se trata de un aprovisionamiento excesivo o, dejar de captar rentabilidad por ventas como consecuencia de carecer de los productos mas demandados.

Tabla 2.1 Costo de los productos según grupo A.B.C.

<b>COSTOS TOTALES SEGUN GRUPO A,B,C.</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
	\$ 382.778.406	\$ 751.634.431	\$ 281.735.877
Tasa de oportunidad (DTF)	8,0%	6,3%	7,2%
Número de periodos	36	24	12
Vr Presente a enero de 2010	\$ 6.112.271.363	\$ 3.256.904.428	\$ 648.902.697
Vr Presente total a enero de 2010	\$ 10.018.078.488		

Fuente: Libro de contabilidad de la empresa Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda.

## 2.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION PROBLEMA

Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda. durante el ultimo año, se ha visto afectada por los niveles de Stocks, los cuales le han generado perdidas, por sus gastos de almacenamiento y por no tener una política de compras que permita adquirir oportunamente los productos de acuerdo a la demanda que presente el mercado en el transcurso del año.

Un proyecto de disminución de inventarios no es solamente compras e inventarios. Tiene que involucrarse la empresa completa, Gerencia, despachos, bodega, recurso humano, contabilidad, etc.

**2.1.1. Costeo del inventario.** Cuando se considera el costo del inventario se debe tener en cuenta fuera del costo de compra costo estándar de materiales, los costos indirectos a los que comúnmente llaman costos de mantenimiento; este costo puede alcanzar hasta un 50% del costo de compra y el total representa el costo total del material. Los principales costos indirectos que se asocian al inventario son:

**2.1.1.1 Costo de Adquisición y Elaboración de una orden,** este costo generalmente administrativo incluye los costos de requisición, aprovisionamiento, compras, embarques, recepción, personal participante y papelería usada en los procesos.

Para este fin se realizó un seguimiento de 10 meses obteniendo los siguientes resultados:

### Datos preliminares:

Ordenes de compra	50 UD
Avisos de mercancía recibida	135 UD
Cheques	40 UD
Promedio de pedidos	6 UD
Promedio de pruebas	16 UD

Teniendo en cuenta el personal que interviene en el proceso de compras y recepción, se presenta la Tabla 2., donde aparecen los valores de salario integral o neto de cada cargo por minuto, con este dato se obtienen los costos del proceso de compra.

Tabla 2.2 Personal que interviene en el proceso de compra

<b>CARGO</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>SALARIO NETO</b>	<b>COSTO / MINUTO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Gerente General	A	\$ 4.500.000	\$ 313	
Jefe de Bodega	B	\$ 1.600.000	\$ 111	
Auxiliar de Bodega	C	\$ 776.000	\$ 54	
Jefe de compras	D	\$ 1.650.000	\$ 115	
Auxiliar de compras	E	\$ 776.000	\$ 54	
Jefe de contabilidad	F	\$ 1.650.000	\$ 115	
Auxiliar de contabilidad	G	\$ 800.000	\$ 56	

Fuente: Libro de contabilidad de la empresa Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda.

En la tabla 2.3., se presenta el costeo del proceso de compra, pero para una mejor comprensión e interpretación de la información que arroja el análisis de los datos que allí aparecen, se recomienda tener en cuenta las siguientes aclaraciones.

Comentarios aclaratorios:

- Los sueldos mensuales incluyen en el factor prestacional, primas y vacaciones
- El tiempo efectivo laborado por las personas al año es de 46.5 semanas
- El costo de la papelería se obtuvo dividiendo el valor total invertido en este rubro para un periodo de un mes
- Se asume que los colaboradores realizan la operación 30 veces al mes.
- Para cada proceso se han tomado valores de tiempo según sueldos del personal de la administración que participa en la transacción.

Tabla 2.3. Costeo del proceso de compra

ACTIVIDAD POR SECCIÓN	TIEMPO		PERSONAS REQUERIDAS EN EL PROCESO DE COMPRA		COSTO	
	MIN	HORA			UD	MES
<b>Control de Mercancía</b>						
Elaborar e imprimir y solicitud de pedido	5	0,08	1	C	\$ 167	\$ 5.000
<b>Compras y Comercio Exterior</b>						
Recibir solicitud de pedido, pedir cotizaciones, aprobar cotización, hacer orden de compra, buscar firmas, repartir solicitudes de pedido	130	2,167	3	C,D,E	\$ 13.542	\$ 406.250
<b>Recepción</b>						
Verificar cantidades y tipo de mercancía, Ingresar a los estantes o al área de separado, Firmar facturas recibidas	40	0,667	2	B,C	\$ 2.778	\$ 83.333
<b>Comercial</b>						
Recibe las facturas de la mercancía recepcionada, Imprime listado de mercancía recibida Llevar a contabilidad las facturas tratadas	60	1	1	B,C	\$ 2.083	\$ 62.500
<b>Contabilidad</b>						
Autorizar pago a tesorería	15	0,25	1	F	\$ 521	\$ 15.625
<b>Caja</b>						
Colocar sello de protección y acentar en libros	7	0,117	2	F,G	\$ 486	\$ 14.583
<b>Comercial</b>						
Compara el precio estándar con el actual	30	0,5	1	D	\$ 1.042	\$ 31.250
<b>Contabilidad</b>						
Buscar factura, anexarle cheque, colocar sello al cheque, colocar sello a la factura, Llevar cheque para las firmas, asentar cheque en libros	150	2,5	3	A,F,G	\$ 28.125	\$ 843.750
<b>Bodega</b>						
Costo de recibir	399	7	1		\$ 13.854	415625
Papelería	30	0,5	1	C	\$ 1.042	\$ 31.250
<b>Subtotales</b>	866	14,43	16	N / A	\$ 63.639	
<b>COSTO TOTAL PROCESO DE COMPRA</b>					<b>\$ 1.909.167</b>	

Fuente: Manual de funciones de la empresa Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda.

Se puede observar que el costo más representativo debido al tiempo empleado por los colaboradores está en compras, sin embargo el proceso mas costoso es el que involucra a los cheques, su elaboración, su registro de firmas, ya que conllevan una cantidad de tiempo del personal con el mayor salario del área administrativa.

**2.1.1.2. Costo de almacenaje.** Incluye el costo del espacio del almacén, la seguridad, los gastos relacionados con el almacenaje, los impuestos.

Los costos de almacén pueden variar ampliamente dependiendo el tipo y la cantidad del material del inventario almacenado así como el tipo de instalación y la cantidad de espacio que requieran.

**2.1.1.3 Cálculo de costo del almacenaje.** En la tabla 4. que a continuación se presenta, aparece la forma como se han distribuido el área del local de la empresa en los diferentes departamentos que la componen, encontrándose pues en esta distribución los datos que interesan para el análisis del espacio consumido por cada artículo.

La necesidad de espacio de una persona en movimiento depende fundamentalmente del ángulo de visión. La visión humana es más cómoda con los ángulos de visión entre 12 y 60 grados que permiten una percepción general de conjunto mas descansada. Ello condiciona la distancia entre dos personas caminando que, en un campo horizontal suele ser del orden de 2m.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Fuente: Norma técnica Colombina NTC 4595

Tabla 2.4. Cálculo y distribución de áreas

<b>RECINTO</b>	<b>LARGO (m)</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Area total lote	44,37	5,4	239,6	Solo 1er piso
Oficinas			51,0	
Gerente	5,25	2,2		
Jefe de Bodega	2,1	1,8		
Jefe de compras y cartera	5,25	1,8		
Facturación	2,65	1,8		
Vitrinas	7,7	2,2		
Atención clientes	2,05	2,2		
Pasillos			59,0	24,5% de área total lote
Principal	44,37	1		
Hacia las esaleras	1	1,8		
Exhibición mercancía	7,1	1,8		
Areas no utilizadas			22,9	Se debe tratar de optimizar
Baterías Sanitarias			14,4	
Baño	1,6	1,9		
Pozeta	1,34	2,2		
Basuras	4,7	1,8		
Cocineta	1,6	2,2	3,5	
Mercancía en Estantería			70,7	De mas alta rotación
Tubería PVC	4,1	2,2		
Tornillería	6	2,2		
Estantes	9,2	1,8		
Zona puente grúa	5,5	1,6		
Recepción de mercancía	3,3	1,8		
Separado de mercancía	7,83	2,2		
Mercancía en espacios confinados			18,0	Requiere estar bajo llave
Bodega válvulas	1,6	3,5		
Bodega tacos	4,47	1,6		
Bodega tubería	1,6	2,2		
Bodega tubería	1,1	1,6		

Fuente: Anexo 1. Plano de distribución en planta de Iluminaciones Gómez

La presencia de escaleras o rampas obliga a disminuir en ángulo de cono de agudeza visual, con lo que la distancia entre dos personas que se siguen tiende a disminuir.

En cuanto a la circulación de peatonal por los pasillos del almacén, se puede evidenciar que éstos al tener como mínimo 1m de ancho, están diseñados para permitir el tránsito sin problema en los siguientes casos:

- Movimiento de una persona
- Una persona con una carreta pequeña (del grande de un cochecito)
- Mover un rollo de cable haciéndolo rodar sobre su propio carretel
- Cruce de dos personas

Enseguida se determina el valor del arrendamiento por unidad que le corresponde a cada uno de los 15 grupos de artículos.

En la bodega 1 se han ubicado 10 artículos en la parte alta de éste los otros cinco artículos.

Esta determinación se ha tomado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Peso y volumen de los artículos
- Clase de empaques
- Dificultad en el manejo
- Condiciones ambientales

#### **2.1.1.4 Ubicación de los artículos en la bodega**

Los artículos ubicados en la bodega en un área aproximada de 79 m<sup>2</sup> están distribuidos así:

- En estantería, 70,7 m<sup>2</sup> se almacena tubería PVC; tornillería
- Espacios confinados 18. m<sup>2</sup> se guardan válvulas, tacos, tubería metálica.

Al realizar la distribución de los artículos que acabamos de enumerar, se tuvo presente:

- Que su empaque (carreteles) fuera similar al de al lado
- Las dimensiones de cada unidad
- La resistencia al aplastamiento de cada artículo
- Las dimensiones de los pasillos
- La facilidad de acceso al sitio
- las holguras de existencia necesarias de almacenamiento

En el anexo 1 Y 2 se presenta un plano que muestra la distribución de la planta y estantes respectivamente.

De tales y tales artículos no permiten la formación de pilas debido a la mayor propensión al aplastamiento.

El área total de almacenamiento de cada artículo esta compuesta por:

- a) El área ocupada por cada artículo
  - b) El área de pasillos
  - c) El área asignada por prorratio de los artículos de poco movimiento
- a) El área ocupada por cada artículo está constituido por el área en si ocupada por el artículo, mas un área de holgura asignada con el fin de facilitar una mejor manipulación de los mismos.

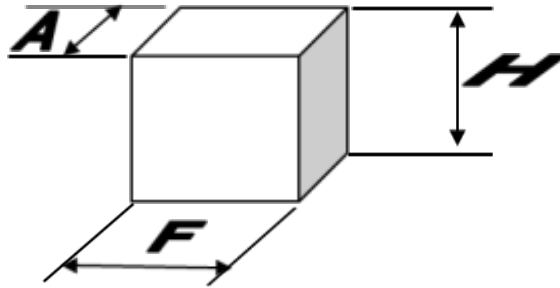
El volumen en sí ocupado por cada artículo se determinó con base a las dimensiones del guacal, carretel o caja en que viene empacada cada unidad y al promedio anual de unidades almacenadas. Dicho volumen se calcula con la dimensión en metros del frente multiplicado por la dimensión en metros del fondo y por la altura en metros.

Para normalizar convenientemente la forma de nombrar cada medida del espacio tridimensional ocupado por cada producto, se tomará en cuenta la



figura 1., en ella se expresa que la dimensión del frente se denota con la letra (F), la profundidad (A) y la altura (H).

Figura 2.1 Dimensiones que ocupan los artículos en la bodega



CONVENCIONES		
SIGNO	DIMENSIÓN	
F	FRENTE (m)	
A	PROFUNDIDAD (m)	
H	ALTURA (m)	

El área de holgura y la distancia que separa dos artículos consecutivos, multiplicado por el fondo respectivo. Para una mayor uniformidad, se le ha dado esta separación de 0.5 cm para todos los artículos, sin embargo, en algunos casos no se aplica al pie de la letra.

- b) Área de pasillos: como se puede apreciar en el esquema de la bodega (ver anexo 3) aparece un pasillo de 8 m de largo por 0.8 m de ancho después de haber hecho la distribución de los artículos con base a las áreas asignadas para cada uno de ellos y al área total disponible.

**2.1.1.5 Costo de los seguros.** Seguros: el seguro de inventario es un costo variable ya que se paga, por lo general, directamente a un valor directamente proporcional al valor del inventario. Otro factor que afecta la prima de seguro es el

tipo de sistema de seguridad y las instalaciones usadas para almacenar el inventario.

**2.1.1.6 Costo de la vigilancia.** Vigilancia y Administración: es el pago que se hace al personal del almacén por concepto de: sueldos, primas, parafiscales.

**2.1.1.7 Costo de las averías.** La depreciación: en el caso de los inventarios la depreciación se refiere al daño y al deterioro o pérdida debido al almacenaje, manipulación, el clima, la edad, la evaporación a la merma. La depreciación viene de acuerdo al tipo de inventario.

**2.1.1.8 El costo del artículo.** Es el precio de la compra de un artículo o el costo de producción de una unidad manufacturada en la Empresa.

Se utiliza cuando hay descuentos en cantidad o por incremento, o cuando la producción en grandes lotes se traduce en reducción de costos.

**2.1.1.9 El costo de manipuleo.** Todo manejo, mudanza y transporte que participa en el control de inventario representa otro costo, que incluye salarios, prestación del personal que participa en estas funciones así como también todos los sistemas de manejo de material y equipo que apoya su trabajo.

**2.1.1.10 El costo en el tiempo del dinero invertido.** El interés: el inventario moviliza una de las actividades más versátiles de la compañía, el efectivo. Como los negocios tienen una cantidad limitada de recursos de capital de los que pueden disponer a partir de los propietarios y de los acreedores, el k invertido en el inventario tiene un costo definido, el costo de k. este costo se calcula como costo del dinero a la tasa de retribución que podría haber obtenido el k si se hubiera invertido en otra cosa, como obligaciones del gobierno CDT, o acciones de alto grado.

**2.1.1.11 El costo por obsolescencia.** La Obsolescencia: las mercancías en existencia llegan a ser obsoletas debida a la degradación del material aislante, cambios de moda a nuevos productos. Esto sucede en especial, en los productos

diseñados con alta tecnología. Las mercancías bien administradas, trabajan en forma continua sobre el inventario obsoleto y excesivo para deshacerse de él. Una de las reglas que es nunca mantener inventarios para los que no haya una necesidad inmediata.

**2.1.1.12. Los costos indirectos.** Costos indirectos: son todos aquellos que se le asignan al almacén para su funcionamiento, no se causan directamente pero se reparten proporcional al tiempo de servicio, por ejemplo: el costo del tiempo utilizado por la computadora para registrar los inventarios.

En la tabla 2.4, Se encuentra los diferentes, costos que infieren para el área de bodega.

Tabla 2.5 Cálculo de costos por bodegaje

ITEM	COSTOS	VALOR	UNIDAD
1	Vigilancia privada	\$ 282.718	\$ /Mes
2	Sefguro contra todo riesgo	\$ 319.136	\$ /Mes
3	Sistemas de seguridad	\$ 100.000	\$ /Mes
4	Arrendamiento	\$ 6.521.400	\$ /Mes
5	Servicio de agua y energía	\$ 515.198	\$ /Mes
6	Servicio de teléfono e internet	\$ 242.202	\$ /Mes
7	Cámara de comercio	\$ 177.000	\$ /Mes
8	Costo por obsolescencia	\$ 150.000	\$ /Mes
9	Costos indirectos	\$ 100.000	\$ /Mes
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 8.407.654</b>	<b>\$ /Mes</b>

Fuente: Libro de contabilidad de la empresa Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda.

## 2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En compendio general, la formulación del problema se reduce a responder acertadamente las siguientes inquietudes:

### **¿Qué pedir?**

Los pronósticos de los artículos terminados determinan los pedidos de reabasto de los mismos. Los pedidos determinan lo que se debe fabricar y esto se divide según ensambles, subensambles y material para fabricar otros productos. Estos requieren ser determinados por las listas de los vendedores.

### **¿Cuánto pedir?**

El objeto decisivo de cuanto pedir consiste en concentrarse en el costo general de los materiales, no solo en el menor costo de adquisición, el costo unidad o el costo standar para lograr el menor costo total del material. Para esto se debe establecer el balance más económico entre el costo de adquisición y el costo de mantenimiento.

### **¿Cuándo pedir?**

La pregunta en cuando hacer un pedido es: ¿cuándo se necesita? El pronóstico del momento en que se necesita el inventario de los bienes terminados puede usarse para calcular cuando se necesitan los materiales o mercancías. La cuenta de la lista de materiales y el tiempo de entrega de cada artículo pueden usarse para determinar cuando se necesitaran los materiales.

Actualmente en la empresa Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda., se mantienen niveles de inventarios muy elevados, las compras mensualmente casi igualan las ventas, no se tienen en cuenta las rotación de los productos, tampoco su costo como tal, ni se tiene diseñado un inventario por grupos, por familias, como por ejemplo el modelo de los inventarios A. B. C.

Los niveles elevados de inventarios han ocasionado que la empresa tenga resultados negativos en su balance porque se tiene la idea por parte de la Gerencia que al tener inventarios altos, se es mas competitivo y al analizar los estados financieros se ha encontrado que no es así, ya que estos inventarios le

acarrear muchos gastos a la organización como lo son: Fletes, almacenaje, sobregiros en los bancos para pagos a proveedores, tener un personal en bodega solo para almacenar, arriendos, seguros, seguridad, daños que pueda tener el producto por su tiempo de bodegaje, deterioro del producto, pérdida del periodo de garantía (esto sucede por el tiempo que puede llevar almacenado), productos que llevan mucho tiempo almacenados y se vuelven obsoletos, robos, entre otros.

Mantener un inventario supone un alto costo, la empresa no debe tener una determinada cantidad de dinero detenida en existencias excesivas, pues el objetivo de un buen servicio al cliente, precisa ser satisfecho, manteniendo los inventarios en un nivel mínimo al menor costo posible, sin comprometer la calidad de los bienes y servicios ofrecidos. De manera que tener existencias almacenadas implica tener dinero retenido y sin producir. Para reducir al mínimo esta cantidad de dinero, la organización debe hacer que coincida la operación de oferta y demanda, con la finalidad de que las existencias permanezcan en las estanterías en el tiempo y lugar preciso solamente cuando el cliente las requiera.

Muchas veces la empresa concentra sus esfuerzos en el incremento de la rentabilidad, únicamente con el aumento de las ventas, esto puede resultar algo muy costoso. Porque debe considerarse que cada unidad monetaria adicional vendida no es necesariamente una unidad monetaria de beneficio, pues a ésta hay que tener muy en cuenta el costo de los productos, el transporte, el mercadeo, comisión de vendedores, fletes y los gastos de la empresa que tiene que ir ligado al costeo del producto, entre otros.

### **2.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

**¿Cuál es el método que se adoptará para agrupar los productos por familias?**

Inicialmente, el método utilizado será el de inventarios A.B.C., para seleccionar los que mas impactan a la empresa tanto en volumen como en rentabilidad. Después se tratan los productos más importantes los cuales fueron seleccionados de acuerdo a un análisis de Pareto.

Un aspecto importante para el análisis y la administración de un inventario es determinar qué artículos representan la mayor parte del valor del mismo midiéndose su uso en dinero - y si justifican su consecuente inmovilización monetaria.

Estos artículos no son necesariamente ni los de mayor precio unitario, ni los que se consumen en mayor proporción, sino aquellos cuyas valorizaciones (precio unitario x consumo o demanda) constituyen % elevados dentro del valor del inventario total.

Generalmente sucede que, aproximadamente el 20% del total de los artículos, representan un 80% del valor del inventario, mientras que el restante 80% del total de los artículos inventariados, alcanza el 20% del valor del inventario total.

El modelo ABC (o regla del 80/20 o ley del menos significativo) es una herramienta que permite visualizar esta relación y determinar, en forma simple, cuáles artículos son de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisiones más eficientes.

Según este método, se clasifican los artículos en clases, generalmente en tres (A, B o C), permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos:

ARTICULOS A: Los más importantes a los efectos del control.

ARTICULOS B: Aquellos artículos de importancia secundaria.

ARTICULOS C: Los de importancia reducida.

La designación de las tres clases es arbitraria, pudiendo existir cualquier número de clases. También el % exacto de artículos de cada clase varía de un inventario al siguiente. Los factores más importantes son los dos extremos: unos pocos artículos significativos y un gran número de artículos de relativa importancia. Esta relación empírica formulada por Vilfredo Pareto, ha demostrado ser una herramienta muy útil y sencilla de aplicar a la gestión empresarial. Permite concentrar la atención y los esfuerzos sobre las causas más importantes de lo que se quiere controlar y mejorar.

**¿Cómo se deduce el costo de mantener inventarios de los productos que menos rotan y de mayor rotación?**

Ajustando el proceso actual de acuerdo a recomendaciones concebidas a través de los resultados del objeto de este trabajo.

**¿Cuáles serán los modelos eficientes de inventarios propuestos en este trabajo?**

A continuación se mencionan algunos de los métodos que pueden estar acorde con la necesidad del problema planteado, tales como método gráfico, análisis matemático, simulación, métodos heurísticos, análisis de sistemas, entre otros los cuales se tratarán más ampliamente en el marco teórico.



### **3. DELIMITACION**

Se clasificarán los productos que comercializa la empresa Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda., ubicada en el centro de Pereira en la Carrera 9 # 16 – 24 así como también se establecerán una serie de recomendaciones que permitan a los funcionarios de la administración, determinar cuales son las cantidades que se deben tener de determinados productos que, por su rotación y rentabilidad, impactan significativamente la estabilidad económica de la empresa.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un modelo eficiente para la gestión de inventarios de la empresa Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar el impacto que cada una de las familias de productos representa en las utilidades de la empresa.
- Organizar según criterio físico el inventario de la compañía.
- Clasificar las referencias respecto a su impacto económico en el inventario.
- Analizar los posibles modelos que se ajusten a la gestión de inventarios.
- Implementar modelo seleccionado.
- Determinar las existencias de cada producto.
- Establecer un margen de utilidad.

## 5. JUSTIFICACION

La urgencia de competir satisfactoriamente en los diferentes mercados de bienes y servicios, acrecienta cada vez más la necesidad de conocer y aplicar los diferentes conceptos relativos a la logística industrial y su incidencia en el incremento de la competitividad.

Lo anterior debe verse como una parte integral de la empresa que requiere el conocimiento y compromiso de las personas que laboran en ésta, para orientar efectivamente sus actividades hacia la productividad, calidad y competitividad de la empresa.

Aplicando los conocimientos de control de inventarios, Sistemas de costeo, se pretende analizar y comparar los distintos enfoques que estos tienen en una empresa. Se seleccionó a la empresa Iluminaciones Gómez para efectuar los estudios, esperando que esta investigación, les sirva de referencia en la toma de decisiones por parte de Gerencia general, ayudándoles así a mejorar su rendimiento, desempeño y optimizando los recursos con que cuentan. Igualmente se espera que esta investigación tenga un uso, aportando una base a estudios de la misma índole, y que sirva a los diferentes almacenes dedicados a la venta de artículos eléctricos, cableado estructurado, iluminación y ferreteros.

## 6. MARCO REFERENCIAL

### 6.1 MARCO TEORICO

Algunos empresarios se dejan llevar por un único criterio, que en ocasiones funciona perfectamente, pero en otras nos lleva a cometer costosos errores; las personas que llevan tiempo manejando empresas saben que la realidad no es blanca ni negra, sino que, tiene diferentes matices de gris, por lo que en este escrito no se pretende dar la última palabra de nada, ya que esta no existe, lo que se busca es brindar instrumentos que aunados a su buen juicio le permitan tomar mejores decisiones, recalcando que un instrumento es útil dependiendo de la mano que lo maneja y que la toma de decisiones es aún la responsabilidad gerencial más importante. Sin embargo, a medida que logremos conocer y manejar un mayor número de instrumentos la probabilidad de éxito en nuestras empresas se incrementa, ya que la suerte esta del lado de la mente mejor preparada (esta frase se le atribuye a diversos personajes, pero independientemente de quien la haya dicho es perfectamente valida).

En el caso de los inventarios, se han escrito enciclopedias completas sobre su manejo, por lo que resumir en tan breve espacio, algunos de los criterios fundamentales para su manejo, equivale a lo que los expertos en mercadeo llaman dar una degustación del producto, buscando de esta manera, que los interesados indaguen más adelante, formas de adquirir una mayor cantidad de este. Este documento pretende dar herramientas para mejorar la toma de decisiones sobre inventarios, no da elementos para la manipulación de estos. Los modelos que se van a mencionar son relativamente sencillos y se recomienda que en la medida de lo factible se "juegue" con ellos, en una hoja de calculo, creando diferentes escenarios, con el objeto de ver las consecuencias de algunos posibles errores en el papel, sin necesidad de sufrirlos en la realidad.

En el mejor de los casos puede dar la apariencia de un "falso triunfo", que con seguridad más adelante se convertirá en una derrota no percibida.

En la actualidad no es extraño encontrar personas, que afirman que: "se deben manejar grandes cantidades de inventarios, ya que esto significa riqueza y que es preferible guardar en insumos o productos la plata, ya que con las alzas

ocasionadas por la inflación y/o la devaluación, se consigue una mayor rentabilidad que en otras opciones". En el otro extremo se observan las personas que afirman que: "los inventarios se deben reducir a cero y manejar una política de justo a tiempo, donde los inventarios son un problema que se genera por ineficiencia gerencial"; lo que nos hace recordar el ejemplo inicial, con un agravante, en esta situación en los dos extremos se puede estar mal, ya que alguien puede tener inventarios en exceso y no tener como pagar la nómina, mientras que en el otro extremo estaría quien ha tenido que retrasar su proceso de producción por no contar en forma oportuna con los elementos requeridos para el efecto.

**6.1.1 Métodos propuestos.** A continuación se describen algunos de los modelos que se tuvieron en cuenta durante la ejecución de este trabajo, los cuales han servido para procesar los datos y concluir sobre la información que estos aportan a la investigación.

**6.1.2 Métodos gráficos.** El análisis gráfico sigue siendo el más práctico en ciertas situaciones. Son varios los tipos de gráficas de Gantt útiles en las instalaciones para la calendarización y control, si el tamaño y complejidad de éstas es pequeño. La gráfica PERT es otro instrumento gráfico útil, el cual no es viejo y tradicional, sino reciente en origen y considerado moderno. Se encuentra también que la planeación integral de los programas de producción, el análisis gráfico es muy útil en situaciones relativamente simples en que pocos productos compiten por la utilización de las instalaciones comunes.

**6.1.3 Análisis matemático.** El desarrollo del análisis matemático es relativamente antiguo en los sistemas de inventarios, ya que se inició en 1915, cuando Harris elaboró las primeras fórmulas del tamaño económico de los lotes. Durante la época posterior a la segunda guerra mundial, el análisis matemático se ha ido incrementando. La teoría de los inventarios se ha desarrollado gracias, casi exclusivamente, a las matemáticas. Se han empleado muchos de los métodos de programación lineal en la planeación y la programación integral. Se han propuesto otras técnicas matemáticas, tales como la Regla de Decisión Lineal, para la planeación de la producción, los inventarios y la fuerza de trabajo. En menor magnitud, el análisis matemático interviene en los modelos de simulación y en los métodos heurísticos, así como en el análisis de sistemas.

**6.1.4 Simulación.** La metodología de la simulación que, en los últimos años, ha revolucionado el análisis de sistemas producción-inventario, empezó a desarrollarse en los cincuenta con la prueba de la simulación de las redes de prioridad para despacho y calendario. Actualmente, la metodología de la simulación también se usa como una herramienta común de investigación en los estudios de los talleres de trabajos intermitentes, en el balance de líneas, así como en la prueba de planes alternativos de asignación de recursos en proyectos de gran escala de una sola vez.

**6.1.5 Métodos heurísticos.** El uso formal de la lógica y el sentido común han dado buenos resultados en muchas áreas demasiado complejas para el empleo de las matemáticas o aun de la simulación; a tales métodos son llamamos ahora heurísticos. Los métodos heurísticos funcionan eficazmente al utilizar programas selectivos que reducen la complejidad del problema a proporciones manejables y a menudo emplean reglas de sentido común o simplemente algún patrón de comportamiento. En materia de sistemas de producción-inventario, los métodos heurísticos han servido eficazmente en la planeación integral, en la elaboración de calendarios en talleres de trabajos intermitentes, en los proyectos en gran escala de una sola vez, en el control de inventarios, en el balance de las líneas de ensamble, en la selección y localización del almacén, y en la localización de las instalaciones en general.

**6.1.6 Análisis de sistemas.** Se ha venido utilizando con cierta libertad los términos de sistema, sistema de producción, sistema de producción-inventarios, y otras variantes. Aunque todo el mundo tendrá una concepción general del vocablo "sistema", tal vez sea útil precisarlo más, ya que dicho término, así como el mismo análisis de sistemas, será utilizado ampliamente a lo largo de este trabajo. El diccionario Webster define un sistema como "un grupo de elementos que regularmente interactúan o son interdependientes formando un todo unificado". Así pues, un sistema puede tener mucho componente y objetos, pero éstos están unidos con vistas a alguna meta común. De todas formas, están unificados, organizados o coordinados. Los componentes de un sistema contribuyen a la producción de un conjunto de productos, a partir de insumos dados que pueden ser óptimos o no, en relación con alguna medida apropiada de eficacia. Los sistemas son a menudo complejos, pero la definición no especifica que tenga que ser así necesariamente. Es probable que algunos de los sistemas cuyo estudio resulta más interesante sean complejos y que el cambio de una variable dentro del sistema afecte a muchas otras variables del mismo. Por ejemplo, en los sistemas producto-inventario, un cambio en la tasa de producción puede afectar los inventarios, las horas trabajadas por semana, las horas extras, el arreglo de las

instalaciones, etc. El entendimiento y la predicción de estas complejas interacciones entre variables de uno de los principales objetivos de este trabajo.

**6.1.7 Modelos para la toma de decisiones.** Existen diferentes esquemas en la creación de modelos para la toma de decisiones, en este caso se mencionará uno de los esquemas que se aplica en la ciencia de la administración, el cual, no pretende ser la verdad revelada, esto es válido para problemas de inventarios o para cualquier situación empresarial. Es fundamental enfatizar en que no debe verse como un conjunto rígido de procedimientos, en algunos casos se podrán saltar escalones, en otros tocará crear variantes, sin embargo, es importante manejar una guía que nos va a facilitar los procesos y coadyuvará a una gestión más eficiente, los pasos a seguir son los siguientes:

Aceptar o reconocer la existencia de una(s) situación(es) susceptible(s) a mejorar, lo que es diferente a un problema manifiesto, lo importante es reconocer que de actuar diferente se podrían obtener mejores resultados; en este paso se debe ser muy cuidadoso, ya que, una persona puede tener diversos objetivos; también se presenta que diferentes áreas de la organización tengan objetivos contradictorios, por ejemplo el departamento comercial puede pretender resultados que entren en contradicción con los objetivos de quien maneja el departamento financiero, en el caso de los inventarios esto se presenta con frecuencia, ya que, para un gerente financiero los inventarios pueden representar lucro cesante, mientras que para el comercial pueden representar la forma de brindar un mejor servicio, por lo que lo más importante es fijar adecuadamente el(los) objetivo(s) a conseguir.

**6.1.8 Administración de Inventarios.** En los negocios existe una realidad reconocida por muchos, pero desafortunadamente racionalizada e implementada por pocos "quien compra bien, vende o produce bien". El tener una buena política de compras, le va a permitir un manejo fluido a la empresa y disminuir sus costos, lo que obviamente mejorará su rentabilidad. Debido a lo anterior es necesario estudiar los inventarios desde el momento en que se proyecta la compra, es decir involucrarlos en los procesos de planeación de la compañía y en su contrapartida obligatoria, el control.

En la acepción más amplia de la palabra, los inventarios son recursos utilizables que se encuentran almacenados para su uso posterior en un momento determinado. Algunos autores los definen simplemente como bienes ociosos almacenados en espera de ser utilizados. Otros autores los definen como un activo corriente de vital importancia para el funcionamiento de la empresa. Existen múltiples argumentos para justificar la tenencia o no de inventarios, de los cuales mencionaremos tan solo unos pocos.

Argumentos a favor:

- Prever escasez
- Es preferible ahorrar productos que plata
- Permiten obtener ganancias adicionales cuando hay alzas
- Facilitan desfasar (separar) los diferentes procesos de la empresa.

Argumentos en contra:

- Inmovilizan recursos que podrían usarse mejor
- Esconden los problemas de la empresa
- Disimulan la ineptitud del tomador de decisiones
- Facilitan esconder los problemas de calidad.

Los argumentos esgrimidos por los "partidarios" de cada corriente tienen validez relativa, esto es lo que los hace tan peligrosos, ya que al tener indiscutiblemente



una parte de realidad son aun más difíciles de rebatir que las verdades verdaderas como diría Fuentes, debido a lo anterior es que debemos ser objetivos en la posición a asumir y no ser maniqueos, es decir no debemos creer que nuestro argumento es acertado y que todos los demás están equivocados.

Lo que es indiscutible, es que los inventarios representan un alto porcentaje de los activos en el balance y a las compras les sucede lo mismo con respecto a las utilidades en los estados de resultados, entonces si desde el punto de vista financiero se reconoce esta realidad y no se hace nada con el objeto de mejorar su manejo se esta siendo irresponsable con la empresa para la cual se está realizando el trabajo.

**6.1.9 Clasificación A.B.C.** En cada empresa se utilizan diferentes productos, cada uno de ellos con sus propias características, por lo tanto, cada uno de ellos necesita de un manejo particular, dependiendo de su importancia en los procesos de la compañía y de las posibilidades de adquisición. El pensar que todos los productos se deben controlar de la misma manera, es una visión limitada de la realidad, que implica desgaste y sobrecostos innecesarios.

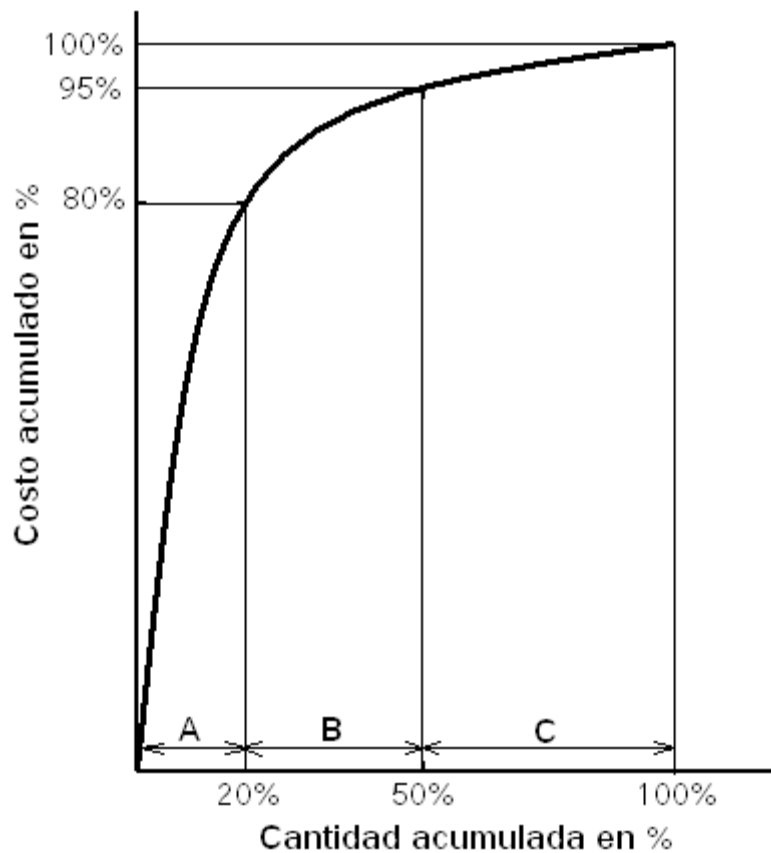
El análisis ABC es una manera de clasificar los productos de acuerdo a criterios preestablecidos, la mayor parte de los textos que manejan este tema, toman como criterio el valor de los inventarios y dan porcentajes relativamente arbitrarios para hacer esta clasificación.

Cuando se aplica a los inventarios este análisis para clasificar sus artículos, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Artículos A: De alto valor: Aquellos artículos relativamente pocos comparado con la gama de productos comercializados que, por su margen de utilidad y rotación representan del 70% al 80% del valor total del inventario, éstos constituirán por lo general el 15 al 20% de los artículos.
2. Artículos B. Del valor medio: Una gran cantidad en la parte media de la lista; usualmente, del 30 al 40% de los artículos cuyo valor representa el 15 al 20% del valor total del inventario.
3. Artículos C. De bajo valor: La mayoría de los artículos, normalmente del 60 al 70% cuyo valor total del inventario es casi despreciable, representando solo del 5 al 10% del valor.

La figura 6.1 Muestra la distribución ABC típica para un grupo de artículos, la escala horizontal representa el porcentaje de los artículos totales mientras que la vertical representa el porcentaje del uso anual del dinero. Nótese que una pequeña cantidad de artículos representa una el gran volumen del valor de uso, Éstos, por supuesto son los artículos A, indicados así en la curva. En la sección b de la curva se encuentra por lo general, el porcentaje de artículos B es igual al porcentaje de dinero representado por éstos. Los artículos C ocupan el extremo opuesto de la escala, lo cual indica que una gran cantidad de artículos representa una pequeña fracción del uso total del dinero.

Figura 6.1. Curva ABC



Por ejemplo, el 10% de los productos representan el 60% de las compras de la empresa por lo tanto esta es la zona A, un 40% de los productos el 30%, que

serian los que están ubicados en la zona B, el resto (50% de los productos y 10% de las compras) son productos C.

**6.1.10 Requisitos para pronosticar.** La función de preparar los pronósticos de la demanda, usualmente le compete a la organización de ventas y los datos que estos proporcionan son muy útiles para fijar las metas de ventas así como para medir los efectos de programas de promoción. También sirven para los propósitos generales de la dirección. Sin embargo, para que los datos de los pronósticos de la demanda sean útiles en el control de inventarios y de la producción, es importante que se encuentren disponibles en forma que se pueda traducir a la demanda de los renglones específicos de material, demandas de tiempo en clasificaciones específicas del equipo, demandas de las habilidades específicas de mano de obra, entre otros. Por esta razón los pronósticos del valor de la demanda en pesos, por tipos de clientes, o por clasificaciones generales de productos, tienen escaso valor para la planeación y el control de los inventarios y los programas de producción.

El resultado es que se requieren pronósticos de diferente duración, para que sirvan como base a los planes de operación de intervalos diferentes. Estos son: 1) planes para las operaciones corrientes y el futuro inmediato; 2) planes de duración intermedia de las capacidades requeridas de mano de obra, materias primas y equipo, para los siguientes tres o cinco años; 3) planes de plazo largo, relativos a la capacidad de la planta y del almacén, a la localización de la planta, al cambio de la composición del producto y a la explotación de nuevos productos.

Por último se debe especificar una gama de posibilidades que pueden darse al elaborar los pronósticos. La práctica común consiste en establecer un solo valor para el pronóstico que represente la estimación media o más probable, pero se sabe que la demanda está sujeta a muchos efectos al azar que producen variaciones en el valor del pronóstico, variaciones que también se pueden medir. Por lo tanto, quienes formulan los pronósticos pueden hacer una afirmación algo más satisfactoria si se refiere a un intervalo de valores que si es de un solo número específico. Si los pronósticos se formulan como un intervalo de valores, la atención se concentra inmediatamente en el hecho de que todos los planes relativos a los inventarios y al uso de las instalaciones productivas basados en estos pronósticos, deben ser suficientemente flexibles para moverse hacia arriba o hacia abajo y para adaptarse a los errores normales de los pronósticos. También debemos tomar en cuenta los errores de los pronósticos a fin de determinar, con base en la realidad, los bancos de contingencias para los inventarios. Más

adelante veremos como se puede considerar lo incierto de las estimaciones de los pronósticos.

**6.1.11 Componentes de la demanda.** Antes se definió el termino “pronóstico” como la proyección del pasado hacia el futuro. A primera vista, esto parece satisfacerse simplemente con una técnica de “fijar y dibujar”, en que se observe el pasado inmediato y se calculen o dibujen líneas del mejor ajuste que indiquen, mediante una simple extrapolación, el pronóstico para el período siguiente. Efectivamente esta técnica podría funcionar en las situaciones muy simples y estadísticamente bastante estables. Sin embargo, es evidente que, por lo general, no es tan sencillo, pues de otro modo los directores no creerían que el pronóstico representa un problema difícil, y tampoco se habría desarrollado este importante campo técnico. Hay varias clases diferentes de situaciones básicas más sus combinaciones, y es alrededor de ellas donde se ha desarrollado la metodología de los pronósticos. Se refiere a situaciones básicas como las “componentes de la demanda”. A través de éstas podemos describir cualquier combinación de situaciones que se encuentren. Las componentes son: la demanda media, las tendencias promedio, los patrones estacionales, los patrones cíclicos y las variaciones al azar alrededor de este patrón básico, caracterizado por el promedio, la tendencia, lo estacional y el ciclo.

**6.1.12 Promedios ponderados.** Supóngase que se ataca de frente el problema de ponderar los datos recientes con un peso mayor en un promedio móvil de tres meses. Podemos expresar un promedio simple de tres meses como sigue:

$$\bar{X}_0 = a_0 D_0 + a_1 D_1 + a_2 D_2$$

Donde  $D_0$  es la demanda del mes en curso,  $D_1$  la demanda del mes pasado, etc., y las “ $a$ ” son constantes de ponderación con valor de  $\frac{1}{3}$ . Sin embargo, todavía se puede tener un promedio correcto, pero diferente, si el valor de las “ $a$ ” no es el mismo, sino decreciente. La única restricción es que la suma de las “ $a$ ” sea 1. Supóngase que, arbitrariamente, ponderamos las “ $a$ ” como sigue:  $a_0 = 0.6$ ,  $a_1 = 0.3$ ,

$a_2 = 0.1$ . Utilizando los datos de los últimos tres meses de la demanda en la figura 2-2, tendremos que  $D_0 = 69$ ,  $D_1 = 86$ ,  $D_2 = 77$  y,

$$\bar{X}_0 = 0.6 \times 69 + 0.3 \times 86 + 0.1 \times 77 = 74.9$$

El promedio simple es 77.3. Comparando los dos promedios podemos advertir el efecto de la ponderación decreciente de los últimos dos meses.

Podríamos llevar adelante esta idea y calcular pesos para un promedio que incluyese los cinco años de datos mensuales de los datos presentados correspondientes al anexo 2, concediendo mayor peso a los últimos meses. Se puede observar fácilmente que, si se asigna mayor peso a los tres o seis meses mas recientes, será pequeño el efecto relativo de los datos más antiguos sobre el promedio resultante. Los pesos exponenciales hacen todas estas cosas y, además, su cálculo es sencillo.

**6.1.13 Promedios Exponenciales Ponderados.** La operación del más sencillo de los promedios exponenciales ponderados se basa en un ajuste, período por período, del promedio predicho en el último término ( $\bar{F}_{t-1}$ ), (sumando o restando) una fracción ( $\alpha$ ) de la diferencia existente entre la demanda efectiva en el período en curso ( $D_t$ ) y el promedio predicho en último término ( $\bar{F}_{t-1}$ ). El resultado (que no implica ninguna extrapolación) nos da el nuevo pronóstico promedio para el período en curso ( $\bar{F}_t$ ):

$$\bar{F}_t = \bar{F}_{t-1} + \alpha (D_t - \bar{F}_{t-1}) \quad (1)$$

La fracción de la diferencia existente entre la demanda real y la estimación del promedio del período anterior,  $\alpha$ , es la constante de amortiguamiento exponencial que se seleccione y que debe tener un valor entre 0 y 1 (en realidad, los valores más comúnmente empleados se encuentran entre 0.01 y 0.3). Reacomodando la ecuación (1) obtenemos el promedio de pronóstico,  $\bar{F}_t$ , en forma más conveniente:

$$\bar{F}_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)\bar{F}_{t-1} \quad (2)$$

La conveniencia de cálculo de la ecuación (2) es obvia para la calculadora de escritorio o para la computación en gran escala en el pronóstico de gran número de artículos de inventario.

Los períodos de tiempo representados por  $\bar{F}_t$ ,  $D_t$  y  $\bar{F}_{t-1}$  son confusos a veces. En primer lugar, observaremos que  $\bar{F}_t$  no es una extrapolación más allá de los datos de demanda conocidos. Por el contrario, es el promedio suavizado más actual que se utiliza para guiar las operaciones corrientes y se calcula en el tiempo  $t$ . realmente no es un verdadero pronóstico, sino una presentación de la demanda corriente. Entonces, ¿cómo puede ser  $\bar{F}_t$  diferente de  $D_t$ ? Esta última cifra es un dato original disponible en el tiempo  $t$  que contiene componentes de las variaciones al azar. La cifra del promedio del pronóstico esta suavizada para descontar el efecto de la variación al azar. Por ejemplo, si  $\alpha = 0.20$ , la ecuación (2) establece que el promedio del pronóstico  $\bar{F}_t$  en el período  $t$  se determina sumando el 20 por ciento de la nueva información de la demanda actual  $D_t$  al 80 por ciento del último pronóstico promedio  $\bar{F}_{t-1}$ . En esta forma se descuenta el 80 por ciento de las posibles variaciones al azar incluidas en  $D_t$ . Los valores pequeños de  $\alpha$  tendrán un fuerte efecto suavizador. En cambio, los valores altos  $\alpha$  reaccionarán mas rápidamente ante los cambios reales de la demanda.

Se justifica la extrapolación a partir de  $\bar{F}_t$ , para inferir un pronóstico para el período  $t+1$ , ya que nada en el modelo indica la existencia de tendencias o estacionalidades que deben tomarse en cuenta. Por lo tanto, el pronóstico para el período próximo  $\bar{F}_{t+1}^*$  se toma directamente del valor calculado para  $\bar{F}_t$  (los símbolos con asterisco \*, representarán valores extrapolados o del pronóstico).

La ecuación (2) es sencilla, pero el hecho de que incluya todos los datos pasados, que ponga de relieve los datos más recientes y que sea en realidad un verdadero promedio de todos los datos pasados, no es tan obvio. Ahora demostraremos que esto es cierto. Principiando con la ecuación (2) podemos sustituir el último promedio pronosticado  $\bar{F}_{t-1}$  con una ecuación similar que involucre la demanda efectiva en ese período,  $D_{t-1}$ , y el pronóstico promedio anterior,  $\bar{F}_{t-2}$ :

$$\bar{F}_{t-1} = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)\bar{F}_{t-2}$$

Que se puede sustituir en la ecuación (2),

$$\begin{aligned} \bar{F}_t &= \alpha D_t + (1 - \alpha) [\alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)\bar{F}_{t-2}] \\ \bar{F}_t &= \alpha D_t + \alpha (1 - \alpha) D_{t-1} + (1 - \alpha)^2 \bar{F}_{t-2} \end{aligned} \quad (3)$$

Lo que nos da una ecuación para  $\bar{F}_t$  en términos de  $\alpha$ ,  $D_t$ ,  $D_{t-1}$  y  $\bar{F}_{t-2}$ . Pero  $\bar{F}_{t-2}$  se determinó mediante una computación similar, es decir,

$$\bar{F}_{t-2} = \alpha D_{t-2} + (1 - \alpha) \bar{F}_{t-3}$$

Que podemos sustituir en lugar de  $\bar{F}_{t-2}$  en la ecuación (3) para obtener:

$$\bar{F}_t = \alpha D_t + \alpha (1 - \alpha) D_{t-1} + (1 - \alpha)^2 [\alpha D_{t-2} + (1 - \alpha) \bar{F}_{t-3}]$$

$$\bar{F}_t = \alpha D_t + \alpha (1 - \alpha) D_{t-1} + \alpha (1 - \alpha)^2 D_{t-2} + (1 - \alpha)^3 \bar{F}_{t-3}$$

Ahora tenemos una expresión equivalente para  $\bar{F}_t$  que contiene la constante  $\alpha$ , las tres demandas reales pasadas y el pronóstico promedio de tres períodos atrás. Podemos continuar este proceso de sustitución sucesiva para el término del pronóstico promedio restante, recorriendo hacia atrás todo el camino, a través de la serie entera de datos de  $k$  períodos, y terminar con la expresión:

$$\begin{aligned} \bar{F}_t = & \alpha D_t + \alpha (1 - \alpha) D_{t-1} + \alpha (1 - \alpha)^2 D_{t-2} + \alpha (1 - \alpha)^3 \bar{F}_{t-3} + \\ & \dots + \alpha (1 - \alpha)^k D_{t-k} + \alpha (1 - \alpha)^{k+1} \bar{F}_{t-(k+1)} \end{aligned} \quad (4)$$

La ecuación (4) incluye ahora todas las demandas reales del registro de datos, más el pronóstico promedio original utilizado  $(k+1)$  períodos atrás. Dado que el factor  $(1 - \alpha)^{k+1}$  se hace muy pequeño y se aproxima a 0 a medida que  $k$  crece, se puede ignorar el último término. Al mismo tiempo, la suma de los otros coeficientes,  $\alpha(1 - \alpha)^n$ , se aproxima a 1, y así tenemos las condiciones de un auténtico promedio ponderado. También es fácil ver ahora que el peso efectivamente conferido a cada una de las  $D$  depende del valor de  $\alpha$ , y que a las demandas más recientes se les asigna un peso mayor. En el cuadro 2-1 aparecen los pesos dados a datos pasados para dos valores de  $\alpha$ .

Ahora se puede volver a la ecuación (2), que es la que se utiliza para fines del cálculo, es engañosamente sencilla, pero recordemos que el término  $\bar{F}_{t-1}$  ha sido generado mediante un proceso de secuencia que en realidad representa todas las demandas reales del pasado. Hemos mostrado que la selección de  $\alpha$ , la constante de suavizamiento, se puede hacer en tal forma que los datos recientes se pongan de relieve con la intensidad que se desee. Un valor relativamente grande de  $\alpha$  hará que el pronóstico promedio  $\bar{F}_t$  responda rápidamente a los cambios de la

demanda real, reflejando una fracción de los cambios al azar de la demanda, así como los cambios reales en la demanda media. Un valor pequeño de  $\alpha$  responderá mas lenta y suavemente. Se recomienda entonces, principiar con una constante de amortiguamiento de 0.3 y reducirla a 0.1 después de seis meses. En la figura 2-4 aparece el promedio exponencial suavizado de la demanda del producto A, cuando se utiliza una constante de amortiguamiento de  $\alpha = 0.1$ . Adviértase que el promedio suavizado es estable, aun cuando se producen amplias fluctuaciones en la demanda real, pero el promedio cambia gradualmente cuando cambia la demanda real. Al principio de esta sección aludimos al hecho de que el pronóstico promedio se retrasaría en relación con la tendencia ascendente y descendente. Se puede corregir este retraso, por lo que examinaremos los métodos de realización de esta corrección mediante el amortiguamiento exponencial.

**6.1.14 Efectos de tendencia.** La tendencia aparente de un período a otro es, sin más, la diferencia de los pronósticos promedio de un período al siguiente,  $\bar{F}_t - \bar{F}_{t-1}$ . Pero, por supuesto, esta diferencia está sujeta a las variaciones al azar que ocurren y que pueden ser suavizadas exponencialmente en la misma forma que la demanda media. Lo que deseamos es una tendencia media exponencial ponderada; el procedimiento es similar al de los promedios. La tendencia actual aparente es la diferencia existente entre los últimos dos pronósticos promedio, es decir:

$$\text{Tendencia actual aparente} = \bar{F}_t - \bar{F}_{t-1}$$

El nuevo ajuste medio de tendencia,  $\bar{I}_t$ , es entonces

$$\bar{I}_t = \alpha (\text{tendencia actual aparente}) + (1 - \alpha) (\text{último ajuste medio de tendencia})$$

$$\bar{I}_t = \alpha (\bar{F}_t - \bar{F}_{t-1}) + (1 - \alpha) \bar{I}_{t-1} \quad (5)$$

La demanda esperada, incluyendo un ajuste por tendencia, es el nuevo pronóstico promedio  $F_t$ , computado de acuerdo con la ecuación (2), más una fracción del nuevo ajuste medio de tendencia calculado en la ecuación (5):

$$\text{Demanda esperada para el período en curso} = E(D_t)$$



$$= \bar{F}_t + ((1-\alpha)/\alpha) \bar{T}_t \quad (6)$$

El término  $(1 - \alpha)/\alpha$  es una corrección por el retraso en  $\bar{T}_t$ , en respuesta a un brinco hacia arriba o hacia abajo. El término de retraso es más complejo en otras funciones.

Extrapolación y pronósticos. Al igual que en el modelo sin tendencia, la ecuación 6 no implica ninguna extrapolación más allá de los datos de demanda conocidos. Para extrapolar más allá de  $E(D_t)$ , con el fin de predecir  $D^*_{t+1}$ , se requiere que agreguemos  $\bar{T}_t$ , el ajuste medio de tendencia mas reciente,

$$\begin{aligned} D^0_{t+1} &= E(D_t) + \bar{T}_t = \bar{F}_t + ((1 - \alpha)/\alpha) \bar{T}_t + \bar{T}_t \\ &= \bar{F}_t + (1/\alpha) \bar{T}_t \end{aligned} \quad (7)$$

Entonces para extrapolar o pronosticar la demanda para  $n$  períodos en el futuro,

$$\begin{aligned} D^0_{t+n} &= E(D_t) + n \bar{T}_t \\ &= \bar{F}_t + ((1/\alpha) + (n-1)) \bar{T}_t \end{aligned} \quad (8)$$

**6.1.15 Control de inventarios y de la producción.** Al igual que en el caso de los cálculos del pronóstico promedio, los del ajuste medio de tendencia, de la demanda esperada y los de los pronósticos, pueden efectuarse fácilmente con una calculadora de escritorio o una computación automática.

**6.1.16 Efectos estacionales.** Como indicamos antes, la demanda de algunos productos exhibe un comportamiento estacional característico por razones obvias como el clima, que puede influir, por ejemplo, en la demanda de abrigos de invierno. En otros productos pueden intervenir los patrones tradicionales de cambios de estilo y programas de promoción, como ocurre en el caso de los automóviles y los muebles. En ocasiones son menos obvias las razones de un patrón de demanda estacional y hay necesidad de determinarlas. Brown [3, Pág. 129] afirma que el primer principio “para decidir el empleo de un método estacional de pronóstico es que debe existir una razón definida, confiable, que cree gran demanda en cierto momento y escasa en otro”. No intentaremos un examen completo de los métodos de pronóstico estacional; en lugar de ello,

concentraremos nuestra atención en el uso de una técnica de amortiguamiento exponencial, que se emplea una vez se ha establecido claramente la existencia de un patrón estacional. Emplearemos los datos del producto C a manera de ejemplo. La base de la metodología consiste en desarrollar una serie de base que represente el ciclo estacional y calcular una razón entre la demanda real en cada período y la serie de base para ese período. Luego, esta razón de demanda se suaviza, al hacer la corrección por tendencia, de acuerdo con el mismo método general que se ilustra en el cuadro 2-2 y en la figura 2-5. El resultado de estas operaciones es una razón de demanda esperada. Por último, se calcula la demanda esperada mediante la multiplicación, período a período, de la serie de base por la razón suavizada; esta serie final es la demanda pronosticada. Examinaremos estos pasos en relación con el cálculo del producto C, que se da como ejemplo en el cuadro 2-3 y en la gráfica de la figura 2-6.

**Serie de base.** La serie de base se constituye usualmente a partir de la experiencia del último año. Si el patrón estacional es fuerte y relativamente constante, la serie de base podrá ser, sin más, la demanda del año anterior, período por período. Si los puntos máximos y mínimos se mueven ligeramente hacia delante y hacia atrás de un año a otro, se puede utilizar un proceso de promedio. En el cuadro 2-3 hemos utilizado un promedio móvil de tres meses, con centro en el mes para el que se determina el promedio. Por ejemplo, calculando el promedio de la serie básica en febrero, utilizamos la demanda real del año pasado para enero, febrero y marzo. En la columna (3) aparece la serie básica resultante para dos de los cinco años de la demanda del producto C.

**Las razones de demanda.** Eliminamos la estacionalidad de los datos originales calculando para cada período la simple razón de la demanda real en el mes en curso al valor de la serie básica para el mismo mes. En la columna (4) del cuadro 2-3 aparecen los resultados de estos cálculos para el producto C. desde luego, estas razones reflejan todas las variaciones al azar que pueden ocurrir tanto en la demanda real como en la serie básica, en consecuencia, suavizamos la razón de demanda mediante un promedio exponencial ponderado, para obtener una serie de razones de pronóstico promedio ( $\overline{RPP}$ ) que aparece en la columna (5) del cuadro 2-3.

**6.1.17 Los ajustes de tendencia.** El proceso de ajuste de tendencia es también idéntico a los métodos que mostramos en el cuadro del anexo 2 para el producto B, excepto que ahora nos estamos refiriendo a una tendencia en la razón del pronóstico promedio. Al igual que antes, calculamos en primer término una

tendencia aparente que aparece en la columna (6) y, luego, suavizamos esta tendencia mediante métodos exponenciales en la columna (7). Por último, añadimos a la razón del pronóstico promedio  $\overline{RPP}_t$  una fracción de la tendencia suavizada, para obtener la razón finalmente esperada que aparece en la columna (8).

Luego, se calcula la *demanda esperada* en cada período, multiplicando la razón esperada por la cifra de la serie básica correspondiente al mismo período, como se observa en la columna (9) del cuadro 2-3. Por tanto, la demanda esperada es un promedio exponencial ponderado y estacionalmente ajustado. El pronóstico extrapolado  $D^*_{t+1}$  se calcula en la columna (10), como:

$$D^*_{t+1} = [\text{Razón esperada}_{t+1} \cdot \overline{T}_t] * [\text{Serie Básica}_{t+1}].$$

**6.1.18 Métodos de pronóstico con series de Fourier.** La rapidez, economía y capacidad de almacenaje de las computadoras de reciente introducción, han hecho que resulte comercialmente factible el empleo de los modelos matemáticos de pronóstico muy sofisticados. En esta sección describimos uno –el modelo de pronóstico de mínimos cuadrados con series de Fourier- y mostramos cómo se emplea para pronosticar productos que exhiben patrones estacionales de ventas.

El fundamento matemático de este método lo estableció Joseph Fourier, físico y matemático francés, en 1822. Fourier demostró que *cualquier* función periódica (es decir, estacional) que sea finita, de un solo valor, y continua en un período (estación), se puede representar por medio de una serie matemática consistente en un término constante, más la suma de términos armónicamente relacionados de senos y cosenos. La ecuación de la serie de Fourier es:

$$\hat{F}_t = a_1 + a_2 \text{sen}wt + a_3 \text{cos}wt + a_4 \text{sen}2wt + a_5 \text{cos}2wt + a_6 \text{sen}3wt + a_7 \text{cos}3wt + \dots$$

Donde

$\hat{F}_t$  = El valor numérico de la serie calculada en el tiempo  $t$ .

$a_1$  = Un término constante

$a_2, a_3, \dots$  = Coeficientes que definen la amplitud de las armónicas.

$$w = \frac{2\pi}{T} = \frac{6.28318}{T}$$

$T$  = la longitud del período (es decir, el número de intervalos entre pronósticos por año).

La serie se expresa como infinita porque, en teoría, se requiere un número infinito de términos para duplicar matemáticamente, con absoluta precisión, una función periódica dada. Las técnicas de series de Fourier se emplean mucho en ingeniería y en las ciencias para representar formas de ondas eléctricas, la vibración de estructuras mecánicas, el movimiento de las olas del océano, entre otras. Los patrones periódicos de estacionalidad anual de muchos productos de consumo en una amplia variedad de industrias proporcionan oportunidad obvia para la extensión de este concepto al campo del pronóstico en los negocios.

Para aplicar las series de Fourier al pronóstico en los negocios, se requiere que SE agregue un término adicional a la ecuación anterior, para tomar en cuenta el componente de tendencia de la demanda. Con esta adición, el modelo de pronóstico abarcará los tres componentes básicos de la demanda: la demanda media, las tendencias del promedio y los patrones estacionales. Las variaciones al azar alrededor del patrón básico se manejan con un modelo de ajuste por mínimos cuadrados. El amplio Modelo de Series de Fourier para el Pronóstico en los Negocios se convierte en:

$$\hat{F}_t = a_1 + a_2 t + a_3 \text{sen}wt + a_4 \text{cos}wt + a_5 \text{sen}2wt + a_6 \text{cos}2wt + \dots$$

El término  $a_1$  representa la demanda media, excluyendo las influencias estacionales o de promoción. El término  $a_2 t$  representa la tendencia de las ventas. Los términos restantes se refieren al patrón estacional de ventas y proporcionan mejor ajuste del modelo a los datos históricos de venta.

**6.1.19 Costo del modelo.** La capacidad para cuantificar y elaborar modelos rigurosos en la mayor parte de los problemas de dirección depende de la determinación del comportamiento de los costos correspondientes. La aplicación práctica de tales modelos depende también de la capacidad para obtener los datos de costos que hemos definido. La mayor parte de los datos de contabilidad sobre costos esta relacionada a “centros de responsabilidad”, representando los datos de costos, de ordinario, costos medios del producto o costos por período. El proceso consiste, normalmente, en agrupar costos individuales componentes, que pueden representar el promedio apropiado de los costos variables, y añadir una parte de los costos conjuntos. El resultado es que para fines de elaboración de

modelos en muchos casos, el comportamiento de los costos correspondientes debe ser determinado mediante estudios especiales. Por lo general tipos de renglones de costo incrementales o efectivos que se presentan a continuación son los únicos que deben considerarse: costos que dependen del tamaño de los lotes, costos de producción, costos de manejo y almacenaje, costos de escasez y costos de capital.

El objetivo del modelo clásico de inventarios es determinar el tamaño del lote ( $Q$ ) en condiciones casi ideales. En la figura 3-1 aparece una estructura supuesta del nivel de inventarios en relación con el tiempo. Se piden  $Q$  unidades cuando el nivel de inventarios baja al punto de reorden ( $P$ ). El pedido se coloca precisamente en el punto tal que la demanda durante el tiempo de entrega de la dotación ( $L$ ) reducirá el inventario a cero. El pedido previo de  $Q$  unidades se hace en el momento adecuado, para recibirlo exactamente en ese punto, el cual eleva el nivel del inventario a  $Q$ , y el ciclo se repite.

**6.1.20 Método de Box Jenkins.** A continuación se presenta una clase de modelos que puede producir pronósticos precisos con base en la descripción de patrones históricos en los datos. Los modelos de promedio móvil autorregresivos integrado (ARIMA, por sus siglas en inglés) son una clase de modelos lineales que tienen la capacidad de operar sobre series de tiempo *estacionarias* o *no estacionarias*. Se Recuerda que los procesos estacionarios varían en torno a un nivel fijo en tanto que los procesos no estacionarios no tienen un nivel promedio constante natural.

Los modelos ARIMA no involucran a las variables independientes en su construcción. En cambio, emplean la información que se encuentra en la serie misma para generar los pronósticos. Por ejemplo, un modelo ARIMA para las ventas mensuales proyectaría un patrón histórico de ventas para producir un pronóstico para las ventas del mes siguiente.

Los modelos ARIMA dependen mucho de los patrones de autocorrelación que existen en los datos. Los estadísticos G.E.P. Box y G.M. Jenkins lograron grandes avances en la metodología para identificar, ajustar y verificar los modelos ARIMA adecuado. Por esto los modelos ARIMA para producir pronósticos suelen ser llamados metodología Box-Jenkins.

**6.1.21 El tamaño del lote económico.** El valor del concepto de cantidad económica de pedido (o cantidad de orden económica, COE o EOQ).

**6.1.21.1 El concepto básico de la EOQ (COE).** Una de las decisiones básicas que debe tomarse en la administración de los inventarios es la de equilibrar los costos de la inversión en los inventarios con los de la colocación de pedidos de reposición de inventarios. La pregunta a responder es ¿cuánto debe pedirse? La cantidad correcta a pedir es aquella que mejor equilibra los costos relacionados con el número de pedidos colocados. Cuando se han equilibrado adecuadamente estos costos, se minimiza el costo total. La cantidad de pedido resultante se llama tamaño de lote económico o cantidad económica de pedido (EOQ).

El concepto de EOQ se aplica bajo las siguientes condiciones:

- El artículo se pone en lotes o tandas, comprándolo o fabricándolo y no se produce continuamente.
- Los índices de consumo o de ventas son uniformes, y son pequeños si se comparan con la rapidez con que se produce el artículo normalmente.

Hay muchas situaciones en las que el concepto de la EOQ no tiene valor. No hay razón para calcular una EOQ cuando:

- El cliente especifica la cantidad (esto es, en los artículos hechos conforme a un pedido).
- El lote de la corrida de producción es limitado por la capacidad del equipo (por ejemplo, sustancias químicas finas).
- La vida de exposición del producto es corta
- La vida de la herramienta o la necesidad de afilar, desbastar, y otras, limita la longitud de la corrida.
- Las tandas de materias primas fijan la cantidad del pedido

**6.1.22 Inventario de reposición.** En el control de los inventarios, la otra pregunta básica que debe ser respondida es en qué momento debe colocarse el pedido de reposición. En la respuesta a esta pregunta, los costos de inversión en inventario deben equilibrarse con un nivel de servicio al cliente deseado o con los costos

resultantes de la escasez. Obviamente, si tales pedidos no son colocados lo bastante pronto, no llegará el material a tiempo y el que queda será consumido antes de recibir el nuevo lote. Por el contrario, si los pedidos se colocan demasiado rápido, los inventarios serán extremadamente grandes.

Puesto que la selección de la técnica de reorden determina en última instancia el nivel de servicio proporcionado al cliente, esta decisión es por lo general de mucha mayor importancia para los gerentes que la decisión del tamaño de lote. Por lo común, un mal servicio al cliente llega más rápido y con mayor fuerza a la atención de la dirección que los costos de realización de los pedidos o los de los inventarios. En la práctica, esta hecho genera decisiones que con frecuencia están muy sesgadas hacia el servicio del cliente al costo de una elevada inversión en inventarios.

Principio Rector: el responder una pregunta correctamente sobre cuándo se necesita un artículo es mucho más importante que determinar cuándo se va a ordenar.

Si embargo, hay muchos otros que conllevan una muy grande inversión en inventario, un castigo muy elevado por quedarse sin existencias o tiempos guía de reposición muy prolongados. Con objeto de controlar estos inventarios en forma adecuada, se cuenta con métodos eficaces de reordenamiento. Estos pueden tomar muchas formas, pero por lo común, se relacionan con alguna de las siguientes:

- **De dos recipientes:** en este sistema, se pone por separado una cantidad predeterminada de las existencias para un artículo en particular (con frecuencia en un segundo recipiente separado) y no se toca hasta que todas las existencias principales de este artículo se hayan consumido. Cuando se da comienzo a la provisión de reserva, se avisa a la oficina de control de inventario y se coloca un pedido de reposición.
- **Revisión visual:** se revisa visualmente y en forma periódica el nivel de stock y se colocan pedidos de reposición después de cada revisión y cuando se necesita reestablecer el nivel de stock a un máximo predeterminado de la suma de los que se tienen y de las cantidades en el pedido.
- **Punto de orden (Cantidad de orden fijo: sistema de ciclo variable):** cuando los retiros bajan el inventario de un artículo como se muestra en los

registros de inventario perpetuo a un nivel predeterminado, llamado el **punto de orden**, se coloca un pedido de reposición (por lo común, en la cantidad del EOQ precalculado).

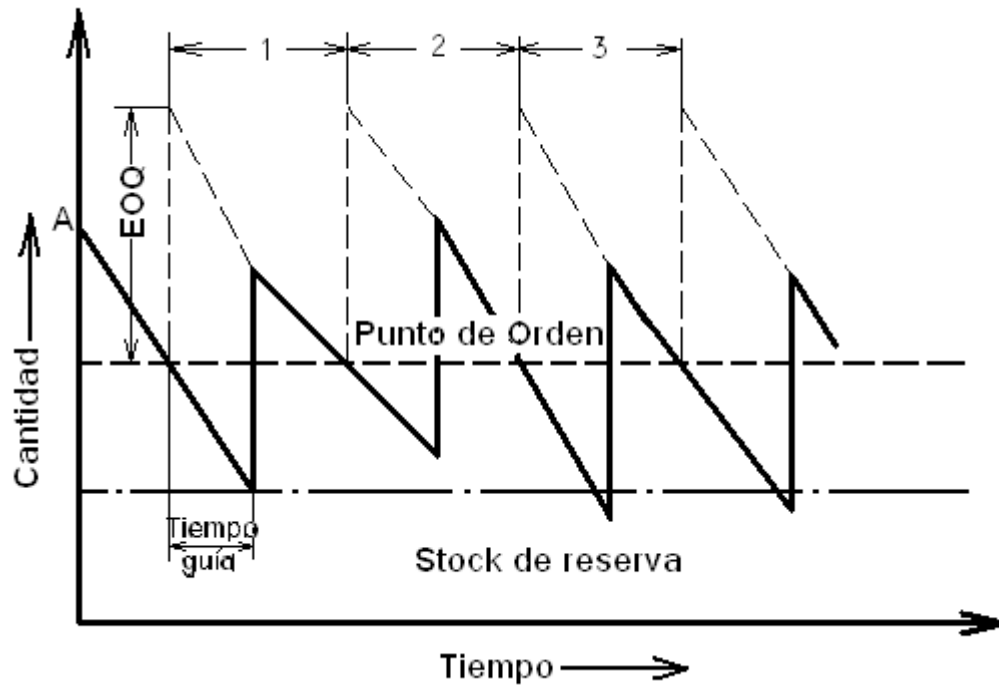
- **Revisión periódica (Ciclo fijo-sistema de cantidad de orden variable):** en la **revisión periódica**, los registros de inventario se revisan en forma periódica, quizá una vez a la semana o una vez al mes, y se pide suficiente material para reponer el total en existencia más un pedido hasta un nivel máximo predeterminado.
- **Planeación de requerimientos materiales (MRP):** en el **MRP**, el material se pide de acuerdo a programas de cantidades y tiempos para cumplir un programa preplaneado de producción de artículos en el que se consume el material.

En todas estas discusiones, demanda es el nombre dado al requerimiento total de un artículo en un periodo dado de tiempo. El tiempo guía es el tiempo que corre desde el momento en que se decide que debe ponerse un pedido de reposición hasta que el material que cubre este pedido se recibió en las existencias y está listo para su uso. Este es el periodo en que un artículo es lo más vulnerable a agotarse en sus existencias, ya que su inventario se encuentra en el punto más bajo.

**6.1.23 Modelo de inventario de cantidad de orden fija, punto de orden e inventario de reserva.** El punto de orden, ilustrado en la figura 6.1.18. consiste en una estimación de la demanda durante el tiempo guía, más un stock de reserva para proteger contra el hecho de que ni la demanda ni el tiempo guía pueden ser predichos con certidumbre. En algún punto dentro del tiempo, la cantidad del artículo en inventario es como se muestra por medio de A en la figura #. Conforme pasa el tiempo, se consume el inventario. Esto se supone que ocurre con una velocidad constante y uniforme como se muestra con la línea gruesa de pendiente descendiente, hasta que alcanza el nivel predeterminado del punto de orden. Luego se coloca una orden de reposición para un EOQ como se muestra con la línea vertical punteada. El inventario continúa descendiendo durante el tiempo guía, al final del cual se recibe el nuevo suministro; entonces el inventario se incrementa mediante el EOQ, iniciando una vez más el ciclo. Otro supuesto es que la reposición inmediata es necesaria.



Figura 6.2 Modelo de inventario de cantidad de orden fija, punto de orden e inventario de reserva



Por desgracia, en la mayor parte de las situaciones reales de inventario, ni el tiempo guía ni la demanda pueden predecirse con exactitud. Por consiguiente, un punto de orden basado simplemente en la demanda promedio durante el tiempo guía no proporcionará suficiente stock (existencias) para dar inclusive una protección razonablemente buena contra el agotamiento, puesto que la demanda fluctuante excederá la mitad de tiempo promedio. Un problema mayor es entonces estimar cuánto stock de reserva se requerirá en el punto de orden.

Este stock de reserva no se toca en los dos primeros ciclos de reposición mostrados en la figura #. Sin embargo, en el tercer ciclo, la tasa de consumo aumenta, como se indica con la línea más inclinada. Con esta mayor demanda, el inventario cae hasta el stock de reserva antes de que la nueva provisión sea recibida. Si la demanda aumenta aún más o el tiempo guía se alarga, el inventario podría caer hasta cero, resultando un agotamiento de las existencias.

Con esta técnica debe notarse lo siguiente:

- Las cantidades de pedido (EOQ) son por lo general fija y recalculadas sólo cuando se esperan cambios significativos en la demanda.
- En la práctica, los puntos de orden son con demasiada frecuencia fijos y revisados solo esporádicamente. Existen técnicas que pueden usarse para actualizar los puntos de orden a intervalos semanales o mayores para mantenerlos en sintonía con los cambios esperados en la demanda o en el tiempo de guía.
- Los intervalos entre los pedidos sucesivos de reposición (1, 2, 3 en la figura 6.1.18.) no son constantes pero varían en relación inversa con la tasa de consumo: entre mayor sea la demanda, menor será el intervalo entre los pedidos. (De ahí el nombre de **cantidad de orden fijo-ciclo variable**).
- La porción del stock de reserva del inventario se considera por lo general estar disponible en el promedio a lo largo del año.
- La porción del inventario o stock de ciclo correspondiente a la cantidad de pedido completo se tendrá disponible sólo inmediatamente después de que se recibe. En promedio, solo la mitad de la cantidad de orden estará en inventario a lo largo del año debido al supuesto de consumo uniforme.
- El inventario total del promedio planeado será igual a la mitad de la cantidad del pedido más el stock de reserva.

**6.1.24 Estimación del error del pronóstico.** Un método razonablemente confiable para determinar los stock de reserva basado en pequeñas muestras de datos se hace por lo tanto necesario en aplicaciones prácticas del concepto del punto de orden. Un concepto que puede ser muy útil para manejar este cálculo para muchos artículos es la **distribución normal**.

Si se ha de aplicar la distribución normal, deben cumplirse las siguientes conclusiones:

- **Los datos de la demanda son unimodales.** Esto sólo significa que las demandas tienden a aglutinarse alrededor del valor promedio. Si, por ejemplo, la demanda pudiera aglutinarse alrededor de 500 unidades por semana o alrededor de 1500 pero fuera poco probable que lo hiciera en valores intermedios, la distribución de la demanda tendría dos modos de

las demandas experimentadas con mayor frecuencia y la distribución normal no describiría de manera apropiada los datos de la demanda.

- **Se supone que la distribución de la demanda es simétrica.** En otras palabras, como puede tener la distribución una demanda que sea 200 unidades menor al pronóstico, puede tenerlas arriba del mismo. Este supuesto presenta algunos problemas reales para calcular los puntos de orden. Si la demanda pronosticada es 20 unidades por semana nunca podrá ser menor a cero unidades aun cuando pudiera ser tanto como 100 o 150 unidades. En otras palabras, hay un nivel cerca del promedio pero el límite superior, está muy por arriba del mismo. Hay dos formas de manejar este problema:
  - a. Cuando el valor de pronóstico es tan bajo que las variaciones positivas pueden ser considerablemente mayores que las variaciones negativas e incluirse sólo en las variaciones positivas en el cálculo de la desviación estándar o media absoluta.
  - b. Para ciertas clases de demanda pequeña otra distribución estadística especial llamada **Distribución de Poisson** da con frecuencia buenos resultados.
- Cuando se usa la distribución normal, se supone que el promedio real será el mismo que el del pronóstico (esto es, se supone que el pronóstico es exacto). La mejor salvaguarda es utilizar una técnica como la nivelación exponencial para actualizar el pronóstico en forma regular y una señal de rastreo, para indicar en qué momento este pronóstico no está realizándose en forma satisfactoria.

Los siguientes pasos se utilizan para calcular la desviación estándar del error del pronóstico:

1. calcúlese la desviación restando las ventas reales de la cantidad pronosticada para cada semana.
2. Elévese al cuadrado cada desviación.
3. Súmense los cuadrados de las desviaciones.
4. Determínese el promedio de los cuadrados de las desviaciones.
5. sáquese la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de la desviación, esta es la desviación estándar.

**6.1.25 Stock de reserva.** La actualización de las reservas es sumamente fácil con una computadora. En multitud de aplicaciones (sobre todo porque el control de inventario de almacén generalmente puede mejorarse muchísimo al integrarlo al control de la planta) conviene comenzar con cálculos bastante sencillos de ese stock.

Esos cálculos pueden efectuarse muestreando algunos elementos representativos de cada uno de los grupos de productos: se escogen muestras de A elementos, B elementos y C elementos. Las cantidades de orden a menudo resultan ser casi iguales y, por lo mismo, pueden estandarizarse en función de la duración del suministro para todos los elementos A, B y C. por ejemplo, en un inventario de almacén que estaba siendo llenado cada dos semanas, podría optarse por pedir hasta alcanzar un nivel meta de inventario para cualquier elemento A y B que estuviese debajo de la meta y ordenar cualquier elemento C que estuviese muy por debajo de la meta para embarcarlos en una cantidad económica (generalmente una unidad de empaque). Estas cantidades suelen ser semejantes (los elementos C tienden a tener mayores cantidades de orden y los elementos A a tener cantidades menores), por lo cual algunas veces es satisfactorio como método inicial, sin calcular el equipo para establecer los stocks de reserva por categoría. Esto pudiera requerir, entre otras cosas, tener una reserva de tres semanas en todos los elementos A, stock de cuatro semanas en los elementos B y stock de cinco semanas en los elementos C ya que los de menor volumen propenden a mostrar mayor variación en la demanda.

En muchos casos, sucede que es bastante satisfactorio mantener el mismo nivel del stock de reserva para todas las clases de elementos (puesto que los elementos A, aunque tienen una demanda más estable, también presentan un requerimiento más fuerte de servicio). No obstante, no ha de extraerse automáticamente esta conclusión. Aun cuando sólo se cuenta con técnicas manuales, conviene realizar un análisis de una muestra de inventario y una serie de reglas simples serán establecidas para determinar racionalmente los stocks de reserva. Una vez que el sistema es operativo, se introducen mejoramientos ulteriores haciendo cada semana o mes análisis estadísticos de transacciones futuras por artículo, recalculando la desviación estándar del error de pronóstico y calculando las necesidades de stock de reserva para cada artículo conforme a ese error.

Quizá se necesiten más stocks de reserva si los tiempos guía de embarque son impredecibles o si la cantidad es limitada. Por ejemplo, una compañía que utiliza

su propio camión para hacer los envíos a sus sucursales de almacén normalmente embarcará sólo el cupo que admite el camión, evitando así contratar un transporte común más caro para pequeños excedentes de mercancía. Si las ventas totales son mayores de lo provisto para varias semanas, habrá probabilidades de poner en serio peligro el servicio a clientes si sólo una carga puede embarcarse durante cada periodo de reposición. Ello puede evitarse programando un embarque más por medio de transportes comunes, enviando una carga extra mediante el camión de la empresa entre los periodos regulares de la reposición o conservando existencias adicionales de estabilización en la bodega, en un nivel que proteja contra las variaciones en el nivel total de transacciones futuras junto con el plan de producción.

Las cantidades de orden en un sistema de reposición de almacén son básicamente una función del producto de reposición. Los cálculos estándar de la cantidad de orden económica casi nunca habrán de emplearse en una sucursal de almacén. Una vez fijado el periodo, la cantidad de orden mínima que probablemente se usará en la mayor parte de los componentes del inventario se obtiene automáticamente, puesto que nunca puede ser menor que la demanda promedio durante el periodo de examen (evaluación) en un sistema de evaluación periódica. Más aún, los productos que van a ser solicitados a la planta principal suelen estar en el inventario, todos quedan incluidos en un pedido y los costos de orden son normalmente muy pequeños. No habrá costos de arreglo en la fábrica directamente relacionados con el número de pedidos de reposición de almacén, el costo total de escoger una orden casi siempre variará poco con cambios relativamente pequeños en el número de piezas de productos que deben seleccionarse y el costo de guardar los artículos en la bodega varía poco con el número de piezas de cada producto.

Así pues, en general se hace que la cantidad de orden para todos los elementos a sea equivalente a la demanda durante el periodo de evaluación (examen); cada elemento A simplemente se ordena hasta alcanzar el nivel meta y hasta que se repone en cada embarque hecho al almacén. Los elementos C, que también tienden a ser de movimiento lento, suelen ser repuestos sólo en cantidades razonablemente bajas de envío (por ejemplo, en cantidades para carga de máquina). Los elementos B se tratan a menudo como los A o se establece para ellos una cantidad de orden mínima a fin de reducir el número de los que se escogen cada semana. Por ejemplo, sería razonable fijar la cantidad mínima para un elemento B en un suministro de cuatro semanas, cuando el periodo normal de reposición es de dos semanas. Ellos significaría que los elementos A fueron escogidos en el almacén de la planta principal para ir en cada envío, que una

mitad de los elementos B será seleccionada una vez y la otra mitad la otra vez y que los elementos C serán escogidos sólo cuando sea posible enviar una cantidad mínima y económica de embarque.

## 6.2 MARCO CONCEPTUAL

**6.2.1 Glosario:** Las definiciones que a continuación se relacionan, están referidas al tema que atañe al objeto de este trabajo, razón por la cual en cada una de ellas se expresa el significado que relaciona el tema tratado.

**Alambre:** Se denomina alambre a todo tipo de hilo delgado que se obtiene por estiramiento de los diferentes metales de acuerdo a la propiedad de ductilidad que poseen los mismos. Los principales metales para la producción de alambre son: hierro, cobre, latón, plata, aluminio, entre otros.

**Actitud positiva al cambio:** disposición mental y física para aprender cosas nuevas, enfrentando los cambios que se presenten de la mejor manera

**Austeridad:** Administrar los recursos de la empresa de la forma mas eficiente posible, evitando el despilfarro y dirigido a obtener los mayores beneficios al menor costo.

**AWG:** American Wire Gauge (AWG), también conocido como la Brown & Sharpe alambre calibre, es una normalización de alambre de calibre sistema utilizado desde 1857 principalmente en los Estados Unidos para los diámetros de ronda, sólido, no ferrosos, eléctricamente la realización de alambre. La cruz sección de cada indicador es un factor importante para determinar su capacidad de carga de corriente.

**Balastro:** El balastro también conocido como Balastra es un equipo que sirve para mantener un flujo de corriente estable en lámparas, ya sea un tubo fluorescente, lámpara de vapor de sodio, lámpara de haluro metálico o lámpara de vapor de mercurio.

**Bobina:** Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético, consiste en enrollar un alambre conductor de electricidad recubierto por una película aislante, alrededor de un núcleo

**Cable:** Es un haz de fibras hechas de un material conductor eléctrico recubierto de un material aislante o protector que generalmente es caucho.

Los cables cuyo propósito es conducir electricidad se fabrican generalmente de cobre, debido a la excelente conductividad de este material, o de aluminio que aunque posee menor conductividad es más económico.

**Calidad:** Cumplimiento de las necesidades y expectativas requeridas por los clientes.

**Clientes:** Persona o empresa que usa o compra los bienes productos o servicios que otra genera. EL CLIENTE ES EL CENTRO DE TODO NEGOCIO.

**Compromiso:** Asumir y apropiar las responsabilidades de conlleva su rol dentro de la organización, realizándolas de la mejor forma posible con empeño, disciplina y tenacidad.

**Conciencia ambiental:** Interiorizar la importancia de preservar el ambiente, lo que se refleja en su preocupación por cuidar que sus acciones tanto dentro como fuera del lugar de trabajo, estén encaminadas al cumplimiento de ley, la prevención de la contaminación y al mejoramiento del desempeño ambiental.

**Creatividad:** Proponer soluciones imaginativas en situaciones de negocios. Innovación para identificar alternativas de acción favorables para la organización.

**Cuartiles:** Es un conjunto de observaciones ordenadas ascendentemente, el primer cuartil es el que deja a la izquierda un cuarto de las observaciones, el segundo cuartil el que deja a la izquierda la mitad de las observaciones y el tercer cuartil, deja la izquierda tres cuartos de las observaciones.

**Desviación estándar:** Es la medida de dispersión más común, que indica cuán separados de la media están los datos. Mientras el rango estima la dispersión de los datos restando el valor mínimo al valor máximo, la desviación estándar estima aproximadamente la distancia "promedio" de las observaciones individuales con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

**Error porcentual absoluto medio (MAPE)** – Expresa la exactitud como un porcentaje del error. Debido a que este número es un porcentaje, puede ser más fácil de entender que las otras estadísticas. Por ejemplo, si el MAPE es 5, en promedio, el pronóstico está errado por un 5%.

**Estadística:** Teoría de información basada en matemáticas aplicadas cuyo objetivo es hacer inferencias acerca de un conjunto de datos, usualmente datos llamada población con base en la información contenida en los datos de una muestra.

**Estadístico Q de Ljung-Box:** Es un parámetro que se utiliza para probar si una serie de observaciones en un período de tiempo específico son aleatorias e independientes.

**Experimento:** Proceso por medio del cual una observación (o medición) es registrada.

**Experimento diseñado:** Serie de corridas, o pruebas, en la que se hacen cambios intencionales para ingresar variables simultáneamente y observar las respuestas. Un experimento diseñado es un enfoque eficiente para mejorar un proceso, ya que se puede cambiar más de un factor a la vez para obtener resultados significativos y sacar conclusiones sobre cómo los factores interactúan para afectar la respuesta.

**Evento:** Uno de los resultados posibles de un experimento, puede ser simple, cuando no puede ser descompuesto en otros eventos y compuesto cuando si se puede descomponer o descrito como una colección de eventos.



**Generar Valor:** Desarrollar actividades en forma sistemática planificada y continua para que excedan las expectativas de los cliente internos, externos y/o partes interesadas.

**Gestión Humana:** Es el fortalecimiento de aquellos procesos humanos dentro de las organizaciones que mejoran el funcionamiento del sistema orgánico para alcanzar sus objetivos.

**Histograma:** Gráfica utilizada para evaluar la forma y dispersión de datos de muestra continuos. Se podría crear un histograma antes de o conjuntamente con un análisis para ayudar a confirmar supuestos y orientar análisis posteriores.

**Inventario:** es un activo en forma de material, el cual a través de su comercialización representa el ejercicio del negocio, su principal objeto son absorber las altas y bajas que presente el comportamiento de la demanda

**Media:** Es una medida de tendencia central que representa el promedio aritmético de los valores numéricos de las “n” observaciones

**Mediana:** Es una medida de tendencia central perteneciente a los métodos numéricos de la estadística descriptiva que se refiere a la observación que cae en el centro cuando las observaciones se ordenan ascendentemente de acuerdo a su valor numérico. Si “n” es par, será el valor promedio de las dos observaciones del medio.

**Mejoramiento Continuo:** Mejoramiento permanente del desempeño de las diferentes actividades y procesos.

**Moda:** Es una medida de tendencia central perteneciente a los métodos numéricos de la estadística descriptiva que representa el valor numérico de las observaciones de un experimento que ocurre con mayor frecuencia, si dos valores diferentes se repiten con mayor frecuencia igual cantidad de veces se dice que el experimento es bimodal.

**Muestra:** Subconjunto de mediciones seleccionadas de la población de interés

**Orientación al logro:** Alcance de los objetivos organizacionales e individuales con una clara orientación a la obtención de resultados.

**Observación:** es cada uno de los resultados de un experimento que se realiza con el fin de inferir información sobre una población de interés por medio de métodos estadísticos

**Población:** conjunto de todas las mediciones de interés del muestrista

**Porcentil:** Es un valor tal que el % de las observaciones es menor que él

**Políticas:** Son las directrices básicas que muestran a las empresas qué deben hacer para alcanzar la visión.

**Prevención de la contaminación:** Utilización de procesos, prácticas, técnicas, materiales, productos, servicios o energía para evitar, reducir o controlar (en forma separada o en combinación) la generación, emisión o descarga de cualquier tipo de contaminante o residuo, con el fin de reducir los impactos ambientales adversos.

**Principios:** Leyes naturales, verdades profundas, objetivas e inquebrantables. Los principios son declaraciones externas a las personas, hechos por la empresa en nuestro caso.

**Proactividad:** Visualizar y anticipar escenarios de posible avance y trabajar para implementarlos como objetivos concretos, buscando la generación de valor agregado.

**Productividad:** Capacidad o incremento de producción por unidad de trabajo, buscando permanentemente una forma mejor, más ágil, confiable y segura de hacer las cosas.

**Promedio móvil:** Promedios calculados a partir de subgrupos artificiales de observaciones consecutivas.

**Respeto:** Reconocer y aceptar las conductas, creencias y acciones de los demás, así no coincidan con los propios. Se trata de la acción que supone entender a los colegas, subordinados o superiores.

**Responsabilidad social:** Apoyo integral a la comunidad del área de influencia.

**RETIE:** El Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas - RETIE, contempla las obligaciones y responsabilidades de todos los actores involucrados en los procesos de generación, transmisión, transformación, distribución y Uso final de la energía eléctrica. Desde el 30 de abril de 2005 el RETIE se encuentra vigente.

**Serie de tiempo:** Una secuencia de observaciones sobre intervalos de tiempo con separación regular.

**Servicio al cliente:** Satisfacer las necesidades o expectativas del cliente, conociendo la raíz de estas necesidades para cumplirlas de la manera mas idónea posible.

**Sesgo:** Es el grado en que un conjunto de datos no es simétrico. Como muchas otras estadísticas básicas, el sesgo puede ayudarle a establecer un entendimiento inicial de los datos. Puede evaluar el sesgo mediante una gráfica (como un histograma) o a través de la estadística del sesgo.

**Sobrevivir:** Garantizar permanencia en el mercado mediante el desempeño eficiente de los procesos:

**Solidaridad:** Identificarse, interesarse y comprender los problemas o modos de pensar y sentir de los demás, con el fin de apoyarlos en la medida de sus capacidades.

**Tiempo de guía:** Es el tiempo que transcurre desde el momento que se decide hacer un pedido hasta que éste llega a la empresa.

**Trabajo en equipo:** Unir esfuerzo, trabajo y habilidades, bajo un liderazgo responsable, para el cumplimiento de una misión, con objetivos comunes y procesos sinérgicos, con el fin de lograr un alto desempeño.

**Valores:** Cualidades positivas que regulan la conducta de una persona, dan sentido a su vida e influyen en su juicio moral al momento de tomar decisiones. Los VALORES pertenecen al interior de las personas.

**Valor agregado:** Capacidad de general valor mediante estrategias que involucren los procesos, proveedores, clientes, trabajadores, comunidad y medio ambiente, logrando así superar las expectativas y necesidades de los clientes.

### 6.3 MARCO LEGAL

6.3.1. Normatividad En cuanto a salud ocupacional, Seguridad Industrial y Ergonomía, se tiene implementado un programa de salud ocupacional el cual es auspiciado por la administración pensando en la salud de sus trabajadores y de paso cumplir con código laboral colombiano vigente.

Tabla 6.1 Normatividad que regula esta actividad económica

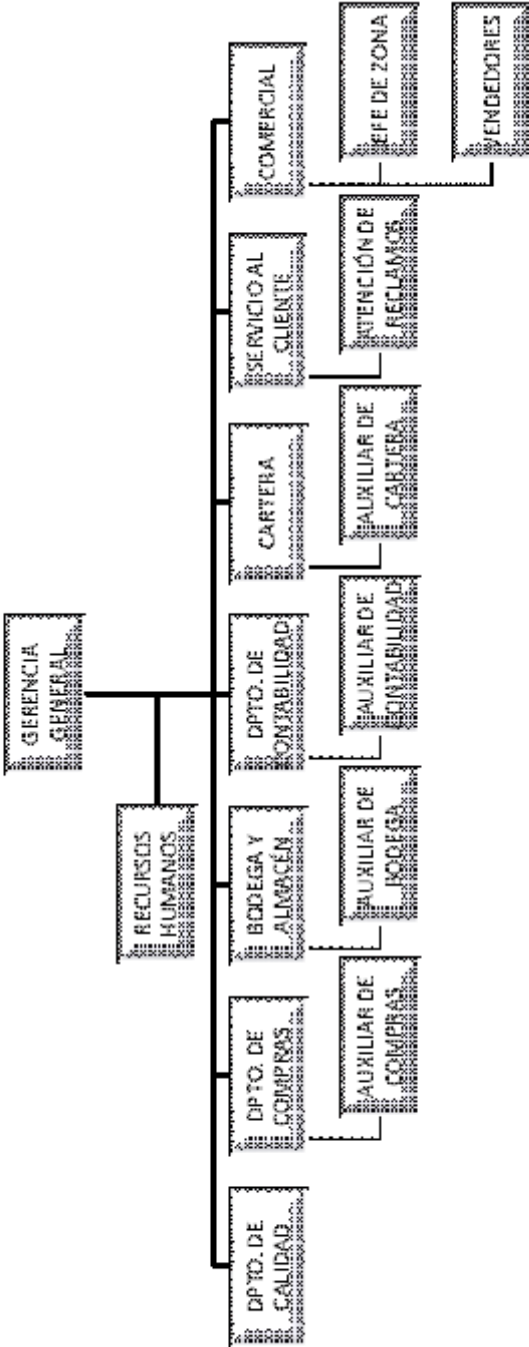
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	ISO 9000	Norma de calidad
2	ISO 14000	Norma ambiental
3	CODIGO DEL COMERCIO	Circunscribe esta actividad
4	OSHA 18000	Norma de seguridad industrial
5	NTC 4595	Norma de ing Civil y Arquitectura

Fuente: Código del comercio

6.4 MARCO SITUACIONAL

6.4.1 Organigrama de la Empresa

**ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA ILUMINACIONES GÓMEZ & CÍA. LTDA.**



**6.4.2 Políticas de calidad.** Es política de Iluminaciones Gómez y CIA Ltda, innovar nuestros procesos para prestar una excelente asesoría y servicio conforme a las necesidades y requisitos de nuestros clientes tanto técnicos como legales.

Nuestro deseo de mejorar permanentemente nos hace diferenciarnos por la calidad en los productos ofrecidos y por la calidad humana de nuestros clientes y colaboradores, soportados en proveedores de gran trayectoria y reconocimiento.

Todos los proveedores de Iluminaciones Gómez están certificados en los procesos de manufactura de sus productos:

**Clientes:** Satisfacer competitivamente a los clientes, suministrando productos y servicios que respondan a sus necesidades y expectativas.

**Accionistas:** Maximizar la generación de valor de su inversión, mediante el manejo prudente y eficiente de los recursos.

**Trabajadores:** Desarrollar integralmente las competencias en nuestro talento humano, buscando un desempeño excelente, la dignificación del hombre a través del trabajo y la satisfacción y compromiso en la realización de las labores.

**Proveedores:** Asegurar la calidad y oportunidad requerida de los materiales, insumos, equipos, actividades en outsourcing, transporte y servicios.

**Medio Ambiente:** Prevenir la contaminación y mejorar el desempeño ambiental.

**Comunidad:** Participar de acuerdo a nuestras capacidades en obras y actividades de beneficio directo para la comunidad del área de influencia.

**Gremios:** Participar activamente en actividades de los gremios e instituciones a los que estamos vinculados.

**Seguridad:** Contar con un sistema de control y seguridad con el compromiso permanente de los trabajadores, clientes, proveedores comerciales y de servicios que permita promover que todas las operaciones de la empresa estén libre de prácticas ilícitas, para fomentar un comercio regional y nacional ágil y seguro.

**6.4.3 Distribución de la planta física.** Para abordar este tema de acuerdo con el enunciado, se debe tener en cuenta la norma nacional o internacional que rija para el sector económico en el cual esta enmarcado Iluminaciones Gómez, se optó por realizar una comparación con la norma técnica colombiana número 4595 que para efectos pedagógicos y prácticos resulta válido.

Iluminaciones Gómez cuenta con treinta y cinco trabajadores en donde se incluye el personal administrativo, operativo y quince vendedores, pero estos últimos no permanecen dentro de las instalaciones físicas del almacén por lo tanto no han sido tenidos en cuenta para los cálculos realizados y posterior comparación con la norma.

En la tabla 4., se muestra la forma como se están utilizando las áreas del lote, también es posible mediante esta información percatarse de los espacios en que debemos centrar nuestra atención con el fin de optimizar mejor su utilización.

De la tabla 4. También se puede apreciar que el consumo de área en pasillos es muy elevado debido a la forma alargada del lote (Ver anexo 1 vista en planta en archivo PDF), las normas de distribución de áreas indican que lo ideal es desde un solo punto tener acceso a cualquier oficina o bodega, lo cual solo se lograría si el punto a que se hace referencia estuviera en el centro de un lote cuadrado.

A continuación se presenta la tabla 7., en ella se abordan algunos temas que abarca la norma 4595 bajo condiciones según se especificó anteriormente.

De esta tabla lo más relevante es la falta de área para la ventilación pero vemos que esto también es consecuencia de la poca medida de frente que, con respecto a la profundidad presenta el lote.

Se presenta una incompatibilidad entre el área de pasillos de la planta física de la empresa respecto a la norma, pero esto es fácilmente explicable porque los establecimientos educativos requieren mucho más área para pasillos que una empresa, por lo tanto así sea la cuarta parte del área total del lote lo que a la luz de la norma es deficiente, en la realidad para aplicación es aceptable o suficiente.

Tabla 6.2. Comparativo de características de la planta física respecto a la norma NTC 4595

CARACTERÍSTICA	NORMA	I. GOMEZ	UD DE MEDIDA	CONCLUSIÓN
Servicios sanitarios	25	20	Adulto / Aparto	OK
	3,6	6	m <sup>2</sup> / Aparto	Más que suficiente
Iluminación Artificial	400	400	Luxes	OK
Tipo de iluminación	Fluorece	Fluorece	no aplica	OK
Ventilación	50	16	m <sup>2</sup>	Muy hermético
Área administración	0,26	0,33	m <sup>2</sup> / Trabajador	OK
Área de pasillos	40%	25%	% área construida	OK
Altura mínima de cielo raso	3	3	m	OK
Nivel de intensidad de sonido	Hasta 60	45	dB	Dentro del rango

Fuente: Norma NTC 4595 y anexo 1 (plano distribución planta física)



**6.4.4 Reseña histórica.** Iluminaciones Gómez & Cía. Ltda., es una empresa que lleva 5 años en el mercado y durante este lapso ha tenido un gran crecimiento en la implementación de soluciones integrales de ingeniería y suministro de productos para los sectores de energía eléctrica, telecomunicaciones, seguridad electrónica, automatización, iluminación, soporte tecnológico, logística, y gas. La experiencia en la integración de tecnologías, soportado en un recurso humano motivado y capacitado y los años de experiencia en el mercado, le aseguran una solución completa de calidad.

Se encuentra ubicada en la Carrera 9 No. 16 - 24, se dedica a la comercialización de productos hidráulicos, eléctricos, iluminación y cableado estructurado de excelente calidad.

El campo geográfico de actuación es básicamente el Eje Cafetero, Valle y parte de Antioquia, teniendo también clientes en menor medida en otros sectores del país.

Entre los principales productos están; Cables, Alambres, Tubería PVC, Tubería Eléctrica, Accesorios Sanitaria, Accesorios EMT, Tubería EMT, Tubería Sanitaria, Agua Lluvia, Unión Mecánica, Iluminación Fluorescente, Lámparas para todo tipo de Iluminación, Tacos Industriales, Tableros.

En la figura 2., esta la fachada de Iluminaciones Gómez S.A.S, la entrada principal.

Figura 6.3. Fachada de la empresa Iluminaciones Gómez S.A.S.



## 6.4.5 Direccionamiento Estratégico

**6.4.5.1 Misión.** Iluminaciones Gómez y CIA Ltda, es una empresa comercializadora de productos hidráulicos, eléctricos, iluminación y cableado estructurado de excelente calidad; enfocados en la atención y la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes, en los principales sectores de la construcción a nivel nacional.

**6.4.5.2 Visión.** Iluminaciones Gómez y CIA Ltda, trabaja para ser en el 2012 una de las empresas comercializadoras de productos hidráulicos, eléctricos, iluminación y cableado estructurado, mejor posicionada en el mercado a nivel nacional, ofreciendo productos nuevos y de alta dotación. Distinguiéndose por la calidad en la atención y servicio, cumplimiento, transparencia con nuestros clientes y proveedores.

En la tabla 8. que a continuación se muestra, esta resumido los principios y valores de acuerdo con los lineamientos del direccionamiento estratégico.

Tabla 6.3. Principios y valores de Iluminaciones Gómez S.A.S.

<b>PRINCIPIOS</b>	<b>VALORES</b>
<b>CALIDAD</b>	<b>SERVICIO AL CLIENTE</b> <b>RESPECTO</b> <b>COMPROMISO</b>
<b>PRODUTIVIDAD, COMPETITIVIDAD, GENERACION DE VALOR Y MEJORAMIENTO CONTINUO</b>	<b>ACTITUD POSITIVA AL CAMBIO</b> <b>PROACTIVIDAD</b> <b>AUSTERIDAD</b> <b>CREATIVIDAD</b> <b>TRABAJO EN EQUIPO</b> <b>ORIENTACION AL LOGRO</b> <b>FLEXIBILIDAD</b>
<b>PREVENCION DE LA CONTAMINACIÓN Y ECOEFICIENCIA</b>	<b>CONCIENCIA AMBIENTAL</b>
<b>RESPONSABILIDAD SOCIAL</b>	<b>SOLIDARIDAD</b>

Fuente: direccionamiento estratégico de Iluminaciones Gómez S.A.S.

**6.4.5.3 Mandato.** Todas las actividades de la empresa tienen como fin último:

- Sobrevivir.
- Crecer.
- Generar Valor.
- Desarrollo sostenible.

6.4.5.4 Factores claves de éxito.

- Identificar los puntos críticos de restricción y eliminar los que tengan viabilidad económica.
- Conocer profunda y detalladamente los mercados objetivo y los clientes, para atender atentamente sus necesidades y expectativas.
- Investigar, desarrollar y adoptar nuevos negocios, tecnologías y mejores practicas que generen valor.
- Desarrollar y mantener actualizada las competencias de nuestra gente.
- Asegurar en forma efectiva la disponibilidad de la mercancía en los términos requeridos por el cliente.
- Maximizar la obtención de rentabilidad en el proceso comercial.
- Maximizar el EBITDA (Utilidad operacional antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones).
- Mantener una estructura financiera que maximice el valor de la empresa.
- Mantener un nivel de costos y gastos que permita una operación efectiva.
- Mantener relaciones justas y transparentes con los proveedores de mercancía, actividades en outsourcing, transporte y servicios, promoviendo un mutuo desarrollo operacional y económico.

**6.4.6 Maquinaria y equipo utilizado.** En la Empresa se cuentan con dos tipos de Maquina, y las dos son para la misma operación, (Medir en Rollos de Alambre y Cable, la Cantidad Pedida).

La máquina que vemos en las primeras fotografía tiene poca capacidad y ya es muy obsoleta, dado que es una maquina que su operación es manual, es estática, no se pueden medir grandes cantidades, y al bajar el rollo de la cantidad medida

debe ser manual, lo que a veces es complicado para los auxiliares de bodega, esta maquina a veces maltrata el cable, porque sus partes ya están muy gastadas, otra falla que tiene esta maquina es que pueden haber errores al momento que se mide el cable, porque si el cable se devuelve, la maquina en su conteo sigue contando positivamente, no se devuelve en su conteo, y no mide todo tipo de cable, debido a que la parte donde se mide donde se enrolla el cable es pequeña.

Esta maquina solo es especial para medir alambres y cables de pequeño espesor, es rápido por lo que es manual.

La frecuencia de uso es alta, se utiliza 30 o 40 minutos por hora, todo esto de acuerdo a los pedidos que se hagan para separar en bodega, por que la mayoría que se mide son alambres y cables de calibres pequeños, y pequeñas cantidades.

Esta ubicada al lado de los alambres y cables de calibre pequeños, no interfiere con el corredor ni otros materiales, su uso no se controla pues es de fácil manipulación y todos los auxiliares saben manipularla.

En la figura 3, 4, 5 y 6 . Se observa las diferentes partes de la maquina cuenta metros la cual funciona manualmente y es obsoleta, en esta maquina solo se miden cables y alambres de calibre pequeño o sea delgados # 10-12-14 y en pequeñas cantidades no superior a 100 metros.

Figura 6.4 Mesa de máquina cuenta metros



Figura 6.5. Ruedas para carretes de máquina cuenta metros



Figura 6.6 Indicador digital de longitud medida de máquina cuenta metros



Figura 6.7. Rueda de máquina cuenta metros de cable



Por el contrario la otra maquina, es nueva hace 10 meses la adquirieron, cuenta con un motor de 2 caballos, cuenta con gato, para poder bajar el carrito o rollo medido, esta maquina se puede ubicar en diferentes partes, tiene ruedas, es fácil su movimiento y su manipulación se pueden medir grandes cantidades de cables, de todo tipo de espesor y todo tipo de cable, en esta maquina la fuerza la hace el motor, esta hala el carrito y lo enrolla, el auxiliar de bodega solo esta pendiente de parar la maquina, modificar la velocidad, y poner cuidado que el rollo se envuelva bien.

La frecuencia de uso es alta, se utiliza 20 o 30 minutos por hora, todo esto de acuerdo a los pedidos que se hagan para separar en bodega, esta maquina se utiliza especialmente cuando se mide cantidades superiores a 100 Mts,

Esta ubicada al lado de los carretos, no interfiere con el corredor ni otros materiales, su uso no se controla pues es de fácil manipulación y todos los auxiliares saben manipularla

En la figura 7, 8, 9 y 10. Se observa la maquina cuenta metros nueva, la cual funciona con un motor eléctrico.

Figura 6.8 Bastidor de máquina cuenta metros de cable nueva





Figura 6.9. Máquina cuenta metros de cable nueva

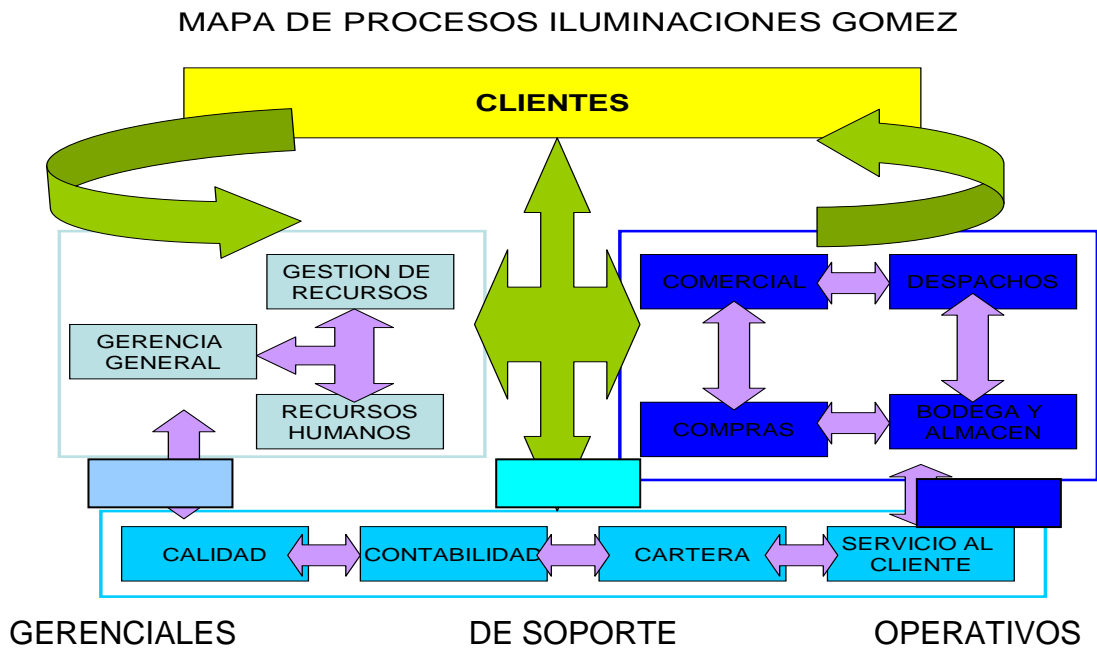


Figura 6.10 Rueda de máquina cuenta metros de cable replegada



## 6.4.7 Conocimiento del proceso

Figura 6.11



### 6.4.7.1. Recepción de materiales.

Recepción Mercancía	Aquí se recibe y chequea la mercancía que llega de los proveedores, confirmando especificación pedida, cantidad y estado del material.
Almacenaje	Aquí el auxiliar de bodega lleva el material a su respectivo puesto de almacenaje.

#### 6.4.7.2. Separado de materiales.

Remisión	Es el documento (Pedido que tomo el asesor comercial del cliente) que llega a bodega para separar, el jefe de bodega se lo pasa al auxiliar de bodega.
----------	--



Separado	En esta etapa el auxiliar separa la mercancía en el lugar ya destinado para ello.
----------	---

Aquí el auxiliar toma apuntes en una carpeta donde anexa cuantos productos separo, numero de pendientes, y en otra carpeta apunta productos que se agotaron o que están a punto.

Zona de Separado	Es el lugar donde el auxiliar separa los pedidos diarios y los marca con nombre de cliente y ciudad.
------------------	--

Chequeo	En esta etapa se chequea la mercancía por parte del jefe de bodega y la jefe de despachos, ya sea para
---------	--

**6.4.8 Manejo actual de inventarios.** No se tiene una política de rotación de los productos, ni un política de pedidos, puesto que no tiene consistencia de rotación, en una semana se puede vender lo que se vende en un mes.

Se pide cuando el producto se acaba o esta por agotarse, todo esto se hace empíricamente, se pide de acuerdo a la capacidad de almacenaje. Iluminaciones Gómez, tiene dos bodegas, en la Bodega 2, almacena grandes inventarios, en su mayoría carretes de cables y alambres, que es lo que mas cuesta.

Hay productos que su demanda es alta, de estos productos de intenta mantener grandes inventarios, pero no se tiene una cantidad especifica, todo

empíricamente, y de los productos de poca rotación se tiene poco en inventario, pero hay que tener en inventario de todos los productos que ofrezca la empresa, para así no perder competitividad en el precio y en la entrega al cliente.

Los inventarios tan grandes que tiene la empresa, le están causando problemas financieros, la situación económica regional y nacional han llevado a que el gerente tome medidas en el asunto y ahora la política es bajar inventarios a la mínima expresión, pedir solo lo necesario.

Como los productos que ofrece la empresa Iluminaciones Gómez, no tiene periodos o fechas especiales, son de uso común y diario, son productos que todo el año se vende por lo general casi igual, (la construcción todo el año funciona), aunque este año la construcción bajo ostensiblemente.

Para todos los productos hay partes de almacenaje especial, todos los productos que ofrece la empresa tiene su sitio de almacenaje, hay una zona de recepción de mercancía, allí se recibe todos los productos que llegan a la bodega, y de este lugar el auxiliar de bodega lo acomoda de acuerdo al tipo de material y lo adapta en la estantería, mezanine o estiba donde se acomoda atrás o debajo del mismo material, para así lo que salga sea lo que primero estaba en inventario. (FIFO).

Figura 6.12. Zona de recepción de mercancía



Figura 6.13. Zona de separado de mercancía



Figura 6.14. Zona de carretes abiertos, estos se suben con la ayuda del puente grúa el cual se encuentra allí mismo.



En las figuras 6.15, 6.16, 6.17 y 6.18 se encuentra las diferentes modalidades de almacenaje en diferentes partes de la bodega con los distintos productos.

Figura 6.15



Figura 6.16



Figura 6.17



Figura 6.18



En la figura 6.19 aparece la forma como se almacena la tubería PVC y galvanizada, en vista de que es la mejor manera de disponerla en cuanto al espacio ocupado y la facilidad para el acceso por parte del personal operativo.

Figura 6.19 Disposición en bodega de la tubería PVC



Figura 6.20. Mesa de trabajo donde se arman lámparas



**6.4.9 Descripción de Áreas de soporte.** Las oficinas se encuentran bien ubicadas, ya que están muy visibles, están bien iluminadas, buena ventilación natural, fácil comunicación entre las diferentes dependencias, están a tres metros de altura al cielo raso en icopor, no son oficinas encerradas son tipo modulares lo que permite mejor visibilidad, mejor comunicación entre diferentes secciones, cada oficina cuenta con su mesa de trabajo, su computador. La única oficina que es un poco estrecha es la oficina de cartera y compras ya que esta un poco pequeña ya que allí laboran tres personas, Jefe de Cartera, Auxiliar de Cartera y Jefe de Compras.

**6.4.10 Las áreas de servicio.** Son acordes ya que son amplias, la cocineta esta bien ubicada en la bodega en la parte de atrás una zona privada sin interrupciones que puedan haber en la parte de adelante, y esta bien dotada, igualmente que el baño.

**6.4.11 Áreas de circulación.** Están delimitadas son de 1 metro de ancho por toda la bodega esta delimitada, las zonas de evacuación están demarcadas pero estas zonas son las mismas por donde se entra o sale, no hay puertas ni ventanas ni escaleras especiales para esto, la bodega cuenta con 4 extintores, y en cada oficina donde se manipule un computador o hallan conexiones eléctricas cerca, debe haber un extintor.

En la figura 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26 y 6.27 Se observa las vías de circulación de la bodega, y las parte donde van los extintores.

Figura 6.21.



Figura 6.22





Figura 6.23



Figura 6.24



Figura 6.25



Figura 6.26



## **7. DISEÑO METODOLOGICO**

### **7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación que se llevó a cabo en el desarrollo de este proyecto es exploratoria descriptiva y explicativa.

### **7.2 FASES DE LA INVESTIGACIÓN**

A continuación se presenta una hoja de ruta, en ella se plantea la forma como se ha de proceder para el desarrollo del trabajo realizado

#### **HOJA DE RUTA**

- Se halla el costo de hacer un pedido
- Se examinan ventas de productos para determinar cuáles son los más rentables
- Por el concepto de clasificación ABC, se identifican los productos críticos del inventario.
- Se halla el costo de mantener una unidad de cada uno de los artículos seleccionados en el tiempo
- Se halla un pronóstico de artículos requeridos basado en el histórico de ventas de cada uno de ellos por medio de un manejo estadístico de los datos
- Se diseña una política de inventarios, ¿qué pedir?, ¿cuándo pedir? y ¿cuánto pedir?
- Con base en las observaciones realizadas se generan las recomendaciones

**Determinar el impacto que cada una de las familias de productos representa en las utilidades de la empresa.**

La administración de las cantidades en inventario por el sistema ABC se interesan en los artículos de acuerdo a su valor, por ejemplo, con base al numeral 6.1.5., donde se menciona que el 10% de los productos representan el 60% de las compras de la empresa por lo tanto esta es la zona A, un 40% de los productos el 30%, que serian los que están ubicados en la zona B, el resto (50% de los productos y 10% de las compras) son productos C.

En este trabajo se tomarán los productos de la zona A, ya que para el ejercicio académico que se pretende realizar,

- Organizar según criterio físico el inventario de la compañía.
- Clasificar las referencias respecto a su impacto económico en el inventario.
- Analizar los posibles modelos que se ajusten a la gestión de inventarios.

**7.2.1. Implementar modelo seleccionado.** El modelo seleccionado es “El del lote económica (EOQ), con stock de reserva”.

**7.2.1.1 El Concepto Básico de la EOQ (COE)**

Una de las decisiones básicas que debe tomarse en la administración de los inventarios es la de equilibrar los costos de la inversión en los inventarios con los de la colocación de pedidos de reposición de inventarios. La pregunta a responder es ¿cuánto debe pedirse? La cantidad correcta a pedir es aquella que mejor equilibra los costos relacionados con el número de pedidos colocados. Cuando se han equilibrado adecuadamente estos costos, se minimiza el costo total. La cantidad de pedido resultante se llama tamaño de lote económico o cantidad económica de pedido (EOQ).

El concepto de EOQ se aplica bajo las siguientes condiciones:

1. El artículo se pone en lotes o tandas, comprándolo o fabricándolo y no se produce continuamente.

2. Los índices de consumo o de ventas son uniformes, y son pequeños si se comparan con la rapidez con que se produce el artículo normalmente.

### **7.2.1.2 Inventario de Reposición**

En el control de los inventarios, la otra pregunta básica que debe ser respondida es en qué momento debe colocarse el pedido de reposición. En la respuesta a esta pregunta, los costos de inversión en inventario deben equilibrarse con un nivel de servicio al cliente deseado o con los costos resultantes de la escasez. Obviamente, si tales pedidos no son colocados lo bastante pronto, no llegará el material a tiempo y el que queda será consumido antes de recibir el nuevo lote. Por el contrario, si los pedidos se colocan demasiado rápido, los inventarios serán extremadamente grandes.

Puesto que la selección de la técnica de reorden determina en última instancia el nivel de servicio proporcionado al cliente, esta decisión es por lo general de mucha mayor importancia para los gerentes que la decisión del tamaño de lote. Por lo común, un mal servicio al cliente llega más rápido y con mayor fuerza a la atención de la dirección que los costos de realización de los pedidos o los de los inventarios. En la práctica, esta hecho genera decisiones que con frecuencia están muy sesgadas hacia el servicio del cliente al costo de una elevada inversión en inventarios.

Principio Rector: el responder una pregunta correctamente sobre cuándo se necesita un artículo es mucho más importante que determinar cuándo se va a ordenar.

Sin embargo, hay muchos otros que conllevan una muy grande inversión en inventario, un castigo muy elevado por quedarse sin existencias o tiempos guía de reposición muy prolongados. Con objeto de controlar estos inventarios en forma adecuada, se cuenta con métodos eficaces de reordenamiento. Estos pueden tomar muchas formas, pero por lo común, se relacionan con alguna de las siguientes:

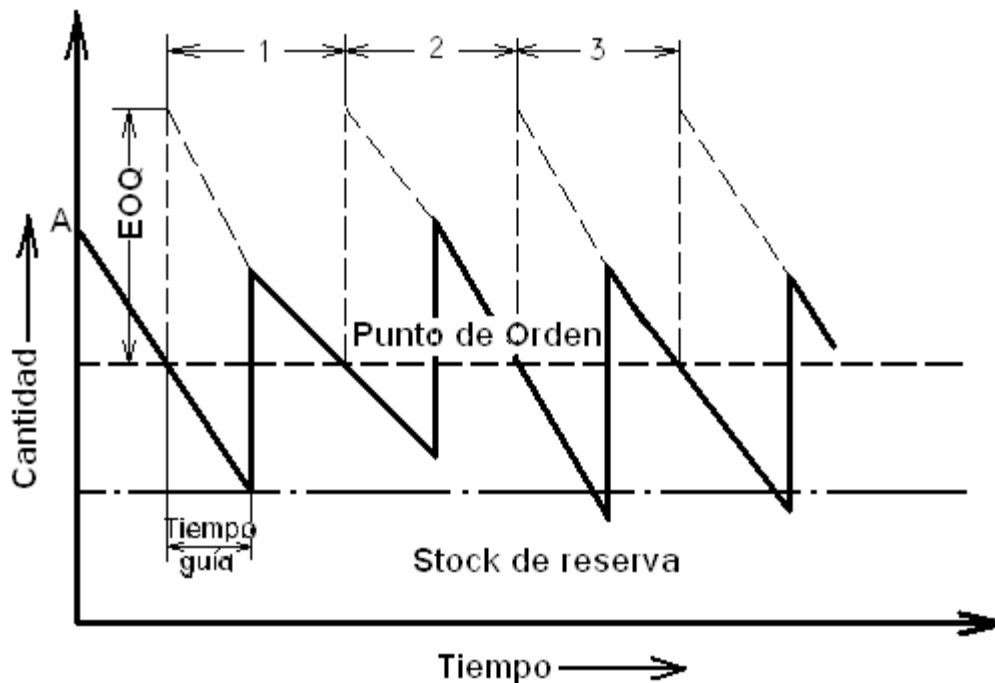
1. **De dos recipientes:** en este sistema, se pone por separado una cantidad predeterminada de las existencias para un artículo en particular (con frecuencia en un segundo recipiente separado) y no se toca hasta que

todas las existencias principales de este artículo se hayan consumido. Cuando se da comienzo a la provisión de reserva, se avisa a la oficina de control de inventario y se coloca un pedido de reposición.

2. **Revisión visual:** se revisa visualmente y en forma periódica el nivel de stock y se colocan pedidos de reposición después de cada revisión y cuando se necesita reestablecer el nivel de stock a un máximo predeterminado de la suma de los que se tienen y de las cantidades en el pedido.
3. **Punto de orden (Cantidad de orden fijo: sistema de ciclo variable):** cuando los retiros bajan el inventario de un artículo como se muestra en los registros de inventario perpetuo a un nivel predeterminado, llamado el **punto de orden**, se coloca un pedido de reposición (por lo común, en la cantidad del EOQ precalculado).
4. **Revisión periódica (Ciclo fijo-sistema de cantidad de orden variable):** en la **revisión periódica**, los registros de inventario se revisan en forma periódica, quizá una vez a la semana o una vez al mes, y se pide suficiente material para reponer el total en existencia más un pedido hasta un nivel máximo predeterminado.
5. **Planeación de requerimientos materiales (MRP):** en el **MRP**, el material se pide de acuerdo a programas de cantidades y tiempos para cumplir un programa preplaneado de producción de artículos en el que se consume el material.

En todas estas discusiones, demanda es el nombre dado al requerimiento total de un artículo en un periodo dado de tiempo. El tiempo guía es el tiempo que corre desde el momento en que se decide que debe ponerse un pedido de reposición hasta que el material que cubre este pedido se recibió en las existencias y está listo para su uso. Este es el periodo en que un artículo es lo más vulnerable a agotarse en sus existencias, ya que su inventario se encuentra en el punto más bajo.

Figura 7.1 Tabla de reposición de pedido.



Fuente: Control de la producción y de inventarios, 2ª edición; George Plossl

- Determinar las existencias de cada producto
- Establecer un margen de utilidad

### 7.3. CÁLCULO DE MANTENER EL INVENTARIO EN EL TIEMPO

- Se deben considerar varios asuntos
- Costo totales del inventario

**7.3.1. Área del sitio.** De acuerdo con el plano de distribución en planta del anexo 2, se tiene que el área total del lote ocupado por la empresa es de 239.6 m<sup>2</sup>, valor que servirá para calcular el área ocupada por un grupo de artículos del mismo tipo, como se detalla en la tabla xxx que a continuación se presenta

Tabla 7.1 Descripción de cada artículo según su empaque de presentación.

DESCRIPCION DE CADA ARTICULO SEGÚN SU EMPAQUE DE PRESENTACION	FRENTE	PROFUN-DIDAD	AREA NETA OCUPADA POR UNA UNIDAD	CANT DE UD EN INVETA _RIO	AREA TOTAL OCUPADA POR EL ARTICULO
	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	UD	(m <sup>2</sup> )
<b>Cable 6</b>					
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo	0,36	0,36	0,13	4	0,5184
Pasillos y Areas comunes (*)	0,8	1	0,8		
Carretel de 500m	0,7	0,7	0,49	10	4,9
Pasillos y Areas comunes (*)	0,8	1,2	1,0		
Carretel de 1000m	0,9	0,9	0,81	10	8,1
Pasillos y Areas comunes (*)	0,8	1,3	1,0		
<b>Cable 8</b>					
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo	0,36	0,36	0,13	4	0,5184
Carretel de 500m	0,7	0,7	0,49	10	4,9
Carretel de 1000m	0,9	0,9	0,81	10	8,1
<b>Cable 12</b>					
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo	0,36	0,36	0,13	4	0,5184
Carretel de 500m	0,7	0,7	0,49	10	4,9
Carretel de 1000m	0,9	0,9	0,81	10	8,1
<b>Lambre 8</b>					
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo	0,36	0,36	0,13	4	0,5184
Carretel de 500m	0,7	0,7	0,49	10	4,9
Carretel de 1000m	0,9	0,9	0,81	10	8,1
<b>Lambre 10</b>					
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo	0,36	0,36	0,13	4	0,5184
Carretel de 500m	0,7	0,7	0,49	10	4,9
Carretel de 1000m	0,9	0,9	0,81	10	8,1
<b>Alambre 12</b>					
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo	0,36	0,36	0,13	4	0,5184
Carretel de 500m	0,7	0,7	0,49	10	4,9
Carretel de 1000m	0,9	0,9	0,81	10	8,1
<b>Alambre 14</b>					
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo	0,36	0,36	0,13	4	0,5184
Carretel de 500m	0,7	0,7	0,49	10	4,9
Carretel de 1000m	0,9	0,9	0,81	10	8,1

(\*) El área de accesos de pasillos es igual para las diferentes presentaciones de los artículos



## 7.4 METODOLOGÍA

Para encontrar el valor de bodegaje de cada uno de los artículos se han tenido en cuenta las siguientes características:

- La contribución de artículo a la rentabilidad en el ejercicio del negocio
- El tipo de almacenamiento de acuerdo al envase de presentación, dimensiones o cuidados para su correcta conservación
- El área ocupada por el artículo en la bodega y el de la vía de acceso para llegar hasta él.
- Características intrínsecas del artículo como tal, como por ejemplo; si es perecedero, inflamable, de quebrar entre otros.

Para calcular el costo de almacenamiento se propone el principio de coeficientes de copropiedad, el cual es el mismo que se aplica en los reglamentos de propiedad horizontal según como se establece en la ley 675 de 2001.

Para aplicar el método en este trabajo, se tiene en cuenta el área ocupada por el artículo al ser almacenado con respecto al área total de la planta física de la empresa.

En la tabla 7.2 aparece la forma como se repartirán los costos ya que de acuerdo al nivel de importancia para el cliente y en sí para el ejercicio del negocio, se ha determinado que los coeficientes de copropiedad de pasillos y las áreas ocupadas por las oficinas y demás dependencias de la empresa se ponderarán con relación a la ocupada por los artículos teniendo en cuenta que el valor de un metro cuadrado de pasillos y áreas de apoyo equivale a 0.33 metros cuadrados de área ocupada por los artículos.

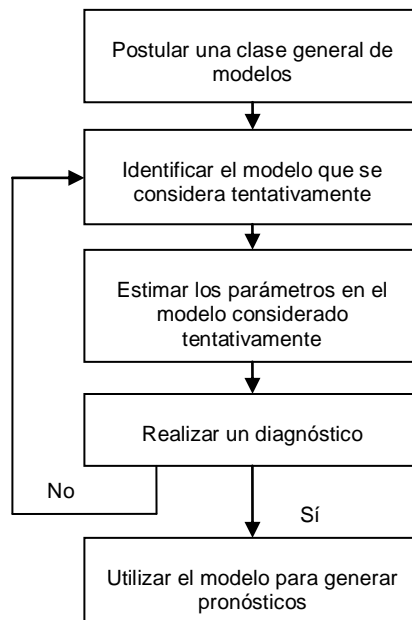
Tabla 7.2 costo de bodegaje de producto por unidad de venta

ARTICULO	FRENTE	PROFUN_DIDAD	AREA_NETA OCUPADA POR UNA UNIDAD	CANT DE UD EN INVENTARIO	AREA TOTAL OCUPADA POR EL ARTICULO	PORCEN_TAJE DE PONDERACION	AREA PONDERADA	COEFICIE_NTE DE PARTICIPACION	COSTO DEL INVENTARIO POR ARTICULO	COSTO TOTAL INVENTARIO POR ARTICULO
UNIDADES	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	UD	(m <sup>2</sup> )	(%)	(m <sup>2</sup> )	(Valor)	(\$)	(\$)
<b>Cable 6</b>										
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo Pasillos y Areas comunes	0,4 0,8	0,4 1	0,16 0,8	4	0,64	100 33	0,64 0,264	0,00267 0,00110	\$ 22.458 \$ 9.264	\$ 63
Carretel de 500m Pasillos y Areas comunes	0,7 0,8	0,7 1,2	0,49 1,0	10	4,9	100 33	0,49 0,3168	0,00205 0,00132	\$ 17.194 \$ 11.117	\$ 28.311
Carretel de 1000m Pasillos y Areas comunes	0,9 0,8	0,9 1,3	0,81 1,0	10	8,1	100 33	0,81 0,3432	0,00338 0,00143	\$ 28.423 \$ 12.043	\$ 40.467
<b>Cable 8</b>										
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo Pasillos y Areas comunes	0,36 0,8	0,36 1	0,13 0,8	4	0,5184	100 33	0,5184 0,264	0,00216 0,00110	\$ 18.191 \$ 9.264	\$ 55
Carretel de 500m Pasillos y Areas comunes	0,7 0,8	0,7 1,2	0,49 1,0	10	4,9	100 33	0,49 0,3168	0,00205 0,00132	\$ 17.194 \$ 11.117	\$ 28.311
Carretel de 1000m Pasillos y Areas comunes	0,9 0,8	0,9 1,3	0,81 1,0	10	8,1	100 33	0,81 0,3432	0,00338 0,00143	\$ 28.423 \$ 12.043	\$ 40.467
<b>Cable 12</b>										
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo Pasillos y Areas comunes	0,32 0,8	0,36 1	0,12 0,8	4	0,4608	100 33	0,4608 0,264	0,00192 0,00110	\$ 16.170 \$ 9.264	\$ 51
Carretel de 500m Pasillos y Areas comunes	0,7 0,8	0,7 1,2	0,49 1,0	10	4,9	100 33	0,49 0,3168	0,00205 0,00132	\$ 17.194 \$ 11.117	\$ 28.311
Carretel de 1000m Pasillos y Areas comunes	0,9 0,8	0,9 1,3	0,81 1,0	10	8,1	100 33	0,81 0,3432	0,00338 0,00143	\$ 28.423 \$ 12.043	\$ 40.467
<b>Lambre 8</b>										
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo Pasillos y Areas comunes	0,44 0,8	0,36 1	0,16 0,8	4	0,6336	100 33	0,6336 0,264	0,00264 0,00110	\$ 22.233 \$ 9.264	\$ 63
Carretel de 500m Pasillos y Areas comunes	0,7 0,8	0,7 1,2	0,49 1,0	10	4,9	100 33	0,49 0,3168	0,00205 0,00132	\$ 17.194 \$ 11.117	\$ 28.311
Carretel de 1000m Pasillos y Areas comunes	0,9 0,8	0,9 1,3	0,81 1,0	10	8,1	100 33	0,81 0,3432	0,00338 0,00143	\$ 28.423 \$ 12.043	\$ 40.467
<b>Lambre 10</b>										
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo Pasillos y Areas comunes	0,4 0,8	0,36 1	0,14 0,8	4	0,576	100 33	0,576 0,264	0,00240 0,00110	\$ 20.212 \$ 9.264	\$ 59
Carretel de 500m Pasillos y Areas comunes	0,7 0,8	0,7 1,2	0,49 1,0	10	4,9	100 33	0,49 0,3168	0,00205 0,00132	\$ 17.194 \$ 11.117	\$ 28.311
Carretel de 1000m Pasillos y Areas comunes	0,9 0,8	0,9 1,3	0,81 1,0	10	8,1	100 33	0,81 0,3432	0,00338 0,00143	\$ 28.423 \$ 12.043	\$ 40.467
<b>Alambre 12</b>										
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo Pasillos y Areas comunes	0,38 0,8	0,36 1	0,14 0,8	4	0,5472	100 33	0,5472 0,264	0,00228 0,00110	\$ 19.202 \$ 9.264	\$ 57
Carretel de 500m Pasillos y Areas comunes	0,7 0,8	0,7 1,2	0,49 1,0	10	4,9	100 33	0,49 0,3168	0,00205 0,00132	\$ 17.194 \$ 11.117	\$ 28.311
Carretel de 1000m Pasillos y Areas comunes	0,9 0,8	0,9 1,3	0,81 1,0	10	8,1	100 33	0,81 0,3432	0,00338 0,00143	\$ 28.423 \$ 12.043	\$ 40.467
<b>Alambre 14</b>										
Caja de 5 rollos de 100m c/rollo Pasillos y Areas comunes	0,36 0,8	0,36 1	0,13 0,8	4	0,5184	100 33	0,5184 0,264	0,00216 0,00110	\$ 18.191 \$ 9.264	\$ 55
Carretel de 500m Pasillos y Areas comunes	0,7 0,8	0,7 1,2	0,49 1,0	10	4,9	100 33	0,49 0,3168	0,00205 0,00132	\$ 17.194 \$ 11.117	\$ 28.311
Carretel de 1000m Pasillos y Areas comunes	0,9 0,8	0,9 1,3	0,81 1,0	10	8,1	100 33	0,81 0,3432	0,00338 0,00143	\$ 28.423 \$ 12.043	\$ 40.467

**7.4.1 La metodología Box-Jenkins.** La metodología Box-Jenkins para generar pronósticos es distinta de la mayoría de los métodos debido a que no supone un patrón particular en los datos históricos de las series que han de pronosticarse. Usa un método iterativo para identificar un modelo posible de una clase general de modelos. Enseguida, el modelo seleccionado se contrasta con los datos históricos para ver si describe con precisión la serie. El modelo se ajusta correctamente si los residuales son pequeños, están distribuidos aleatoriamente y no contienen información útil. Si el modelo específico no es satisfactorio, el proceso se repite mediante un nuevo modelo diseñado para mejorar el original. Se sigue aplicando este procedimiento iterativo hasta que se encuentra un procedimiento satisfactorio. Hasta este punto se puede usar el modelo para el pronóstico. La figura 9.1 ilustra la estrategia de construcción del modelo Box-Jenkins.

La selección inicial de un modelo ARIMA se basa en el examen de una gráfica de la serie de tiempo (para observar su carácter general) y un examen de su autocorrelación para diversos retrasos. De manera particular, el patrón de la autocorrelación de la muestra, calculado a partir de la serie de tiempo, coincide con el patrón de autocorrelación ya conocido que se asocia a un modelo ARIMA específico. Este acoplamiento se realiza para las autocorrelaciones y las autocorrelaciones parciales.

Figura 7.2. Diagrama de flujo de una estrategia de construcción del modelo Box-Jenkins.



Fuente: Box, G.E.P., Jenkins, G.M. y G.C. Reinsel, Time series Analysis, Forecasting and Control tercera edición, Upper Saddle River, Nueva Jersey, Prentice Hall, 1994, p. 17. Reimpreso con

La metodología Box-Jenkins se refiere a una serie de procedimientos para identificar, ajustar y verificar los modelos ARIMA con los datos de la serie de tiempo. Los pronósticos proceden directamente de la forma del modelo ajustado.

Al seleccionar un modelo, recuerde que las autocorrelaciones calculadas a partir de los datos no serán exactamente iguales a las autocorrelaciones teóricas asociadas con un modelo ARIMA. Las autocorrelaciones calculadas con base en los datos están sujetas a la variación de la muestra. No obstante, usted debe ser capaz de igualar apropiadamente la mayoría de las series de datos con un modelo ARIMA. Si la selección inicial la adecuada, se presentaran insuficiencias en el análisis de los residuales (diagnóstico del modelo) y el modelo original puede verse modificado. Conforme vaya adquiriendo experiencia, la tarea de construir un modelo iterativo será cada vez más fácil.

**7.4.2 Modelos Autorregresivos.** En el capítulo 8 se presentó un modelo autorregresivos de primer orden. Un modelo autorregresivos de cualquier orden  $p$  adopta la siguiente forma:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon \quad (9.1)$$

donde

$Y_t$  = variable de la respuesta (dependiente) en el tiempo  $t$

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$  = variable de respuesta en los retrasos  $t-1, t-2, \dots, t-p$ , respectivamente, estas  $Y$  desempeñan la función de variables independientes

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  = coeficientes que serán estimados\*

$\varepsilon_t$  = término de error en el tiempo  $t$  que representa los efectos de las variables que no explica el modelo; los supuestos acerca del término de error son las mismas que las del modelo de regresión estándar

El modelo en la ecuación anterior aparenta ser un modelo de regresión con valores retrasados en la variable dependiente de las posiciones de la variable independiente; por esta razón se le da el nombre de modelo autorregresivos. Los modelos autorregresivos son apropiados para series de tiempo estacionarias y que tienen un coeficiente de  $\phi_0$  que se relaciona con el nivel constante de la serie. Si los datos varían alrededor de cero o se expresan como desviaciones de la medida  $Y_t - \bar{Y}$ , no se requiere el coeficiente  $\phi_0$ .

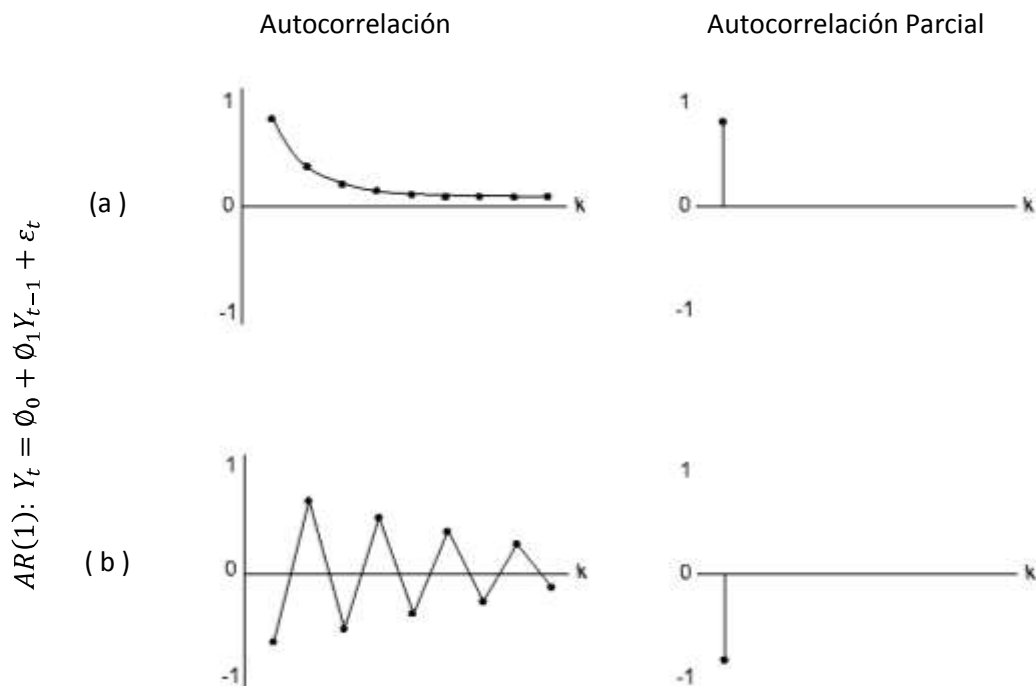


Figura 7 – 3. Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial para modelo autoregresivo ar(1)

\* El coeficiente  $\phi_0$  se relaciona con la medida  $\mu$  en el proceso mediante:  $\phi_0 = \mu (1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$ .

Las ecuaciones para un modelo AR de orden 1 – AR(1)- y de orden 2 – AR(2)- se muestra en la figura 7-3. y 7-4. La figura 7-3 (a) y (b) ilustra la conducta de las funciones autocorrelación teóricas y de una autocorrelación parcial de un modelo AR(1). Observe el comportamiento tan distinto de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial. Los coeficientes de autocorrelación se aproximan gradualmente al cero, a la vez que los coeficientes de autocorrelación parcial caen a cero después del primer retraso de tiempo. La figura 7-4. (a) y (b) muestra la

autocorrelación para un modelo AR(2). De nuevo, los coeficientes de autocorrelación se aproximan a cero y los coeficientes de autocorrelación parcial caen a cero después del segundo tiempo de retraso. Este tipo de patrón generalmente será válido para cualquier modelo AR(p). Debe recordarse que las funciones de autocorrelación de la muestra serán distintas a las soluciones teóricas debido a las variaciones de la muestra.

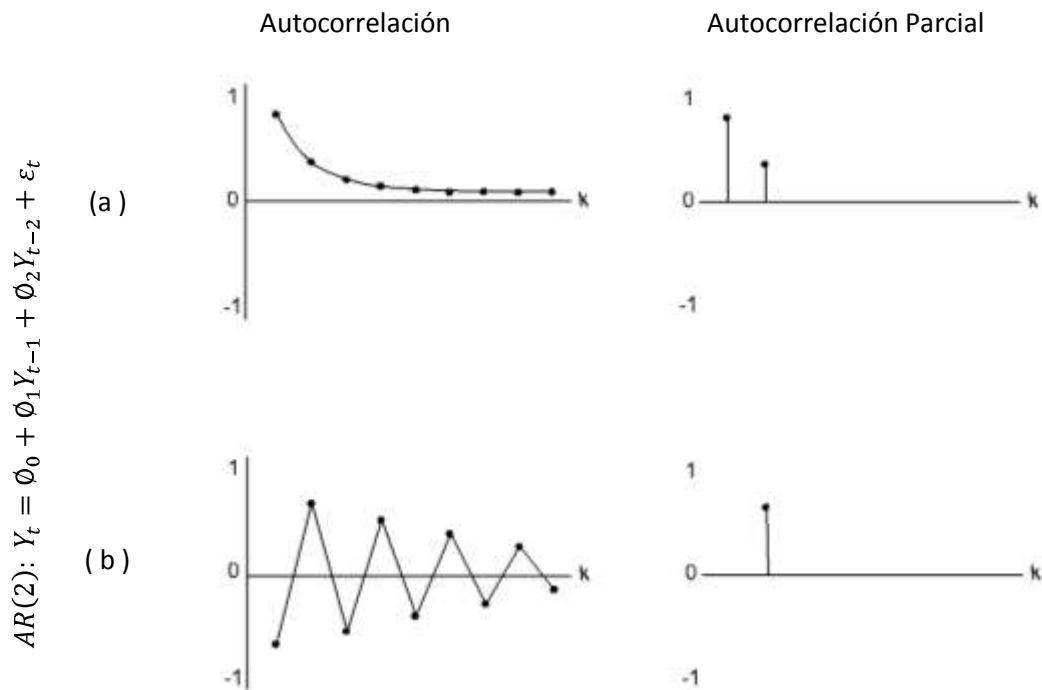


Figura 7 – 4. coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de modelo autoregresivo ar(2)

Para los modelos autorregresivos, los pronósticos dependen de los valores observados en periodos previos. Particularmente en modelos AR(2), los pronósticos para el siguiente valor dependen de las observaciones en de los dos periodos anteriores. Para los modelos AR(3), los pronósticos para el siguiente valor dependen de las observaciones en los tres periodos anteriores, y así sucesivamente.

**7.4.3 Modelos de Promedio Móvil.** Un modelo de promedio móvil de orden  $q$  adopta la forma

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (9.2)$$

donde

$Y_t$  = Variable de respuesta (dependiente) en un tiempo  $t$

$\mu$  = Valor promedio que permanece constante en el proceso

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$  = Coeficientes que serán estimados

$\varepsilon_t$  = Término de error que representa los efectos de las variables no explicadas por el modelo; los supuestos acerca del término de error son las mismas que los del modelo de regresión estándar

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$  = Errores en periodos anteriores al tiempo  $t$ , incorporados en la respuesta  $Y_t$ .

La ecuación 9.2 es similar a la ecuación 9.1, con excepción de que la variable dependiente  $Y$  depende de valores previos en los errores en lugar de la variable por sí misma. Los modelos de promedio móvil (MA) proporcionan pronósticos de  $Y$ , con base en una combinación lineal de un número finito de errores pasados, mientras que los modelos autorregresivos (AR) pronostican a  $Y$  como una función lineal de un número finito de valores anteriores de  $Y$ .

El término de promedio móvil para el modelo en la ecuación 9.2 es histórico y no debería confundirse con los procedimientos de promedio móvil que se analizan en el capítulo 4. Aquí, promedio móvil se refiere al hecho de que la desviación de respuesta de su media  $Y_t - \mu$  es una combinación lineal de errores actuales y pasados, y conforme avanza el tiempo los errores involucrados en esta combinación lineal también avanzan.

$$Y_t - \mu = \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

$$Y_{t+1} - \mu = \varepsilon_{t+1} - \omega_1 \varepsilon_t - \omega_2 \varepsilon_{t-1} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} + 1$$

Los pesos  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$  no necesariamente se suman a 1 y pueden ser negativos o positivos, a pesar de que cada uno está precedido por un signo de menos en la especificación del modelo.

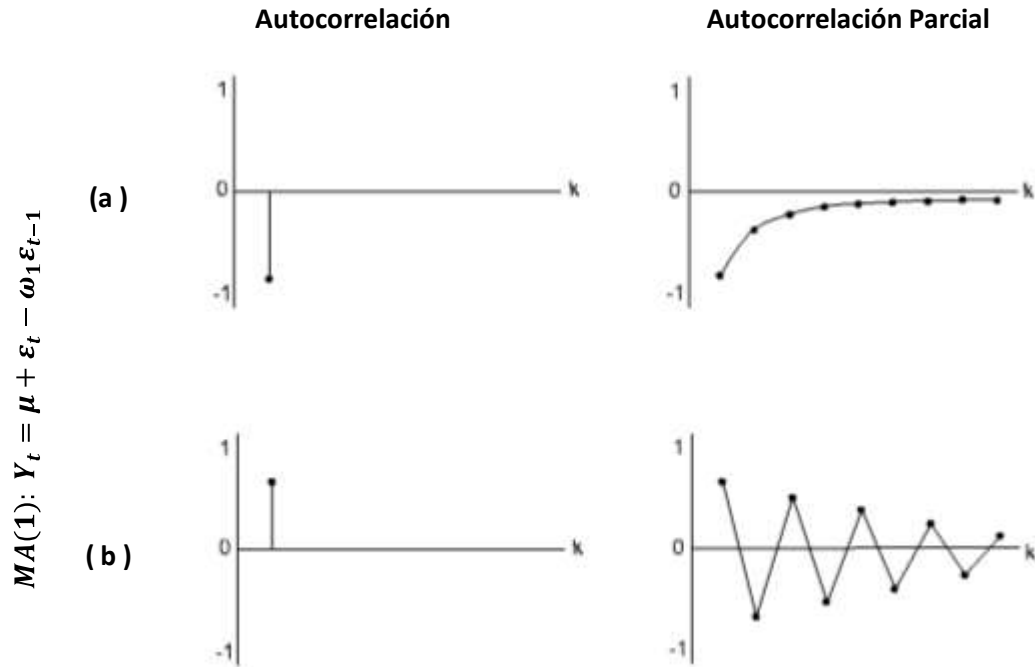


figura 7 – 5. coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de modelo de promedio móvil Ma(1)

La figura 7-6 y 7-7 muestran las ecuaciones de un modelo de promedio móvil de primer orden, MA(1), y las de un modelo de promedio móvil de segundo orden, MA(2) respectivamente. Los términos de error pueden sumarse secuencialmente para obtener un modelo MA( $q$ ), en donde  $q$  representa el número de términos de error anteriores que habrán de incluirse en el pronóstico de la siguiente observación. La figura 7-6 (a) y (b) también ilustra la conducta de los coeficientes de la autocorrelación teórica y autocorrelación parcial para el modelo MA(1). Observe cuán afortunado es que las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos AR y MA se comportan de manera tan diferente. Los coeficientes de autocorrelación en el modelo MA(1) caen a cero después del primer retraso de tiempo, mientras que los coeficientes de autocorrelación parcial también se aproximan al cero pero lo hacen gradualmente.



Además, los coeficientes de autocorrelación del modelo MA(2) equivalen a cero después del segundo retraso de tiempo, mientras que los coeficientes de autocorrelación parcial se aproximan a cero gradualmente (ver la figura 7-6 (a) y (b)). De nuevo debe mencionarse que las funciones de autocorrelación muestrales serán distintas de las funciones teóricas debido a la variación de la muestra.

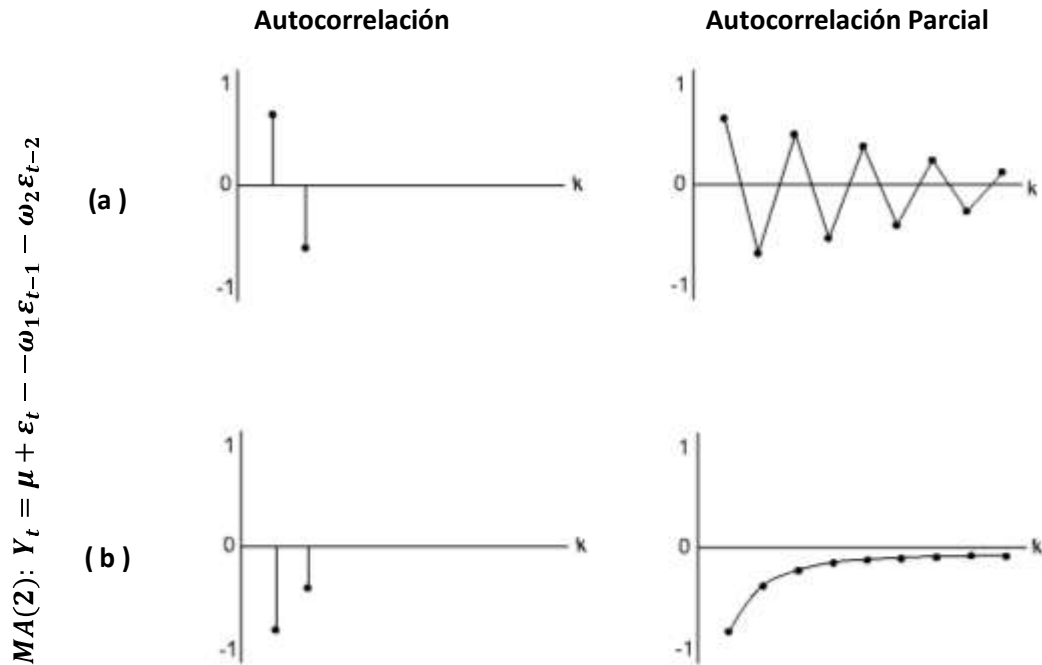


Figura 7 – 6. coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de modelo de promedio móvil Ma(2)

**7.4.4 Métodos de promedios móviles autorregresivos.** Un modelo con términos autorregresivos también puede combinarse con un modelo que tenga términos de promedio móvil para obtener un modelo autorregresivos de promedio móvil “mezclado”. Para representar estos modelos es conveniente usar la notación ARMA( $p, q$ ) donde  $p$  equivale al orden de la parte autorregresiva y  $q$  es el orden de la parte del promedio móvil. Un modelo ARMA ( $p, q$ ) tiene la forma general

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (9.3)$$

Los modelos  $ARMA(p, q)$  pueden describir una amplia variedad de comportamientos para las series de tiempo estacionarias.\* Los pronósticos generados por un modelo  $ARMA(p, q)$  dependerán de los valores actuales y anteriores de la respuesta  $Y$ , así como de los valores pasados y actuales de los errores (residuales)  $\varepsilon$ .

La figura 7-7 (a) y (b) al igual que la figura 7-8 (a) y (b) muestran la ecuación de un modelo  $ARMA(1,1)$  y las conductas posibles de una autocorrelación teórica y una autocorrelación parcial. En este caso, ambas autocorrelaciones se desvanecen, ninguna se corta.

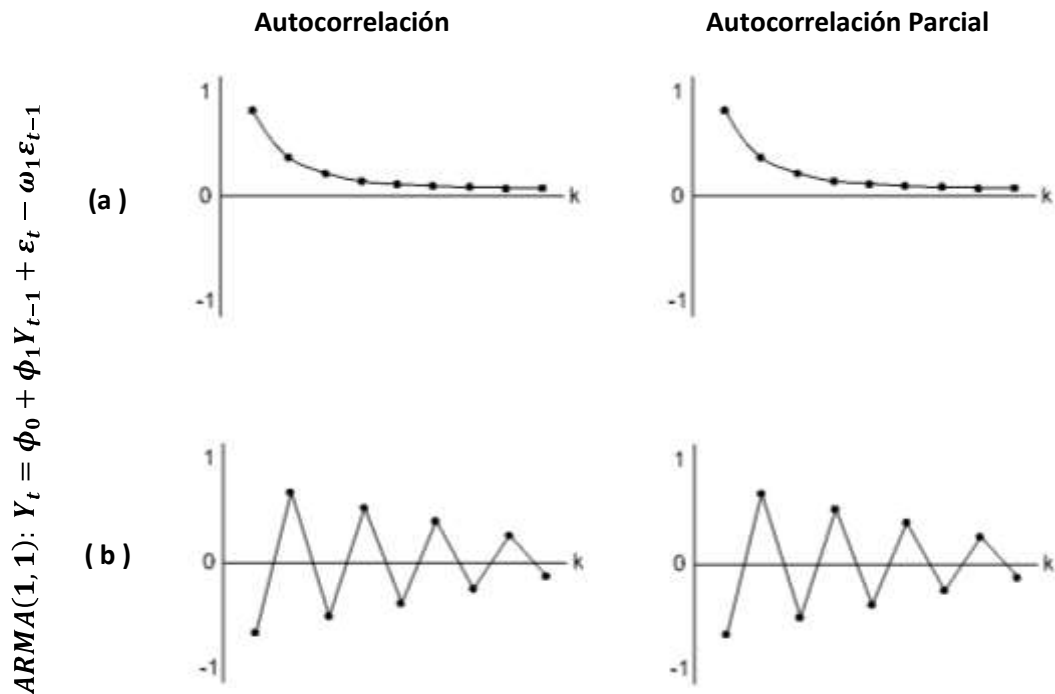


FIGURA 7 – 7. COEFICIENTES DE AUTOCORRELACIÓN Y AUTOCORRELACIÓN PARCIAL DE MODELO MEZCLADO  $ARMA(1,1)$

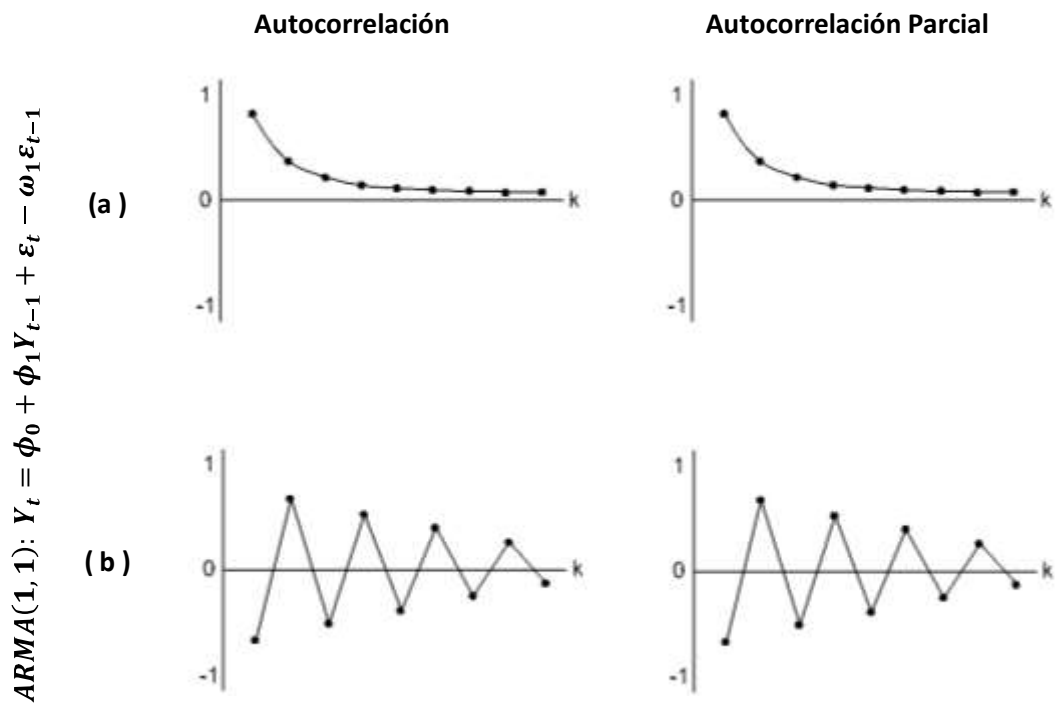


Figura 7 – 8. Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de modelo mezclado arma(1,1)

**7.4.5 Resumen.** Los patrones de autocorrelación y correlación para los procesos de promedio móvil autorregresivos pueden resumirse como se muestra a continuación:

	Autocorrelaciones	Autocorrelaciones parciales
MA( $q$ )	Corte después del orden $q$ del proceso	Desvanecimiento
AR( $p$ )	Desvanecimiento	Corte después del orden $p$ del proceso
ARMA( $p, q$ )	Desvanecimiento	Desvanecimiento

\*observe que cuando  $q = 0$  el modelo  $ARMA(p, 0)$  se reduce a un modelo autorregresivo puro de orden  $p$ . De manera semejante, cuando  $p = 0$ , el modelo  $ARMA(0, q)$  es un modelo de promedio móvil puro de orden  $q$ .

Los números de los términos autorregresivos y de promedio móvil (órdenes  $p$  y  $q$ ) en un modelo ARMA se determinan a partir de los patrones de las autocorrelaciones de la muestra y las autocorrelaciones parciales, así como de los valores del criterio de selección del modelo que se presenta en una sección posterior de este capítulo. En la práctica, los valores de  $p$  y  $q$  rara vez exceden a 2.

**7.4.6 Aplicación de una estrategia para la construcción de un modelo.** Como se muestra en la figura 9.1, el método Box-Jenkins utiliza una estrategia iterativa para la construcción de modelos que consiste en seleccionar un modelo inicial (identificación de modelo), mediante la estimación de los coeficientes del modelo (estimación de los parámetros) y el análisis de los residuales (evaluación del modelo). De ser necesario, el modelo inicial se modifica y el proceso se repite hasta que los residuales indican que ya no se requiere modificación alguna. En este punto, el modelo ajustado puede utilizarse para realizar los pronósticos.

A continuación se examinan con cierto detalle los pasos en la estrategia de construcción de modelos.

#### **7.4.6.1 Paso 1: identificación del modelo**

1. El primer paso en la identificación del modelo es determinar si la serie es estacionaria; es decir, si la serie de tiempo aparenta variar alrededor de un nivel fijo. Es útil observar la gráfica de la serie junto con una muestra de la función de autocorrelación. Una serie de tiempo no estacionaria se indica si la serie parece crecer o decrecer con relación al tiempo y las autocorrelaciones no pueden desvanecerse con rapidez. La serie de tiempo que se observa en la figura 8.2 no es estacionaria, y el patrón de las autocorrelaciones de la muestra que se indica en la figura 8.3 es típica de una serie no estacionaria (vea la página 330).

Si la serie no estacionaria, con frecuencia puede convertirse en una serie estacionaria al tomar sus diferencias. Es decir, la serie es reemplazada por una serie de diferencias. Entonces, se especifica un modelo ARMA para la

serie de las diferencias. En efecto, el análisis está modelando los cambios en lugar de los niveles.

Por ejemplo, suponga que la serie original  $Y_t$  por lo general se incrementa con el tiempo, pero las primeras diferencias  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$  varían alrededor de un nivel fijo. Podría ser apropiado modelar las diferencias estacionarias por medio de un modelo ARMA, de, por ejemplo, un orden  $p=1$  y  $q=1$ . En este caso el modelo es\*

$$\Delta Y_t = \phi_1 \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} \quad 0$$

$$(Y_t - Y_{t-1}) = \phi_1 (Y_{t-1} - Y_{t-2}) + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1}$$

En algunos casos podría ser necesario tomar las diferencias de las diferencias antes de obtener los datos estacionarios. Cuando se toma una diferencia simple dos veces los datos estacionarios son:

- \* Es posible que no se requiera el término constante  $\phi_0$  cuando se utiliza un modelo ARIMA para una serie de diferencia.

$$\Delta^2 Y_t = \Delta(\Delta Y_t) = \Delta(Y_t - Y_{t-1}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$$

Se toman diferencias hasta que la gráfica de los datos indica que la serie varía alrededor de un nivel fijo y las autocorrelaciones de la muestra desaparecen con rapidez. El número de diferencias requerido para lograr un estado estacionario se denota por la  $d$ .

A los modelos para las series que no son estacionarias se les llama modelos de promedio móvil *integrados*<sup>2</sup> autorregresivos y se denotan como ARIMA ( $p, d, q$ ).<sup>\*</sup> en este caso,  $p$  indica en orden de la parte autorregresiva,  $d$  indica el orden de la diferencia y  $q$ , el orden de la parte de promedio móvil. Si la serie original es estacionaria, entonces  $d = 0$  y los modelos ARIMA se reducen a

---

<sup>2</sup> El término *integrado* significa que las diferencias deberán sumarse (o integrarse) para obtener la serie original

modelos ARMA. En consecuencia, desde este punto, la notación ARIMA ( $p, d, q$ ) se utiliza para indicar los modelos tanto para series de tiempo estacionarias ( $d = 0$ ) como para las no estacionarias ( $d > 0$ ).

A pesar de que los modelos ARIMA involucran diferencias, los pronósticos para la serie original siempre pueden calcularse directamente a partir del modelo ajustado.

2. Una vez que se ha obtenido una serie estacionaria, el analista debe identificar la forma del modelo que habrá de utilizar.

La segunda parte de paso 1 se consigue al comparar la autocorrelación y la autocorrelación parcial que se calcularon a partir de los datos para las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales teóricas de los diversos modelos ARIMA. Para ayudar en la selección del modelo, las correlaciones teóricas para los modelos ARIMA más comunes se muestran en las figuras 9.2, 9.3 y 9.4.

Cada modelo ARIMA cuenta con una serie única de autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales, y el analista debe tener la capacidad de identificar los valores que se obtienen a partir de la muestra con alguno de los patrones teóricos correspondientes.

Es problema que haya cierta ambigüedad al determinar un modelo ARIMA apropiado a partir de los patrones que provienen de las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de la muestra. De esta manera, la selección del modelo inicial deberá considerarse como tentativa. Los análisis pueden realizarse en los pasos 2 y 3 para determinar si el modelo es adecuado. Si no fuera el caso, deberá intentar con un modelo alternativo. Con un poco de práctica, el analista deberá volverse un experto para identificar un modelo adecuado.

Recuerde, si las autocorrelaciones de muestra se desvanecen exponencialmente a cero y las autocorrelaciones parciales de muestra se cortan, el modelo requerirá términos autorregresivos. Si las autocorrelaciones de muestra se cortan y las autocorrelaciones parciales de muestra se desvanecen, el modelo requerirá términos de promedio móvil. Si las autocorrelaciones de muestra y las autocorrelaciones parciales se desvanecen, se indican términos tanto autorregresivos como de promedio móvil. Al contar el número de

autocorrelaciones de muestras significativas y autocorrelaciones parciales, pueden determinarse las órdenes de MA y AR. Para juzgar su significancia, tanto las autocorrelaciones como las autocorrelaciones parciales de muestra usualmente se comparan con  $\pm 2/\sqrt{n}$  donde  $n$  es el número de observaciones en la serie de tiempo. Estos límites funcionan bien cuando el valor de  $n$  es grande.

Al ser iguales todas las cosas, los modelos más simples se prefieren sobre los modelos más complejos. Esto se conoce como el *principio de la parsimonia*<sup>3</sup>. Con una cantidad limitada de datos, es relativamente fácil encontrar un modelo que tenga un gran número de parámetros que ajuste correctamente los datos. Sin embargo, es probable que los pronósticos de tal modelo sean malos porque se está modelando mucha de la variación en los datos debida a un error aleatorio. El objetivo es desarrollar el modelo más simple que proporcione una descripción adecuada de la mayor parte de las características de los datos.

#### 7.4.6.2 Paso 2: Estimación de modelos.

1. una vez que se ha seleccionado un modelo tentativo, deben estimarse los parámetros para dicho modelo.

Los parámetros en los modelos ARIMA se estiman al minimizar la suma de los cuadrados en los errores de ajuste. En general, estos estimados de los mínimos cuadrados deben obtenerse mediante un procedimiento no lineal de mínimos cuadrados es, sencillamente, un algoritmo que encuentra el mínimo de la suma de la función de errores cuadrados. Después de que se hayan determinado los estimados de los mínimos cuadrados y sus errores estándar, los valores  $t$  pueden construirse e interpretarse como se hace usualmente. Los parámetros que se juzgan de manera significativa como distintos de cero, se conservan en el modelo ajustado; pero se desechan los parámetros que no son significativos. Por ejemplo, suponga que un ARIMA(1, 0, 1) se ha ajustado a una serie de tiempo de 100 observaciones y la ecuación ajustada es:

$$\hat{Y}_t = 33.4 + 0.25Y_{t-1} - 0.5\hat{\varepsilon}_{t-1}$$

---

<sup>3</sup> El *principio de parsimonia* se refiere a la presencia por modelos más simples en lugar de los complejos.

$$(7.02) \quad (0.17) \quad (0.21)$$

Donde los números entre paréntesis bajo los coeficientes estimados son los errores estándar. Debido a que la proporción  $t$  del coeficiente del término autorregresivos es  $t = 0.25 / 0.17 = 1.47$  con un valor  $p$  de 0.14 la hipótesis  $H_0 = \phi_1 = 0$  no se rechaza y este término puede borrarse del modelo. Un modelo ARIMA(0, 0, 1) – es decir, un modelo MA(1) – podría ajustarse a los datos.

2. Además, se calcula el *error cuadrado medio de los residuales*, un estimado de la varianza del error  $\varepsilon_t$ .

El *error cuadrado medio de los residuales* se define como<sup>4</sup>

$$s^2 = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n-r} = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-r} \quad (9.4)$$

donde

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t = \text{el residual en el tiempo } t$$

$$n = \text{el número de residuales}$$

$$r = \text{el número total de los parámetros estimados}$$

\* El error cuadrado medio residual es útil para evaluar el ajuste y comparar distintos modelos. También se utiliza para calcular los límites del error en el pronóstico.

---

<sup>4</sup> La raíz cuadrada de  $s^2$ ,  $s = \sqrt{s^2}$ , es análoga al error estándar del estimado (vea ecuación 7.4)



### 7.4.6.3 Paso 3: evaluación del método

1. Muchas de las gráficas de los residuales que son útiles para el análisis de regresión pueden desarrollarse para los residuales de un modelo ARIMA. De manera particular, son útiles un histograma y una gráfica de probabilidad normal (para verificar la normalidad) y una gráfica de secuencia de tiempo (para verificar los datos atípicos).
2. Las autocorrelaciones residuales individuales deberán ser pequeñas y, por lo general, estar dentro de  $\pm 2/\sqrt{n}$  de cero. Las autocorrelaciones residuales significativas en retrasos cortos o estacionales sugieren que el modelo no es adecuado y que se debe elegir un modelo nuevo o modificado.
3. como un grupo, las autocorrelaciones residuales deberán ser coherentes con aquellas producidas por los errores aleatorios.

Una prueba chi cuadrada ( $\chi^2$ ) que se basa en la estadística de Ljung-Box Q proporciona una revisión global de la pertinencia del modelo. Esta prueba considera las dimensiones de las autocorrelaciones residuales como un grupo. La estadística de prueba  $Q$  es

$$Q_m = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2(e)}{n-k} \quad (9.5)$$

La cual se distribuye aproximadamente como una variable aleatoria de chi cuadrada con grados de libertad  $m - r$  en donde  $r$  es el número total de parámetros estimados en el modelo ARIMA. En la ecuación 9.5,

$r_k(e)$  = la autocorrelación residual en el retraso  $k$

$n$  = el número de residuales

$k$  = el retraso de tiempo

$m$  = el número de retrasos de tiempo que habrán de ser evaluados

Si el valor  $p$  asociado con la estadística  $Q$  es pequeño (por ejemplo, un valor  $p$  de  $< 0.05$ ), se considera que el modelo es inadecuado. El análisis deberá considerar un modelo nuevo o modificado y continuar el análisis hasta que se determine un modelo satisfactorio.

El juicio desempeña una gran función en el esfuerzo por construir un modelo. Dos modelos simples que compiten entre sí podrían describir adecuadamente los datos y con base en la naturaleza de los pronósticos se podría hacer una selección. Además, es probable que se ignoren muy pocos residuales grandes si se pueden explicar por circunstancias poco usuales, y el modelo es adecuado para el resto de las observaciones.

#### **7.4.6.4 Paso 4: realización de pronósticos con el modelo.**

1. Después de que se ha encontrado un modelo adecuado, se pueden llevar a cabo los pronósticos para un periodo, o varios, en el futuro. También pueden construirse intervalos de predicción con base en los pronósticos. En general, para un nivel de confianza determinado, mientras más largo sea el tiempo guía del pronóstico, mayor será el intervalo de predicción. Esto es sensato porque se espera que la incertidumbre para el pronóstico de un valor lejano sea más grande que, por ejemplo, para la observación próxima. Es tedioso calcular los pronósticos y los intervalos de predicción; por eso es mejor hacerlo mediante la computadora. Los programas de computo que ajustan los modelos ARIMA generan pronósticos e intervalos de predicción como lo requiere el analista.
2. A medida que se tienen más datos disponibles, se puede usar el mismo modelo ARIMA para generar pronósticos revisados que procedan de otro origen de tiempo.
3. Si el patrón de la serie parece cambiar con el tiempo, los nuevos datos podrían usarse para volver a estimar los parámetros del modelo o, de ser necesario, desarrollar un modelo completamente nuevo. Vigilar los errores de pronóstico es una buena idea. Si las magnitudes de los errores más recientes tienden a ser consistentemente mayores que los anteriores, quizá sea la hora de evaluar otra vez el modelo. En este momento podría ser necesaria otra iteración de la estrategia para la construcción de modelos. Lo mismo es válido si los errores recientes de los pronósticos tienden a ser

consistentemente positivos (predecir de menos) o negativos (predecir de más).

## 7.5 COMENTARIOS FINALES

En la modelación ARIMA no es una buena práctica incluir parámetros AR y MA para “cubrir todas las posibilidades” sugeridas por las funciones de autocorrelación de la muestra y la autocorrelación parcial de la muestra. Es decir, cuando haya duda comience con un modelo que contenga pocos parámetros, en lugar de muchos. La necesidad de parámetros adicionales será evidente a partir de un examen de las autocorrelaciones residuales y de las autocorrelaciones parciales. Si la conducta de MA es necesaria en apariencia en las autocorrelaciones residuales y las autocorrelaciones parciales, añada un parámetro MA y ajuste el modelo revisado. Si las autocorrelaciones residuales se parecen a las del proceso AR, agregue un término AR y reajuste el modelo.

Los estimados de los mínimos cuadrados de los parámetros autorregresivos y de promedio móvil en los modelos ARIMA, tienden a estar muy correlacionados. Cuando hay más parámetros de los necesarios, esto conduce a una disyuntiva entre demasiados parámetros y los modelos inestables que pueden generar pronósticos deficientes.

Para resumir, se considera una buena práctica comenzar con un pequeño número de parámetros que se justifiquen con claridad y añadir un parámetro cuando sea necesario. Por otra parte, si los parámetros de un modelo ARIMA ajustado no son significativos (según se juzga por sus proporciones  $t$ ), borre un parámetro a la vez y ajuste el modelo. Debido a la elevada correlación que existe entre los parámetros estimados, podría darse el caso de que un parámetro anterior sin significado se vuelva significativo.

**7.5.1 Criterio para la selección de un modelo.** Los modelos ARIMA se identifican (seleccionan) al observar una gráfica de la serie y al establecer una correspondencia entre los patrones de autocorrelación de la muestra y la autocorrelación parcial de la muestra con los patrones teóricos conocidos de los procesos ARIMA. Sin embargo, existe cierta subjetividad involucrada en este proceso, y es posible que dos (o más) modelos iniciales pudieran ser coherentes con los patrones de las autocorrelaciones y las autocorrelaciones parciales de la

muestra. Además, después de estimarlos y verificarlos, ambos modelos pueden representar los datos de forma adecuada. Si los modelos contienen el mismo número de parámetros, se preferirá el modelo con el error cuadrado medio más pequeño  $s^2$ . (éste fue el caso de Lynn Stephens en el ejemplo 9.3). Si los modelos contienen distintos números de parámetros, el principio de parsimonia conduce a la selección del modelo más sencillo. No obstante, es posible que el modelo con más parámetros tenga un error cuadrado medio apreciablemente más pequeño.

Se ha desarrollado una metodología para la selección de los modelos que considera el ajuste del modelo y el número de parámetros. El criterio de la información de Akaike<sup>5</sup>, o *AIC*, es seleccionar el mejor modelo de un grupo de modelos candidatos como aquel que minimiza

$$AIC = \ln \hat{\sigma}^2 + \frac{2}{n} r \quad (9.7)$$

donde

$\ln$  = el logaritmo natural

$\hat{\sigma}^2$  = La suma de cuadrado de los residuales dividida entre el número de las observaciones

$n$  = El número de las observaciones

$r$  = El número total de los parámetros (más el término constante) en el modelo ARIMA.

El criterio bayesiano de información que desarrollo Schwarz<sup>6</sup> o *BIC*, selecciona el modelo que minimiza

$$BIC = \ln \hat{\sigma}^2 + \frac{\ln n}{n} r \quad (9.8)$$

---

<sup>5</sup> H. AKAIKE, "A New Look at the Statistical Model Identification". *IEEE Trans. Automatic Control*, AC-19, 1974: 716-723.

<sup>6</sup> G. SCHWARZ, "Estimating the Dimension of a Model", *Annals of Statistics* 6, 1978, pp. 461-464.

El segundo término en *AIC* y en *BIC*<sup>7</sup> es un “factor de castigo” por incluir parámetros adicionales en un modelo. Debido a que el criterio *BIC* impone un castigo mayor por el número de criterios que el criterio *AIC*, el uso de un *BIC* mínimo para la selección del modelo resultará en un modelo cuyo número de parámetros no es mayor que los escogidos por *AIC*. Con frecuencia, los dos criterios producen el mismo resultado.

## **7.6 POBLACION Y MUESTRA**

La población de interés, está constituida por la extensa gama de productos que se comercializan desde que la empresa Iluminaciones Gómez S.A.S. inicio sus operaciones años atrás pero solo hasta el momento en que por parte de los propietarios se tomo la decisión de certificarse con la norma técnica colombiana ISO 9000, se conservó la información de contabilidad y demás características del ejercicio de esta actividad comercial de manera organizada y confiable, del tal manera que se pudiera acceder a los históricos de ventas de los últimos 36 períodos lo cual representa en este caso la muestra de interés para trabajar los datos estadísticamente se acuerdo al modelo de inventario seleccionado.

## **7.7 VARIABLES DE LA INVESTIGACION OPERACIONALIZADAS**

Durante la exposición de los posibles modelos de inventario que se pueden aplicar en este trabajo de investigación, los cuales fueron esbozados tangencialmente en este capítulo con el fin de evaluar la viabilidad de su utilización, se mencionan una serie de variables y formulas que no son de importancia en vista de se mencionan con carácter informativo debido a que son solo las opciones que se tuvieron en cuenta al momento de la escogencia del modelo aplicar, pero en la tabla 7.3 aparecen las variables operacionalizadas en este trabajo, las cuales conciernen al modelo de inventario aplicado que es el EOQ probabilizado, el cual se detalla mas adelante en el numeral 8.22.

---

<sup>7</sup> *AIC* y *BIC* deben verse como procedimientos adicionales que ayudan en la selección del modelo. No deberán emplearse como sustitutos de un examen cuidadoso de las autocorrelaciones de la muestra y autocorrelaciones parciales

Tabla 7.3 Variables operacionalizadas en el modelo aplicado

VARIABLE	MAGNITUD BÁSICA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	SÍMBOLO
Tiempo de entrega entre colocar y recibir un pedido	Tiempo	Fracción de mes	mes	T
Variable aleatoria que representa la demanda durante el tiempo de entrega	Longitud	Metro	m	$X_L$
Demanda promedio durante el tiempo de entrega	Longitud	Metro	m	$(\mu_L)$
Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega	Longitud	Metro	m	$(\sigma_L)$
Tamaño de la existencia estabilizadora	Longitud	Metro	m	B
Máxima probabilidad disponible de agotamiento de las existencias durante el tiempo de entrega	Valor numerico	Coeficiente	Adimensional	$\alpha$

## **8. PRESENTACION Y ANÁLISIS DE LA INFORMACION RECOGIDA**

La aplicación del sistema de costos ABC en una empresa para el control de inventarios se empieza por la clasificación en grupos de artículos así:

Los artículos "A" que son aquellos en los que la empresa tiene la mayor inversión, estos representan aproximadamente el 20% de los artículos del inventario que absorben el 90% de la inversión. Estos son los más costosos o los que rotan más lentamente en el inventario.

Los artículos "B" son aquellos que les corresponde la inversión siguiente en términos de costo. Consisten en el 30% de los artículos que requieren el 8% de la inversión.

Los artículos "C" son aquellos que normalmente en un gran número de artículos correspondientes a la inversión más pequeña. Consiste aproximadamente el 50% de todos los artículos del inventario pero solo el 2% de la inversión de la empresa en inventario.

Aunque el sistema de costeo ABC tiene algunas deficiencias estructurales, es un método excelente para determinar el grado de intensidad de control que se debe dedicar a cada artículo del inventario.

El diferenciar el inventario en artículos "A", "B" y "C" permite que la empresa determine el nivel y los tipos de procedimientos de control de inventario necesarios.

El control de los artículos "A" del inventario debe ser muy intensivo por razón de la inversión considerable que se hace. A este tipo de artículos se les debe implementar las técnicas más sofisticadas de control de inventario.

En los artículos "B" se pueden controlar utilizando técnicas menos sofisticadas pero eficientes en sus resultados.

En los artículos "C" el control que se realiza es mínimo

En la tabla 8.1. se presenta un resumen del análisis ABC, ya que con base en la información de los libros de contabilidad de la empresa se calculó el valor total del inventario y los porcentajes que representa cada una de las familias que representan la clasificación realizada, se puede decir que si al concentrar los mayores esfuerzos en los artículos A, ese inventario pudiera reducirse en un 25%, se obtendría una reducción muy importante en el inventario total, aún cuando el inventario de los artículos C se incrementara en un 50% por la atención reducida y controles menos rígidos.

Tabla 8.1. Resumen del análisis ABC.

CLASIFICACIÓN	% DE CANTIDAD DE ARTÍCULOS	UTILIZACIÓN ANUAL \$ POR GRUPO	% DEL CAPITAL
A: CABLES Y ALAMBRES	20%	\$ 7.112.835.726	71,00%
B: ILUMINACIÓN	30%	\$ 2.344.230.366	23,40%
C: OTROS	50%	\$ 561.012.395	5,60%
TOTAL	100%	\$ 10.018.078.488	100,00%

Fuente: Libros del sistema contable de Iluminaciones Gómez S.A.S.

## 8.1 DATOS HISTORICOS DE VENTAS

Las tablas 8.2. 8.5., 8.8., 8.11., 8.14., 8.17., 8.20. y 8.23. revelan en comportamiento de las ventas de las mercancías mas representativas de la familia de cables y alambres en el lapso comprendido entre enero de 2007 y diciembre de 2009.

Dichas tablas contienen los precios de venta vigentes en el momento de la comercialización del producto y también una fila donde aparece el saldo que queda en el inventario de reserva, cantidad que es determinada por métodos empíricos como consecuencia de la carencia de una política de inventarios bien definida.



**8.1.1 Cables y Alambres.** De la serie de tiempo mostrada en la tabla 8.2. se puede observar una irregularidad al final del 2007 y 2009, se podría pensar en estacionalidad anual al final de cada periodo pero debido a la ausencia de esta irregularidad en el periodo 2008, se debe de decir que estas irregularidades se deben a fluctuaciones aleatorias y no a estacionalidades. En general, se podría decir que la serie de tiempo tiene un comportamiento aleatorio con irregularidades al final del 2007 y 2009. (ver autocorrelaciones simples y parciales)

Tabla 8.2. Histórico de ventas Cable 6, año 2007, 2008 y 2009

<b>CABLE 6</b>			
<b>Periodo del año (meses)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2007 (m)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2008 (m)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2009 (m)</b>
Enero	23.129	26.698	2.293
Febrero	8.004	40.386	22.085
Marzo	12.628	26.222	8.052
Abril	8.294	9.240	22.646
Mayo	10.556	28.758	5.613
Junio	8.687	17.710	19.847
Julio	14.088	14.901	1.111
Agosto	16.854	14.973	22.205
Septiembre	11.492	14.687	7.520
Octubre	18.385	17.947	18.518
Noviembre	16.720	3.746	25.867
Diciembre	13.581	17.094	18.681

Fuente: Libros del sistema contable de Iluminaciones Gómez S.A.S.

Grafica 8.1 Histograma de comportamiento de la demanda de cable 6  
**Curva de comparación**

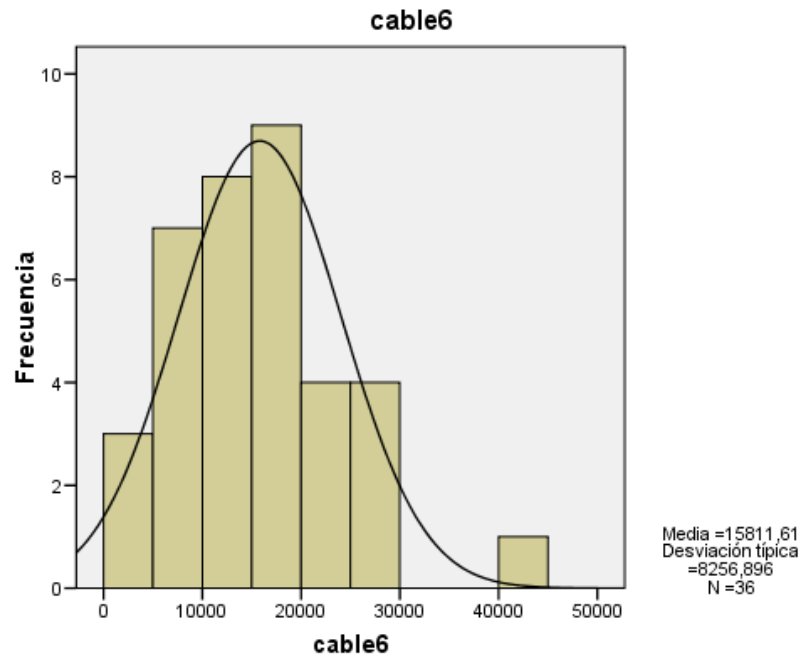


Tabla 8.3 Autocorrelaciones Simples Cable 6

**Autocorrelaciones**

Serie: cable6

Retardo	Autocorrelación	Error típico <sup>a</sup>	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. <sup>b</sup>
1	-,041	,160	,065	1	,799
2	,337	,158	4,634	2	,099
3	-,065	,155	4,807	3	,186
4	,275	,153	8,044	4	,090
5	-,217	,151	10,125	5	,072
6	,049	,148	10,233	6	,115
7	-,070	,146	10,462	7	,164
8	-,136	,143	11,364	8	,182
9	-,198	,140	13,346	9	,148
10	-,241	,138	16,404	10	,089
11	-,209	,135	18,785	11	,065
12	-,217	,132	21,470	12	,044
13	,015	,130	21,483	13	,064
14	-,047	,127	21,618	14	,087
15	-,065	,124	21,890	15	,111
16	-,070	,121	22,223	16	,136

a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).

b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.

En la tabla 8.3 se muestran las autocorrelaciones simples y el estadístico de Box-Ljung para las ventas del cable 6. Como se puede ver a ningún retraso las autocorrelaciones son significativamente diferentes de cero, en ningún caso el estadístico de Box-Ljung es significativo.

En la grafica 8.2. se muestran las autocorrelaciones simples y bandas que representan intervalos de confianza para las autocorrelaciones, ningún coeficiente de autocorrelación es significativamente diferente de cero

Grafica 8.2. Autocorrelación Cable 6

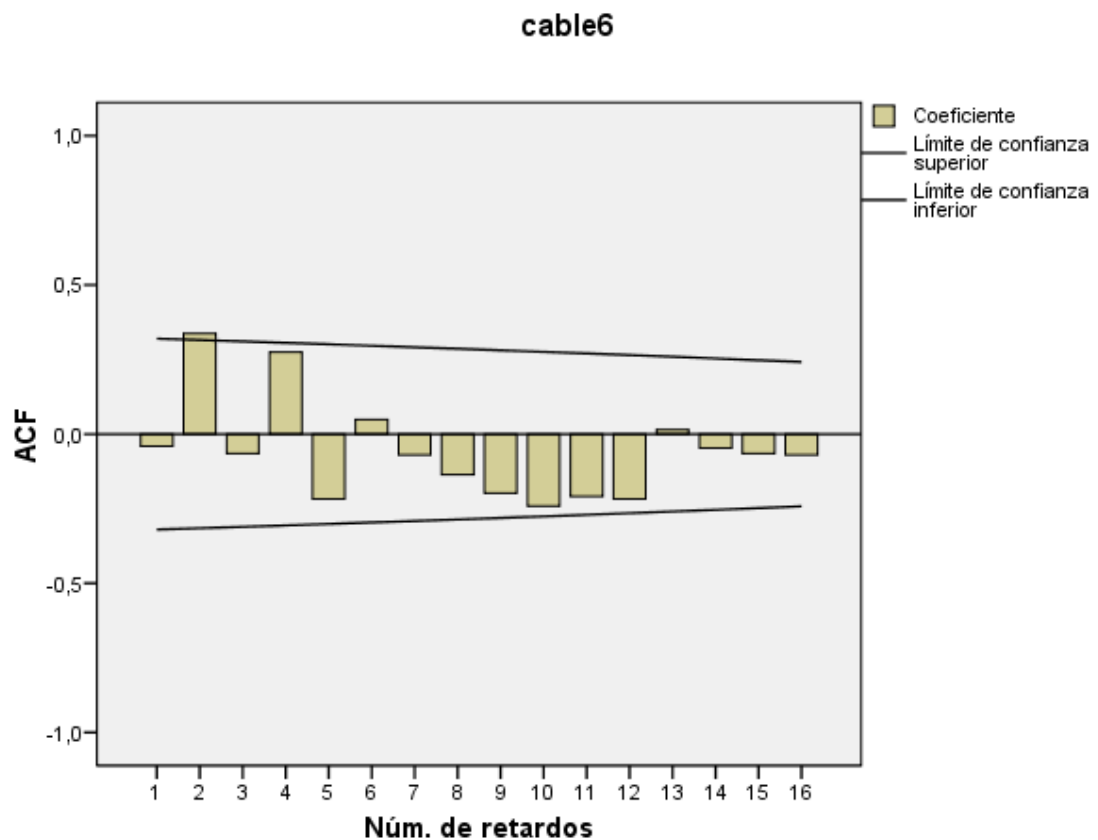


Tabla 8.4 Autocorrelaciones Parciales Cable 6

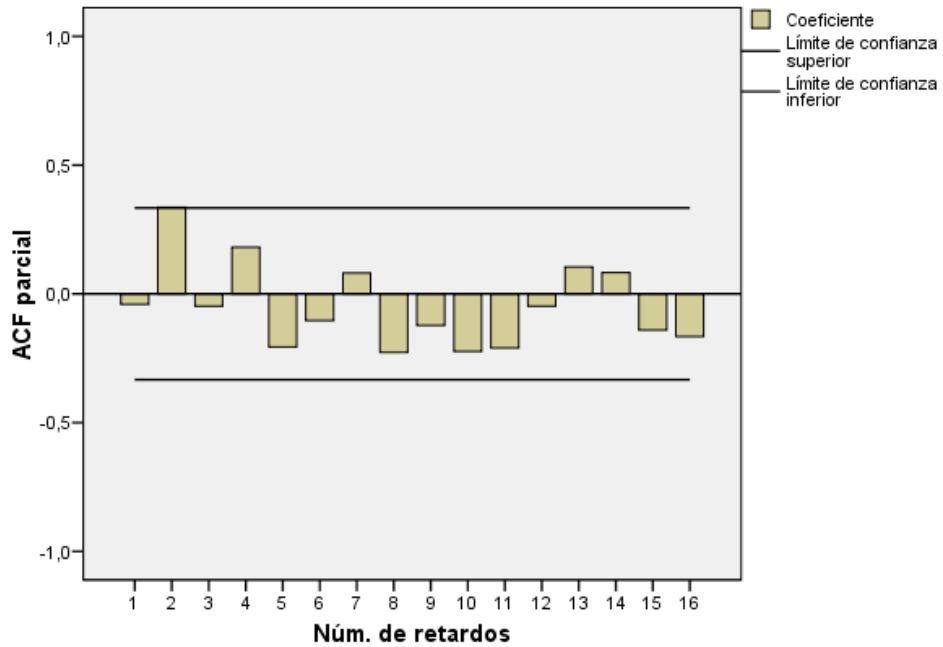
**Autocorrelaciones parciales**

Serie: cable6

Retardo	Autocorrelación parcial	Error típico
1	-,041	,167
2	,336	,167
3	-,047	,167
4	,181	,167
5	-,206	,167
6	-,104	,167
7	,081	,167
8	-,227	,167
9	-,123	,167
10	-,223	,167
11	-,210	,167
12	-,048	,167
13	,104	,167
14	,082	,167
15	-,141	,167
16	-,166	,167

Grafica 8.4. Autocorrelación parcial cable 6.

**cable6**

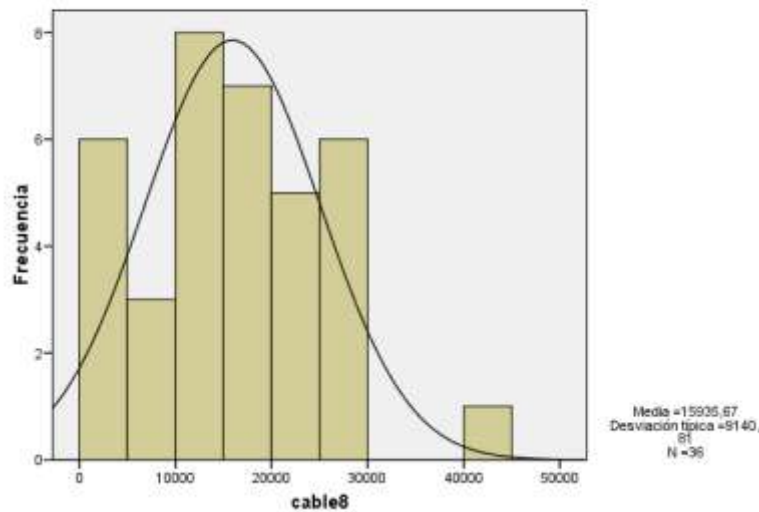


Las autocorrelaciones parciales me muestran el nivel de asociación lineal de los datos de la serie a cierto retraso de interés aislando el efecto de retrasos diferentes, como se muestra en la grafica y confirmando los resultados de las autocorrelaciones simples, existe evidencia sobre la aleatoriedad de los datos.

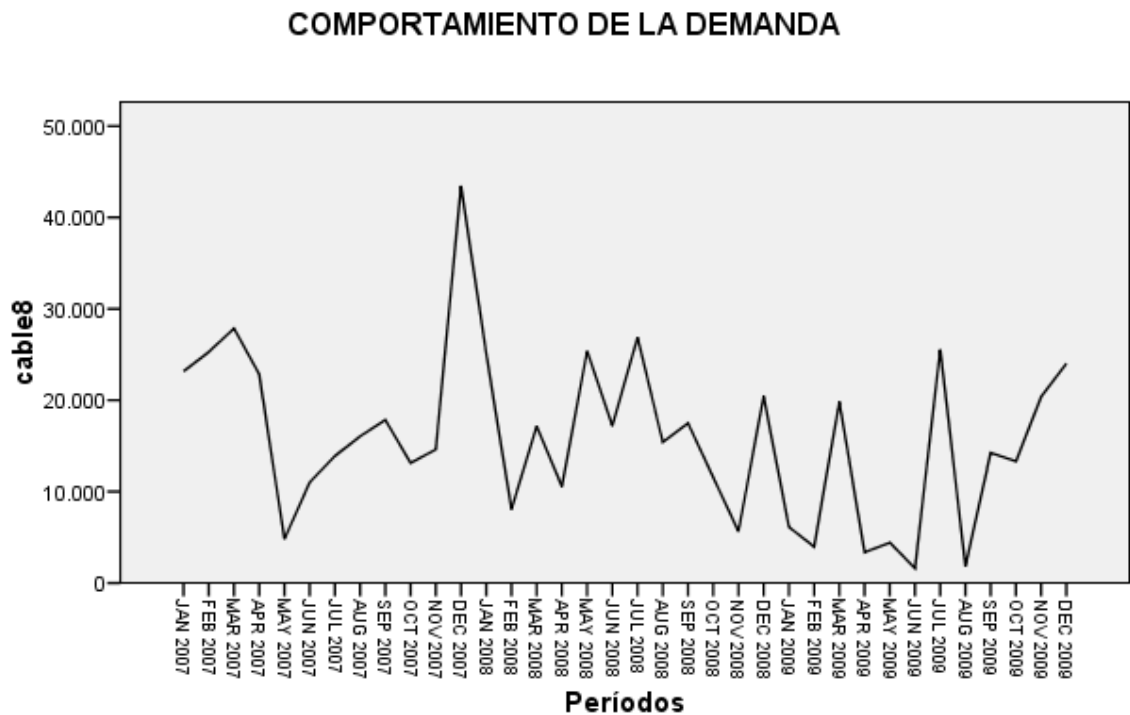
Tabla 8.5 Datos históricos cable 8

<b>CABLE 8</b>			
<b>periodo del año (meses)</b>	Cantidad Vendida en año 2007 (m)	Cantidad Vendida en año 2008 (m)	Cantidad Vendida en año 2009 (m)
Enero	23.160	25.160	6.122
Febrero	25.280	8.071	3.969
Marzo	27.858	17.155	19.855
Abril	22.858	10.560	3.357
Mayo	4.822	25.379	4.430
Junio	11.017	17.195	1.596
Julio	13.901	26.876	25.543
Agosto	16.056	15.421	1.851
Septiembre	17.855	17.492	14.244
Octubre	13.141	11.551	13.320
Noviembre	14.625	5.649	20.388
Diciembre	43.452	20.452	24.023

Gráfica 8.5 Histograma – Curva de comparación



Grafica 8.6 Comportamiento cable 8 año 2007-2008-2009.



Al igual que en la serie de tiempo del cable tipo 6, aquí parece que no existe ningún patrón de comportamiento adicionales a las irregularidades presentadas al principio y al final de los periodos 2007 y 2008, el 2009 solo presenta irregularidad al final del periodo.

Tabla 8.6. Autocorrelación Cable 8

**Autocorrelaciones**

Serie: cable8

Retardo	Autocorrelación	Error típico <sup>a</sup>	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. <sup>b</sup>
1	,138	,160	,742	1	,389
2	,074	,158	,962	2	,618
3	,025	,155	,987	3	,804
4	,052	,153	1,102	4	,894
5	,063	,151	1,279	5	,937
6	-,043	,148	1,363	6	,968
7	,019	,146	1,379	7	,986
8	-,041	,143	1,460	8	,993
9	,138	,140	2,427	9	,983
10	-,013	,138	2,436	10	,992
11	-,113	,135	3,131	11	,989
12	,018	,132	3,149	12	,994
13	-,289	,130	8,107	13	,837
14	-,057	,127	8,308	14	,873
15	,020	,124	8,333	15	,910
16	,005	,121	8,335	16	,938

a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).

b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.

El cable 8 presenta un comportamiento similar al cable 6, presenta autocorrelaciones no significativas, los datos parecen provenir de una serie aleatoria.

Grafica 8.7. Autocorrelación Cable 8. **cable8**

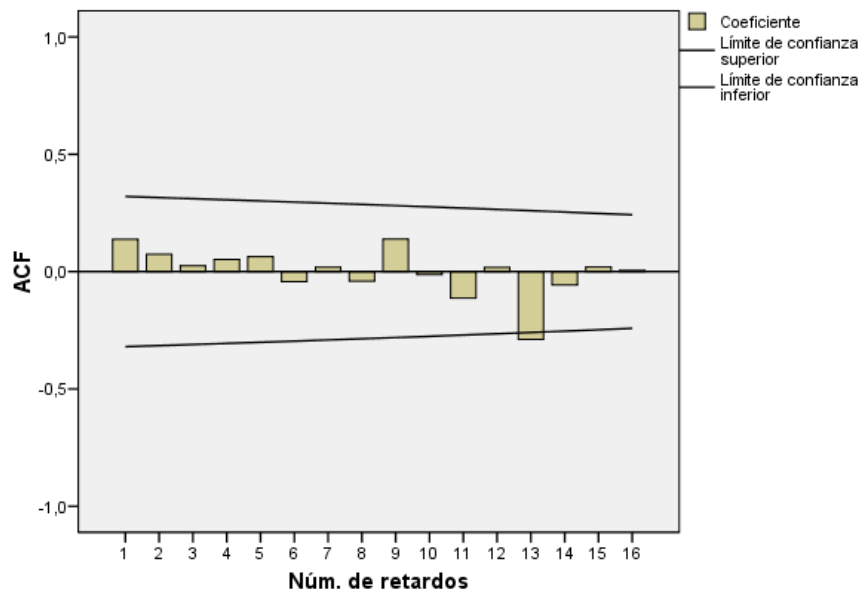


Tabla 8.7. Autocorrelación parcial cable 8

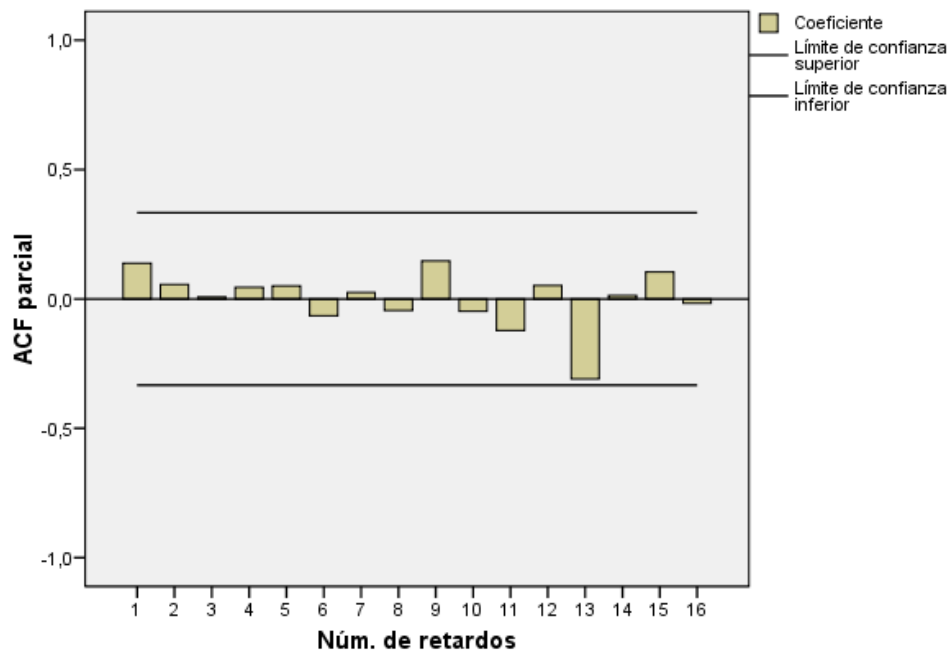
**Autocorrelaciones parciales**

Serie: cable8

Retardo	Autocorrelación parcial	Error típico
1	,138	,167
2	,056	,167
3	,007	,167
4	,045	,167
5	,050	,167
6	-,065	,167
7	,025	,167
8	-,044	,167
9	,147	,167
10	-,047	,167
11	-,122	,167
12	,052	,167
13	-,309	,167
14	,013	,167
15	,104	,167
16	-,017	,167

Grafica 8.8 Autocorrelación parcial cable 8.

**cable8**



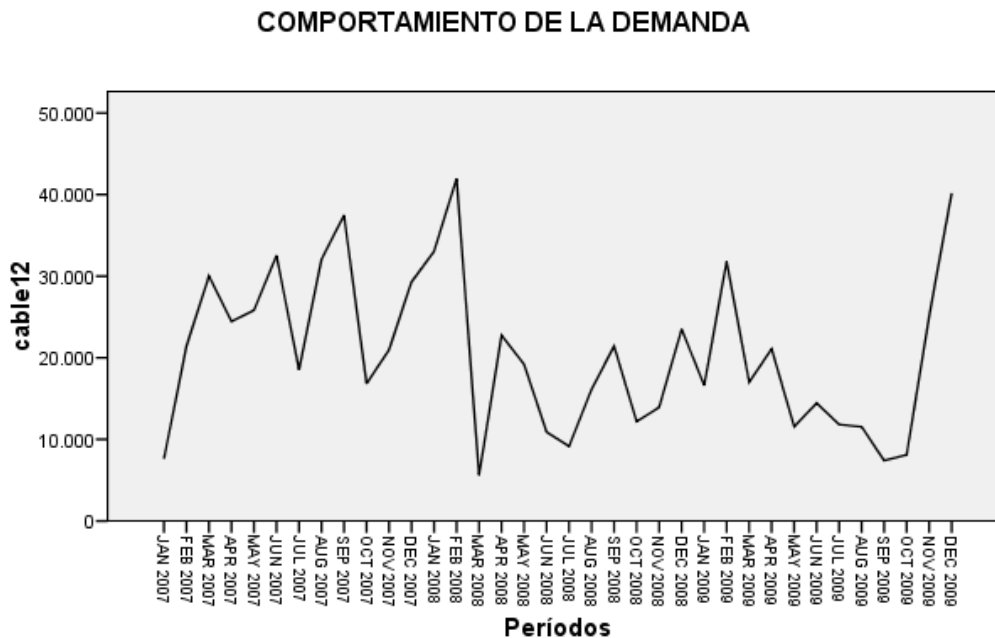
Los coeficientes de autocorrelación parcial confirman lo enunciado anteriormente sobre las autocorrelaciones simples.



Tabla 8.8 Datos históricos Cable 12.

<b>CABLE 12</b>			
<b>periodo del año (meses)</b>	Cantidad Vendida en año 2007 (m)	Cantidad Vendida en año 2008 (m)	Cantidad Vendida en año 2009 (m)
Enero	7.635	33.047	16.629
Febrero	21.437	41.946	31.787
Marzo	30.037	5.621	17.004
Abril	24.448	22.763	21.074
Mayo	25.833	19.200	11.566
Junio	32.550	10.901	14.460
Julio	18.532	9.155	11.822
Agosto	32.067	16.144	11.546
Septiembre	37.485	21.425	7.410
Octubre	16.826	12.206	8.120
Noviembre	20.979	13.916	25.092
Diciembre	29.303	23.505	40.185

Grafica 8.9 Comportamiento cable 12 año 2007-2008-2009.



En esta serie se observa un patrón de comportamiento, un ligero decremento en los periodos 2007, 2008 y 2009 con un crecimiento significativo al final de cada periodo, se puede concluir que existe un patrón de estacionalidad y de tendencia. (ver autocorrelaciones simples y parciales).

Tabla 8.9. Autocorrelación Cable 12

**Autocorrelaciones**

Serie: cable12

Retardo	Autocorrelación	Error típico <sup>a</sup>	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. <sup>b</sup>
1	,247	,160	2,386	1	,122
2	,082	,158	2,658	2	,265
3	,118	,155	3,232	3	,357
4	,070	,153	3,444	4	,486
5	,052	,151	3,561	5	,614
6	-,085	,148	3,886	6	,692
7	-,122	,146	4,589	7	,710
8	,005	,143	4,590	8	,800
9	-,044	,140	4,690	9	,860
10	,092	,138	5,139	10	,882
11	-,036	,135	5,210	11	,921
12	,066	,132	5,459	12	,941
13	-,144	,130	6,685	13	,918
14	,043	,127	6,799	14	,942
15	-,010	,124	6,805	15	,963
16	-,120	,121	7,791	16	,955

a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).

b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.

Igual comportamiento que el cable 6 y 8, autocorrelaciones no significativas, los datos parecen provenir de un serie aleatoria.

Grafica 8.10. Autocorrelacion Cable 12.

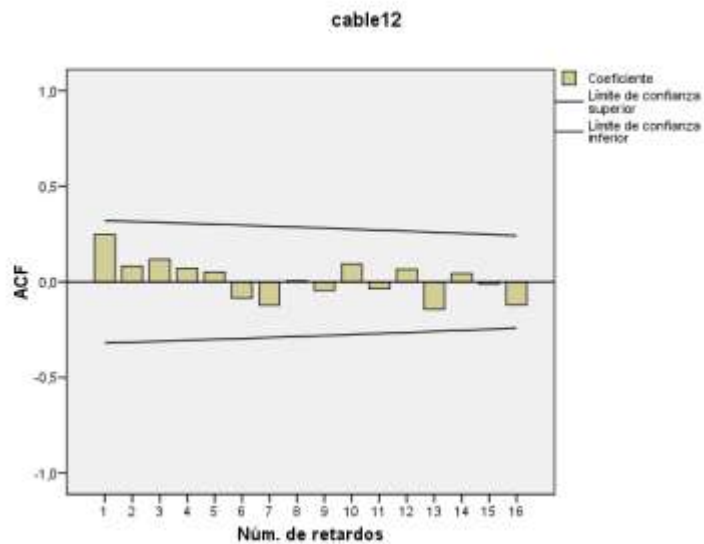


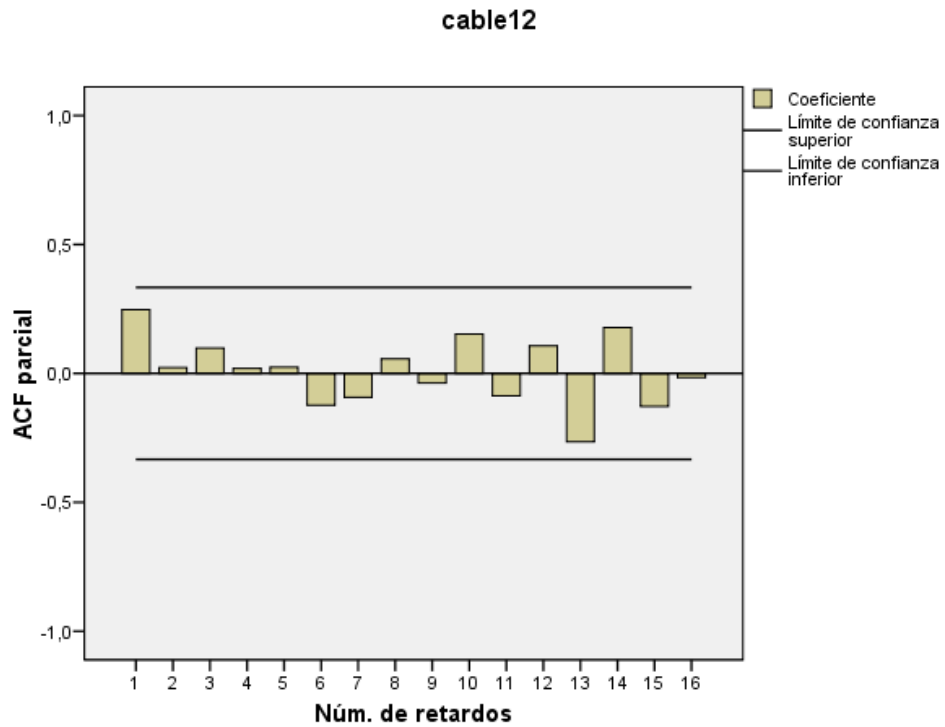
Tabla 8.10. Autocorrelación parcial cable 12

**Autocorrelaciones parciales**

Serie: cable12

Retardo	Autocorrelación parcial	Error típico
1	,247	,167
2	,023	,167
3	,098	,167
4	,019	,167
5	,024	,167
6	-,123	,167
7	-,092	,167
8	,056	,167
9	-,037	,167
10	,152	,167
11	-,087	,167
12	,107	,167
13	-,265	,167
14	,178	,167
15	-,128	,167
16	-,016	,167

Grafica 8.11 Autocorrelación parcial cable 12.



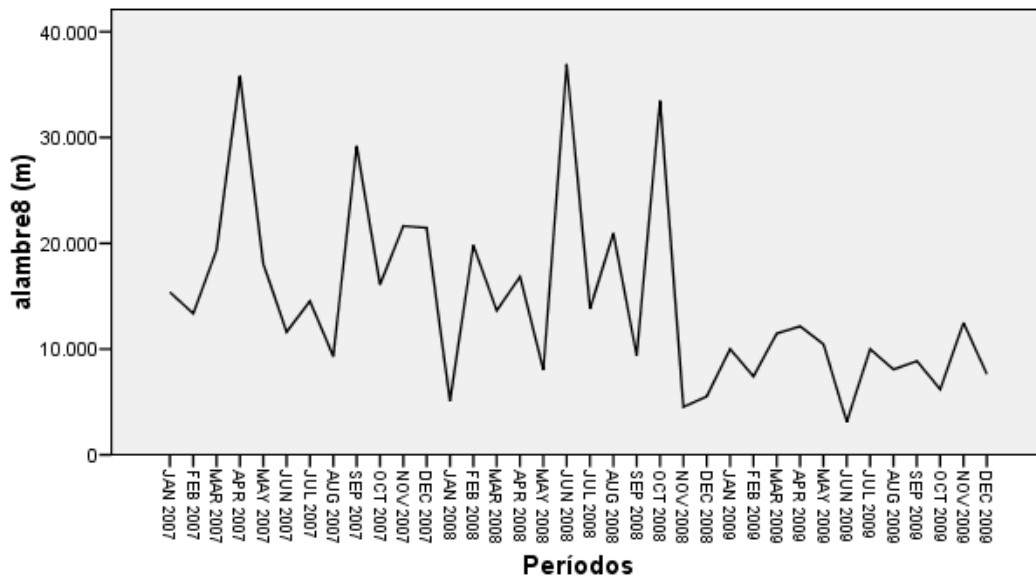
Los coeficientes de autocorrelación parcial confirman lo expresado anteriormente en cuanto las autocorrelaciones simples.

Tabla 8.11. Datos históricos Alambre 8.

<b>ALAMBRE 8</b>			
<b>periodo del año (meses)</b>	Cantidad Vendida en año 2007 (m)	Cantidad Vendida en año 2008 (m)	Cantidad Vendida en año 2009 (m)
Enero	15.373	5.065	10.009
Febrero	13.359	19.820	7.405
Marzo	19.399	13.639	11.478
Abril	35.814	16.842	12.154
Mayo	18.081	8.027	10.453
Junio	11.616	36.944	3.106
Julio	14.533	13.804	10.006
Agosto	9.307	20.951	8.072
Septiembre	29.189	9.366	8.869
Octubre	16.092	33.483	6.192
Noviembre	21.633	4.523	12.487
Diciembre	21.463	5.523	7.631

Grafica 8.12 Comportamiento alambre 8 año 2007-2008-2009.

**COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA**



En esta serie de tiempo anterior no se logra percibir patrones de comportamiento con la simple inspección visual, parece ser que los datos proviene de una serie aleatoria estacionaria.

Tabla 8.12 Autocorrelación Alambre 8

Autocorrelaciones

Serie: alambre8

Retardo	Autocorrelación	Error típico <sup>a</sup>	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. <sup>b</sup>
1	-,005	,160	,001	1	,977
2	,265	,158	2,820	2	,244
3	,013	,155	2,827	3	,419
4	,245	,153	5,401	4	,249
5	,003	,151	5,402	5	,369
6	,157	,148	6,525	6	,367
7	,158	,146	7,699	7	,360
8	,047	,143	7,808	8	,452
9	,039	,140	7,883	9	,546
10	,021	,138	7,907	10	,638
11	,089	,135	8,344	11	,682
12	-,227	,132	11,269	12	,506
13	,083	,130	11,681	13	,554
14	-,082	,127	12,099	14	,598
15	-,028	,124	12,151	15	,668
16	-,103	,121	12,881	16	,681

a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).

b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.

La serie de tiempo generada por las ventas del alambre 8 parece provenir de una serie aleatoria, ya que las autocorrelaciones no son significativas.

Grafica 8.13. Autocorrelación Alambre 8.

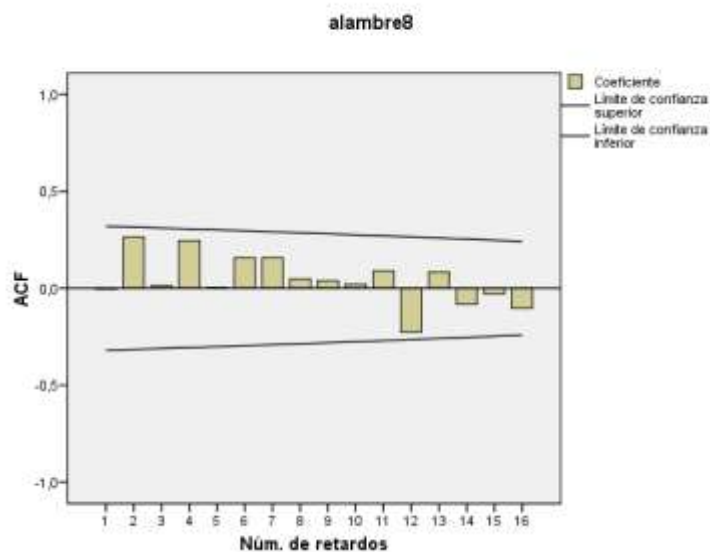


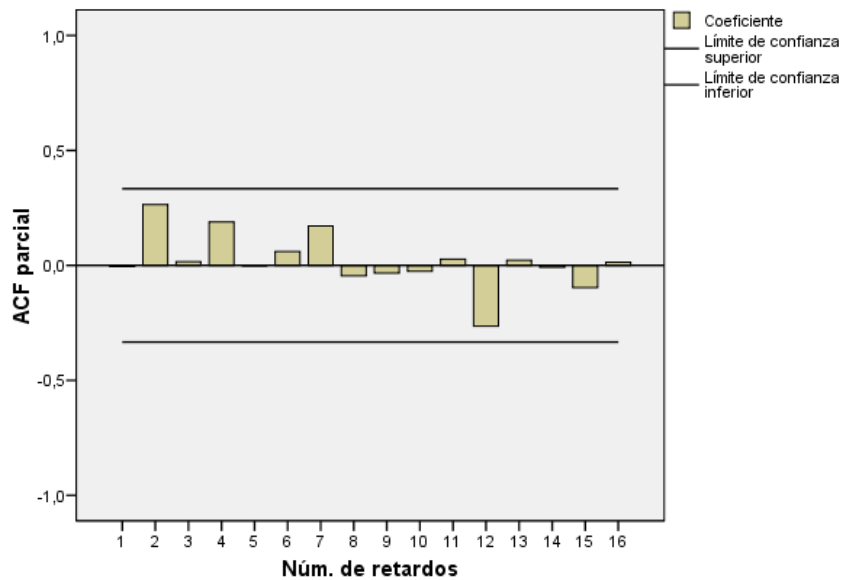
Tabla 8.13 Autocorrelación parcial alambre 8.

**Autocorrelaciones parciales**

Serie: alambre8

Retardo	Autocorrelación parcial	Error típico
1	-,005	,167
2	,265	,167
3	,016	,167
4	,189	,167
5	-,001	,167
6	,060	,167
7	,171	,167
8	-,045	,167
9	-,033	,167
10	-,026	,167
11	,028	,167
12	-,264	,167
13	,022	,167
14	-,008	,167
15	-,096	,167
16	,014	,167

Grafica 8.14. Autocorrelación parcial alambre 8.



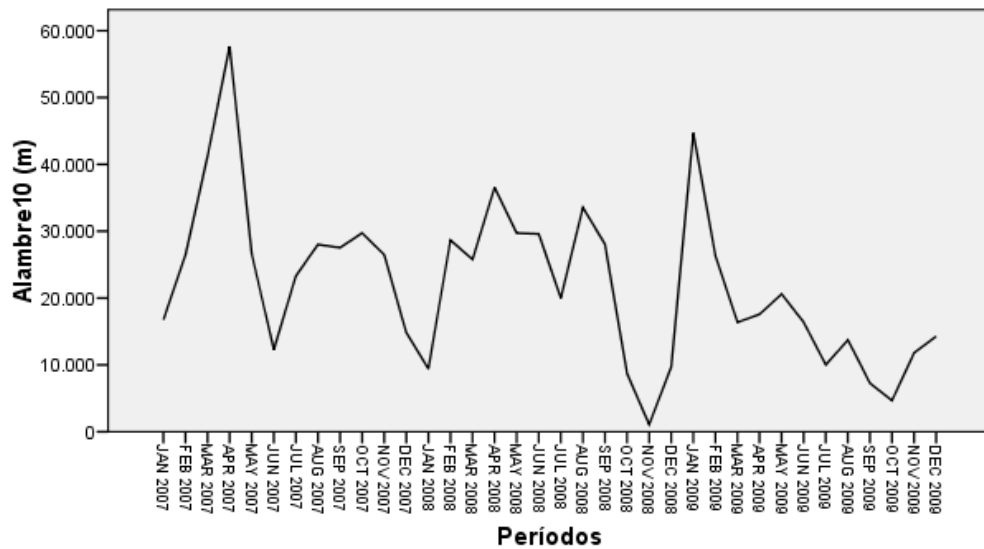
Las autocorrelaciones parciales confirman la aleatoriedad evidenciada por las autocorrelaciones simples.

Tabla 8.14 Datos históricos Alambre 10.

<b>ALAMBRE 10</b>			
<b>periodo del año (meses)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2007 (m)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2008 (m)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2009 (m)</b>
Enero	16.768	9.421	44.712
Febrero	26.471	28.650	26.346
Marzo	41.238	25.782	16.383
Abril	57.659	36.541	17.568
Mayo	26.627	29.721	20.601
Junio	12.297	29.604	16.388
Julio	23.299	20.000	10.014
Agosto	28.024	33.535	13.743
Septiembre	27.542	28.055	7.263
Octubre	29.730	8.700	4.671
Noviembre	26.490	1.103	11.801
Diciembre	14.839	9.711	14.278

Grafica 8.15. Comportamiento alambre 10 año 2007-2008-2009.

**COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA**



Al igual que con la serie del cable 10, aquí parece haber estacionalidad al final de cada periodo anual y un ligero patrón de tendencia decreciente dentro de cada periodo.

Tabla 8.15 Autocorrelación Alambre 10

**Autocorrelaciones**

Serie: alambre10

Retardo	Autocorrelación	Error típico <sup>a</sup>	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. <sup>b</sup>
1	,463	,160	8,394	1	,004
2	-,035	,158	8,444	2	,015
3	-,113	,155	8,970	3	,030
4	,109	,153	9,473	4	,050
5	,144	,151	10,382	5	,065
6	,068	,148	10,594	6	,102
7	,062	,146	10,777	7	,149
8	-,068	,143	11,003	8	,202
9	-,027	,140	11,040	9	,273
10	,111	,138	11,687	10	,307
11	,192	,135	13,704	11	,250
12	,125	,132	14,588	12	,265
13	-,007	,130	14,591	13	,334
14	-,041	,127	14,694	14	,399
15	-,081	,124	15,126	15	,442
16	,017	,121	15,146	16	,514

a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).

b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.

La serie de tiempo generada por las ventas del alambre 10 presentan un comportamiento totalmente diferente a lo visto anteriormente, aquí se aprecia una autocorrelacion simple de orden 1 claramente diferente de cero, comportamiento típico de un proceso en el cual lo observado en el tiempo t depende de lo observado en el tiempo t-1.



Grafica 8.16. Autocorrelación Alambre 10.  
alambre10

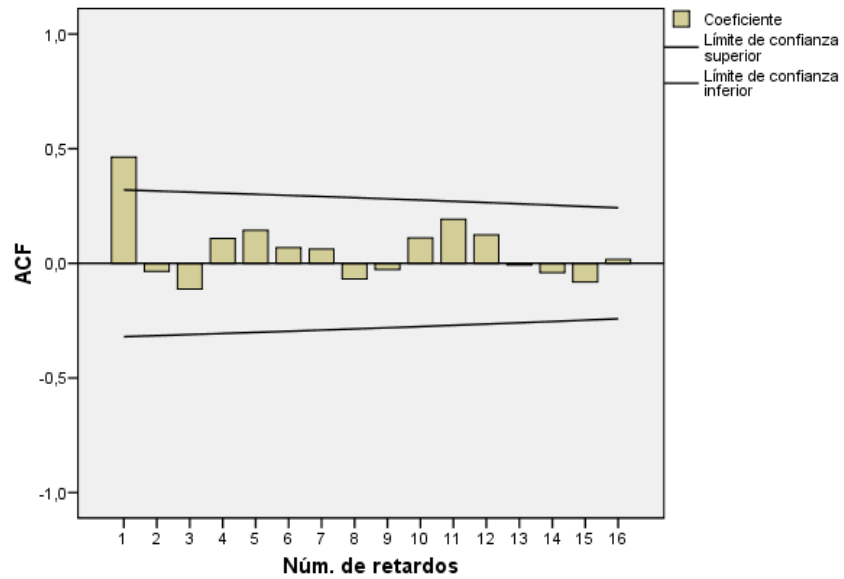


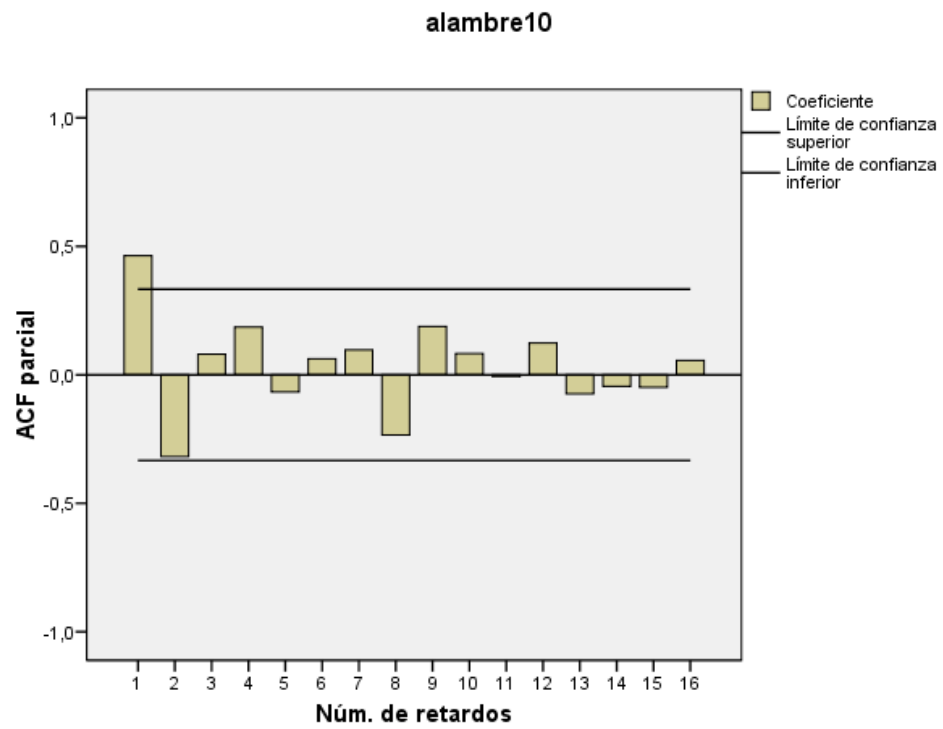
Tabla 8.16 Autocorrelación parcial alambre 10.

**Autocorrelaciones parciales**

Serie: alambre10

Retardo	Autocorrelación parcial	Error típico
1	,463	,167
2	-,318	,167
3	,080	,167
4	,186	,167
5	-,066	,167
6	,063	,167
7	,097	,167
8	-,234	,167
9	,188	,167
10	,083	,167
11	-,006	,167
12	,123	,167
13	-,073	,167
14	-,044	,167
15	-,049	,167
16	,056	,167

Grafica 8.17. Autocorrelación parcial alambre 10.

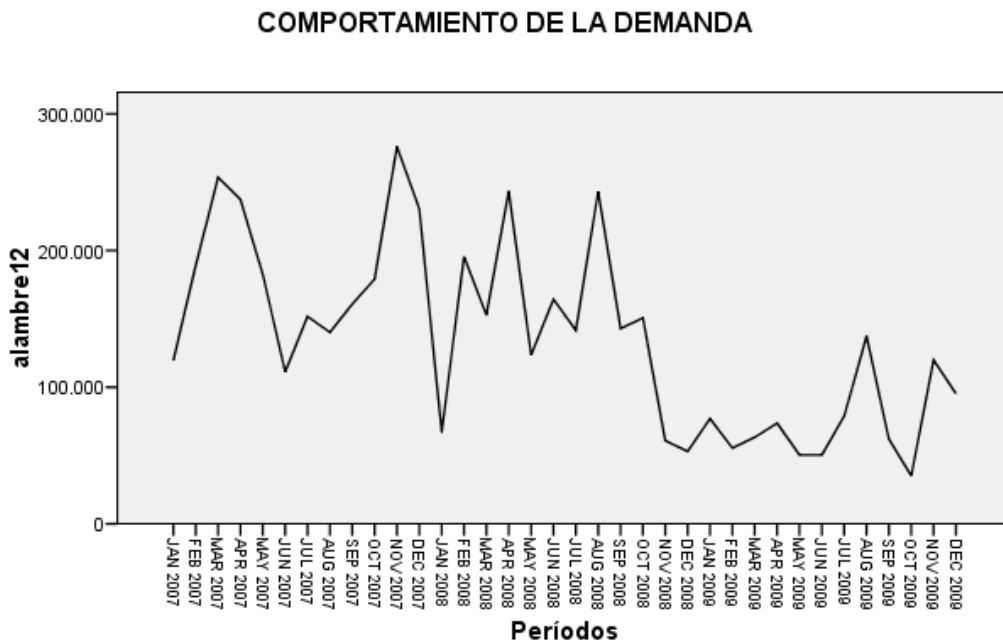


Las autocorrelaciones parciales muestran claramente el comportamiento evidenciado en la grafica de autocorrelaciones simples.

Tabla 8.17. Datos históricos Alambre 12.

<b>ALAMBRE 12</b>			
<b>periodo del año (meses)</b>	Cantidad Vendida en año 2007 (m)	Cantidad Vendida en año 2008 (m)	Cantidad Vendida en año 2009 (m)
Enero	119.379	67.095	76.970
Febrero	189.225	195.430	55.488
Marzo	253.513	152.779	63.366
Abril	237.286	243.626	73.660
Mayo	182.299	123.637	50.387
Junio	111.299	164.275	50.341
Julio	151.742	141.554	78.821
Agosto	140.147	243.253	137.361
Septiembre	160.763	142.943	61.961
Octubre	179.060	150.657	35.142
Noviembre	276.123	60.811	119.953
Diciembre	230.279	52.989	95.237

Grafica 8.18 Comportamiento alambre 12 año 2007-2008-2009.



De esta serie se puede decir que existe cierto comportamiento que se repite en el tiempo, aunque existe una baja considerable en el nivel de la serie en el periodo

2009 probablemente debido a situaciones económicas que pudieron haber influido en las ventas del alambre 12.

Tabla 8.18. Autocorrelación Alambre 12.

**Autocorrelaciones**

Serie: alambre12

Retardo	Autocorrelación	Error típico <sup>a</sup>	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. <sup>b</sup>
1	,529	,160	10,953	1	,001
2	,422	,158	18,133	2	,000
3	,244	,155	20,604	3	,000
4	,386	,153	26,977	4	,000
5	,301	,151	30,974	5	,000
6	,284	,148	34,645	6	,000
7	,234	,146	37,226	7	,000
8	,223	,143	39,653	8	,000
9	,140	,140	40,647	9	,000
10	,023	,138	40,675	10	,000
11	,014	,135	40,686	11	,000
12	-,053	,132	40,849	12	,000
13	-,131	,130	41,866	13	,000
14	-,230	,127	45,142	14	,000
15	-,183	,124	47,316	15	,000
16	-,097	,121	47,960	16	,000

a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).

b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.

En este proceso hay una clara dependencia entre lo ocurrido en un periodo y lo que ha pasado en periodos anteriores, observando la grafica de autocorrelaciones simples podemos ver que la observación en el periodo t depende de alguna manera de lo ocurrió en los periodos t-1, t-2 y t-4.

Grafica 8.19. Autocorrelación Alambre 12.

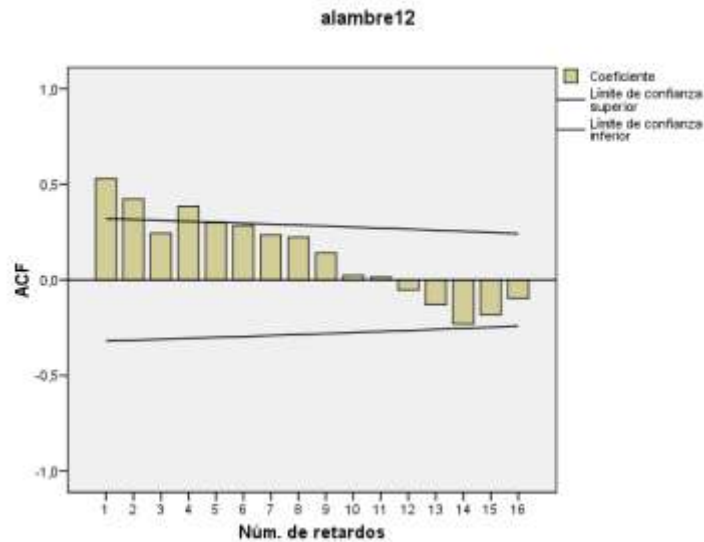


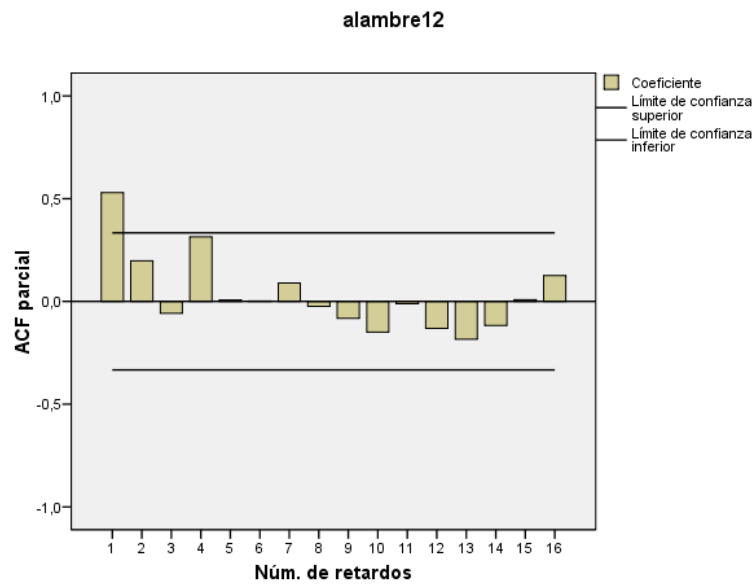
Tabla 8.19. Autocorrelación parcial alambre 12.

**Autocorrelaciones parciales**

Serie: alambre12

Retardo	Autocorrelación parcial	Error típico
1	,529	,167
2	,198	,167
3	-,058	,167
4	,314	,167
5	,007	,167
6	,002	,167
7	,089	,167
8	-,024	,167
9	-,082	,167
10	-,149	,167
11	-,012	,167
12	-,131	,167
13	-,184	,167
14	-,117	,167
15	,009	,167
16	,126	,167

Grafica 8.20. Autocorrelación parcial alambre 12.

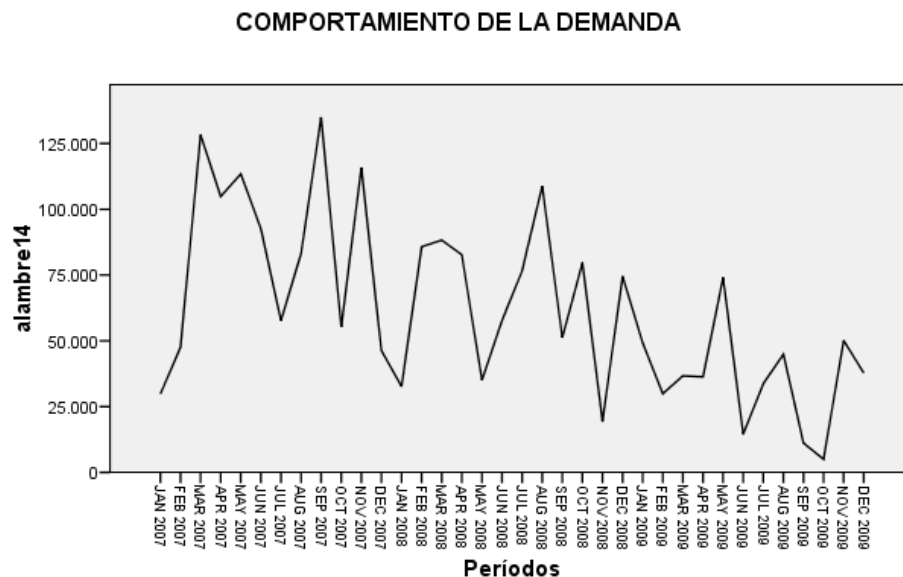


Los coeficientes de autocorrelación parcial muestran que aislando el efecto de otros retrasos solo el coeficiente de primer orden es significativo, lo que podría indicar que la observación en el periodo t depende exclusivamente de lo ocurrido en t-1.

Tabla 8.20. Datos históricos Alambre 14.

<b>ALAMBRE 14</b>			
<b>periodo del año (meses)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2007 (m)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2008 (m)</b>	<b>Cantidad Vendida en año 2009 (m)</b>
Enero	29.814	32.681	49.198
Febrero	47.522	85.749	29.842
Marzo	128.331	88.279	36.689
Abril	104.833	82.733	36.334
Mayo	113.431	35.057	74.071
Junio	92.661	57.740	14.548
Julio	57.735	76.615	33.659
Agosto	83.184	108.780	44.852
Septiembre	135.016	51.193	11.170
Octubre	55.240	79.720	4.927
Noviembre	115.889	19.327	50.167
Diciembre	46.280	74.498	37.755

Grafica 8.21. Comportamiento alambre 14 año 2007-2008-2009.



La serie de tiempo producida por las ventas del alambre 14 parece tener un comportamiento de tendencia con algunas irregularidades, es necesario analizar las autocorrelaciones simples y parciales.

Tabla 8.21 Autocorrelación Alambre 14.

**Autocorrelaciones**

Serie: alambre14

Retardo	Autocorrelación	Error típico <sup>a</sup>	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	gl	Sig. <sup>b</sup>
1	,302	,160	3,555	1	,059
2	,266	,158	6,393	2	,041
3	,196	,155	7,980	3	,046
4	,202	,153	9,729	4	,045
5	,324	,151	14,360	5	,013
6	,276	,148	17,845	6	,007
7	,040	,146	17,919	7	,012
8	,013	,143	17,927	8	,022
9	,057	,140	18,091	9	,034
10	,028	,138	18,133	10	,053
11	,191	,135	20,131	11	,044
12	-,097	,132	20,664	12	,056
13	,036	,130	20,742	13	,078
14	-,179	,127	22,736	14	,065
15	-,010	,124	22,742	15	,090
16	,010	,121	22,748	16	,121

a. El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).

b. Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.

En la serie del alambre 14 los coeficientes de autocorrelacion de los primeros dos retrasos son significativamente diferentes de cero, existe una clara dependencia de los periodos t-1 y t-2 sobre el periodo t.

Grafica 8.22. Autocorrelación Alambre 14.

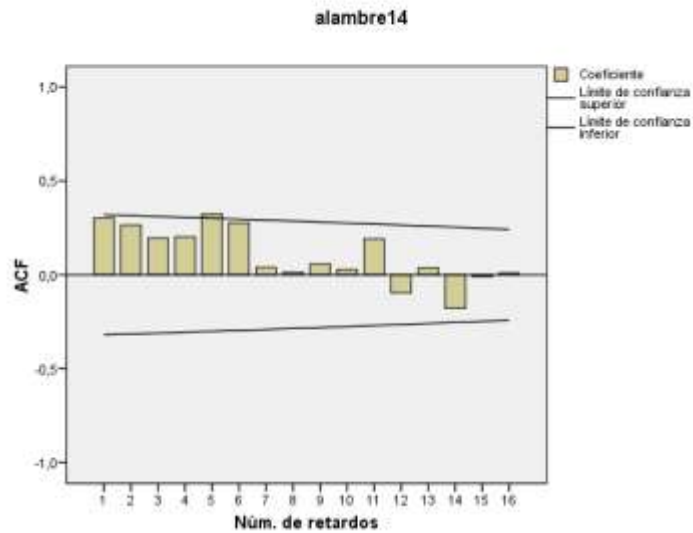


Tabla 8.22 Autocorrelación parcial alambre 14

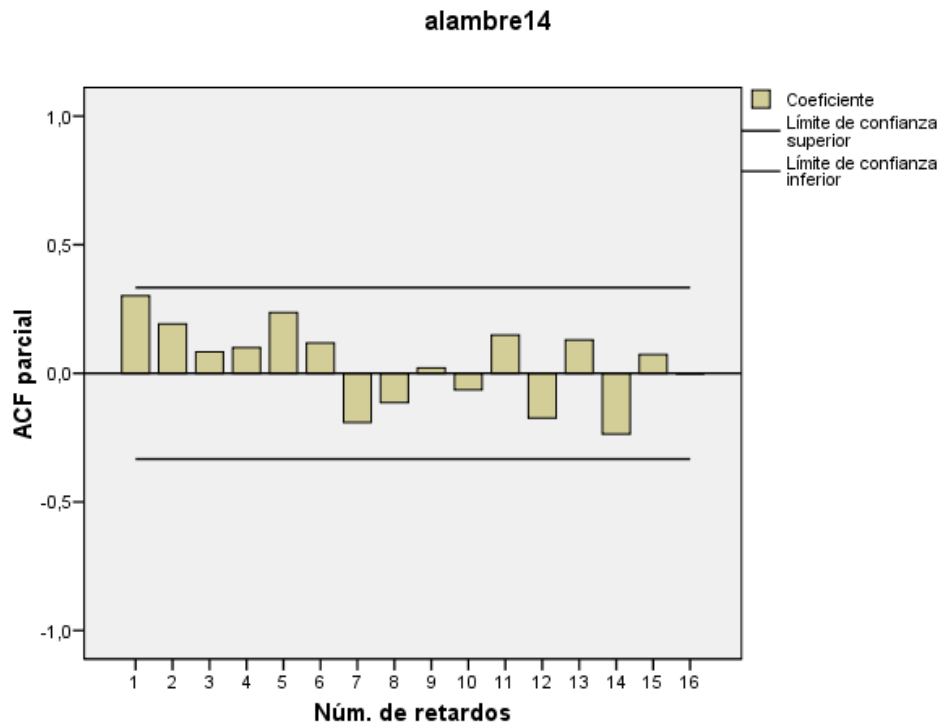
**Autocorrelaciones parciales**

Serie: alambre14

Retardo	Autocorrelación parcial	Error típico
1	,302	,167
2	,192	,167
3	,083	,167
4	,100	,167
5	,236	,167
6	,118	,167
7	-,191	,167
8	-,114	,167
9	,021	,167
10	-,064	,167
11	,148	,167
12	-,174	,167
13	,130	,167
14	-,236	,167
15	,073	,167
16	-,001	,167

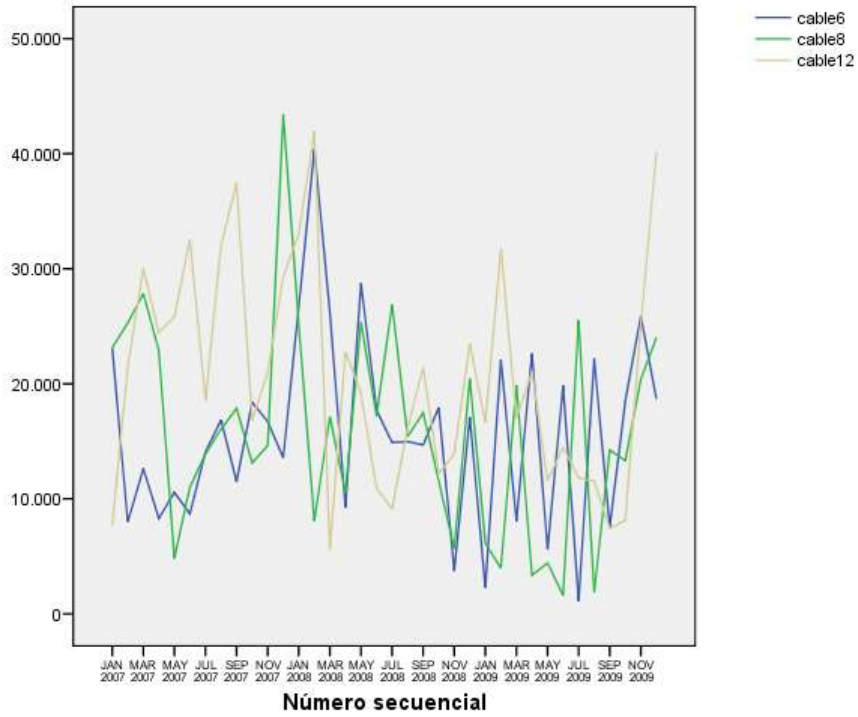


Grafica 8.23. Autocorrelación parcial alambre 14.

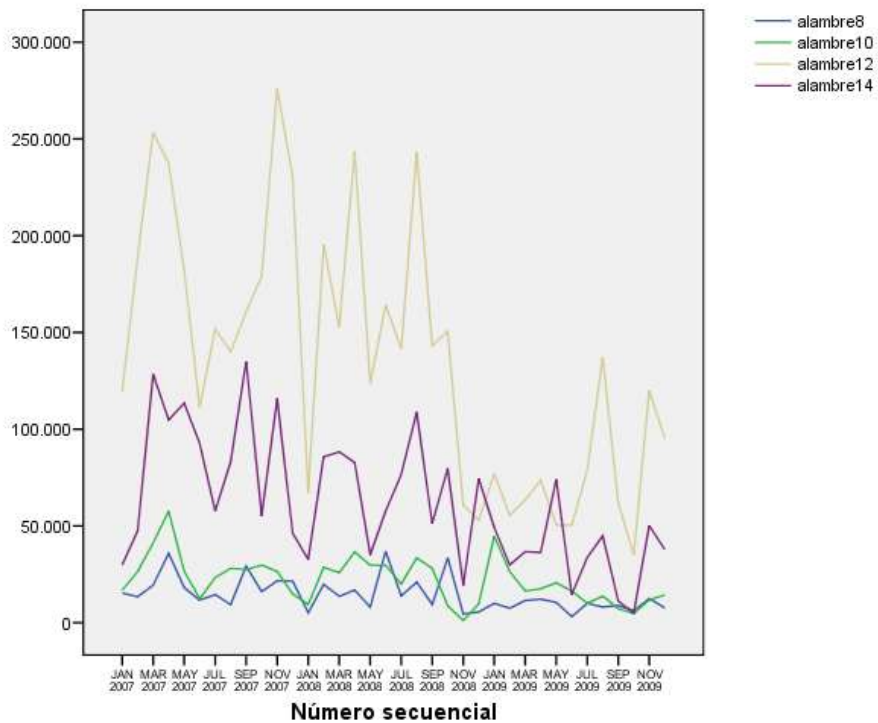


Los coeficientes de autocorrelación parcial confirman lo expuesto en el apartado anterior sobre los coeficientes de autocorrelación simple.

Grafica 8.24 Comportamiento cable 6, 8, 12 año 2007-2008-2009.



Grafica 8.25. Comportamiento alambre 8, 10, 12, 14 año 2007-2008-2009.



## 8.2 MODELO DE INVENTARIOS PROBABILISTICO.

En los modelos probabilísticos la demanda se describe como una distribución de probabilidades, los modelos desarrollados se clasifican en general bajo situaciones de análisis continuo y periódico. Los modelos de análisis periódicos incluyen casos de un solo periodo y de periodos múltiples.

### 8.2.1 Modelos de revisión continua

Se pretende poner sobre tapete de discusión la posibilidad de escoger dos modelos: Una versión probabilizada de EOQ determinista que utiliza existencias estabilizadoras para explicar la demanda probabilística, y un EOQ probabilístico mas exacto que incluye la demanda probabilística de forma mas directa en la formulación

### 8.2.2 Modelo EOQ probabilizado

En algunos casos se ha tratado de adaptar el modelo EOQ determinista para refleja la naturaleza probabilística de la demanda usando una aproximación que sobrepone existencias estabilizadoras constantes sobre el nivel de inventario en todo el horizonte de planeación. El tamaño de las existencias estabilizadoras se determina de modo que la probabilidad de agotamiento de las existencias durante el tiempo de entrega no exceda un valor predeterminado.

Sean

$L$  = Tiempo de entrega de colocar y recibir un pedido

$x_L$  = Variable aleatoria que representa la demanda durante el tiempo de entrega

$\mu_L$  = Demanda promedio durante del periodo de entrega

$\sigma_L$  = Desviación estándar de la demanda durante el periodo de entrega

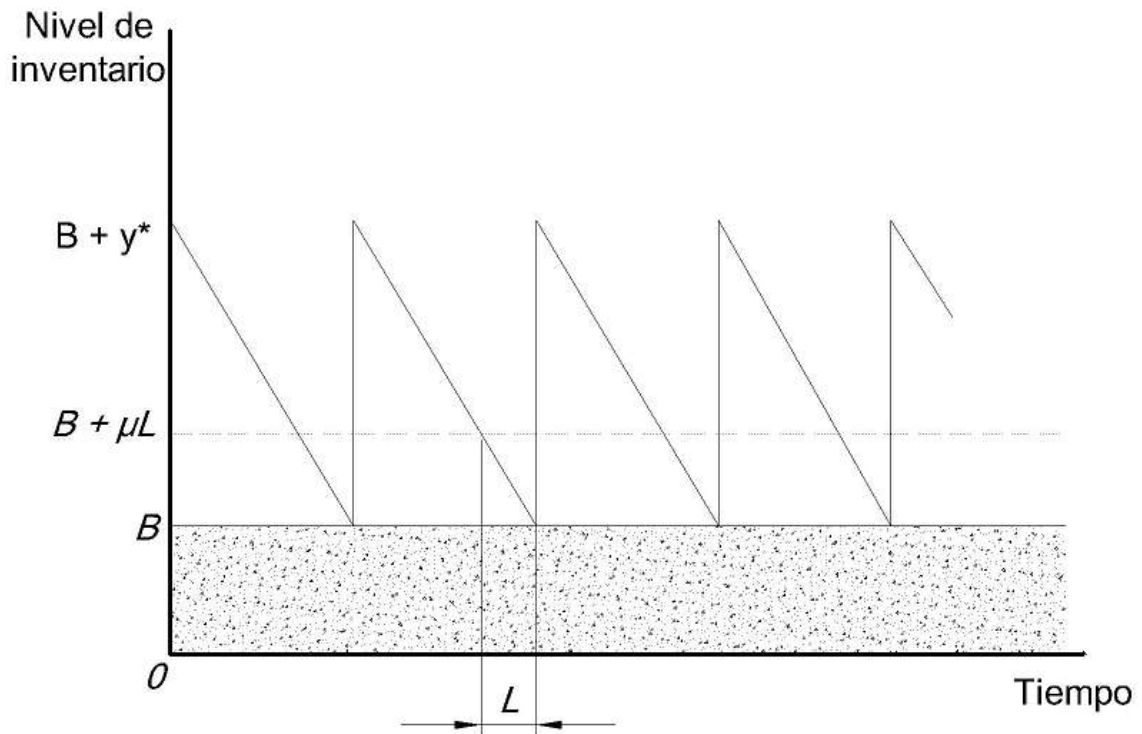
$B$  = Tamaño de la existencia estabilizadora

$\alpha$  = Máxima probabilidad disponible de agotamiento de las existencias durante el tempo de entrega  $L$  se distribuye normalmente con media

La principal suposición del modelo es que la demanda,  $x_L$ , durante el tiempo de entrega se distribuye normalmente con media  $\mu_L$  y desviación estándar  $\sigma_L$ , es decir  $N(\mu_L, \sigma_L)$ .

La gráfica 8.26, describe la relación entre la existencia estabilizadora,  $B$ , y los parámetros del modelo EOQ determinista que incluye el tiempo de entrega  $L$ , la demanda promedio durante el tiempo de entrega  $\mu_L$ , y el EOQ,  $y^*$ . Note que  $L$  debe ser igual al tiempo de entrega efectivo

Grafica 8.26. Modelo EOQ Probabilizado



La condición de probabilidad que se usa para determinar  $B$  se escribe como

$$P(x_L \geq B + \mu_L) \leq \alpha \quad (1)$$

Por definición:

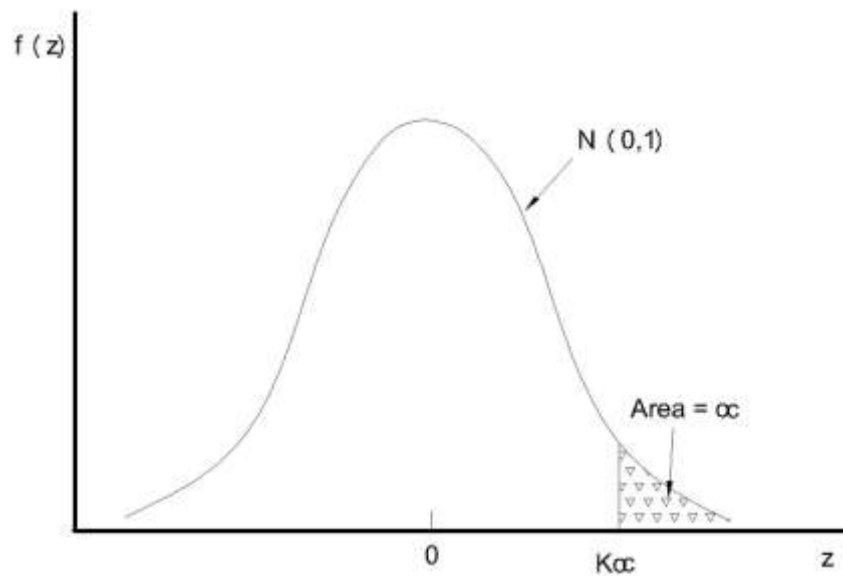
$$z = \frac{x_L - \mu_L}{\sigma_L} \quad (2)$$

Es una variable aleatoria  $N(0,1)$ . De esta forma tenemos,

$$P\left\{z \geq \frac{B}{\sigma_L}\right\} \leq \alpha \quad (3)$$

La gráfica 8.27, define  $K_\alpha$ , que se determina a partir de las tablas de normales estándar tal como se muestra a continuación.

Gráfica 8.27 Determinación de  $K_\alpha$  para el tamaño de la existencia estabilizadora



Así, el tamaño de la existencia estabilizadora debe satisfacer

$$B \geq \sigma_L K_\alpha \quad (4)$$

La demanda durante el tiempo de entrega  $L$ , normalmente se describe mediante una función de densidad de probabilidad por unidad de tiempo, que para este caso es mensual, de la cual podemos determinar la distribución de la demanda durante  $L$ . De forma específica, dado que la demanda por unidad de tiempo es normal con media  $D$  y desviación estándar  $\sigma$ , entonces en general, la demanda durante  $L$  es  $N(\mu_L, \sigma_L)$ , donde

$$\mu_L = DL \quad (5)$$

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma^2 L} \quad (6)$$

La fórmula para  $\sigma_L$  requiere que  $L$  sea redondeada a un valor entero en caso de no serlo.

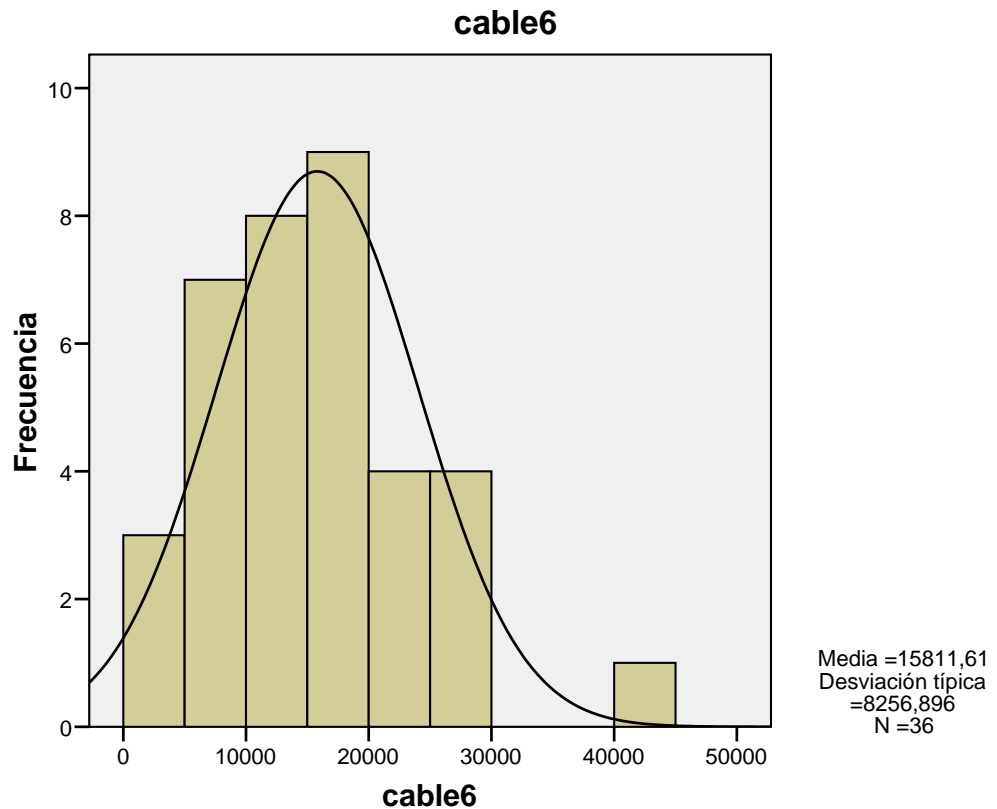
### 8.3. Aplicación del modelo EOQ probabilizado a cada uno de los productos

Para la aplicación del modelo seleccionado se empleará el procedimiento descrito en el numeral 8.2.2, pero es necesario comprobar que la serie de tiempo que se tiene como resultado de compilar el comportamiento de la demanda durante 36 periodos de cada uno de los productos seleccionado, presenta una distribución normal

### 8.3.1 Análisis cable 6

Grafico 8.28 Histograma de cable 6

#### Curva de comparación



#### Prueba de bondad y ajuste para cable 6

La prueba de bondad y ajuste se basa en una medición entre las frecuencias empírica u observada y teórica correspondientes a las diferentes celdas del histograma producido.

Dada  $o_i$  y  $n_i$  para cada celda  $i$  del histograma, una medida de la desviación entre las frecuencias empírica y observada se calcula como

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{o_i - n_i}{n_i}^2 \quad (7)$$

Conforme  $N \rightarrow \infty$ ,  $\chi^2$  es asintóticamente una fpd chi-cuadrada con  $N - k - 1$  grados de libertad donde  $k$  es el numero de parámetros estimados de los datos primarios (o en el organigrama) y que se usa para definir la distribución teórica.

La hipótesis nula,  $H_0$  que la muestra observada se extrae de la distribución teórica normal,  $f(t)$  se acepta si:

$$X^2 < \chi^2_{N-k-1,1-\alpha} \quad (8)$$

Donde  $\chi^2_{N-k-1,1-\alpha}$  es el valor de chi-cuadrada con  $N - k - 1$  grados de libertad y el nivel de significancia  $\alpha$ .

Los cálculos de la prueba para el cable 6, se muestran en la tabla 8.23

Tabla 8.23 Prueba de bondad y ajuste para cable 6

cable6				
Celda	Frecuencia Observada ( $o_i$ )	Frecuencia Teórica ( $n_i$ )	diff <sup>2</sup> ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup>	diff <sup>2</sup> /esp ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup> / $n_i$
1(-inf,5000)	3	3,427156529	0,1824627	0,053240259
2(5001,10000)	7	5,24032163	3,096467964	0,590892732
3(10001,15000)	8	7,923087496	0,005915533	0,00074662
4(15001,20000)	9	8,393924968	0,367326945	0,043761047
5(20001,inf)	9	11,01550938	4,062278051	0,368778048
			$X^2 \rightarrow$	<b>1,057418706</b>

Donde:  $H = 5$ ;  
 $K = 2$  porque estamos estimando dos parámetros de los datos observados, que son la media y la desviación estándar  
 Con un grado de significancia  $\alpha = 0.05$

Luego los grados de libertad son  $5-2-1=2$

Se consulta la tabla chi-cuadrada del anexo 3 da el valor crítico  $\chi^2_{2,0.05} = 5.991$  .  
 Como el valor  $X^2 (= 1,057)$  es menor que el valor crítico, se acepta la hipótesis de que la muestra se extrae de la fdp normal hipotética.

### 8.3.2 Análisis cable 8



Prueba de bondad y ajuste para cable 8

Grafico 8.29 Histograma de cable 8

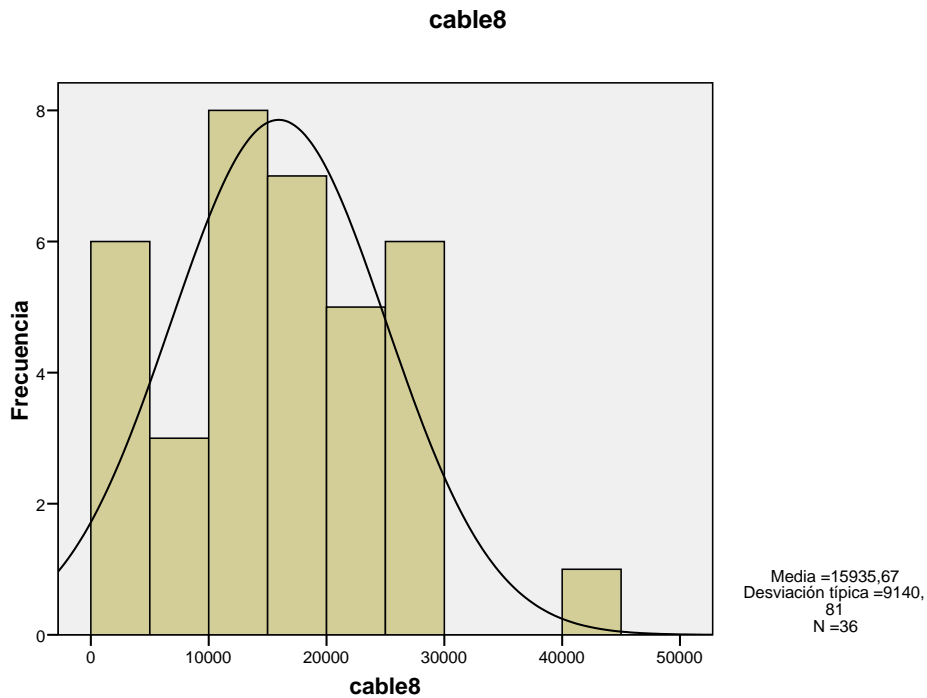


Tabla 8.24 Prueba de bondad y ajuste para cable 8

<b>cable8</b>				
Celda	Frecuencia Observada ( $o_i$ )	Frecuencia Teórica ( $n_i$ )	diff <sup>2</sup> ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup>	diff <sup>2</sup> /esp ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup> / $n_i$
<b>1(-inf,10000)</b>	9	9,28991522	0,084050835	0,009047535
<b>2(10001,15000)</b>	8	7,242540694	0,5737446	0,079218692
<b>3(15001,20000)</b>	7	7,649053369	0,421270275	0,055074825
<b>4(20001,25000)</b>	5	6,033716453	1,068569706	0,177099755
<b>5(25001,inf)</b>	7	5,784774264	1,476773589	0,255286295
			<b><math>\chi^2 \rightarrow</math></b>	<b>0,575727102</b>

La hipótesis nula,  $H_0$  que la muestra observada se extrae de la distribución teórica normal,  $f(t)$  se acepta si:

Aplicando la desigualdad (8):

$$X^2 < \chi^2_{N-k-1, 1-\alpha}$$

Con  $H = 5$ ;  $K = 2$ ;  $\alpha = 0,05$

Luego, los grados de libertad son  $5-2-1 = 2$

Se consulta la tabla chi-cuadrada del anexo 3 da el valor crítico  $\chi^2_{2,0.05} = 5.991$ .

Como el valor  $X^2 (= 0,575)$  es menor que el valor crítico, se acepta la hipótesis de que la muestra se extrae de la fdp normal hipotética.

### 8.3.3 Análisis cable 12

Prueba de bondad y ajuste para cable 12

Gráfico 8.30 Histograma de cable 12

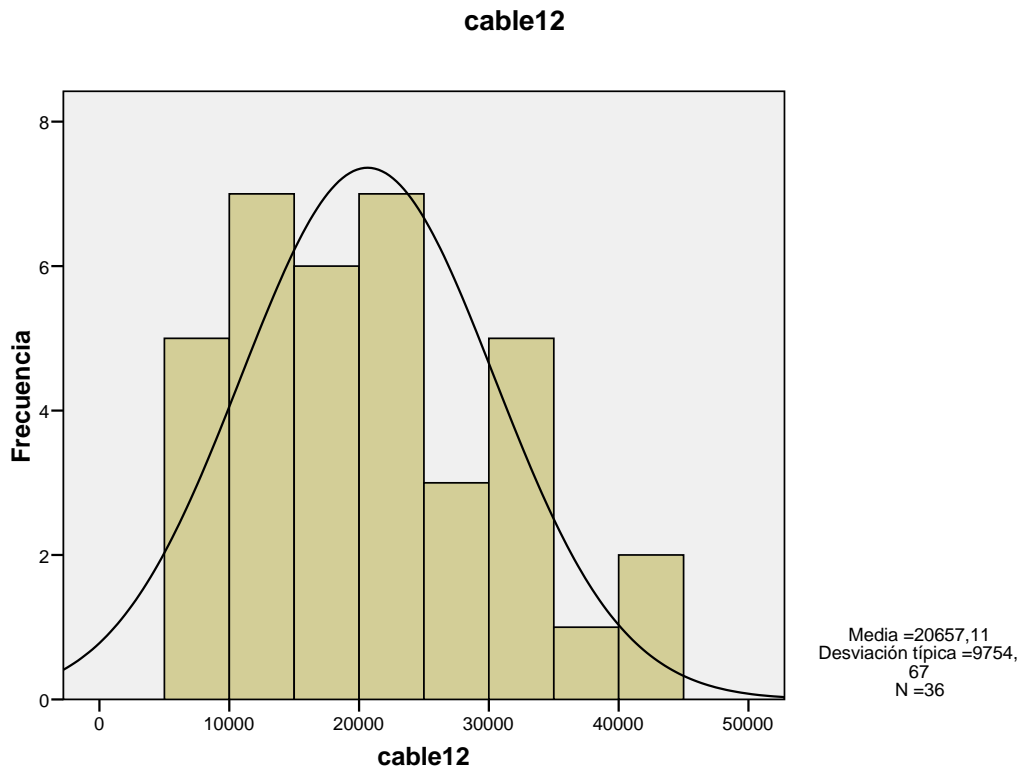


Tabla 8.25 Prueba de bondad y ajuste para cable 12

cable12				
Celda	Frecuencia Observada ( $o_i$ )	Frecuencia Teórica ( $n_i$ )	diff <sup>2</sup> ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup>	diff <sup>2</sup> /esp ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup> / $n_i$
1(-inf,10000)	5	4,942932096	0,003256746	0,000658869
2(10001,15000)	7	5,172274377	3,340580955	0,64586306
3(15001,20000)	6	6,918051848	0,842819196	0,121828979
4(20001,25000)	7	7,155734144	0,024253124	0,003389327
5(25001,30000)	3	5,723937844	7,419837379	1,296281962
6(30001,35000)	5	9,264656829	18,18729787	1,963083815
7(35001,inf)	3	2,546350706	0,205797682	0,080820635
			<b>X<sup>2</sup> →</b>	<b>4,111926648</b>

La hipótesis nula,  $H_0$  que la muestra observada se extrae de la distribución teórica normal,  $f(t)$  se acepta si:

Aplicando la desigualdad (8):

$$\chi^2 < \chi^2_{N-k-1, 1-\alpha}$$

Con  $H = 7$ ;  $K = 2$ ;  $\alpha = 0,05$

Luego, los grados de libertad son  $7-2-1 = 4$

Se consulta la tabla chi-cuadrada del anexo 3 da el valor crítico  $\chi^2_{4,0.05} = 14,067$ . Como el valor  $X^2$  (= 4.111) es menor que el valor crítico, se acepta la hipótesis de que la muestra se extrae de la fdp normal hipotética.

### 8.3.4 Análisis alambre 8

Prueba de bondad y ajuste para alambre 8

Grafico 8.31 Histograma de Alambre 8

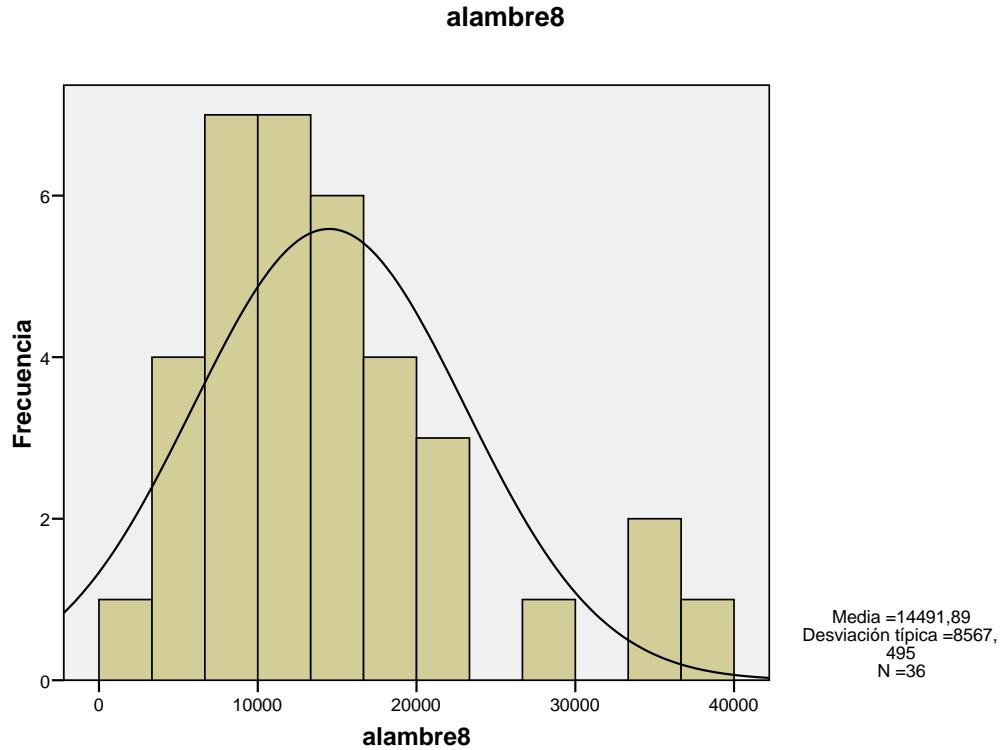


Tabla 8.26 Prueba de bondad y ajuste para alambre 8

<b>alambre8</b>				
Celda	Frecuencia Observada ( $o_i$ )	Frecuencia Teórica ( $n_i$ )	diff <sup>2</sup> ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup>	diff <sup>2</sup> /esp ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup> / $n_i$
<b>1(-inf,7000)</b>	5	6,873669718	3,510638212	0,510737111
<b>2(7001,14000)</b>	14	10,30221654	13,67360249	1,3272486
<b>3(14001,21000)</b>	11	10,76953022	0,053116318	0,004932092
<b>4(28001,inf)</b>	6	8,054583514	4,221313414	0,524088354
			<b>X<sup>2</sup> →</b>	<b>2,367006157</b>

La hipótesis nula,  $H_0$  que la muestra observada se extrae de la distribución teórica normal,  $f(t)$  se acepta si:

Aplicando la desigualdad (8):

$$\chi^2 < \chi^2_{N-k-1, 1-\alpha}$$

Con  $H = 4$ ;  $K = 2$ ;  $\alpha = 0,05$

Luego, los grados de libertad son  $4-2-1 = 1$

Se consulta la tabla chi-cuadrada del anexo 3 da el valor crítico  $\chi^2_{1,0.05} = 3,841$ .

Como el valor  $X^2 (= 2,367)$  es menor que el valor crítico, se acepta la hipótesis de que la muestra se extrae de la fdp normal hipotética.

### 8.3.5 Análisis alambre 10

Prueba de bondad y ajuste para alambre 10

Grafico 8.32 Histograma de Alambre 10

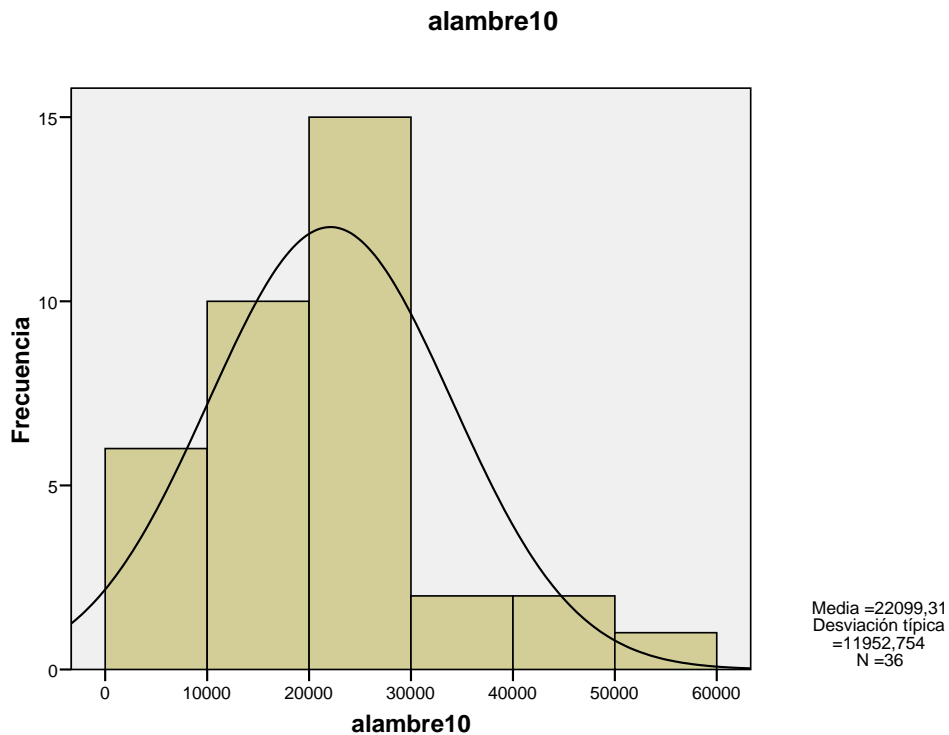


Tabla 8.27 Prueba de bondad y ajuste para alambre 10

alambre10				
Celda	Frecuencia Observada ( $o_i$ )	Frecuencia Teórica ( $n_i$ )	diff <sup>2</sup> ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup>	diff <sup>2</sup> /esp ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup> / $n_i$
1(-inf,10000)	6	5,605440104	0,155677512	0,027772576
2(10001,20000)	10	9,885032041	0,013217632	0,001337136
3(20001,30000)	15	11,35443261	13,29016157	1,170482227
4(30001,40000)	2	6,738923185	22,45739295	3,332489826
5(40001,inf)	3	2,416172058	0,340855066	0,141072348
			$\chi^2 \rightarrow$	<b>4,673154114</b>

La hipótesis nula,  $H_0$  que la muestra observada se extrae de la distribución teórica normal,  $f(t)$  se acepta si:

Aplicando la desigualdad (8):

$$\chi^2 < \chi^2_{N-k-1, 1-\alpha}$$

Con  $H = 5$ ;  $K = 2$ ;  $\alpha = 0,05$

Luego, los grados de libertad son  $5-2-1 = 2$

Se consulta la tabla chi-cuadrada del anexo 3 da el valor crítico  $\chi^2_{2,0.05} = 5.991$ .

Como el valor  $X^2 (= 4,673)$  es menor que el valor crítico, se acepta la hipótesis de que la muestra se extrae de la fdp normal hipotética.

### 8.3.6 Análisis alambre 12

Prueba de bondad y ajuste para alambre 12

Grafico 8.33 Histograma de Alambre 12

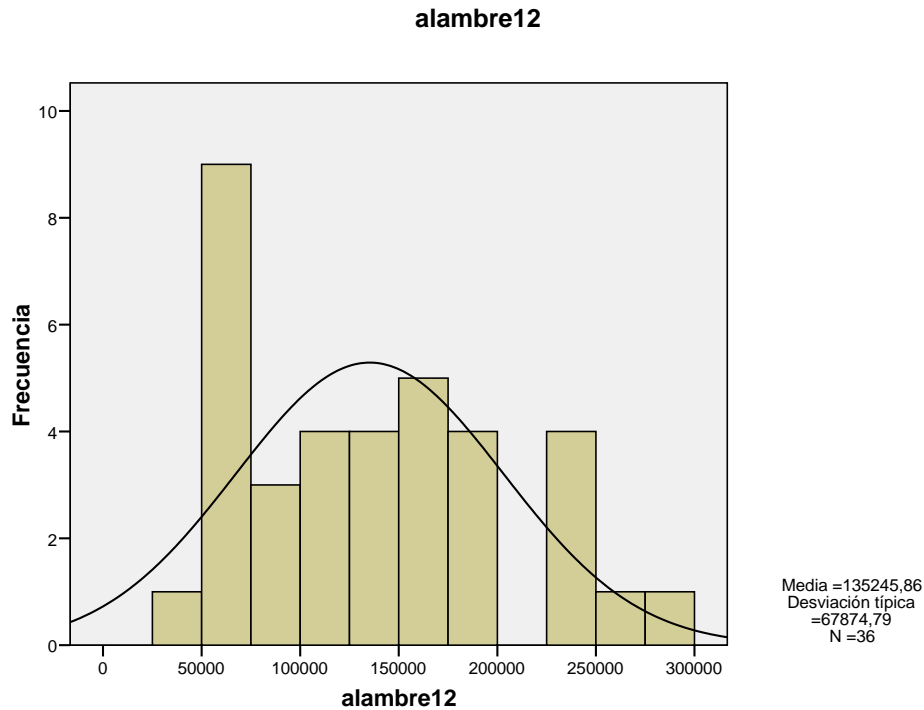


Tabla 8.28 Prueba de bondad y ajuste para alambre 12

alambre12				
Celda	Frecuencia Observada ( $o_i$ )	Frecuencia Teórica ( $n_i$ )	diff <sup>2</sup> ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup>	diff <sup>2</sup> /esp ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup> / $n_i$
1(-inf,70000)	5	6,055514149	1,114110119	0,183982746
2(70001,140000)	14	12,94961285	1,103313155	0,085200474
3(140001,210000)	11	12,12150211	1,257766982	0,103763294
4(280001,inf)	6	4,873370886	1,269293159	0,260454866
			$\chi^2 \rightarrow$	<b>0,633401379</b>

La hipótesis nula,  $H_0$  que la muestra observada se extrae de la distribución teórica normal,  $f(t)$  se acepta si:

Aplicando la desigualdad (8):

$$\chi^2 < \chi^2_{N-k-1, 1-\alpha}$$

Con  $H = 4$ ;  $K = 2$ ;  $\alpha = 0,05$

Luego, los grados de libertad son  $4-2-1 = 1$

Se consulta la tabla chi-cuadrada del anexo 3 da el valor crítico  $\chi^2_{1,0.05} = 3,841$ .

Como el valor  $X^2 (= 0,633)$  es menor que el valor crítico, se acepta la hipótesis de que la muestra se extrae de la fdp normal hipotética.

### 8.3.7 Análisis alambre 14

Prueba de bondad y ajuste para alambre 14

Grafico 8.34 Histograma de Alambre 14

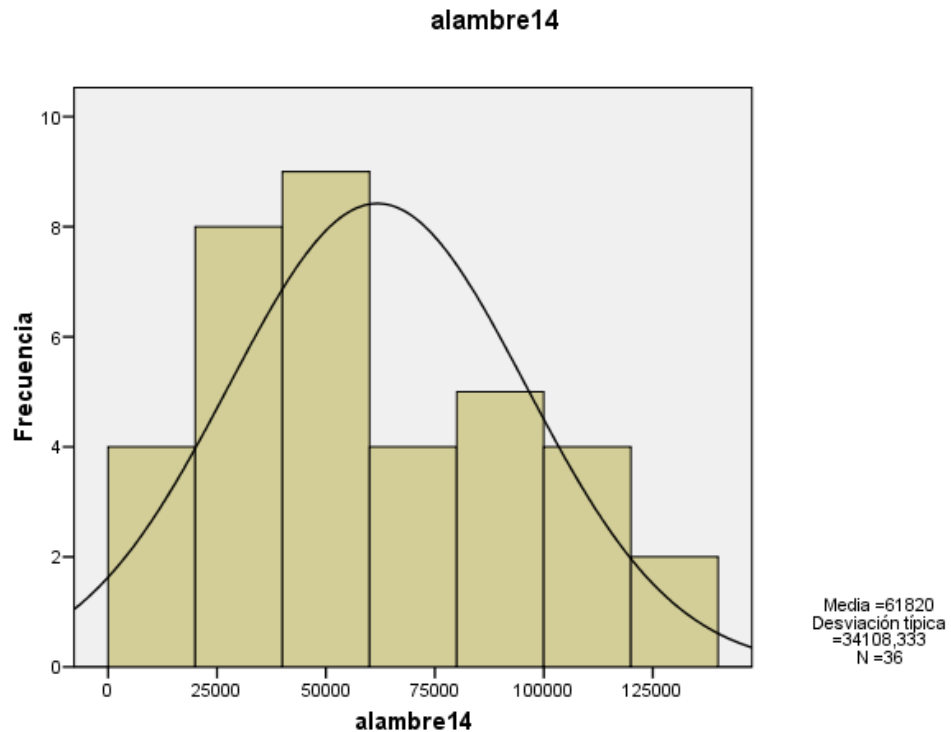




Tabla 8.29 Prueba de bondad y ajuste para alambre 14

alambre14				
Celda	Frecuencia Observada ( $o_i$ )	Frecuencia Teórica ( $n_i$ )	diff <sup>2</sup> ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup>	diff <sup>2</sup> /esp ( $o_i - n_i$ ) <sup>2</sup> / $n_i$
1(-inf,20000)	5	3,962943943	1,075485266	0,271385435
2(40001,20000)	7	5,439365252	2,435580817	0,447769308
3(60001,40000)	6	7,831710843	3,355164611	0,428407621
4(80001,60000)	7	8,073469935	1,152337701	0,142731404
5(100001,80000)	3	5,958863119	8,75487096	1,469218336
6(100001,inf)	8	4,733646908	10,66906252	2,253877977
			$\chi^2 \rightarrow$	<b>5,013390082</b>

La hipótesis nula,  $H_0$  que la muestra observada se extrae de la distribución teórica normal,  $f(t)$  se acepta si:

$$\chi^2 < \chi^2_{N-k-1, 1-\alpha}$$

Con  $H = 6$ ;  $K = 2$ ;  $\alpha = 0,05$

Luego, los grados de libertad son  $6-2-1 = 3$

Se consulta la tabla chi-cuadrada del anexo 3 da el valor crítico  $\chi^2_{3,0.05} = 7,815$ .

Como el valor  $\chi^2 (= 5,013)$  es menor que el valor crítico, se acepta la hipótesis de que la muestra se extrae de la fdp normal hipotética.

### 8.3.8 Ejecución del modelo EOQ probabilizado

Sean

$L$  = Tiempo de entrega de colocar y recibir un pedido

$x_L$  = Variable aleatoria que representa la demanda durante el tiempo de entrega

$\mu_L$  = Demanda promedio durante del periodo de entrega

$\sigma_L$  = Desviación estándar de la demanda durante el periodo de entrega

$B$  = Tamaño de la existencia estabilizadora

$\alpha$  = Máxima probabilidad disponible de agotamiento de las existencias durante el tiempo de entrega  $L$  se distribuye normalmente con media

La principal suposición del modelo es que,

la demanda,  $x_L$ , durante el tiempo de entrega se distribuye normalmente con media  $\mu_L$  y desviación estándar  $\sigma_L$ , es decir  $N(\mu_L, \sigma_L)$ , se cumple.

Partiendo de una muestra representada por los históricos de ventas de los últimos 36 meses de los productos que, según la clasificación ABC, tienen mayor incidencia en el capital invertido en la empresa debido a que son los que más se venden, se calculó la media y la desviación estándar de cada una de las muestras, cuyos resultados se expresan en la tabla 8.30 junto con los valores de demanda promedio ( $\mu_L$ ) y desviación estándar ( $\sigma_L$ ) ambos parámetros calculados para el lapso transcurrido durante el tiempo de entrega.

La demanda promedio durante el tiempo de entrega ( $\mu_L$ ) se calcula mediante la ecuación (5)

La desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega ( $\sigma_L$ ) se calcula mediante la ecuación (6)

Tabla 8.30 compilación de parámetros usados para modelo EOQ probabilizado

Resúmenes de casos							
	Cable 6	Cable 8	Cable 12	Alambre 8	Alambre 10	Alambre 12	Alambre 14
Media de la muestra ( $\mu$ )	15822,61	15935,67	20657,11	14491,89	22099,31	135245,86	61820,00
Desv. típ. De la muestra ( $\sigma$ )	8256,90	9140,81	9754,67	8567,50	11952,75	67874,79	34108,33
Media durante el tiempo de entrega ( $\mu L$ )	3955,65	3983,92	5164,28	3622,97	5524,83	33811,47	15455,00
Desv. típ. durante el tiempo de entrega ( $\sigma L$ )	4.128	4.570	4.877	4.284	5.976	33.937	17.054

En la tabla 8.31 se muestran los datos que sirven como base para calcular los valores del lote económico (OEQ) para cada uno de los productos, los cuales fueron extraídos para el caso de costo del pedido del análisis presentado en la tabla 2.3 y para el costo de mantener el inventario de la tabla 7.2 en la cual se detalla lo que cuesta mantener en el tiempo un artículo por unidad de consumo que para este caso, por el hecho de ser cables y alambre la unidad de comercialización es por metros.

Tabla 8.31 Parámetros usados para Modelo EOQ probabilizado

	DEMANDA (m)	$\sigma$ DEMANDA (m)	COSTO PEDIDO (\$)	COSTO MTTO UNIT (\$)	EOQ (m)
<b>EOQ CABLE 6</b>	15.812	8.257	63.639	63	5.652
<b>EOQ CABLE 8</b>	15.936	9.141	63.639	55	6.073
<b>EOQ CABLE 12</b>	20.657	9.755	63.639	51	7.180
<b>EOQ ALAMBRE 8</b>	14.492	8.567	63.639	63	5.411
<b>EOQ ALAMBRE 10</b>	22.099	11.953	63.639	59	6.905
<b>EOQ ALAMBRE 12</b>	135.246	67.875	63.639	57	17.378
<b>EOQ ALAMBRE 14</b>	61.820	34.108	63.639	55	11.961

En la tabla 8.32 se detallan las cantidades que representan la política de inventarios arrojada por el modelo EOQ probabilizado que se sugiere a la alta gerencia de la empresa Iluminaciones Gómez S.A.S. adoptar desde el momento que se implemente los lineamientos y recomendaciones hechos en este trabajo de investigación, el tiempo de entrega para cables y alambres es de una semana para todos los productos aquí procesados, aunque sean suministrados por diferentes proveedores.

El tamaño de la existencia estabilizadora se calculó mediante la ecuación (4)

El valor de la cantidad que indica el momento de pedir o punto de reorden se calculó mediante la expresión (1)

Tabla 8.32 Resultados para cada productos según modelo EOQ probabilizado

	(L) TIEMPO DE ENTREGA (mes)	(B) TAMAÑO EXISITENCIA ESTABILIZADORA (m)	PUNTO DE REORDEN (m)
<b>EOQ CABLE 6</b>	0,25	6.771	10.724
<b>EOQ CABLE 8</b>	0,25	7.495	11.479
<b>EOQ CABLE 12</b>	0,25	7.999	13.163
<b>EOQ ALAMBRE 8</b>	0,25	7.025	10.648
<b>EOQ ALAMBRE 10</b>	0,25	9.801	15.326
<b>EOQ ALAMBRE 12</b>	0,25	55.657	89.469
<b>EOQ ALAMBRE 14</b>	0,25	27.969	43.424

## **9. CONCLUSIONES**

### **9.1 COMENTARIOS ACLARATORIOS PREVIOS**

- Inicialmente se creyó que las cantidades de artículos a comprar para satisfacer las demandas durante los diferentes periodos del año, se pronosticarían a partir del procesamiento de los datos históricos de ventas aplicando los modelos ARIMA pero esto no produjo los resultados esperados porque en este modelo dependen mucho de los patrones de autocorrelación que existen en los datos.
- Con el fin de averiguar toda la información que incide sobre el comportamiento de las ventas, se realizó una reunión con el departamento comercial de la empresa convocándose a ésta, todos los vendedores para recoger sus opiniones y metodología de trabajo; se encontró que los datos históricos de ventas no se correlacionan entre sí porque el comportamiento de la demanda en nuestro medio es muy fluctuante, razón por la cual se presentan picos que obedecen a la adjudicación de un contrato s de suministro de materiales eléctricos para un edificio o unidad residencial por parte de una empresa de construcción.
- Para realizar un pronóstico confiable con base a una serie de tiempo se requiere una gran cantidad de datos y en este caso solo se cuentan con los históricos de ventas de los últimos 36 periodos, razón por la cual el modelador experto del paquete estadístico SPSS no puede calcular sus pronósticos con un error insignificante en la mayoría de los casos tratados.

## 10. RECOMENDACIONES

### 10.1 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

Las siguientes sugerencias ayudarán al profesional a resolver los problemas de almacén:

1. Cuando se instala un software especializado sobre todo si ofrece reposición automática, es importante asignar la responsabilidad operacional a una persona que no sea el diseñador del sistema. Existe una fuerte tentación de que todos los interesados adopten una actitud de no intervención ante el sistema. En consecuencia la información errónea o las circunstancias que no fueron previstas al programar el sistema no se corrigen hasta que sobreviene un desastre de enormes proporciones; entonces los problemas se atribuirán al sistema de cómputo.
2. No conviene desarrollar al inicio sistemas demasiado complejos de reposición para las sucursales de almacén. El punto importante al desarrollar un sistema consiste en mejorar cuanto antes la situación actual en los primeros pasos y después refinar el sistema. Los sistemas de reposición de inventario son a veces tan rudimentarios, que pueden perfeccionarse mucho con un poco de refinamiento. El profesional se dará cuenta de que el sistema en uso puede mejorarse fácilmente sin implantar una serie de nuevas e intrincadas técnicas.
3. El problema más serio consistirá en lograr la coordinación entre la planta principal y las sucursales de almacén; no será fácil convencer a la gente de la necesidad de lograrla. Pero es importante no exagerar al respecto, puesto que ni siquiera esta medida tan urgente resolverá todos los problemas existentes en un sistema normal de inventario. Se mide el desempeño actual (la rotación de inventario y el servicio a clientes que se está presentando en cada sucursal con el sistema actual) y luego el mejoramiento resultante de los cambios del sistema pueden ser mostrados con claridad. Gran parte del personal, en especial los que no son partidarios de un sistema integrado de inventario de almacén, tenderán a recordar “la época buena” en que nunca se agotaba nada y todo marchaba de maravillas. Las medidas del desempeño ofrecen comparaciones y metas objetivas para todo el mundo.

4. Cuando se da una buena comunicación entre la planta principal y la sucursal de almacén después de calcular los niveles meta en la planta principal, aun haciéndolos con equipo de procesamiento de datos, las metas individuales deben ser examinadas por los gerentes de las sucursales de almacén para que sientan haber participado en el establecimiento de los objetivos y, cosa igualmente importante, para que los ajustes se hagan teniendo en cuenta las circunstancias especiales del territorio abarcado.
5. el informe ideal sobre la condición del stock en la sucursal de almacén deberá hacerse en la planta principal, usando las cifras del inventario presentado por las sucursales y deberá mostrar en él la condición del stock en la planta principal, lo mismo que en las sucursales de almacén. Ello permite al encargado de las órdenes realizar un buen trabajo al asignar los artículos que escasean y también le será de gran ayuda cuando pida para alcanzar un nivel mínimo de peso de embarque. Por ejemplo, como sabe cuáles productos están disponibles y cuáles no lo están en la planta principal, la orden difícilmente incluirá artículos críticos que no pueden enviarse; por tanto, hará que la orden total disminuya por abajo del peso meta. Una copia de este informe sobre la condición del stock, enviado a la sucursal de almacén, mostrará al gerente de éste los detalles del pedido que será enviado después. También muestra la condición del stock en la planta principal, para mostrar que la sucursal está recibiendo una parte equitativa del inventario disponible. Ello contribuirá enormemente a crear una confianza mutua y a establecer una mejor relación de trabajo entre el gerente de la sucursal de almacén y la planta principal.
6. Un programa regular de embarques para las sucursales de almacén (en especial si hay muchas) se establecerán para el departamento de embarques de la planta principal; habrá que medir el desempeño de esta última en el cumplimiento de ese programa, lo mismo que en el surtido de los pedidos de los clientes.
7. Una de las quejas que más a menudo se escuchan entre el personal del departamento de planeación y control es que las cosas escapan a su control. Así, las decisiones gerenciales se toman con objeto de aumentar el número de sucursales de almacén o de utilizar un método más barato de envío que incremente el tiempo guía o que requiera embarques a las sucursales en intervalos menos frecuentes. El personal de la gerencia que toma este tipo de decisiones debe recibir información sobre los efectos que probablemente se presenten (aumento del inventario o un servicio menos satisfactorio a los clientes que contrarrestarán en parte o complemente las ventajas de la reducción de costo o del incremento de las ventas). Los

planificadores no son ajenos a la toma de esas decisiones sino que, por el contrario, es su responsabilidad.

Téngase muchos artículos de poco valor; estos deben estar disponibles cuando se requieran

Utilícese el esfuerzo de control para reducir el inventario de los artículos de mucho valor



## 11. BIBLIOGRAFIA

GERENCIA estratégica de costos: La nueva herramienta para desarrollar una ventaja competitiva. Norma, 1997.

HERNADEZ, Sampieri Roberto y otros. Metodología de la investigación. McGraw Hill. México, 1999.

ICONTEC, Tesis y otros trabajos de grado, Colombia 2009.

JURAN – GRYNA. Planificación y control de la calidad en la empresa. Ed. Reverté.

MENDEZ A., Carlos E., Metodología , McGrawhill. Santafé de Bogotá, 1998.

RENDER STAIR JR. HANNA. Modelos cuantitativos para los negocios. Novena Edición. Editorial Pearson.

HAMDY A. TAHA Investigación de Operaciones Sexta edición. Editorial Prentice Hall, Mexico

Páginas Web:

[www.icontec.com](http://www.icontec.com)

[www.iso9000.com](http://www.iso9000.com)

[www.monografias.com](http://www.monografias.com)

## ANEXOS