

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ingeniería**

**Determinar un modelo de proyección que permita  
pronosticar la demanda de un producto**

**Trabajo de graduación presentado por  
Ivania Elizabeth Santillana Abarca  
previo a optar al grado de Licenciada  
en Ingeniería Industrial**

**Guatemala  
2006**

**BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Determinar un modelo de proyección que permita pronosticar la demanda de un producto**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ingeniería**

**Determinar un modelo de proyección que permita  
pronosticar la demanda de un producto**

**Trabajo de graduación presentado por  
Ivania Elizabeth Santillana Abarca  
previo a optar al grado de Licenciada  
en Ingeniería Industrial**


**Guatemala  
2006**


**BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Vo. Bo.

(f)   
Lic. Oscar Melchor

Tribunal

(f)   
Lic. Adrian Licht

(f)   
Lic. Manuel Hernández

(f)   
Lic. Oscar Melchor

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de diciembre de 2006.

## **PREFACIO**

El trabajo de graduación titulado “DETERMINAR UN MODELO DE PROYECCIÓN QUE PERMITA PRONOSTICAR LA DEMANDA DE UN PRODUCTO” se basa en el proyecto realizado en un restaurante de comida rápida, donde es importante establecer un modelo de proyección para conocer la demanda futura de un producto.

La proyección de la demanda se hace con la finalidad de determinar el número de unidades de un producto que esperan venderse, y en base a ello programar la producción y organizar los recursos materiales y humanos.

Para el desarrollo del proyecto se tuvo acceso a la información histórica de la venta de unidades del producto, la cual fue analizada mediante diferentes modelos de proyección para determinar el más adecuado. Se realizaron varias reuniones con el personal interesado en el proyecto, quienes brindaban su aprobación a las distintas fases de desarrollo del proyecto y retroalimentación cuando era necesario.

Al determinar el modelo de proyección que permite pronosticar, razonablemente, la demanda del producto, se realizó un programa de producción en el cual se establece en qué momento se deben desarrollar las etapas de producción y la cantidad de producto que se debe producir en cada etapa.

Después de desarrollar el programa de producción se realizó una comparación entre la cantidad de producto que se debe producir, según el programa de producción, y la cantidad producida en el restaurante, determinada de forma empírica. Esta comparación sirvió de base para realizar el análisis económico del proyecto y establecer que se obtiene un mejor beneficio al implementar el programa de producción en el restaurante.

## RESUMEN

La optimización y planificación de los procesos es esencial para realizar una producción eficiente y atender satisfactoriamente las necesidades de los clientes. Para desarrollar estas actividades es necesario conocer la cantidad de unidades que se deben producir, y con base a ello desarrollar un programa de producción que permita conocer el momento en que se deben llevar a cabo cada una de las etapas del proceso de producción.

En la empresa de comida rápida, se obtuvo la información histórica de venta del producto durante el año 2005 para determinar un modelo de proyección que permita pronosticar la cantidad de unidades de un producto que se esperan vender en un período futuro. Se analizaron y evaluaron siete diferentes modelos de proyección, comparando la demanda pronosticada, con cada modelo, contra la demanda real del producto. La evaluación y análisis de los modelos incluyó el cálculo de diferencias, diferencias absolutas, promedios y desviaciones estándar, entre otros. De la comparación se concluyó que el modelo que mejor pronostica la demanda del producto es el de Ajuste Exponencial Simple.

Se determinó el pronóstico de venta, utilizando el modelo Ajuste Exponencial Simple, y con base a ello se hizo la programación de la producción, para establecer en qué momento se debe realizar cada una de las actividades de producción, y de esta manera satisfacer eficientemente la demanda y evitar el desperdicio.

Se llevó a cabo un análisis económico del proyecto, donde se determinó que para implementarlo se debe realizar una inversión de Q14,000.00, pero obtiene un beneficio semanal de Q2,205.00. A partir del beneficio obtenido se estima que en aproximadamente siete semanas ya se ha recuperado la inversión realizada, obteniendo una tasa interna de retorno de 2.5% semanal.

## INDICE

	Página
PREFACIO .....	iv
RESUMEN .....	v
LISTA DE CUADROS .....	vii
LISTA DE GRÁFICOS .....	viii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA .....	2
III. MODELOS DE PROYECCIÓN .....	8
IV. DETERMINACIÓN DEL MODELO DE PROYECCIÓN .....	17
V. PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	23
VI. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	25
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	30
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	32

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Cálculo de pronósticos con el modelo de promedio acumulado .....	12
2. Cálculo de pronósticos con el modelo de promedio móvil .....	12
3. Cálculo de pronósticos con el modelo de mínimos cuadrados .....	13
4. Factores de estacionalidad .....	13
5. Cálculo de pronósticos con el modelo de factores estacionales .....	14
6. Cálculo de pronósticos con el modelo de ajuste exponencial simple ...	15
7. Modelos que presentaron la menor diferencia .....	17
8. Modelos con diferencias en valor absoluto .....	18
9. Comparación de promedios y desviaciones estándar .....	18
10. Diferencias absolutas para cada proporción .....	21
11. Programa de producción .....	24
12. Producto desechado durante una semana sin programa de producción	25
13. Venta no efectuada durante una semana sin programa de producción .	26
14. Análisis, desarrollo e implementación del programa de producción ...	27
15. Producto desechado durante una semana con programa de producción	27
16. Venta no efectuada durante una semana con programa de producción	28

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
1. Comportamiento de la demanda del producto a lo largo del día .....	4
2. Componente cíclico y tendencia de la demanda del producto .....	11

## I. INTRODUCCIÓN

Para las empresas de todas las industrias es importante conocer la demanda de sus productos, para responder eficaz y eficientemente a los requerimientos del mercado. Cuando, en una empresa de comida rápida, se conoce la cantidad óptima de unidades de producto que se deben producir, se logra cubrir la demanda del cliente satisfactoriamente y reducir costos en distintos aspectos relacionados con la producción y venta del producto.

La demanda de un producto está influida por una serie de factores externos e internos que no se pueden prever con certeza, los cuales se deben tomar en cuenta al momento de proyectar la demanda futura de un producto. Para proyectar la demanda de un producto se recurre a modelos de proyección, los cuales utilizan información histórica mediante la cual determinan con cierto grado de certeza la cantidad de unidades de un producto que se esperan vender en un período futuro.

Al determinar el modelo de proyección que permite pronosticar, lo más acertadamente posible la demanda de un producto, se procede a realizar la programación de la producción y de esta manera conocer en qué momento se deben desempeñar las actividades necesarias para producir el producto.

La programación de la producción permite lograr un movimiento uniforme y rítmico de los productos a través de las etapas de producción, y brindar un buen servicio al cliente a través de la entrega puntual de los productos.

La determinación del modelo de proyección y la realización del programa de producción tienen una inversión asociada, la cual se debe evaluar, para establecer el costo-beneficio que obtiene la empresa al implementar el programa de producción, y se debe comparar con el costo-beneficio que se obtiene sin el programa de producción, para escoger la alternativa más conveniente desde la perspectiva financiera.

## II. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Las empresas de todas las industrias desean conocer, lo más acertadamente posible, la demanda de su producto, y responder eficaz y eficientemente a los requerimientos del mercado. El propósito de la proyección de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes internas, de modo que permitan el aprovechamiento eficiente del sistema de producción y la entrega puntual de los productos.

En la industria de la comida rápida, para realizar una adecuada proyección de la demanda de un producto, se debe tomar en cuenta una serie de factores internos y externos que influyen en la demanda. Debido a que existen muchos factores que no se pueden prever con certeza es prácticamente imposible hacer un pronóstico perfecto, por lo que se debe tratar de encontrar y emplear el modelo más conveniente para que la proyección sea lo más razonable que se pueda.

### A. Factores internos y externos que influyen en la demanda

1. **Rapidez en la entrega del producto:** Por tratarse de un restaurante de comida rápida el producto debe ser de calidad y debe entregarse de forma rápida para que el cliente quede satisfecho con el servicio. Esto se logra manteniendo inventario de producto terminado en hornos mantenedores para poder satisfacer la demanda del consumidor, tomando en cuenta el tiempo de vida del producto.

2. **Día y hora de la entrega del producto:** La demanda del producto es variable y está determinada por el día y la hora en que se desee el producto. Durante las horas habituales de comida la demanda crece, principalmente en el almuerzo; los fines de semana, días asueto y días festivos aumenta la demanda con respecto a los otros días.

3. **Tiempo de vida del producto:** El tiempo de vida de un producto alimenticio es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta; ya que por tratarse de un producto perecedero, éste no puede ser consumido después de finalizado su tiempo de vida.

4. **Disponibilidad del personal y equipo:** Es importante contar con el equipo y personal necesario para atender oportunamente al cliente. Los requerimientos de personal se deben programar de tal manera que apoyen la operación del restaurante siempre dentro del marco de la ley laboral vigente.

## B. Componentes de la demanda del producto

La demanda del producto del restaurante de comida rápida se puede separar en cinco componentes:

1. **Factores cíclicos:** El ciclo de la demanda de éste producto tiene un plazo de tiempo de una semana, observando los valores más altos los días sábado y domingo.

2. **Variaciones aleatorias:** Las variaciones aleatorias son producto de hechos fortuitos. Estas variaciones surgen como resultado de una fecha especial, un evento en el restaurante, un evento en las proximidades del restaurante que provoquen variación en el patrón de consumo, etc.

3. **Correlación propia:** La demanda del producto guarda una elevada correlación propia, lo cual indica que el valor esperado en un punto cualquiera de la proyección guarda estrecha relación con los valores del pasado. La correlación propia impide que la demanda presente un cambio radical de una semana a otra.

4. **Tendencia:** Aunque la demanda del producto presente movimientos cíclicos, variaciones aleatorias y correlación propia, esta demanda también muestra movimientos graduales hacia valores relativamente mayores a lo largo de un año. La tendencia lineal creciente de la demanda del producto se debe principalmente al aumento de la población consumidora y estrategias de mercadeo: publicidad y promociones.

5. **Estacionalidad:** El elemento estacional de la demanda surge en las quincenas y finales de cada mes, cuando los clientes tienen mayor capacidad económica para consumir el producto.

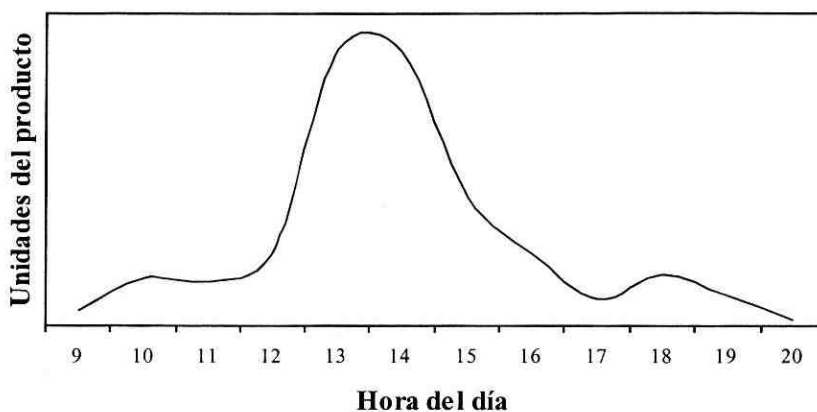
### C. Fuente de demanda del producto

La fuente de demanda para el producto del restaurante de comida rápida es Demanda Independiente por que no se deriva de la demanda de otros productos, sino que surge por el gusto de los consumidores. Muchas veces la demanda independiente es incierta, lo cual hace necesario utilizar modelos de proyección para determinarla y mantener una cantidad extra de unidades en inventario para reducir el riesgo de desabasto.

### D. Comportamiento de la demanda del producto

En la siguiente gráfica se observa el comportamiento de la demanda del producto a lo largo del día:

Gráfica No. 1 – Comportamiento de la demanda del producto a lo largo del día



## E. Factores que provocan cambios en la demanda

1. **Comportamiento de los competidores:** Los consumidores se pueden sentir atraídos por un competidor que les brinde un excelente servicio; a través de la entrega rápida de sus productos, la realización de publicidad y promociones, bajo precio, ubicación, etc.

2. **Capacidad física actual:** La capacidad del restaurante debe permitir producir la cantidad de producto necesaria, organizando la producción de acuerdo a la hora en que se pretende vender el producto.

3. **Capacidad externa o subcontratación:** Para producir este producto el restaurante no puede recurrir a fuentes externas de capacidad, debido a que el proceso de producción no lo permite. Es importante contar con capacidad suficiente en el restaurante para satisfacer oportunamente la demanda.

4. **Fuerza de trabajo actual:** La fuerza de trabajo se debe organizar de acuerdo con las horas y días en los que la demanda lo requiera. Siempre dentro del marco legal vigente.

5. **Niveles de inventarios:** Las materias primas necesarias para elaborar el producto se deben mantener a un nivel en el cual se pueda satisfacer la demanda del producto. Este nivel se determina con base a las ventas esperadas, con lo que se reducirá el costo de mantener inventario y el desperdicio ocasionado por la caducidad de la materia prima y/o producto terminado. Los niveles de inventarios ayudarán a determinar cuándo se deben ordenar las materias primas, cuál debe ser el volumen de la orden y cuándo se debe empezar a producir el producto para satisfacer la demanda.

6. **Demanda del mercado:** La demanda es variable con relación a la hora y al día en que se requiera el producto.

7. **Actividades requeridas para la producción:** Se deben planificar las actividades que contribuyen en la elaboración del producto, entre ellas: la recepción de la orden, la preparación de la mano de obra y del equipo, el proceso de producción, el manejo y mantenimiento del producto terminado, la preparación de la orden y la entrega del producto al consumidor.

## F. Planeación de las operaciones

Los planes para satisfacer la demanda son difíciles de realizar, especialmente cuando la demanda registra cambios importantes durante el día, de un día a otro y con el transcurso del tiempo. Estos cambios pueden ser provocados por cualquiera de los factores antes mencionados.

El proceso de planeación de las operaciones permite satisfacer eficientemente la demanda y manejar más fácilmente los programas de producción. Para llevar a cabo este proceso es necesario determinar la demanda del producto, y analizar los factores internos de la demanda como variables que pueden ser manipuladas al momento de realizar el plan de producción.

Para determinar la demanda de un producto las empresas normalmente acuden al departamento de ventas, de operaciones o de investigación de mercados; quienes utilizan diversas técnicas, como encuestas a los clientes, modelos de proyección y tendencias económicas y sociológicas, para tratar de establecer dicha demanda.

En el restaurante de comida rápida se determinó un modelo de proyección para pronosticar la demanda de un producto. Para determinar el modelo se utilizó información histórica sobre la venta del producto, la cual fue proporcionada por el Departamento de Operaciones.

La determinación de la demanda permite al restaurante reducir costos relacionados con el exceso de inventario de materia prima y posible expiración del mismo, el pago de

mano de obra innecesaria en determinadas horas del día y días de la semana, y el desperdicio de producto debido al término de su tiempo vida.

### III. MODELOS DE PROYECCIÓN

La planeación a futuro es un aspecto esencial en la administración de cualquier empresa; ya que su éxito se relaciona con lo bien que la administración puede anticiparse al futuro y desarrollar las estrategias adecuadas. El buen juicio, la intuición o la percepción pueden brindar una idea de lo que probablemente ocurrirá en el futuro; sin embargo, es difícil convertir esa idea en números que puedan utilizarse para determinar el volumen de ventas.

Cuando una empresa determina la demanda futura de sus productos está en condiciones de optimizar el uso de todos sus recursos, plantearse metas, organizar su presupuesto, lograr sus objetivos y satisfacer la demanda de los clientes oportunamente.

Los modelos de proyección proporcionan un método para pronosticar la cantidad de unidades de un producto que se esperan vender en un período futuro, y en base a ello planear y controlar la cantidad de unidades que se deberá producir. El modelo depende de los cambios en las variables externas al sistema de producción, como el desarrollo de nuevas tecnologías, la incorporación de competidores con sistemas comerciales no tradicionales, variaciones en las políticas económicas gubernamentales, etc.

Cada uno de los modelos de proyección tiene una aplicación de carácter especial que hace de su selección un problema decisional influido por varios factores, como por ejemplo, la validez y disponibilidad de los datos históricos, la precisión deseada del pronóstico, el costo del procedimiento, los beneficios del resultado, los períodos futuros que se desean pronosticar, el tiempo disponible para hacer el estudio, etc.

Para determinar los pronósticos, generalmente, se utilizan series de tiempo que muestran un patrón o comportamiento de los datos de ventas de un producto.

## A. El ámbito de la proyección

La variedad de alternativas metodológicas existentes para estimar el comportamiento futuro de la demanda del mercado obliga a tomar en consideración el conjunto de elementos que influyen en cada método, para poder seleccionar y aplicar correctamente aquel que sea más adecuado para la situación que se desea analizar.

1. **Validez:** La validez es un parámetro o criterio por medio del cual se determina si el resultado de la proyección permite pronosticar razonablemente la demanda. La validez de los resultados de la proyección está íntimamente relacionada con la calidad de los datos de entrada que sirvieron de base para el pronóstico.

2. **Elección del método correcto:** La elección depende principalmente de la validez de los resultados, de la facilidad del cálculo, del costo de implementación y del beneficio obtenido.

3. **Efectividad:** Se evaluará en función de su precisión, sensibilidad y objetividad.

a. **Precisión:** Es importante porque cualquier error en el pronóstico tendrá asociado un costo. Aunque no podrá exigirse una certeza total a alguno de los métodos, sí podrá exigírsele que garantice una reducción al mínimo del costo del error en su proyección.

b. **Sensibilidad:** Al situarlo en un medio cambiante, el modelo debe ser suficientemente estable para enfrentar la situación de cambios lentos, así como dinámica para enfrentar cambios agudos.

c. **Objetividad:** La información que se tome como base de la proyección debe garantizar su validez y oportunidad en una situación histórica.

Los resultados del método de proyección son sólo indicadores de referencia para una estimación definitiva, la cual deberá complementarse con apreciaciones cualitativas del análisis.

## **B. Componentes de la serie de tiempo**

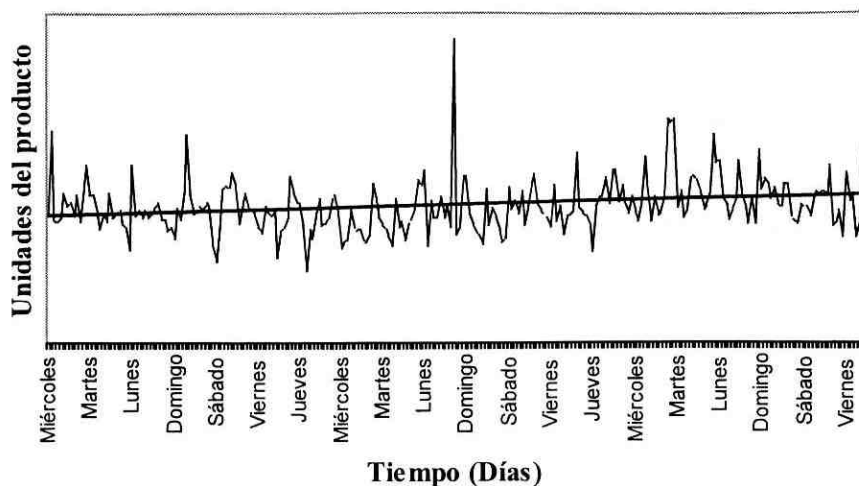
Las series de tiempo se sustentan en la idea de que se pueden utilizar los datos de la demanda del pasado para prever la demanda futura. Al utilizar series de tiempo es posible determinar el comportamiento pasado de la demanda del producto y extrapolarlo al futuro.

Es importante definir el tamaño adecuado de la serie de tiempo que será utilizada para realizar el pronóstico. En el restaurante se determinó que un año de información histórica permite obtener una predicción aceptable del comportamiento de la demanda, por lo que se obtuvo la información de la venta de unidades del producto durante el año 2005, organizada en intervalos de 15 minutos. Esta información combina cuatro componentes separados para definir valores específicos de la serie de tiempo:

1. **Componente de tendencia:** Los datos de esta serie de tiempo presentan desplazamientos o movimientos graduales hacia valores relativamente mayores a lo largo de un lapso de tiempo de un año. Este desplazamiento tiene un patrón de tendencia lineal creciente, y se debe principalmente a cambios en la población y estrategias de mercadeo.

2. **Componente cíclico:** Los valores de la serie de tiempo no caen con exactitud sobre la línea de tendencia sino que presenta secuencias alternas de puntos abajo y arriba de la línea de tendencia. Este comportamiento se debe al movimiento cíclico de la venta del producto a través de los días, como se puede observar en la gráfica siguiente:

Gráfica No. 2 – Componente cíclico y tendencia de la demanda del producto



3. **Componente estacional:** La serie de datos presenta un comportamiento estacional dentro de un mismo mes, presentando ventas moderadas durante los días lunes a viernes, ventas mayores los fines de semana y quincenas, y ventas máximas los fines de mes.

4. **Componente irregular:** Este componente explica las desviaciones de la serie de tiempo real respecto a la serie determinada con base a los efectos de la tendencia, los componentes cíclicos y estacionales. La irregularidad en los datos de venta se debe a días festivos, asuetos y eventos especiales en el restaurante.

### C. Modelos de proyección para pronosticar la demanda

Para realizar el pronóstico de la demanda del producto, los datos históricos se agruparon por hora, y se trató de proyectar la demanda para cada hora del día. Se aplicaron siete modelos de proyección para seleccionar el que mejor se ajustaba a los datos reales, pero esto resultó no ser adecuado debido a que las variaciones entre la demanda pronosticada y la demanda real eran muy grandes.

Debido a lo anterior se optó por calcular el total diario de venta de unidades del producto y se pronosticó la demanda diaria. Se aplicaron los siete modelos de proyección

para establecer cual de ellos se adapta mejor al comportamiento de la demanda diaria del producto.

#### D. Modelos de proyección analizados para determinar la demanda del producto

1. **Promedio acumulado:** Se calculó el pronóstico realizando un promedio de los datos históricos acumulados de los periodos anteriores.

**Tabla No. 1 – Cálculo de pronósticos con el modelo de promedio acumulado**

Fecha	Demanda	Cálculo	Pronóstico
Día 1	17	$=17/1$	17
Día 2	12	$=(17+12)/2$	15
Día 3	35	$=(17+12+35)/3$	21
Día 4	14	$=(17+12+35+14)/4$	20
Día 5	14	$=(17+12+35+14+14)/5$	18

2. **Promedio móvil:** Se realizaron promedios simples para 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 periodos. Al cálculo de los promedios simples se les agregó  $\pm 1$ ,  $\pm 1/2$ ,  $\pm 1/3$  y  $\pm 1/4$  desviación estándar, para cada uno de los periodos.

**Tabla No. 2 – Cálculo de pronósticos con el modelo de promedio móvil**

Fecha	Demanda	Cálculo	Pronóstico
Día 1	17	-	-
Día 2	12	$=(17+12)/2$	15
Día 3	35	$=(12+35)/2$	24
Día 4	14	$=(35+14)/2$	25
Día 5	14	$=(14+14)/2$	14

3. **Mínimos cuadrados:** Este modelo acerca el total de las desviaciones elevadas al cuadrado a un valor mínimo. Su objetivo es determinar los coeficientes de regresión  $a$  y  $b$ ;  $x$  es la variable independiente (tiempo),  $y$  es la variable dependiente (pronóstico de la demanda) y  $n$  es el número total de datos. Utiliza las siguientes fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$y = a + bx$$

**Tabla No. 3 – Cálculo de pronósticos con el modelo de mínimos cuadrados**

Fecha	Demanda (y)	X	xy	x <sup>2</sup>
Día 1	17	1	17	1
Día 2	12	2	24	4
Día 3	35	3	105	9
Día 4	14	4	56	16
Σ	78	10	202	30

$$b_5 = (4*202 - 10*30) / [4*(1^2+2^2+3^2+4^2) - 10^2] = 0.23$$

$$a_5 = 78/4 - 0.23*10/4 = 18.92$$

$$y_5 = 18.92 + 0.23*5 = 20$$

4. **Factores estacionales:** Se establecieron factores de estacionalidad con el objetivo de eliminar los efectos estacionales de las ventas del producto. Se calcularon siete factores de estacionalidad para cada mes del año; cada uno de ellos ajusta el comportamiento de un día de la semana para un mes determinado. El factor de estacionalidad se aplicó a los promedios móviles para los diferentes períodos.

**Tabla No. 4 – Factores de estacionalidad**

FACTORES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Lun	1.00	1.17	1.71	1.33	0.94	1.18	0.82	1.11	1.11	0.82	0.85	0.75
Mar	0.85	1.00	1.46	1.13	0.80	1.01	0.70	0.95	0.94	0.70	0.72	0.64
Mie	0.58	0.68	1.00	0.78	0.55	0.69	0.48	0.65	0.65	0.48	0.49	0.44
Jue	0.75	0.88	1.29	1.00	0.70	0.89	0.62	0.84	0.83	0.61	0.64	0.56
Vie	1.07	1.25	1.83	1.42	1.00	1.26	0.88	1.19	1.18	0.87	0.91	0.80
Sab	0.85	0.99	1.45	1.13	0.79	1.00	0.70	0.94	0.94	0.69	0.72	0.63
Dom	1.22	1.43	2.09	1.62	1.14	1.44	1.00	1.35	1.35	1.00	1.03	0.91

Tabla No. 5 – Cálculo de pronósticos con el modelo de factores estacionales

Fecha	Demanda	Promedio móvil	Factor de estacionalidad	Cálculo	Pronóstico
Día 1	17	-	1.00	-	-
Día 2	12	15	0.85	=15*0.85	13
Día 3	35	24	0.58	=24*0.58	14
Día 4	14	25	0.75	=25*0.75	19
Día 5	14	14	1.07	=14*1.07	15

5. **Ajuste exponencial simple:** Su objetivo es suavizar las fluctuaciones aleatorias causadas por el componente irregular de la serie de tiempo. Los pronósticos se calculan utilizando un coeficiente de ajuste exponencial para la demanda, llamado Alpha ( $\alpha$ ). El valor del coeficiente fluctúa entre 0.1 y 0.9, y para asignar su valor a una demanda se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) **Demanda en condiciones de estabilidad:**  $\alpha = 0.1, 0.2$  y  $0.3$
- b) **Demanda en condiciones de estabilidad promedio:**  $\alpha = 0.4, 0.5$  y  $0.6$
- c) **Demanda en proceso de cambio o cuando se trata de nuevos productos:**  $\alpha = 0.7, 0.8$  y  $0.9$ .

Para pronosticar la venta de un día determinado se realizó un ajuste al pronóstico del mismo día de la semana anterior, asignando un valor de  $\alpha = 0.3$  al coeficiente de ajuste exponencial, debido a que existe estabilidad entre la demanda de un día de la semana actual con relación a la demanda del mismo día de la semana anterior.

El pronóstico con el método de ajuste exponencial simple se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$Y' = Y + \alpha * (Y - Y')$$

Donde:  $Y'$  = Pronóstico deseado

$Y$  = Pronóstico para el período anterior

$D$  = Demanda del período anterior

**Tabla No. 6 – Cálculo de pronósticos con el modelo de ajuste exponencial simple**

Fecha	Demanda	Cálculo	Pronóstico
Día 1, semana 1	17	-	17
Día 1, semana 2	12	$=17+0.3*(17-17)$	17
Día 1, semana 3	35	$=17+0.3*(12-17)$	16
Día 1, semana 4	14	$=16+0.3*(35-16)$	22
Día 1, semana 5	14	$=22+0.3*(14-22)$	12

6. **Software Simetar (Simulation for Excel to Analyze Risk):** Es un programa de computación con funciones definidas para Microsoft Excel®, y se utiliza para realizar análisis de datos y simular efectos de riesgos. Para determinar cada pronósticos utilizando éste software se utilizaron los últimos 30 días de historia y se aplicaron los siguientes modelos:

- a) **Promedios móviles**
- b) **Ajuste exponencial simple**
- c) **Índices estacionales**

7. **Software NCSS:** Cada pronóstico determinado con este software utilizó los últimos 30 días de historia. Los pronósticos se calcularon a través de los siguientes modelos:

- a) **Suavizamiento exponencial simple:** Este método utiliza un promedio con peso para las observaciones más recientes y reduce los errores de los pronósticos a través del método MAPE, el cual toma la media absoluta del porcentaje de error.

b) **Suavizamiento Exponencial Doble:** Utiliza una ecuación de tendencia y una función de peso, haciendo énfasis en los períodos de tiempo más recientes. Los errores de pronóstico los reduce a través del método MAPE.

## IV. DETERMINACIÓN DEL MODELO DE PROYECCIÓN

### A. Diferencia

Los siete modelos de proyección se analizaron evaluando la diferencia de los valores pronosticados con respecto a los valores reales. Se eligieron los tres modelos que presentaron la menor diferencia, los cuales fueron:

1. **Ajuste exponencial simple**
2. **Suavizamiento exponencial simple:** Determinado con el software NCSS.
3. **Suavizamiento exponencial doble:** Determinado con el software NCSS.

Tabla No. 7 – Modelos que presentaron la menor diferencia

Fecha	Ajuste exponencial simple	Suavizamiento exponencial simple (NCSS)	Suavizamiento exponencial doble (NCSS)
Día 1	-1	0	-1
Día 2	2	-2	1
Día 3	0	-1	0
Día 4	-1	1	-2
Día 5	1	2	-2

### B. Evaluación de los modelos

A los tres modelos escogidos se les aplicaron varios criterios para determinar el modelo que pronostica mejor la demanda del producto, procediendo de la siguiente manera:

1. **Diferencias valor absoluto:** Se establecieron las diferencias en valor absoluto entre la demanda real y la demanda pronosticada con cada uno de los tres modelos.

Tabla No. 8 – Modelos con diferencias en valor absoluto

Fecha	Ajuste exponencial simple	Suavizamiento exponencial simple (NCSS)	Suavizamiento exponencial doble (NCSS)
Día 1	1	0	1
Día 2	2	2	1
Día 3	0	1	0
Día 4	1	1	2
Día 5	1	2	2

2. **Promedios y desviaciones estándar:** La información de venta real y diferencias en valor absoluto se organizó por día de la semana, para obtener los siguientes cálculos:

- Promedio de la demanda real**
- Desviación estándar de la demanda real**
- Promedio de las diferencias en valor absoluto**
- Desviación estándar de las diferencias en valor absoluto**
- Porcentaje que representa el promedio de las diferencias en valor absoluto sobre el promedio de la demanda real**

Tabla No. 9 – Comparación de promedios y desviaciones estándar

Fecha	Ajuste exponencial simple					Suavizamiento exponencial simple (NCSS)					Suavizamiento exponencial doble (NCSS)				
	Avg	Std	Avg Dif	Std Dif	% Dif	Avg	Std	Avg Dif	Std Dif	% Dif	Avg	Std	Avg Dif	Std Dif	% Dif
Día 1	-25	3	0	1	7%	21	1	0	2	6%	26	1	2	1	12%
Día 2	24	1	1	2	12%	13	3	1	0	7%	24	1	1	0	2%
Día 3	35	3	0	0	5%	24	4	0	2	8%	18	3	1	1	9%
Día 4	32	1	0	1	4%	12	0	0	1	10%	33	1	0	1	8%
Día 5	34	1	0	1	13%	21	3	1	2	14%	33	3	2	0	12%

### C. Elección del modelo correcto

Para determinar el modelo que pronostica mejor la demanda del producto se analizaron los siguientes resultados:

1. **Promedio y desviación estándar de las diferencias en valor absoluto:** Se utilizó para determinar la cantidad por la cual las diferencias se desvían hacia arriba o abajo del promedio de diferencias, con el fin de elegir el modelo que presente un promedio de diferencias cercano a cero y poca variación de las diferencias individuales con respecto al promedio.

2. **Porcentaje del promedio de las diferencias en valor absoluto sobre el promedio de la demanda real:** Se observó el porcentaje promedio por el cual el dato pronosticado no se ajusta al dato real o porcentaje de error promedio del pronóstico, para elegir el modelo con el menor porcentaje de error.

3. **Datos históricos requeridos por el modelo:** Para simplificar el cálculo del modelo y evitar mantener grandes bases de datos para almacenar toda la información, se elegirá el modelo que utilice la menor cantidad de datos históricos para determinar el pronóstico.

A partir del análisis de los resultados anteriores se determinó que el modelo que mejor pronostica el comportamiento de la demanda diaria del producto es el **Ajuste exponencial simple**, cumpliendo con las siguientes condiciones:

1. **Satisfacer eficientemente la demanda del producto, contando con unidades suficientes para atender al cliente**
2. **Obtener el menor desperdicio provocado por el exceso de producción.**

#### **D. Determinación del pronóstico para intervalos de 15 minutos**

Utilizando la información de la venta diaria de unidades del producto durante el año 2005, se calculó la proporción de venta para cada intervalo de 15 minutos de siete maneras diferentes, para escoger la que mejor se ajusta a los datos reales. Para realizar el cálculo de cada proporción se tomó como base el promedio de los siguientes datos:

1. **Información de todo el año 2005**
2. **Información del mismo mes del año anterior**
3. **Información del mes anterior**
4. **Información del mismo día de dos semanas anteriores**
5. **Información del mismo día de la semana anterior**
6. **Información de mismos dos días de las dos semanas anteriores**
7. **Información de los mismos cuatro días de las cuatro semanas anteriores**

#### **E. Proporción de venta para cada intervalo de 15 minutos**

Con el modelo Ajuste Exponencial Simple y las proporciones de venta del producto, se determinaron siete diferentes pronósticos de venta para intervalos de 15 minutos. A partir de este cálculo se determinó que la proporción adecuada para pronosticar el comportamiento de la venta del producto a lo largo de día, es la que contiene información de los mismos cuatro días de las cuatro semanas anteriores.

La forma como se determinó la mejor proporción fue la siguiente:

1. Se calcularon las diferencias absolutas, entre demanda obtenida con cada proporción y la demanda real, para cada intervalo de 15 minutos.

2. Para cada proporción se obtuvo la diferencia absoluta diaria y la diferencia absoluta en las horas pico de venta del producto (12:00 p.m. a 3:00 p.m.).

3. Se analizaron las diferencias diarias y en las horas pico, y se observó que el mejor pronóstico fue el calculado con la proporción obtenida a partir de la información del año 2005. Debido a que ésta proporción requiere de una gran cantidad de datos históricos, se escogió el segundo mejor pronóstico, el cual fue el calculado con la proporción promedio de los mismos cuatro días de las cuatro semanas anteriores.

**Tabla No. 10 – Diferencias absolutas para cada proporción**

<b>Hora</b>	<b>2005</b>	<b>Mismo mes año anterior</b>	<b>Mes anterior</b>	<b>Mismo día de 2 semanas anteriores</b>	<b>Mismo día de 1 semana anterior</b>	<b>Mismos 2 días de 2 semanas anteriores</b>	<b>Mismos 4 días de 4 semanas anteriores</b>
12:00	0	0	1	0	1	0	0
12:15	0	0	0	1	1	1	0
12:30	0	1	0	0	0	1	0
12:45	1	1	1	1	0	0	0
13:00	0	0	0	0	0	0	0
13:15	0	0	0	1	0	1	0
13:30	1	1	0	2	1	1	1
13:45	0	0	0	0	0	0	0
14:00	0	1	1	0	2	1	1
14:15	0	0	0	0	0	0	0
14:30	1	0	1	0	1	0	0
14:45	0	1	0	1	0	1	1
<b>Diferencia horas pico</b>	3	5	4	6	6	6	3
<b>Diferencia diaria</b>	5	8	7	7	9	8	6

## **F. Cálculo del pronóstico de la demanda del producto**

Para pronosticar la demanda del producto, para un día específico, se determina la proporción promedio de venta para intervalos de 15 minutos, utilizando la información de venta de los mismos cuatro días de las cuatro semanas anteriores. Con el modelo de Ajuste Exponencial Simple se obtiene el pronóstico de la demanda total del día, el cual se multiplica por la proporción obtenida para cada intervalo, para pronosticar la demanda del producto para cada período de 15 minutos. Este pronóstico se utilizará para planificar la producción, satisfacer eficientemente la demanda y reducir el desperdicio.

## V. PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Después de obtener la proyección de la demanda del producto, donde se determina la cantidad de unidades que deben producirse, se procede a realizar la programación de la producción con el objetivo de mantener los niveles mínimos de costos y un buen servicio al cliente.

Un programa de producción constituye un calendario que señala cuándo desempeñar las actividades necesarias para producir. En la programación de la producción se fijan horarios las actividades de producción, de acuerdo a la prioridad de las operaciones, determinando su inicio y fin para alcanzar el nivel más eficiente. La función principal de la programación de la producción consiste en lograr un movimiento uniforme y rítmico de los productos a través de las etapas de producción.

Existen diferentes técnicas para realizar la programación de la producción, pero se debe adoptar aquella que satisfaga las restricciones internas de la organización y a la vez mantenga el costo de utilización de los recursos lo más bajo posible. Algunas de las técnicas existentes más utilizadas son las siguientes:

### 1. **Métodos manuales de gráficos y tablas**

2. **Métodos matemáticos y de simulación:** Programación lineal (método simplex y método de transporte), programación cuadrática, simulación con reglas de búsqueda (Search Decision Rules) y programación con simulación.

3. **Métodos heurísticos:** Método de los coeficientes de gestión, método PSH (Production Switching Heuristic), reglas lineales de decisión (LRD) y búsqueda de reglas de decisión (SDR).

En el restaurante de comida rápida se realizó la programación de la producción, para un horizonte de tiempo de un día (corto plazo), utilizando un modelo manual de tablas y

tomando como base las proyecciones calculadas con el modelo Ajuste Exponencial Simple

El programa de producción del restaurante de comida rápida está diseñado con una programación hacia atrás, ya que se parte de una demanda futura y se programan las operaciones requeridas en secuencia inversa para la elaboración del producto.

La demanda pronosticada, para cada intervalo de 15 minutos de un día determinado, se introduce en el programa de producción del restaurante, el cual genera el volumen y la hora en que se deben empezar a producir las unidades del producto para satisfacer eficientemente la demanda.

Utilizando una hoja del cálculo de Microsoft Excel se elaboró el programa de producción, el cual muestra la hora y minuto en que se debe preparar, cocinar o vender el producto y en qué cantidad; de la siguiente manera:

**Tabla No. 11 – Programa de producción**

<b>HORA</b>	<b>MINUTO</b>	<b>PREPARAR</b>	<b>COCINAR</b>	<b>VENTA</b>
7	30	9	-	-
7	45	8	-	-
8	0	13	-	-
8	15	10	-	-
8	30	15	9	-
8	45	12	8	9
9	0	18	13	8
9	15	20	10	13
9	30	31	15	10

El programa de producción se debe controlar continuamente para verificar que se cumpla con lo planeado, reduciendo al mínimo las diferencias del plan original con los resultados obtenidos. También se deben tomar decisiones y realizar acciones necesarias para corregir el desarrollo del proceso de producción, de modo que se apegue al plan trazado.

## VI. ANÁLISIS ECONÓMICO

### A. Sin programa de producción

En el restaurante de comida rápida se ha estimado que al no contar con un programa de producción se tiene un impacto financiero, debido a:

1. Producto destruido porque está vencido.
2. Venta no efectuada por no tener producto disponible cuando el cliente lo solicite.

1. **Producto destruido porque está vencido:** Cuando el producto cumple con su tiempo de vida útil, éste debe ser desechado. En el restaurante se tienen registros de la cantidad de producto que se desecha diariamente, los cuales son utilizados como apoyo para auditorías y para llevar un control de cuánto desperdicio produce el restaurante.

A partir de los registros se obtuvo un promedio de la cantidad de producto desechado durante una semana y del valor monetario equivalente:

**Tabla No. 12 – Producto desechado durante una semana sin programa de producción**

<b>Día</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Lunes	7	Q35.00	Q245.00
Martes	6	Q35.00	Q210.00
Miércoles	8	Q35.00	Q280.00
Jueves	5	Q35.00	Q175.00
Viernes	9	Q35.00	Q315.00
Sábado	8	Q35.00	Q280.00
Domingo	9	Q35.00	Q315.00
<b>Total</b>			<b>Q1,820.00</b>

2. **Venta no efectuada por no tener producto disponible cuando el cliente lo solicite:** Con base a un análisis de las transacciones que se realizan en el restaurante, se obtuvo que, durante el día, el 90% de las transacciones corresponden al producto con un

precio unitario de Q35.00, mientras que el 10% restante tienen un valor de Q22.00 correspondiente a la venta de productos varios.

Del análisis de transacciones también se determinó que, en promedio, un porcentaje equivalente a un 6% de las transacciones que se realizan en el restaurante corresponde a venta que no ha sido realizada por no contar con producto disponible cuando el cliente lo ha solicitado. A partir de estos datos se ha obtenido el valor correspondiente a la venta no efectuada durante una semana:

**Tabla No. 13 – Venta no efectuada durante una semana sin programa de producción**

<b>Día</b>	<b>Transacciones</b>	<b>Venta no efectuada</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Lunes	115	7	Q35.00	Q245.00
Martes	106	6	Q35.00	Q210.00
Miércoles	100	6	Q35.00	Q210.00
Jueves	115	7	Q35.00	Q245.00
Viernes	113	7	Q35.00	Q245.00
Sábado	103	6	Q35.00	Q210.00
Domingo	124	7	Q35.00	Q245.00
<b>Total</b>				<b>Q1,610.00</b>

## **B. Con programa de producción**

Al desarrollar un programa de producción para el restaurante, el impacto financiero obtenido se debe a:

1. Análisis, desarrollo e implementación del programa de producción.
2. Producto destruido porque está vencido.
3. Venta no efectuada por no tener producto disponible cuando el cliente lo solicite.

1. **Análisis, desarrollo e implementación del programa de producción:** La inversión realizada para obtener el programa de producción estuvo dividida en tres etapas:

a. **Análisis:** En esta etapa se analizaron los datos históricos del restaurante, se determinó el modelo de proyección y se realizó el programa de producción.

b. **Desarrollo del programa:** Durante esta etapa se desarrolló un programa para el equipo de cómputo del restaurante, a partir del cual se obtiene diariamente el pronóstico de venta y el programa de producción.

c. **Implementación del programa:** Se puso en marcha el programa de cómputo y se realizaron comparaciones del rendimiento del restaurante con y sin programa de producción.

**Tabla No. 14 – Análisis, desarrollo e implementación del programa de producción**

<b>Etapa</b>	<b>Total</b>
Análisis	Q8,000.00
Desarrollo programa	Q3,000.00
Implementación	Q3,000.00
<b>Total</b>	<b>Q14,000.00</b>

2. **Producto destruido porque está vencido:** Se obtuvo el registro de la cantidad de producto desechado durante una semana, utilizando el programa de producción, y el valor monetario equivalente:

**Tabla No. 15 – Producto desechado durante una semana con programa de producción**

<b>Día</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Lunes	2	Q35.00	Q70.00
Martes	3	Q35.00	Q105.00
Miércoles	3	Q35.00	Q105.00
Jueves	2	Q35.00	Q70.00
Viernes	3	Q35.00	Q105.00
Sábado	4	Q35.00	Q140.00
Domingo	4	Q35.00	Q140.00
<b>Total</b>			<b>Q735.00</b>

3. **Venta no efectuada por no tener producto disponible cuando el cliente lo solicite:** Después de implementar el programa de producción se determinó que, en promedio, únicamente un porcentaje equivalente a un 2% de las transacciones que se realizan en el restaurante corresponde a venta que no ha sido realizada por no contar con producto disponible cuando el cliente lo ha solicitado. A partir de este análisis se ha obtenido el valor correspondiente a la venta no efectuada durante una semana:

**Tabla No. 16 – Venta no efectuada durante una semana con programa de producción**

<b>Día</b>	<b>Transacciones</b>	<b>Venta no efectuada</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Lunes	115	2	Q35.00	Q70.00
Martes	106	2	Q35.00	Q70.00
Miércoles	100	2	Q35.00	Q70.00
Jueves	115	2	Q35.00	Q70.00
Viernes	113	2	Q35.00	Q70.00
Sábado	103	2	Q35.00	Q70.00
Domingo	124	2	Q35.00	Q70.00
<b>Total</b>				<b>Q490.00</b>

### C. Comparación con y sin programa de producción

Se realizó una comparación para determinar el beneficio obtenido al implementar el programa de producción.

1. **Análisis, desarrollo e implementación del programa de producción:** Para obtener el programa de producción realizó una inversión de Q14,000.00.

2. **Producto destruido porque está vencido:** Con el programa de producción la pérdida disminuye por la cantidad de Q1,085.00 (Q1,820.00 – Q735.00), gracias a la reducción de la cantidad de producto destruido.

3. **Venta no efectuada por no tener producto disponible cuando el cliente lo solicite:** Al implementar el programa de producción los ingresos por venta aumentan por

un valor de Q1,120.00 (Q1,610.00 – Q490.00), ya que se atiende a un mayor número de clientes que desean el producto.

#### **D. Análisis económico**

A partir de la comparación efectuada en los párrafos anteriores se determina que con el programa de producción se obtiene un beneficio semanal de Q2,205.00 (Q1,085.00 + Q1,120.00), con lo cual se estima que en aproximadamente siete semanas ya se ha recuperado la inversión realizada en el desarrollo e implementación del programa de producción, obteniendo una tasa interna de retorno de 2.5% semanal.

A partir de lo anterior se concluye que el desarrollo del programa de producción contribuirá a mejorar la estructura financiera del restaurante, ya que, después de recuperar la inversión, el beneficio obtenido se traducirá en ganancias para los accionistas.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El propósito de la proyección de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes internas, de modo que permitan el aprovechamiento eficiente del sistema de producción y la entrega puntual de los productos.
2. Es prácticamente imposible hacer un pronóstico perfecto, pero se debe tratar de encontrar y emplear el modelo más conveniente para que la proyección sea lo más razonablemente posible.
3. Los modelos de proyección proporcionan un método para pronosticar la cantidad de unidades de un producto que se esperan vender en un periodo futuro, y en base a ello planear y controlar la cantidad de unidades que se deberá producir.
4. Después de analizar siete diferentes modelos de proyección, se determinó que el modelo que permite pronosticar, lo más acertadamente posible, la demanda del producto del restaurante de comida rápida es el modelo de Ajuste Exponencial Simple.
5. Se debe verificar periódicamente el modelo de proyección, mediante técnicas estadísticas, para determinar si se continúa pronosticando acertadamente el comportamiento de la demanda del producto.
6. Un programa de producción constituye un calendario que señala cuándo desempeñar las actividades necesarias para producir un producto.
7. La programación de la producción en el restaurante de comida rápida se realizó para un horizonte de tiempo de un día, utilizando un modelo manual de tablas y tomando como base las proyecciones calculadas con el modelo Ajuste Exponencial Simple.

8. El programa de producción se debe controlar continuamente para verificar que se cumpla con lo planeado, reduciendo al mínimo las diferencias del plan original con los resultados obtenidos.
9. En el restaurante de comida rápida se ha estimado que al no contar con un programa de producción se tiene un impacto financiero debido a: Producto destruido porque está vencido y venta no efectuada por no tener producto disponible cuando el cliente lo solicite.
10. Para implementar el programa de producción se debe realizar una inversión inicial de Q14,000.00, pero la pérdida obtenida por producto destruido disminuye por Q1,085.00 y el ingreso por ventas aumenta Q1,120.00.
11. Con el programa de producción se obtiene un beneficio semanal de Q2,205.00, con lo cual se estima que en siete semanas ya se ha recuperado la inversión inicial, obteniendo una tasa interna de retorno de 2.5% semanal.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Anderson, David; D. Sweeney y D. Williams. 2003. *Estadística para administración y economía*. Octava Edición. México. Internacional Thompson Editores. 1006 Págs.

Blank, Leland y A. Tarquin. 2002. *Ingeniería económica*. Quinta Edición. México. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 796 Págs.

Chase, Richard; R. Jacobs y N. Aquilano. 2004. *Administración de la producción y operaciones*. Décima Edición. México. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 863 Págs.

Sapag, Nassir y R. Sapag. 2005. *Preparación y evaluación de proyectos*. Cuarta Edición. México. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 439 Págs.

### REFERENCIAS DE INTERNET:

Alonso, Julio. *Estimación y pronósticos con modelos ARIMA*.  
<http://www.icesi.edu.co/%7Ejcalonso/ER/modulos/ARIMA/ARIMA.HTM>

Arsham, Hossein. *Toma de decisiones con periodos de tiempo crítico en economía y finanzas*. <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/Business-stat/stat-data/Forecasts.htm>

Escalona, Iván y K. Ortiz. *Planeación y control de la producción*.  
<http://www.monografias.com/trabajos13/placo/placo.shtml>

Robledo, Humberto. *Control de la producción.*

[http://www.itlp.edu.mx/profesores/hrobledo/unidad4\\_5.htm](http://www.itlp.edu.mx/profesores/hrobledo/unidad4_5.htm)

Sarache, William. *El proceso de planificación, programación y control de la producción.*

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/plaprocon.htm>

*¿Qué es la planeación de la producción?*

<http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/44/planeaprod.htm>

#### **SOFTWARE UTILIZADOS:**

Microsoft Corporation. *Microsoft® Office Excel 2003.* Copyright© 1985-2003.

NCSS®. Statistical Software.

Richardson, James; K. Schumann y P. Feldman. 2005. *Simetar*©.