



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# MEJORA DE LA PRODUCCIÓN, ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN DE UNA PANIFICADORA USANDO MÉTODOS OPERATIVOS

Jorge Tomás Cumpa Vásquez

Piura, 14 de Mayo de 2012

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y Sistemas

Mayo 2012



Esta obra está bajo una [licencia](#)  
[Creative Commons Atribución-](#)  
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



“Mejora de la producción, almacenaje y distribución de una panificadora usando métodos operativos”

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Jorge Tomás Cumpa Vásquez

Asesor: Dr. César Angulo Bustíos

Piura, octubre de 2011

*Con cariño*

*A mis padres, Jorge y Socorro.  
A mis hermanos Ana María y Jorge Antonio.*

*A mis amigos y todos aquellos  
que me apoyaron de alguna manera.*

*Y por su puesto a toda mi gran familia.*

## Prólogo

Toda empresa durante su crecimiento sufre cambios y transformaciones cuyo objetivo primordial es mejorar su productividad de tal manera que se logre satisfacer tanto la demanda, que implica mayores utilidades y menores costos, como el clima laboral. Dentro de este proceso de desarrollo, la mejora constante y estandarización de procesos en todas las áreas resulta vital.

Existen muchas formas de lograr estos cambios y una de esas formas es la Investigación de Operaciones la cual, según Churchman, Ackoff y Arnoff, permite identificar problemas relacionados con el control de las organizaciones a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de la organización. De hecho, el origen de esta ciencia se remonta a la Segunda Guerra mundial donde se buscaba la mejor manera de asignar los recursos disponibles y tras el fin de la guerra, estos modelos empiezan a ser aplicados en la industria, negocios y el gobierno lo que permitió su rápido desarrollo.

Es importante la aplicación de modelos matemáticos para lograr mejorar los procesos e implica tomar en cuenta diversas variables, ya que se lograría conseguir una solución óptima que beneficie a distintas áreas de la empresa con toma de decisiones acertadas.

Sin embargo, al hablar de Investigación de Operaciones muchos creen que ésta está ligada solo a grandes empresas cuyos procesos son extensos y complejos pero, como se podrá apreciar a continuación, con el presente trabajo se busca demostrar que es posible mejorar los procesos propios de una empresa pequeña con un volumen de producción relativamente pequeño y un número bajo de trabajadores, aplicando los mismos modelos.

El presente trabajo presenta tres maneras de aplicar dichos modelos en la empresa en estudio; se busca optimizar los procesos de producción, almacén y distribución de manera que se logre aprovechar al máximo los recursos disponibles.

El desarrollo de la presente tesis ha sido posible gracias a la colaboración de la empresa Panificadora TOCUCA y sus miembros, a quienes expreso mi profundo agradecimiento. Del mismo modo quiero agradecer a cada uno de los miembros de la Universidad de Piura, en especial a los de la Facultad de Ingeniería, por sus brillantes aportes durante mi formación como persona y profesional. Quiero agradecer también al Dr. César Angulo Bustíos por su apoyo en el desarrollo de la presente tesis y por su puesto a mis padres Jorge y Socorro; y hermanos Ana María y Jorge Antonio por su motivación y apoyo constante durante mis estudios y el desarrollo del presente trabajo.

## **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar procesos de producción, almacenaje y distribución de una empresa panificadora mediante la aplicación de métodos propios de la Investigación de Operaciones para obtener mayores beneficios. Para la mejora de la producción se ha empleado el modelo de Programación de Metas que se orientó a minimizar variables de desviación para cumplir metas propuestas que maximicen las utilidades.

La mejora del proceso de almacenamiento propone la aplicación del Sistema ABC que permite determinar los insumos de mayor relevancia monetaria, y a su vez permite llevar un control estricto de los mismos mediante el Modelo de Cantidad Económica de Pedido. Finalmente, se proponen algunas sugerencias y una manera de determinar la ruta de reparto óptima, mediante el Problema del Agente Viajero, de ser implementado el servicio de distribución de productos.

Con los resultados obtenidos se busca mejorar dichos procesos para lograr satisfacer la demanda, maximizar utilidades y aprovechar al máximo los recursos disponibles sin generar mayores gastos y costos. Con esto se logra demostrar también que dichos métodos pueden ser de gran ayuda para empresas pequeñas.

## Índice general

Prólogo.....	I
Resumen.....	III
Índice general.....	V
Índice de tablas.....	VII
Capítulo I: Introducción.....	1
Capítulo II: Antecedentes.....	3
Capítulo III: Objetivos.....	5
1. Objetivo general.....	5
2. Objetivos específicos.....	5
Capítulo IV: Marco teórico.....	7
1. Investigación de Operaciones y la toma de decisiones.....	7
2. Métodos y modelos aplicados en el estudio. Justificación y descripción	8
2.1. Para el proceso de producción.....	8
2.1.1. Programación de Metas.....	8
2.2. Para el proceso de almacenamiento.....	9
2.2.1. Sistema de Inventarios ABC.....	10
2.2.2. Modelo de Cantidad Económica de Pedido.....	11
2.3. Para el proceso de distribución.....	14
2.3.1. Problema del Agente Viajero.....	14
2.3.2. Programación Lineal Entera Mixta.....	16
Capítulo V: La Empresa.....	17
1. Reseña Histórica.....	17
2. Organización.....	18
3. Descripción de procesos.....	20
3.1. Proceso de producción.....	20
3.2. Proceso de almacenaje.....	21
3.3. Proceso de distribución.....	23
Capítulo VI: Proceso de Mejoramiento.....	25
1. Información sobre la obtención y procesamiento de datos.....	25
2. Planteamiento de los problemas.....	26
3. Análisis de los problemas.....	27
4. Desarrollo. Aplicación de modelos matemáticos.....	30
5. Análisis de resultados.....	58
Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones.....	61
Referencias bibliográficas.....	63

## Índice de tablas

VI.1	Producción semanal de cada tipo de pan.....	31
VI.2	Demanda máxima y tiempo de producción por cada tipo de pan.....	32
VI.3	Resumen de costos indirectos y gastos 2010.....	33
VI.4	Resumen de ventas y costos 2010 .....	33
VI.5	Costo total del pan de hamburguesa.....	34
VI.6	Precios venta y costos totales por cada tipo de pan.....	35
VI.7	Resumen de información.....	36
VI.8	Resultados: Cantidades óptimas.....	42
VI.9	Clasificación promedio de compras mensuales. Periodo enero – mayo 2008...	43
VI.10	Clasificación de inventarios de acuerdo al Sistema ABC.....	44
VI.11	Clasificación ABC.....	45
VI.12	Demanda promedio mensual/semanal de unidades de materia prima – Grupo A .....	46
VI.13	Determinación de costos por hacer un pedido ( $C_p$ ).....	46
VI.14	Determinación de costos de conservación semanal ( $C_c$ ) sin uso de refrigeradora.....	46
VI.15	Determinación de costos de conservación semanal ( $C_c$ ) con uso de refrigeradora.....	47
VI.16	Determinación de $Q^*$ para harina (saco de 50 kg).....	47
VI.17	Determinación de $Q^*$ para manteca (caja de 10 kg).....	47
VI.18	Determinación de $Q^*$ para levadura (paquete de 480 g).....	48
VI.19	Determinación de $Q^*$ para mantequilla (barra de 2 kg).....	48
VI. 20	Resultados ordenados por demanda máxima.....	56

## **Capítulo I**

### **Introducción**

Panificadora “TOCUCA” actualmente se encuentra posicionada como una de las empresas líderes en el rubro de panificación dentro de la provincia de Lambayeque con casi 17 años de experiencia. Desde sus inicios logró diferenciarse de sus competidores al ofrecer productos de calidad al contar con colaboradores de experiencia y con los equipos necesarios teniendo en cuenta que por esas épocas la mayoría de los negocios líderes en el rubro elaboraban los productos de panificación de manera artesanal.

Sin embargo, la segunda parte de la década anterior mostraba un notorio declive dentro de la empresa al no tener definidas de manera clara las normas y procesos vinculados al negocio con lo que el descontento era general ya que las cifras no eran alentadoras. Tal situación permitió que los competidores se expandieran y logren captar un mayor porcentaje de clientes, quienes también se mostraban insatisfechos con la situación.

Es a partir de ese momento en que Panificadora “TOCUCA” toma nuevos rumbos a través de una nueva administración, la cual se dedicó a redefinir los distintos procesos y gestionar adecuadamente los recursos de tal manera que la empresa pueda mantenerse en pie dentro del mercado, el cual había crecido tremendamente a diferencia de hace 17 años. Por el año 1994 y hasta poco después del inicio del nuevo siglo la ciudad Lambayeque no contaba con una actividad comercial tan surtida como actualmente. Nuevas panaderías, supermercados y nuevos comercios implicaban redefinir el rumbo del negocio y hacerles frente; tarea para la cual estaba a cargo la nueva administración.

Era necesario replantear todos los procesos ligados al negocio, tanto administrativos como operativos; ya que había que mantenerse vivo en el mercado cumpliendo con sus clientes pero también con sus trabajadores quienes a pesar del descontento mostraban una lealtad admirable.

El presente trabajo ofrece una posibilidad de mejorar 3 procesos operativos claves en todo negocio dedicado a la producción de productos de consumo masivo: Producción, almacén y distribución. La idea de la investigación se centra en optimizar dichos procesos de tal manera que se puedan aprovechar los recursos con los que se cuenta de modo que no se genere un gasto mayor a la empresa al encontrarse en reestructuración.

La Investigación de Operaciones nos ofrece la posibilidad de optimizar los procesos mencionados anteriormente de modo que en esta oportunidad se buscará aprovechar los modelos matemáticos, elementos importantes de la investigación de operaciones, para

optimizar los procesos de la empresa panificadora y con estos resultados poder tomar decisiones respecto a cambios futuros en los procesos que actualmente involucran la producción, almacenamiento y distribución del pan y así lograr satisfacer la demanda, contar con ingresos diarios adecuados y disponer de los recursos necesarios.

En primer lugar se definen los objetivos del estudio, los cuales, de manera general, buscan mejorar los procesos de producción, almacenaje y distribución de una empresa panificadora de modo que también será posible demostrar que dichos modelos matemáticos no solo pueden ser aplicados a grandes y complejos procesos de grandes empresas.

Luego de plantear los objetivos, se presenta una descripción de los métodos utilizados en el estudio. En esta ocasión el estudio se apoya en la Programación de Metas en la producción, el sistema de inventarios ABC y Modelo de Cantidad Económica de Pedido en almacén y el Problema del Agente viajero en la distribución. También se muestra información de la empresa así como una descripción de la situación actual de los procesos estudiados.

El Proceso de Mejoramiento, después de un análisis adecuado, nos permitirá saber cuánto producir para lograr satisfacer la demanda y maximizar las utilidades aprovechando los recursos disponibles. Del mismo modo, será posible saber cuándo realizar un pedido y qué cantidad solicitar para contar con los recursos necesarios en el momento indicado gastando lo mínimo. Finalmente, se presentarán las condiciones adecuadas para poner en marcha el proceso de distribución así como determinar cuál será la ruta ideal de modo que el servicio sea lo más eficiente posible.

## **Capítulo II**

### **Antecedentes**

Las raíces de la investigación de operaciones se remontan a muchas décadas, cuando se hicieron los primeros intentos para emplear el enfoque científico en la administración de una empresa. Sin embargo, el inicio de la actividad llamada investigación de operaciones, casi siempre se atribuye a los servicios militares prestados a principios de la Segunda Guerra Mundial. Debido a los esfuerzos bélicos, existía una necesidad urgente de asignar recursos escasos a las distintas operaciones militares y a las actividades dentro de cada operación, de la forma más efectiva.

Estimulados por el evidente éxito de la investigación de operaciones en lo militar, los industriales comenzaron a interesarse en este nuevo campo. Como la explosión industrial seguía su curso al terminar la guerra, los problemas causados por el aumento de la complejidad y especialización dentro de las organizaciones pasaron a primer plano.

Comenzó a ser evidente para un gran número de personas, incluyendo a los consultores industriales que habían trabajado con o para los equipos de investigación de operaciones durante la guerra, que estos problemas eran básicamente los mismos que los enfrentados por la milicia, pero en un contexto diferente. De esta forma, la investigación de operaciones comenzó a introducirse en la industria, los negocios, gobiernos, organizaciones, etc.

Después de la guerra, muchos científicos que habían participado en los equipos de investigación de operaciones o que tenían información sobre este trabajo, se encontraban motivados a buscar resultados sustanciales en este campo; de esto resultaron avances importantes. Un ejemplo sobresaliente es el método Simplex para resolver problemas de programación lineal desarrollado en 1947 por George Dantzig. Muchas de las herramientas características de la investigación de operaciones, como programación lineal, programación dinámica, líneas de espera y teorías de inventarios, fueron desarrolladas casi por completo antes del término de la década de 1950.

El desarrollo de las técnicas de investigación de operaciones con todas sus herramientas, y la tecnología computacional moderna, pone a la comunidad científica, técnica y empresarial, en capacidad de optimizar los procesos productivos para conseguir un buen aprovechamiento de los recursos, y un bajo costo de producción, para que los beneficios lleguen a todos, y los productos sean de un relativo bajo costo de adquisición.

En el campo de la producción de alimentos para consumo humano existe una gama de posibilidades de aplicación de las herramientas de programación lineal para optimizar su producción, rotar cultivos, formular alimentos (como la FAO y la UNESCO aplican para paliar el hambre en áreas desoladas por guerras, conflictos étnicos y sequías), para la optimización de recursos, gestión de almacenes, etc.

Un ejemplo de la aplicación de la Investigación de Operaciones data de 1995 cuando una estudiante la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Francisco Marroquín en la Ciudad de Guatemala sustentó la tesis titulada “Aplicación de modelos cuantitativos a los procesos de producción, almacenamiento y distribución de una panadería” que pretendía demostrar que para lograr eficiencia y eficacia en una pequeña o mediana empresa productora de pan, al igual que en las grandes industrias panificadoras, son imprescindibles tanto el cálculo como la aplicación de modelos matemáticos que optimicen sus procesos, de manera que empresas similares puedan tomar estos procedimientos como ejemplo práctico para ser aplicados en sus procesos.

## **Capítulo III**

### **Objetivos**

#### **1. Objetivo general.**

De manera general lo que se busca es mejorar los procesos de producción, almacenaje y distribución de una pequeña empresa panificadora mediante la aplicación de métodos operativos conocidos, aplicados en empresas de distintos rubros que permitan tomar decisiones adecuadas a fin de obtener mayores beneficios.

#### **2. Objetivos específicos.**

De manera más específica se debe cumplir con los siguientes objetivos:

##### **2.1. Primer objetivo:**

Mejorar el proceso de producción que permita a la vez, satisfacer la demanda y tener mayor utilidad. Este primer objetivo busca aprovechar al máximo los recursos disponibles en la empresa, es decir que se busca optimizar el proceso productivo aprovechando el capital de trabajo y mano de obra disponibles así como la demanda máxima posible de modo que los resultados no escapen de la realidad y la situación laboral no se vea afectada.

M. Galindo afirma que en el campo de la producción de alimentos para consumo humano y para el sector pecuario, existe una vasta gama de posibilidades de aplicación de las herramientas de programación lineal para optimizar o mejorar su producción. Es por eso que el presente estudio utilizará la programación lineal como instrumento para intentar cumplir con el primer objetivo trazado.

##### **2.2. Segundo objetivo:**

Mejorar el proceso de almacenamiento para contar con los recursos necesarios en el momento indicado, gastando lo necesario. F. Parra (2005) considera que una gestión adecuada de stocks es sinónimo de eficacia y sabiduría. También, existe la necesidad de tener existencias en el almacén ya que se deberá disponer del artículo en la cantidad necesaria así como en el momento o lugar adecuado y con un nivel de calidad

conveniente y al precio más económico. Y hay que tener en cuenta, además, que el volumen de negocio que representan en la empresa es alto.

Cualquier departamento o área de la empresa depende de los stocks y su gestión adecuada pero existe mayor interconexión con las áreas de ventas y su previsión, las productivas y su planificación y con el almacenamiento y la reposición.

### **2.3. Tercer objetivo:**

Plantear un modelo de distribución del producto terminado a diversos puntos de la ciudad a través de la mejor ruta posible. La idea de la propuesta consiste en que diariamente la empresa deberá suministrar desde su local la demanda de los clientes que hayan solicitado el servicio. El problema consiste en hallar una ruta de reparto de modo que, partiendo de la panadería, se visitará a cada cliente una vez en un recorrido único que culmine en la panadería.

## **Capítulo IV**

### **Marco teórico**

#### **1. Investigación de Operaciones y la Toma de decisiones.**

La investigación de operaciones se caracteriza por la aplicación de teoría, métodos y técnicas, que permitan encontrar la solución de problemas de administración, organización y control en los diversos sistemas existentes, tales como las organizaciones.

Assad, Wasil y Lilien (1992) dicen que la Investigación de Operaciones es la aplicación del método científico a la toma de decisiones o a profesiones que aborden la mejor manera de diseñar y operar con los sistemas, normalmente donde se requiere la asignación de recursos escasos. Mientras que Robinson (2000) la define como la aplicación del método científico a fin de mejorar la efectividad de las operaciones, la gestión y las decisiones.

Estas afirmaciones resultan claras, sin embargo diversos autores citan la definición, bastante aceptada por los especialistas, dada por Churchman, Ackoff y Arnoff que dice: “La Investigación de Operaciones es la aplicación por grupos interdisciplinarios del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización”.

Por otro lado, la toma de decisiones se define como la selección de un curso de acciones entre alternativas, es decir que existe un plan un compromiso de recursos de dirección o reputación según Koontz (1999).

La ingeniería y en general todas las ciencias basan su planificación de sus respectivas labores en la toma de decisiones de modo que forma la parte esencial de los procesos que se siguen para elaboración de los objetivos ya que deben decidir qué hacer y cómo, cuándo, dónde y con quién se hará. El proceso que conduce a la toma de decisión se inicia con la elaboración de premisas que permiten identificar los objetivos, luego habrá que identificar las distintas alternativas y evaluarlas detenidamente para finalmente elegir una alternativa que quiere decir tomar una decisión.

Este proceso de toma de decisión puede llevarse a cabo apoyándose en distintas herramientas y aplicaciones y una de ellas es la Investigación de Operaciones cuyo objetivo más importante la toma de decisiones, estableciéndose una base a partir de la solución de un modelo matemático que permitirá junto con otros factores intangibles, como el comportamiento humano, poder llegar a una solución final.

## 2. Métodos y modelos aplicados en el estudio. Justificación y descripción.

### 2.1. Para el proceso de producción.

#### 2.1.1. Programación de Metas.

En diversas aplicaciones, quien planea persigue más de un objetivo, probablemente todos importantes. La Programación de Metas o por Objetivos Múltiples se puede describir como el problema de combinar objetivos que no pueden ser combinados o comparables directamente. Es decir que podría resultar incompatible pretender optimizar la producción y a la vez buscar maximizar las ganancias sin embargo ambas opciones deben analizarse de manera conjunta para lograr que los resultados sean congruentes y no escapen de la realidad.

La aplicación de este método resulta adecuada dado que el primer objetivo del estudio busca justamente optimizar el proceso productivo tomando en cuenta varias consideraciones como por ejemplo el capital de trabajo y la mano de obra que están relacionadas entre sí y no pueden analizarse separadamente.

La Programación de Metas fue introducida por Charnes A. y W. Cooper (1962) y es una variación de la programación lineal. La diferencia entre estos dos métodos es la estructura y utilización de la función objetivo. La programación lineal solamente tiene una meta en la función objetivo, mientras que en la Programación de Metas se incorporan todas ellas y las trata como si fueran restricciones, estableciendo unas prioridades entre ellas. La idea es convertir los diversos objetivos originales en una sola meta. El modelo resultante es una solución eficiente ya que puede ser no óptima con respecto a los objetivos iniciales, es decir si una meta es imposible de alcanzar, se debe tratar de satisfacerla lo más que se pueda.

La Programación de Metas se basa en establecer un nivel cuantitativamente aceptable de logro para cada uno de los objetivos o metas y después buscar la solución que haga mínima la suma ponderada de las desviaciones de cada objetivo frente al valor numérico fijado Maroto y otros (2002). En este caso, las metas u objetivos trazados hacen referencia a las limitaciones físicas o restricciones que plantea el problema y de las cuales dependerá la solución a obtener.

Matemáticamente podría expresarse un modelo general de la siguiente manera:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^p (y_i^+ + y_i^-)$$

Donde  $y_i^+$ ,  $y_i^-$  son las desviaciones o Variables de Desviación de cada una de las metas que equivalen a las cantidades desconocidas que deben minimizarse y que explicarán en cuánto se aleja el modelo propuesto del ideal propuesto ya sea como excedente o déficit respectivamente.

Se supone que los objetivos o metas trazados tienen una importancia similar pero en algunos casos no sucede así y algunas son absolutamente prioritarias a otras y en este caso hablamos de Programación de Metas por Prioridades o Lexicográficas donde las metas son clasificadas según su prioridad dentro de lo que se está

buscando. Bajo esta situación, el modelo general podría replantearse de la siguiente manera:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^p P_i * (y_i^+ + y_i^-)$$

Donde  $P_i$  representa a la prioridad asignada.

También, en muchas ocasiones es necesario expresar las preferencias entre las metas establecidas. Para esto se asignan coeficientes a las variables de desviación en la función objetivo.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^p w_i * (y_i^+ + y_i^-)$$

La variable  $w_i$  representa la ponderación asignada a la  $i$ -ésima desviación de la meta u objetivo trazado. El presente estudio no tomará en cuenta dicha ponderación dado que ésta requiere una valoración muy subjetiva que mostraría un resultado irreal mientras que las prioridades permitirán obtener un resultado óptimo analizando meta por meta.

Luego de definir los objetivos, se pasa a determinar el nivel de aspiración que corresponde a cada uno, es decir, el nivel de logro que el centro decisor desea alcanzar. Seguidamente, se conecta el atributo con el nivel de aspiración  $t_i$ , por medio de la introducción de las variables de desviación positiva y negativa ( $y_i^+$ ,  $y_i^-$ ), respectivamente. Así para el atributo  $i$ -ésimo, se tiene la siguiente meta o restricción:

$$f_i(x) + y_i^- - y_i^+ = t_i$$

Donde  $f_i(x)$  representa la expresión matemática del atributo  $i$ -ésimo y  $x$  es el conjunto factible de soluciones de modo que  $x = (x_1, \dots, x_j)$ , donde  $x_j$  son las Variables de Decisión que son las cantidades desconocidas que deben determinarse en la solución del modelo.

Debe tenerse presente que el modelo debe presentar la condición de no negatividad asociada con las variables de decisión. Esto significa que no pueden obtenerse resultados menores de cero unidades. Es decir:

$$x, y_i^+, y_i^- \geq 0$$

Como se puede apreciar, al tener un programa lineal con más de 2 variables de decisión y con varias soluciones óptimas, es necesario utilizar el método Simplex, ya conocido, para su resolución. Según Davis y McKeown, el método Simplex es un procedimiento iterativo que da una solución óptima a un problema de Programación Lineal. El método emplea la lógica del enfoque algebraico, pero utiliza una estructura tabular para ayudar en el proceso de la solución.

## 2.2. Para el proceso de almacenamiento.

### 2.2.1. Sistema ABC.

El Sistema o Análisis ABC, según Render (2004), es una aplicación de lo que se conoce como el Principio de Pareto que establece que hay “pocos artículos importantes y muchos triviales”. Este análisis divide el inventario que se tiene en tres grupos según su volumen monetario en un periodo determinado. Por lo que el siguiente método ha sido tomado en cuenta ya que tiene como objetivo establecer políticas de inventarios que centren sus recursos en los pocos artículos importantes y no en los muchos triviales.

Con el fin de determinar el volumen monetario en el periodo determinado (mensual, semanal, anual, etc.) para el análisis ABC, se mide la demanda en dicho periodo de cada artículo en inventario y se multiplica por su costo por unidad. Así:

- El grupo A está formado por los artículos que representan un número pequeño de unidades almacenadas pero suponen un importante porcentaje de la inversión total en productos inventariados. Esta inversión representa entre un 70% u 80% de la inversión total, llegando incluso hasta el 90% y constituyen aproximadamente el 15% de todos los artículos del inventario.
- El Grupo B incluye a los de inversión intermedia y la inversión está, aproximadamente, entre el 10% y 25% de inversión total. Representa entre el 20% y 30% de productos en inventario.
- El Grupo C acapara a casi el 60% de artículos de inventario, sin embargo representa cerca del 5% de inversión monetaria.

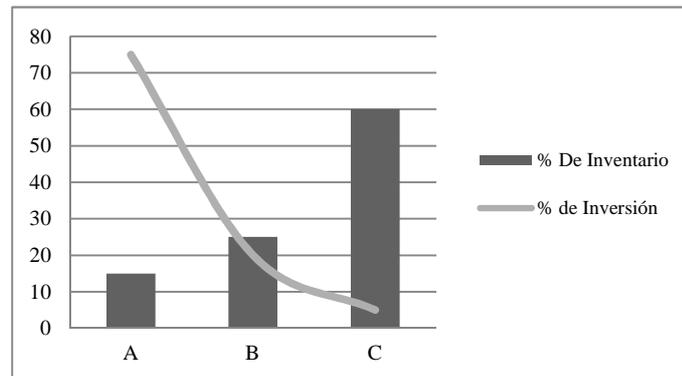


Figura IV.1. Representación Gráfica del Sistema ABC

Existen otros criterios que determinan la clasificación ABC como por ejemplo: problemas de entrega, problemas de calidad, alto costo unitario que señalan la necesidad de cambiar los artículos a una clasificación más alta. La ventaja de dividir los artículos en grupos es que permite establecer políticas y controles para cada caso. Estas políticas incluyen:

- a. Los recursos de compras que se dedican al desarrollo de proveedores debe ser mucho mayores para los artículos del grupo A que del C.

- b. Los artículos A deben tener un control mucho más riguroso a diferencia de los otros 2. Podrían requerir áreas más seguras y hasta un frecuente y exacto control de registros de dichos artículos.
- c. El pronóstico de los artículos A requiere más cuidado que los otros.

### 2.2.2. Modelo de Cantidad Económica de Pedido.

Una forma de reducir la brecha de tiempo que separa la oferta de la demanda es contar con una política de inventarios adecuada que permita contar con una cantidad de inventario razonable almacenado adecuadamente. Taha (2004) afirma que la naturaleza del problema de inventarios consiste en colocar y recibir en forma repetida pedidos de determinados tamaños en intervalos de tiempo establecidos y esto no es otra cosa que la respuesta a dos interrogantes: ¿cuánto pedir? y ¿cuándo pedir?

A partir de la información obtenida de la empresa que forma parte del presente estudio se puede considerar que la demanda total de insumos es similar al final de cada periodo (semana, mes, año, etc.) y que no se puede correr el riesgo de trabajar con agotamientos; se puede asumir que existe una tasa constante de demanda y un surtido instantáneo de pedidos. Bajo estas suposiciones, resulta útil la aplicación del Modelo de Cantidad Económica de Pedido que hará posible saber cuánto y cuándo pedir, así como el costo del pedido y los niveles máximo y medio de inventario. El propósito de este modelo, según Eppen G. (2000), es encontrar la cantidad óptima de pedido, definida como aquella cantidad que, considerando lo supuesto anteriormente, minimiza el costo total por concepto de pedidos y su mantenimiento en inventarios.

Bajo esta premisa, se define lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Cantidad pedida (Cantidad de unidades)} \\
 D &= \text{Tasa de demanda (Unidades por unidad de tiempo)} \\
 t_0 &= \text{Duración del ciclo de pedido (Unidades de tiempo)}
 \end{aligned}$$

Este modelo se interpreta de la siguiente manera: cuando el inventario se agota, se realiza un pedido de  $Q$  unidades que es recibido instantáneamente. Luego esta existencia se consume uniformemente durante un tiempo  $t_0$ :

$$t_0 = \frac{Q}{D}$$

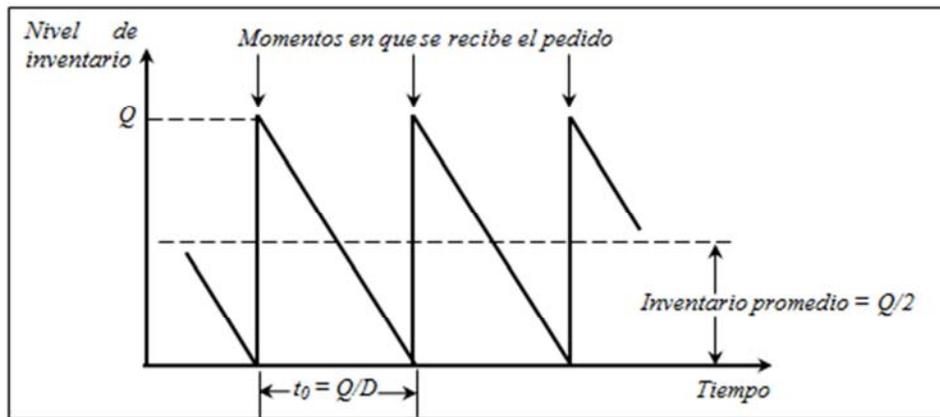


Figura IV.2. Comportamiento del inventario en el Modelo CEP Clásico

También es necesario tomar en cuenta 2 costos relacionados con el inventario:

$C_p$  = Costo por hacer un pedido (\$ por pedido)

$C_c$  = Costo de conservación \$ por unidad en inventario por unidad de tiempo)

El Costo por hacer un pedido es el costo que se incurre por colocar un pedido al proveedor. Está compuesto por los costos relacionados con la emisión de la orden, la recepción, inspección, transporte, etc.

El Costo de conservación es el generado por mantener un artículo en inventario. Generalmente se compone de costos relacionados con el mantenimiento, limpieza, alumbrado, refrigeración, seguridad, rentas, etc.

De esta manera el Costo total por unidad de tiempo ( $CTU$ ) es:

$$CTU = \frac{\text{Costo por hacer un pedido} + \text{Costo de conservación}}{t_0}$$

$$CTU = \frac{C_p + C_c \left(\frac{Q}{2}\right) t_0}{t_0}$$

$$CTU = \frac{C_p \cdot D}{Q} + \frac{C_c \cdot Q}{2}$$

Dado el Costo total, la cantidad optima de pedido  $Q^*$  se obtiene minimizando el  $CTU$  respecto a  $Q$ , siendo  $Q$  continua. Así:

$$\frac{dCTU(Q)}{dQ} = -\frac{C_p \cdot D}{Q^2} + \frac{C_c}{2} = 0$$

Por tanto:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D}{C_c}}$$

Quiere decir que se deberá pedir  $Q^*$  unidades cada  $t_0^*$  unidades de tiempo.

$$t_0^* = \frac{Q^*}{D}$$

Donde  $Q^*$  es la Cantidad Económica de Pedido (CEP) buscada y  $t_0^*$  viene a ser el ciclo de tiempo para cada pedido.

Además, el Número óptimo de pedidos (por unidad de tiempo)  $N^*$ , es el cociente de la demanda  $D$  entre  $Q^*$ , la cual será entonces:

$$N^* = \frac{D}{Q^*}$$

Con lo mostrado previamente, se está suponiendo que la orden de compra es emitida una vez que el inventario llega a cero y que el reabastecimiento es inmediato; pero en realidad esa situación es casi imposible por lo que es necesario tomar en cuenta el Tiempo de entrega ( $L$ ). A partir de dicho tiempo se determina el Punto de reorden ( $ROP$ , *reorder point*), Render (2004), que es el momento en el cual el número de unidades de mercancía en inventario llega a una cantidad que requiere de una nueva orden de pedido:

$$ROP = (\text{Tiempo de entrega en días}) \cdot (\text{Demanda diaria})$$

$$ROP = L \cdot d$$

Donde:

$$d = \frac{D}{\text{\#días hábiles}}$$

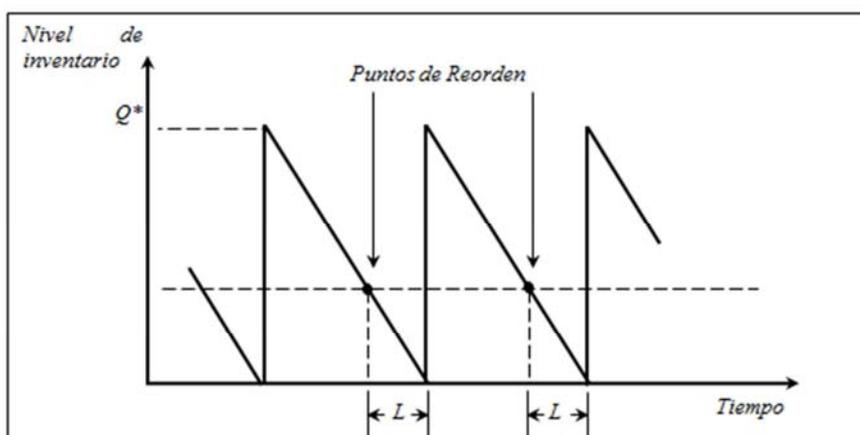


Figura IV.3. Punto de Reorden en el Modelo CEP Clásico

Se supone que el Tiempo de entrega  $L$  es menor que el ciclo  $t_0$  (figura IV.3) pero en realidad no siempre es así. Para tener en cuenta otras situaciones habrá que considerar el tiempo efectivo de entrega  $L_e$  según Taha H. y otros.

$$L_e = L - n \cdot t_0^*$$

Donde  $n$  es el entero no mayor que  $L / t_0^*$ . Este resultado se justifica, porque después de  $n$  ciclos de  $t_0^*$  cada uno, el estado del inventario es como si el intervalo entre colocar un pedido y recibir otro es  $L_e$ . Así, el punto de reorden está en las  $L_e \cdot d$  unidades y la política de inventario se puede enunciar de la siguiente manera:

Pedir  $Q^*$  siempre que la cantidad de inventario llegue a  $L_e \cdot d$  unidades.

## 2.3. Para el proceso de distribución.

### 2.3.1. Problema del Agente Viajero.

Los problemas de redes y grafos se presentan en diversas situaciones cotidianas como las redes de transporte, eléctricas, etc. Una red puede representar distintos tipos de problemas como producción, distribución, localización, etc. Diversos métodos y heurísticos se han desarrollado y éstos se han visto favorecidos con el desarrollo de la informática ya que permiten desarrollar modelos muy grandes en tiempos cortos.

Se pueden mencionar distintos problemas de redes como el del camino mínimo, el del flujo máximo, el problema de reparto, redes PERT y CPM, el problema del agente viajero (*Traveling Salesman Problem: TSP*). Este último forma parte del estudio realizado y consiste en determinar la ruta de mínima distancia que debe seguir un agente viajero de tal manera que, partiendo desde su domicilio, pase por cada nodo (ciudad, casa, etc.) una sola vez y retorne a su domicilio. El objetivo puede ser otro como minimizar costos de transporte o tiempo de viaje.

Este tipo de problema es de complejidad NP-completo. Esto es así, porque el número de posibles soluciones crece exponencialmente con el número de nodos del grafo, y rápidamente sobrepasa las capacidades de cálculo. Se trata por tanto de encontrar dentro de ese conjunto la mejor solución posible (solución óptima) o una solución factible lo suficientemente buena (si no se dispone de tiempo y recursos suficientes).

Este problema se aborda a través del modelo que sigue y se resolverá mediante Programación Lineal Entera Mixta, aunque también podría haberse abordado con otras técnicas de resolución heurísticas o meta-heurísticas.

El repartidor debe visitar  $n + 1$  (se usa  $n + 1$  por conveniencia) puntos de reparto, cada uno, exactamente, una vez. La distancia entre cada par de puntos viene dada por  $c_{ij}$  (en general  $c_{ij} \neq c_{ji}$  es decir que el costo depende del sentido del viaje: problema del agente viajero asimétrico, el cual será tomado en cuenta en este estudio). El problema es encontrar el recorrido (tour) que comienza y termina en el mismo punto (la panadería en este caso) y minimiza la distancia total recorrida.

Gráficamente, lo que se busca es lo siguiente:

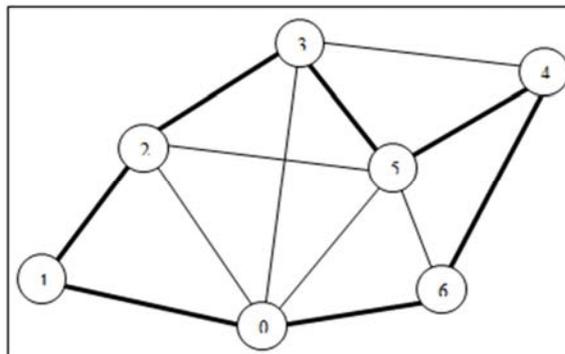


Figura IV.4. Representación gráfica del TSP

Donde se aprecia que el repartidor inicia su recorrido en 0, cada punto de reparto es visitado una sola vez tomando la ruta adecuada y el recorrido mínimo termina en el punto de partida (0-1-2-3-5-4-6-0).

Consideramos, además, el punto de origen como 0 y también como  $n + 1$ .

Sea  $x_{ij}$  una variable binaria que nos dice si el repartidor va del punto  $i$  al punto  $j$  ( $i = 0, 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n + 1; i \neq j$ ). Se fija  $x_{0,n+1} = 0$ .

La función objetivo (a minimizar) es:

$$\text{Min} \sum_{i=0}^n \sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} c_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=0, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n + 1$$

Que indica que se llega a cada punto exactamente una vez, además:

$$\sum_{j=1, j \neq i}^{n+1} x_{ij} = 1 \quad \forall j = 0, 1, \dots, n$$

Que garantiza que se sale de cada punto una vez y:

$$x_{ij} \in \{0, 1\}$$

Como condición binaria.

Analizando las restricciones, se puede observar que sólo debe haber un arco de llegada a un nodo, y que igualmente tan sólo debe haber un arco de salida. Con esto se garantiza que cada nodo es visitado sólo una única vez.

Sin embargo, con estas restricciones y la condición binaria de las variables  $x_{ij}$ , no es suficiente para garantizar que las soluciones factibles son recorridos. Es posible por tanto, que aparezca una solución formada por subrutas (no conectadas entre sí) y que cumplan las restricciones anteriormente comentadas.

Es por ello, por lo que es necesario añadir más restricciones que eviten la formación de subrutas. Una de las posibles formas de hacer esto, es la propuesta por Tucker. Las variables de decisión introducidas por las condiciones de Tucker son reales y no tienen límites ni superior ni inferior. La propuesta de Tucker genera  $n^2$  restricciones, mientras que otras pueden llegar a generar  $2n$ . Sin embargo, desde un punto de vista computacional, este modelo aunque más compacto es menos eficiente.

$$y_i - y_j + (n + 1)x_{ij} \leq n \quad \forall i = 0, \dots, n; \forall j = 1, \dots, n + 1; i \neq j$$

Otra manera de solucionar este problema es no aplicar las condiciones de Tucker y si en la solución aparecen subrutas, entonces introducir la restricción oportuna que

evite estas subrutinas y volver a resolver el problema. Este proceso de relajación-restricción se repetirá hasta obtener la solución óptima.

### 2.3.2. Programación Lineal Entera Mixta.

Muchas veces algunos programas lineales requieren apoyarse en variables de decisión con números enteros y estos pueden representarse mediante modelos matemáticos ligeramente diferentes de la programación lineal. Puede darse el caso en que todas las variables de decisión sean enteras teniendo un problema de programación lineal entera o puede ser que solo se requieran de algunas variables de decisión enteras, pudiendo ser reales las demás y esto hace referencia a programación lineal mixta.

Estas variables enteras, en algunos casos, pueden tomar los valores 0 ó 1 y se les conoce como variables binarias y resultan muy útiles para el planteamiento de problemas complejos.

Existe el procedimiento de ramificación y acotamiento que permite obtener la solución de un modelo de programación lineal entera o mixta, incluso con variables binarias, a partir del programa lineal asociado. Este método va redondeando poco a poco las soluciones no enteras obtenidas para las variables enteras, acotando sistemáticamente las posibilidades que se van presentando.

Varios algoritmos se basan en este método y difieren en el procedimiento de ramificación. Entre los algoritmos, destaca el de *Land – Doig* el cual consta de 5 pasos:

- Paso 1: Resolver el problema mediante método Simplex sin considerar que las variables son enteras (Programa lineal relajado). Si la solución óptima es entera se ha encontrado la solución de lo contrario ir al paso 2.
- Paso 2: Escoger una variable entera  $x_j$  arbitrariamente teniendo en cuenta que el resultado en el paso 1 no sea entero e igual a  $x_{Bj}$  que equivale a la Solución Básica Entera.
- Paso 3: Resolver dos nuevos problemas similares al programa lineal relajado: el primero con una restricción adicional al P.L relajado  $x_j \leq [x_{Bj}]$ ; y el segundo con una restricción adicional  $x_j \geq [x_{Bj}] + 1$ .
- Paso 4: De los P.L resueltos anteriormente, sólo incluir en el análisis posterior aquellos cuya solución (entera o no) sea mejor que cualquiera de las soluciones enteras ya obtenidas.
- Paso 5: Seleccionar el P.L que tenga el mejor valor de la Función objetivo. Si las variables enteras tienen valores enteros, se ha encontrado la solución óptima, de lo contrario regresar al paso 2 considerando la estructura del P.L resuelto en este paso.

## **Capítulo V**

### **La empresa**

La empresa que servirá de modelo de estudio es la Empresa Importadora y Exportadora TOCUCA S.R.L. o mejor conocida como Panificadora TOCUCA, pequeña empresa familiar ubicada en la ciudad de Lambayeque que cuenta con poco más de 10 trabajadores que tiene como objetivo dedicarse a la elaboración de pan, pasteles, dulces en general y otros derivados de harina de trigo. Se dedica también a la comercialización y venta de productos de primera necesidad, servicio de cafetería y otras actividades de compra venta; y toda actividad afín y conexas al objeto empresarial, contando para tal fin con un local propio en la ciudad de Lambayeque.

#### **1. Reseña histórica.**

Fundada en el 15 de diciembre de 1994 en la ciudad de Lambayeque por los esposos Jorge Cumpa Reyes y Ana María Vásquez de Cumpa, quienes no tenían ninguna experiencia en este rubro, buscando mejores beneficios y como respuesta a un programa para la inversión en negocios de panificación de COFIDE. Se denominó “Panificadora TOCUCA”, en honor y agradecimiento a don Tomás Cumpa Castro ‘TOCUCA’, padre del propietario Jorge Cumpa Reyes quién, luego de gestionar el proyecto y el préstamo para financiarlo puso en marcha el negocio.

En aquel momento iniciaron sus actividades solo con la colaboración de dos maestros panaderos, un ayudante, una cajera y dos vendedoras, además de contar con sólo un horno de diez bandejas, el cual, dos años más tarde, tuvo que ser reemplazado debido a la amplia aceptación del público y al respectivo crecimiento de la demanda.

Se notaba considerablemente el incremento de clientes, así que para ello adquirieron un horno de dieciocho bandejas y se incrementó el personal, actualmente cuentan con tres maestros panaderos, dos ayudantes, una cajera, cuatro vendedoras, entre otros. Así mismo, en lo que se refiere a infraestructura y maquinarias, la empresa cuenta con un local propio, ubicado en la Calle Atahualpa N° 145, debidamente acondicionado para ventas y también con ambientes adecuados para realizar las labores de producción, almacenaje y todas las relacionadas con el negocio.

Durante muchos años la empresa ha sido madura, debido a la preferencia del mercado ganado en la ciudad de Lambayeque, convirtiéndose en parte de la tradición de esta ciudad. Tiene productos de excelente calidad y una buena ubicación, sin embargo, a finales del 2008, la empresa se encontraba en declive puesto que su parte administrativa se había

descuidado mucho, por lo que, el control de todos sus procesos era mínimo. Esto se manifestaba por los reportes de pérdidas económicas, la inadecuada atención a los clientes y la desmotivación del personal el cual se encontraba descontento por la falta de una dirección y normas claras. Es por esto que, los fines de la empresa hasta el año 2008 fueron la supervivencia financiera o permanencia en el mercado, ya que, ante la situación descrita, para los directivos era preferible mantenerla como se pudiese antes de cerrar el negocio.

A pesar de las circunstancias negativas que vivía la empresa, el trabajo se caracterizaba por el respeto, la honestidad, la confianza y la lealtad en todos los niveles. Todo ello porque como empresa familiar se brindaba a los colaboradores confianza y estima, haciéndolos sentir siempre como parte de la familia; quienes retribuían a los propietarios demostrando lealtad. En el año 2008, el 90% de los trabajadores tenían más de 5 años laborando en la empresa, característica poco común en trabajadores de empresas de panificación, lo cual, demuestra la confianza mutua entre directivos-propietarios y colaboradores.

Si bien es cierto, por falta de organización, en la empresa las cosas no han marchado del todo bien y constantemente se intenta mejorar la garantía y la calidad de servicio, para que ésta sea y siga siendo considerada una de las mejores de la ciudad de Lambayeque.

## **2. Organización.**

La razón social de la empresa es “Importadora y exportadora TOCUCA S.C.R.L.”, su RUC era 20480115512 y su denominación comercial viene a ser “Panificadora TOCUCA”. La empresa ha sido siempre de tipo familiar, manteniendo a 3 socios, todos ellos de la misma familia Cumpa Vásquez. Se encuentra constituida como una Sociedad Comercial de Responsabilidad Limitada (S.C.R.L) e inscrita en el REMYPE (Registro de la Micro y Pequeña empresa).

La empresa tiene como objeto empresarial la producción y comercialización de productos de panificación así como la comercialización de productos complementarios de primera necesidad, contando para tal fin con un local propio en la ciudad de Lambayeque en la calle Atahualpa N° 145.

Entre sus productos destacan una variedad de panes tales como los de hamburguesa, de yema, francés, italiano, de manteca, colisa, marraqueta, mica, mollete, etc. Así como pan de molde, Empanadas de globo (azucaradas), tortitas de chicharrón, rosquitas, empanadas de Santa Clara, biscochos de vainilla, biscochos de canela y caramanduca.

Destacan también los productos de temporada como el Turrón que se elabora entre los meses de setiembre y noviembre y el Panetón producido entre octubre y enero de cada año. Entre sus productos complementarios se ofrecen variedades de lácteos, embutidos, gaseosas, otras bebidas, mantequillas, mermeladas, infusiones, etc.

En lo que respecta al mercado, se pueden diferenciar 2 tipos de clientes que son los residentes del distrito de Lambayeque y los visitantes que hace referencia a turistas, dado que el negocio se ubica cerca de la zona turística de la ciudad, y personas que realizan sus labores en la ciudad aun residiendo fuera de ella.

La empresa cuenta con los equipos necesarios para la elaboración de los productos. Se cuenta con equipos NOVA, empresa dedicada a la fabricación y comercialización de maquinaria de panificación. Actualmente posee un horno (con sus respectivos coches y bandejas), 2 amasadoras, 1 divisora y 1 molino de pan. Cuenta además, con equipos de refrigeración, congelamiento y conservación. Dentro de las instalaciones, se encuentran debidamente acondicionados el local de venta con un área de trabajo adecuada para el embolsado de productos; un taller para trabajo con su respectiva cámara de fermentación y almacén de insumos y materias primas. Por otro lado, los trabajadores cuentan con instalaciones adecuadas para un buen desempeño laboral ya que disponen de servicios higiénicos y vestidores.

En lo que respecta al personal, en el área de ventas y comercialización laboran 5 personas, 2 dedicadas a la venta en caja y 3 dedicadas a la atención de los clientes. En el área operativa se cuenta con la colaboración de 6 personas, 3 maestros panaderos, 2 ayudantes, uno de los cuales colabora en limpieza, y uno dedicado al área de pastelería. En los primeros años tampoco existía una gestión adecuada de personal que implicaba una comunicación mínima entre personal y gerencia. Actualmente, dicha deficiencia ha sido superada y la comunicación se ha incrementado notablemente trayendo beneficios en cuanto al clima laboral y la productividad y eficiencia.

Al año 2008 la empresa no tenía definido ningún tipo de proceso y todo se realizaba de manera informal y verbal de modo que no existía ningún tipo de reglamento o manual documentados y se regía en base a la tradición o experiencia del día a día por lo tanto no había una planificación adecuada en ningún tipo de proceso, incluido el manejo de personal.

En cuanto a la demanda, para el caso del pan, ésta era constante. No existía tampoco una planificación, registro o una manera adecuada de estimarla y en este caso también influía la experiencia del día a día para la programación de la producción del nuevo día. En temporadas altas (verano, navidad o los meses en que se inician las clases escolares) la demanda se estimaba de acuerdo a la experiencia de años anteriores, sin embargo, esto tampoco estaba registrado y la estimación era muchas veces inexacta.

Del mismo modo, no existía un control de costos y por ende no había registro alguno, de modo que los precios eran establecidos en base a lo que ofrecía el mercado y la competencia y en muchos casos los precios no eran los adecuados lo que llevaba a registrar pérdidas significativas.

Actualmente la nueva administración ha puesto énfasis en estas áreas y poco a poco ha ido documentando todo lo necesario para un mejor manejo de los procesos administrativos y operativos dándole un enfoque más formal.

### **3. Descripción de procesos.**

Como toda empresa, el negocio depende de muchos procesos. Se cuenta con diversos procesos como el de Abastecimiento, Almacenamiento, Producción, Almacenamiento Post Producción y Comercialización, además de procesos propios del área administrativa. En el presente estudio se describirán los procesos que son objeto de investigación: Producción, Almacenamiento y Distribución y de ser necesario se invocará brevemente a algún otro proceso si está ligado al proceso descrito.

#### **3.1. Proceso de producción.**

Este proceso se inicia cuando el cajero de turno emite las Órdenes de Producción ya sea para atender la demanda estimada o para atender pedidos especiales de productos por parte de los clientes. A continuación se describe el proceso de producción de manera genérica sin entrar en detalle por cada tipo de pan.

Una vez recibida la orden por parte de la cajera, el encargado de producción verifica la disponibilidad de la materia prima e insumos necesarios y de no ser así, solicita la mercadería necesaria para que sea adquirida.

Al contar con todo lo necesario, se inicia el pesado de los materiales de acuerdo al criterio del maestro panadero, con la colaboración del ayudante de turno, dado que las recetas no se encuentran registradas ni estandarizadas. Culminada esta parte se procede a incorporar la levadura, uno de los ingredientes más importantes ya que la cantidad utilizada influirá en el proceso de fermentación y de esto depende la programación del horneado respectivo.

La siguiente etapa viene a ser el amasado y sobado que puede realizarse manualmente o mecánicamente a través de una máquina amasadora (actualmente se cuenta con 2 equipos). Una vez lista la masa, se procede a pesar fracciones de la misma para dividirla en 30 porciones si es que fuera necesario a través de una máquina divisora especial. De no serlo, esta debe ser laminada de acuerdo a una medida según el tipo de producto.

A continuación se inicia el labrado de la masa que consiste en dar la forma respectiva a los productos. También se procede a agregar el relleno si el producto así lo requiere o bien se le agregan insumos adicionales. Si ha sido laminada se procede a cortarlos con moldes o bien se le da forma manualmente apoyándose con utensilios como rodillos o palotes. Una vez lista la masa, se coloca en bandejas y son introducidas en la cámara de fermentación si es que lo necesitan. Esta parte del proceso puede durar hasta varias horas, si el producto así lo requiere, bajo determinadas temperaturas las cuales son controladas empíricamente al no contar con instrumentos especializados para dicho control.

Luego de este proceso, algunos productos requieren ser pintados con un batido de huevo (pan de yema por ejemplo), espolvoreados con ajonjolí (como el pan de hamburguesa) o cualquier otro insumo antes de ingresar al horno. Cuando llega el momento del horneado, el producto es cocinado por unos minutos y a una temperatura definida según el tipo de producto, la cantidad de levadura utilizada y el tiempo en la cámara de fermentación. En esta etapa debe tenerse mucho cuidado con la

programación ya que podría generarse un cuello de botella que al final afectaría la calidad del producto o bien podrían llegar a perderse en su totalidad.

Concluido el horneado, el operario procede a retirar los productos del horno y estos serán ubicados en el área de enfriamiento para finalmente ser embolsados o colocados en la vitrina para la comercialización respectiva y lleguen a manos del cliente.

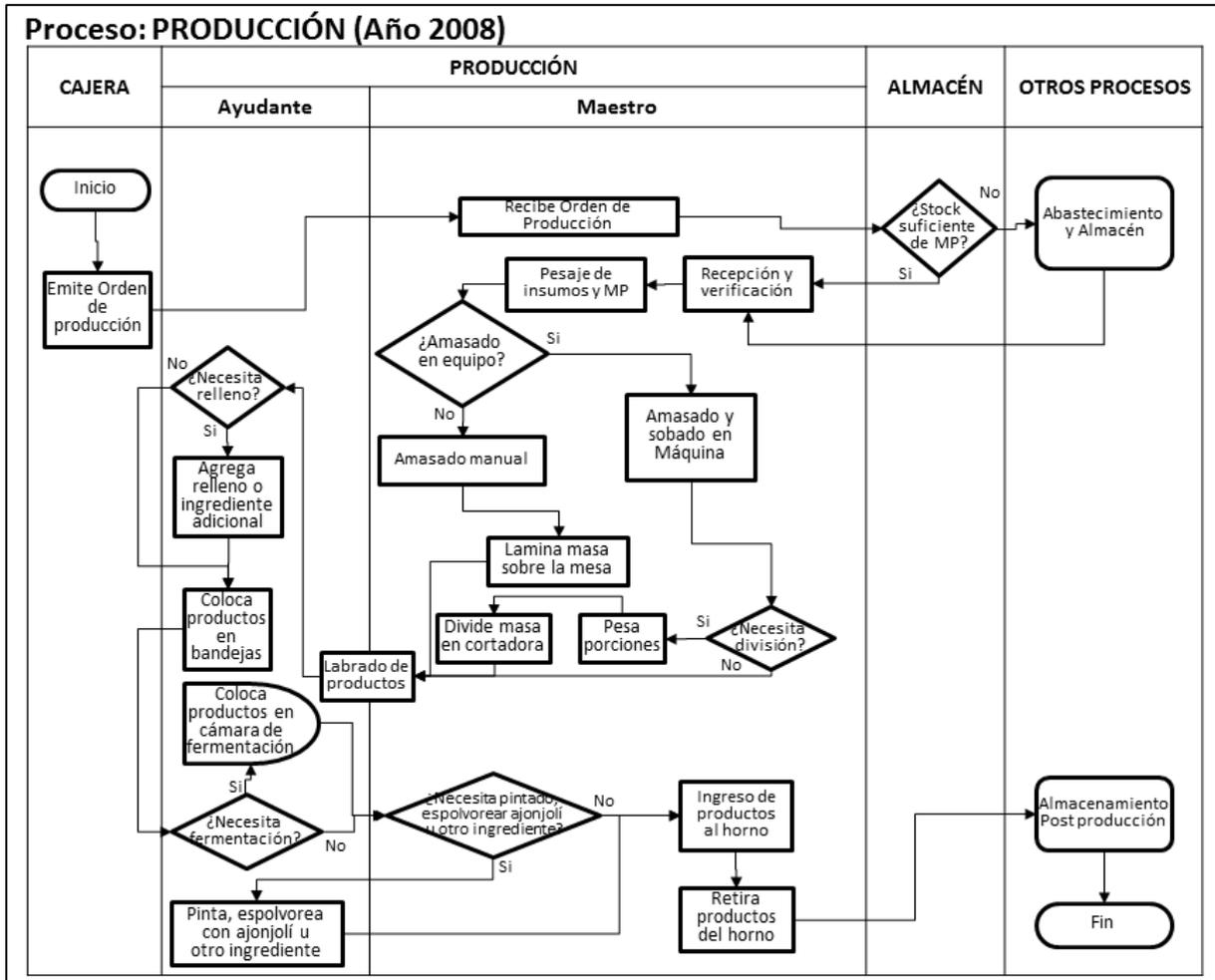


Figura V.1. Diagrama de Proceso de Producción (2008)

### 3.2. Proceso de almacenamiento.

Previamente, deben realizarse los requerimientos necesarios de materias primas e insumos para el abastecimiento necesario, los cuales serán estimados por el administrador. Una vez verificada la disponibilidad financiera y realizadas las gestiones necesarias (negociación para definir si hay pago al contado o crédito y control de proveedores) se emite la orden de compra, la cual implica contactar o visitar al proveedor; la orden es entregada, se realiza la cobranza, si es que la hubiera, y se gestiona el despacho de la mercadería.

Si la mercadería es transportada por el proveedor, es este quien deberá gestionar el transporte de lo contrario lo hará el administrador o el encargado de compras de acuerdo a quien haya realizado la compra.

Luego de haber gestionado el transporte, el proveedor o el encargado de compras, deberá ingresar la mercadería al local de la empresa, para lo cual se deberá coordinar con el 'Encargado de recepción de mercaderías', quién, si la mercadería fue transportada por el proveedor, autorizará a este el ingreso de la misma, recibiendo antes el comprobante de pago respectivo, y si la mercadería fue transportada por el encargado de compras, este deberá ingresar dicha mercadería.

En cualquiera de los casos, el transportista (sea el proveedor o la empresa), ingresará la mercadería hasta el almacén final o provisional, de acuerdo a lo coordinado, luego de lo cual el encargado de recepción deberá llevar a cabo el control de recepción de mercaderías, levantando una observación si no se cumpliera alguna de las condiciones del control de las mismas, que deberá ser absuelta por el transportista, y en caso de que todas las condiciones se hubiesen cumplido, se autoriza el pago de la factura si esta fuera al contado o el archivo de la misma si esta fuera un crédito.

Posteriormente, si la mercadería no fue ingresada al almacén final, el auxiliar de almacén deberá transportarla a dicho almacén para luego ser colocada en su lugar correspondiente, registrando los ingresos de mercadería, resguardar las mercaderías y mantenerlas disponibles para la producción.

Finalmente, se verificará si se presentó algún incidente que se deba reportar en cuyo caso se emitirá un reporte de incidentes para luego realizar el control de almacén de acuerdo a los periodos establecidos.

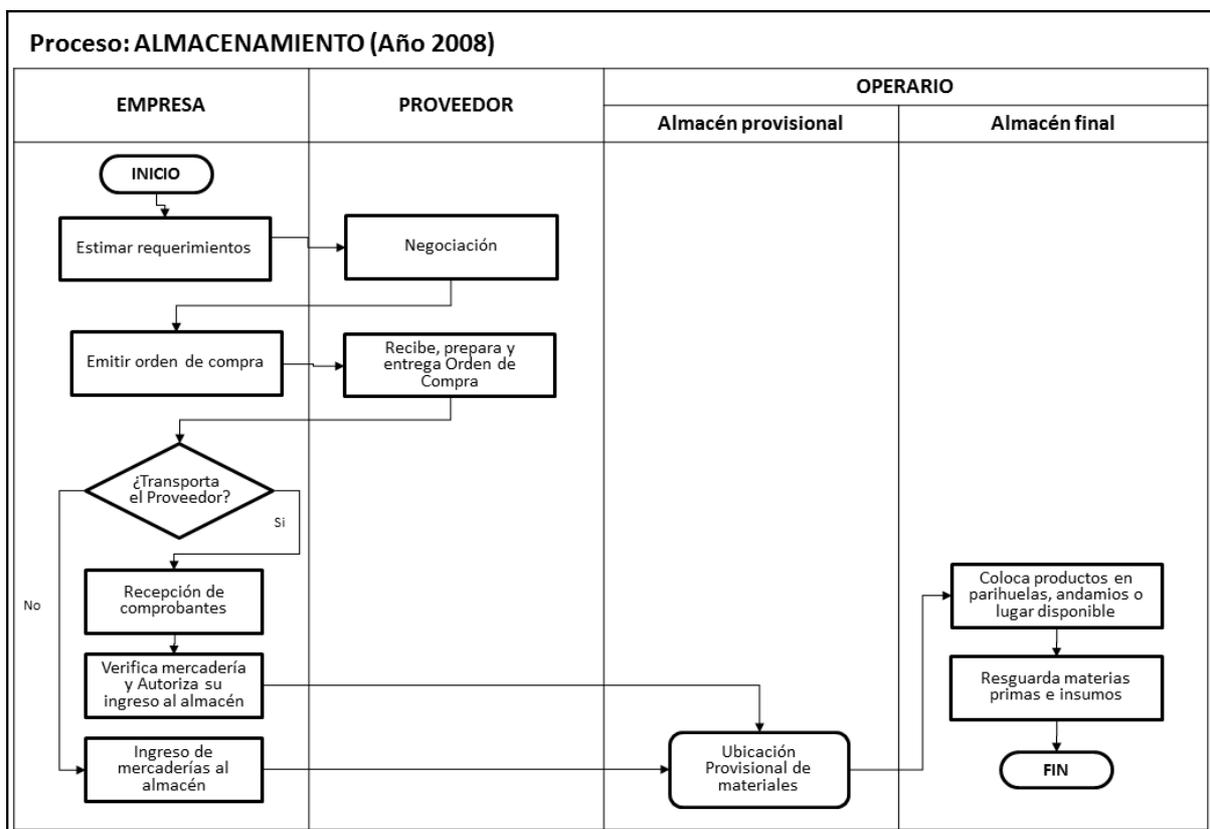


Figura V.2. Diagrama de Proceso de Almacenamiento (2008)

### **3.3. Proceso de distribución.**

Actualmente, no existe un proceso de distribución de productos por parte de la panificadora. En la década de los 90, la empresa implementó la venta productos por las calles de la ciudad utilizando un vehículo no motorizado. Desafortunadamente, este servicio no tuvo un manejo adecuado y los resultados no fueron los esperados con lo que fue dejado de lado.

## **Capítulo VI**

### **Proceso de mejoramiento**

#### **1. Información sobre la obtención y procesamiento de datos.**

Para cada objetivo, la obtención de información ha sido distinta. Respecto al primer objetivo, la información se obtuvo directamente de la empresa al contar con los datos necesarios para el desarrollo del primer objetivo como: Tipo de productos, precios, costos, unidades producidas. Cuando fue necesario, se obtuvo información a través de consultas con los maestros panaderos y la gerencia. Esta información fue procesada mediante Microsoft Office Excel 2007. Para la obtención de resultados se utilizó el software LINDO en su versión 6.1

Para cumplir con el objetivo número 2, se recabó información relacionada con las compras de materiales: Nombre del insumo, cantidades y precios durante el periodo Enero – Mayo de 2008 y también datos relacionados con los pedidos y la conservación de materiales. También se utilizó Microsoft Office Excel 2007 como herramienta de procesamiento de datos.

El objetivo 3 analiza información brindada por la empresa relacionada con la competencia, el mercado y todo lo relacionado para el modelo de distribución que permitirá realizar un análisis de las condiciones actuales y en base a eso brindar sugerencias para la implementación del servicio y la toma de decisiones adecuada.

Dentro de la propuesta de distribución se incluye una herramienta de cálculo de distancias la cual ha sido desarrollada con ayuda del software de desarrollo web Macromedia Dreamweaver 8 y aplicaciones ya elaboradas, propiedad de Google. Así mismo para la obtención de resultados relacionados con el modelo a aplicar se utilizó el software abierto y de distribución gratuita Grafos en su versión 1.2.9 (© 2003 – 2008 – Alejandro Rodríguez Villalobos).

## **2. Planteamiento de los problemas de acuerdo a los objetivos trazados.**

### **2.1. Mejora del proceso de producción.**

Para cumplir con este objetivo es necesario producir lo necesario, es decir la empresa debe plantearse ¿Cuánto habrá que producir de tal manera que se logre satisfacer la demanda y a la vez se logre maximizar las utilidades aprovechando los recursos disponibles? Es decir, que la optimización de la producción y la maximización de utilidades deben estar relacionadas entre sí para llegar a una solución adecuada. Pero también hay que considerar que este proceso se verá limitado por ciertas condiciones que no deben dejarse de lado.

### **2.2. Mejora del proceso de almacenamiento.**

Debe tenerse en cuenta que no todos los recursos en stock representan un elevado volumen de inversión si no tan sólo unos pocos que a su vez representan una cantidad baja en unidades. En base a esta premisa habrá que considerar que no todos los productos deben ser analizados si no sólo aquellos que representa ese volumen elevado de inversión y a partir de ahí habrá que definir ¿Cuándo habrá que realizar un pedido y qué cantidad deberá solicitarse para contar con los recursos necesarios en el momento indicado de modo que el gasto sea mínimo?

### **2.3. Planteamiento de un modelo de distribución.**

Previamente, se mencionó que en la década de los noventas se puso en marcha un modelo de venta de productos por la ciudad mediante un vehículo no motorizado cuyos resultados no fueron los esperados y el servicio fue dejado de lado. Evidentemente no hubo una planificación y control adecuados. Para ejecutar este servicio hay que tener en cuenta muchas cosas como la zona de cobertura del servicio, los turnos de reparto, las condiciones del mismo, la ruta a seguir, entre otras. El presente estudio se centrará en determinar cuáles serían las condiciones adecuadas para poner en marcha el proceso así cómo determinar cuál será la ruta ideal de modo que el servicio sea lo más eficiente posible.

### 3. Análisis de los problemas.

#### 3.1. Mejora del proceso de producción.

Se desea determinar cuál es la cantidad de cada tipo de pan que la empresa debe producir. Dado que la producción normal es la misma cada semana, los resultados a obtener deberán ser semanales. Aparenta ser un planteamiento sencillo y práctico, sin embargo, se deben tener en cuenta ciertas condiciones al momento de plantear una solución.

Entre las condiciones que habrá que tener en cuenta tenemos que en primer lugar, la producción actual de cada tipo de pan se verá afectada y habrá que producir más o menos de cada uno para lograr satisfacer la demanda. Estos nuevos lotes de producción a su vez deberán permitir maximizar utilidades pero no deberán sobrepasar ni el capital de trabajo disponible ni el límite de mano de obra ya que este proceso de mejora no busca alterar la situación laboral actual. La demanda máxima posible tampoco debe verse alterada por lo que debe tomarse en cuenta al momento del planteamiento.

Evidentemente, para cumplir con el objetivo trazado, lo mencionado anteriormente no puede dejarse de lado, la optimización de la producción y la maximización de utilidades están muy relacionadas entre sí, por lo que la aplicación de la Programación de Metas ayudará a resolver estos problemas, de modo que ambas soluciones sean congruentes entre sí.

Para este estudio se planteará la función objetivo respectiva, la que deberá minimizar las desviaciones asignadas a cada meta, las cuales deberán plantearse teniendo en cuenta las condiciones indicadas previamente. Analíticamente, estas metas serán expresadas en forma de restricciones. Las metas a cumplir serán las siguientes:

- Primera: Determinar cuánto habrá que producir por cada tipo de pan, es decir determinar los valores de las variables de decisión  $X_j$  que permitan satisfacer la demanda y a la vez cumplir con los objetivos trazados.
- Segunda: Maximizar las utilidades. Que viene a ser lo más importante y esta maximización deberá tener como base el nuevo lote de producción.
- Tercera: Aprovechar al máximo el capital de trabajo disponible. Es decir que se busca mejorar con los recursos que se tienen actualmente, con lo que el modelo debe adaptarse a la realidad de la empresa de modo que bajo este concepto deben considerarse también las 2 metas siguientes.
- Cuarta: No sobrepasar el límite de mano de obra para no alterar la situación laboral actual.
- Al mencionar que no habrá que exceder la demanda máxima posible, sería mejor considerar esta condición como una restricción y no una meta ya que si se produce menos podría alterar la demanda y si se produce más podría generarse pérdidas debido al exceso de producción.

Como se sabe, la función objetivo estará conformada por las desviaciones ( $y_i$ ) de las metas y estas deberán minimizarse para obtener resultados adecuados. Lo primero que debe tenerse claro es que deben maximizarse las utilidades sí o sí de modo que habrá que minimizar la desviación  $y_j$  de dicha meta en la función objetivo. Al contar con un capital de trabajo, resultaría complicado para las finanzas de la empresa exceder dicho

capital ya que podría alterar los resultados esperados de modo que al final no se logre la maximización de utilidades, es así que lo ideal sería evitar un exceso con lo que se deberá minimizar  $y_2^+$  en la función objetivo para dicha meta.

En el caso siguiente, no sobrepasar la mano de obra disponible, la situación es similar a lo anterior, es decir no habrá que superarlo dado que no se cuenta con más personal y no habría manera de cumplir con lo pronosticado por tanto deberá minimizarse la desviación  $y_3^+$  de dicha meta.

Previamente se explicó que a cada variable de desviación asociada a una meta se le asigna una ponderación o un peso ( $w_i$ ) según su importancia al momento de plantear una solución, del mismo modo cada meta debe tener un nivel de prioridad ( $P_i$ ) respecto de las otras ya que no siempre todas tienen la misma importancia. Dicho esto, se tiene que, a la maximización de utilidades se le dará la prioridad número 1 ( $P_1$ ) dado que es la base del objetivo planteado.

Luego, las otras metas son claves para lograr una maximización adecuada. Se le asignará la segunda prioridad,  $P_2$ , exceder el capital de trabajo disponible y  $P_3$  a no sobrepasar el límite de mano de obra. Con respecto a las ponderaciones para las variables de decisión, estas no se tomarán en cuenta en el estudio.

Como se mencionó también, las demandas máximas posibles de cada tipo de pan se consideran como restricciones por lo que no se les asigna ninguna prioridad.

### **3.2. Mejora del proceso de almacenamiento.**

Se busca gastar lo necesario, para esto se sugiere llevar un control efectivo y estricto, principalmente, sobre los productos de mayor costo. Viéndolo de esta manera, los materiales deben clasificarse en grupos de modo que se conozcan los que requieren un control estricto y los que pueden verificarse simplemente cada cierto tiempo (periódicamente).

Llevando un control de almacén eficiente, los encargados de las compras podrán realizar los pedidos en el momento indicado y así se logrará satisfacer las necesidades de los productores de modo que cuando ellos lo soliciten podrán disponer de los insumos requeridos para la producción.

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.

El gráfico o sistema ABC es una herramienta que permite visualizar esta relación y determinar, en forma simple, qué artículos son de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo toma de decisiones más eficientes<sup>1</sup>.

Emplear este sistema permitirá dividir el inventario en tres grupos: A, B, C. donde el grupo A representa a los ítems de mayor inversión y por tanto requieren un control

---

<sup>1</sup> Tomado del artículo del Ing. Tomás Fucci, "El gráfico ABC como técnica de gestión de inventarios", docente de la Universidad Nacional de Luján, Argentina.

estricto. Los grupos B y C agrupan a los que requieren menor inversión. Esta división hará que la empresa pueda determinar el nivel y tipos de procedimientos de control de inventario necesarios.

Para el caso del grupo A, la aplicación del Modelo de Cantidad Económica de Pedido (CEP o EOQ, *Economic Order Quantity*) ofrece la posibilidad de llevar el control estricto que se requiere de modo que será posible saber, cuando sea necesario, cuánto y cuando pedir así como el coste del pedido y los niveles máximo y medio de inventario.

Lo que se busca es establecer una política de inventarios que se oriente a controlar los artículos importantes, que son minoría cuantitativamente pero representan un 70% u 80%, incluso llega hasta el 90%, del uso total en dinero. Por lo que los artículos que conforman los 2 grupos restantes no requieren de un control tan cuidadoso y podrían aplicárseles modelos de control más sencillos como una inspección periódica.

### **3.3. Planteamiento de un modelo de distribución.**

Actualmente, la Panificadora cuenta con un gran reconocimiento por parte de sus clientes por la calidad de sus productos lo cual ha llevado muchas veces a plantear diversas propuestas como la de habilitar un nuevo local o distribuir productos terminados a diversos clientes ya sean hogares o negocios menores (por ej.: bodegas).

En esta oportunidad se planteará un modelo de distribución para ser aplicado en un negocio como éste. Diariamente, la empresa deberá suministrar desde su local los productos solicitados por los clientes en diversos puntos de la ciudad. El problema consiste en hallar una ruta de reparto de modo que, partiendo de la panadería, se visiten a todos los clientes una sola vez, en un recorrido único que termine de vuelta en la panadería.

Previamente, debe realizarse un pequeño análisis que permita definir los parámetros mediante los cuales podría regirse el sistema de reparto. Es decir, habrá que tener claro que zona de la ciudad podrá cubrirse ya sea en base a la concentración de clientes o a la ubicación de locales de competencia. También hay que definir los turnos de reparto así como los costos relacionados con dicho reparto.

La determinación de la ruta adecuada de reparto en este caso puede identificarse como el Problema del Agente Viajero (TSP - *Traveling Salesman Problem*). Para llegar a una solución adecuada se deberá trabajar bajo un contexto real. Es decir, en este caso será necesaria información sobre la localización geográfica de la central y los clientes y sus ubicaciones así como la de locales de la competencia, la distribución y sentido de las calles de la ciudad, información sobre el tráfico, las obras o calles cortadas, etc.

#### 4. Desarrollo. Aplicación de modelos matemáticos.

##### 4.1. Mejora del proceso de producción.

Para el presente estudio es necesario contar con la información siguiente por cada tipo de pan y biscocho:

- Demanda Máxima Semanal que viene a ser la producción semanal de cada tipo de pan brindada por la empresa.
- Tiempo de producción, brindado por los trabajadores.
- Precio Venta Unitario que se obtuvo a través de información brindada por la empresa.
- Costo Unitario de cada producto obtenido del análisis de costos realizado por la empresa.
- Utilidad unitaria y total.
- Capital disponible para la semana (Monto semanal de dinero asignado a compras de materia prima e insumos), brindado por la empresa.

Una vez recabada la información brindada por la empresa, se procesó la información y se definieron los productos que formarán parte del estudio. En esta ocasión forman parte del estudio los tipos de panes y biscochos (ver tabla VI.1 en página siguiente). Quedan de lado, otros productos elaborados a base de harina y los productos de temporada como el turrón y Panetón dado que su producción es estacional e implica procesos y planificación distintos.

De acuerdo a la información brindada por la empresa al 2010, semanalmente se consumen 17.75 sacos de harina, de los cuales 15.25 son utilizados en la elaboración de panes y biscochos. Esto representa un 85.92% de la producción total y el restante representa otros tipos de productos como pasteles y dulces que no forman parte del estudio. Diariamente, se ha estimado que la utilidad obtenida por concepto de venta de productos de panificación o a base de harina asciende en promedio a S/. 110.00 de los cuales S/. 94.51 corresponden a la venta de panes y biscochos. Semanalmente la utilidad viene a ser de S/. 661.58.

En lo que se refiere a capital disponible para la semana, la empresa afirma que en promedio gasta S/. 3000 en compra de materias primas e insumos. Respecto a lo requerido para la producción de panes y biscochos, se estima un 86% del monto total, es decir S/. 2580 semanales.

Se sabe también que, laboran durante la semana 4 personas en la producción de panes y biscochos, 2 maestros panaderos y 2 ayudantes. Semanalmente, representan 16440 minutos-hombre en el área de producción. De dichos minutos, la empresa ha estimado que 11280 minutos-hombre son dedicados a la producción de panes y biscochos y de aprovechar al máximo la capacidad, podría llegarse a 12100 minutos.

La demanda máxima semanal posible se determinó luego de obtener información de producción de bandejas diarias por cada tipo de pan. Finalmente, la cantidad semanal producida de cada tipo de pan, que equivale a la Demanda máxima semanal posible, se obtuvo multiplicando la cantidad de unidades de pan por bandeja por el total de bandejas semanales (ver tabla VI.1 en página siguiente).

Tabla VI.1. Producción semanal de cada tipo de pan.  
Panificadora TOCUCA.

<b>TIPO DE PAN</b>	<b>BANDEJAS SEMANALES</b>	<b>UNIDADES POR BANDEJA</b>	<b>UNIDADES SEMANALES</b>
Hamburguesa	138	20	2760
Ciabatta	24	20	480
Croissant	182	24	4368
Colisa	65	24	1560
Italiano	65	30	1950
Marraqueta	69	28	1932
Francés	69	28	1932
Francés grande	45	20	900
Mica chica	69	28	1932
Mica grande	69	24	1656
Mollete	65	24	1560
De manteca mica	14	54	756
De manteca redondo	8	40	320
De mantequilla	180	28	5040
De yema	55	40	2200
Integral mica	40	28	1120
Integral redondo	34	40	1360
De ají	12	24	288
Pizza	12	24	288
Tortitas de chicharrón	46	24	1104
Biscocho canela	46	28	1288
Biscocho vainilla	46	28	1288
Caramanduca	14	40	560
Encimada	-	-	90
Molde blanco	-	-	36
Molde integral	-	-	144
Empanada de globo	36	20	720
Empanada Sta. Clara	4	40	160
Rosquitas	36	40	1440

La tabla VI.2, en la página siguiente, muestra los productos que forman parte del estudio con su demanda máxima semanal que viene a ser la cantidad semanal producida de cada tipo de pan y su tiempo de producción, en minutos-hombre, respectivos brindados por la empresa en base a la información brindada por los trabajadores.

Tabla VI.2. Demanda máxima y tiempo de producción por cada tipo de pan.  
Panificadora TOCUCA.

<b>TIPO DE PAN</b>	<b>DEMANDA MÁXIMA</b>	<b>TIEMPO DE PRODUCCIÓN min-h</b>
Hamburguesa	2760	600
Ciabatta	480	200
Croissant	4368	1000
Colisa	1560	450
Italiano	1950	600
Marraqueta	1932	600
Francés	1932	430
Francés grande	900	430
Mica chica	1932	540
Mica grande	1656	540
Mollete	1560	470
De manteca mica	756	220
De manteca redondo	320	220
De mantequilla	5040	1100
De yema	2200	600
Integral mica	1120	350
Integral redondo	1360	350
De ají	288	180
Pizza	288	180
Tortitas de chicharrón	1104	320
Biscocho canela	1288	380
Biscocho vainilla	1288	380
Caramanduca	560	180
Encimada	90	150
Molde blanco	36	150
Molde integral	144	150
Empanada de globo	720	300
Empanada Sta. Clara	160	150
Rosquitas	1440	420

Los costos de cada pan fueron otorgados por la empresa y se determinaron según se muestra a continuación (sólo como referencia). Se tomaron en cuenta: el costo de la materia prima, mano de obra directa y gastos de fabricación, así como gastos administrativos, de producción y gastos de ventas, para calcular el costo total de cada tipo de pan.

En primer lugar se muestra un resumen de costos indirectos y gastos (Tabla VI.3), proporcionados por la empresa, que incluyen mano de obra directa (MOD), costos indirectos de fabricación (CIF), así como diversos gastos (Administrativos, de ventas y mantenimiento) durante el año 2010.

Tabla VI.3. Resumen de costos indirectos y gastos 2010.  
Panificadora TOCUCA.

<b>RESUMEN COSTOS INDIRECTOS + GASTOS</b>		
<b>Costos indirectos</b>	<b>C/IGV</b>	<b>S/IGV</b>
MOD (-)	S/. 3695.95	S/. 3695.95
CIF (-)	S/. 2995.50	S/. 2744.12
	<b>S/. 6691.45</b>	<b>S/. 6440.07</b>
<b>Gastos</b>		
G. Administrativos (-)	S/. 524.50	S/. 462.84
G. Ventas (-)	S/. 2709.17	S/. 2613.37
G. Mantenimiento (-)	S/. 150.00	S/. 150.00
	<b>S/. 3383.67</b>	<b>S/. 3226.21</b>
<b>Costos indirectos + gastos</b>	<b>S/. 10075.12</b>	<b>S/. 9666.28</b>

Durante el año 2010, se estimaron ventas alrededor de los 33450.00 Nuevos Soles, de los cuales S/. 28878.00 correspondieron a ventas relacionadas con productos de panificación, incluido IGV. Descontados los impuestos respectivos (renta de S/. 562.18 e IGV por S/. 1200.00) y la utilidad anual de S/. 3000.00 se estima un costo anual de S/. 24115.82. De dicho costo, con la información anterior se deduce que S/. 10075.12 corresponden a los costos de mano de obra, indirectos y gastos mencionados por lo que los costos por materia prima directa (MPD) ascienden a 14040.70 Nuevos Soles incluido IGV con lo que se determina que los costos indirectos representan el 71.76% del costo directo.

Sin considerar el IGV, las ventas anuales llegan a S/. 28109.24 y S/. 24267.23 equivalen a ventas de panificación. El costo anual es de S/. 19505.04 y S/. 9838.76 representan a los costos de materia prima directa (MPD) y S/. 9666.28 a los otros, siendo estos un 98.25% del total del costo directo. (Ver tabla VI.4 resumiendo lo dicho.)

Tabla VI.4. Resumen de ventas y costos 2010.  
Panificadora TOCUCA.

<b>RESUMEN % SOBRE COSTO DIRECTO</b>		
	<b>C/IGV</b>	<b>S/IGV</b>
Ventas mercaderías	S/. 4,572.00	S/. 3,842.02
Ventas panificación	S/. 28,878.00	S/. 24,267.23
Ventas promedio 2010	<b>S/. 33,450.00</b>	<b>S/. 28,109.24</b>
Utilidad (-)	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00
Renta (-)	S/. 562.18	S/. 562.18
IGV (-)	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00
	<b>S/. 24,115.82</b>	<b>S/. 19,505.04</b>
MPD	S/. 14,040.70	S/. 9,838.76
MOD + CIF + gastos	S/. 10,075.12	S/. 9,666.28
<b>% Sobre el costo directo</b>	<b>71.76%</b>	<b>98.25%</b>

Habiendo determinado los porcentajes sobre el costo directo, se asume entonces que en el costo individual de cada pan dicho porcentaje es el mismo y se procede a determinar los costos respectivos. La tabla VI.5 define el costo del pan de hamburguesa, se entiende que el costo de los demás panes se determinó de la misma manera.

Tabla VI.5. Costo total del pan de hamburguesa.  
Panificadora TOCUCA.

INSUMO/MP	CANT.	UNID.	COSTO X g	COSTO RECETA
Agua	1000	ML		
Harina Especial Nicolini	1100	G	S/. 0.00170	S/. 1.87092
Harina Extra Nicolini	1100	g	S/. 0.00167	S/. 1.83210
Manteca Famosa	200	g	S/. 0.00429	S/. 0.85714
Azúcar Rubia Tumán	200	g	S/. 0.00200	S/. 0.40000
Mejorador De Masas Panadis	15	g	S/. 0.00471	S/. 0.07059
Sal Marina	30	g	S/. 0.00123	S/. 0.03676
Levadura Instantanea Okedo	30	g	S/. 0.01765	S/. 0.52941
<b>COSTO TOTAL RECETA</b> S/. 5.59693				
<b>PESO MASA</b> 3,675.00 g				
<b>COSTO X g RECETA</b> S/. 0.00152 g				
<b>PESO UNIDAD</b> 36.66666667 g				
<b>RENDIMIENTO EN UNIDADES</b> 100.23 UNID.				
<b>COSTO MPD (A) UNIDAD</b> S/. 0.05584				
<b>RELLENO – ESPOLVOREADO - PINTADO - EMPAQUE</b>				
INSUMO/MP	CANT.	UNID.	COSTO X g	COSTO RECETA
Huevos	0.50114	UNID.	S/. 0.21008	S/. 0.10528
Ajonjolí	40.0909	g	S/. 0.00336	S/. 0.13476
<b>COSTO TOTAL</b> S/. 0.24004				
<b>RENDIMIENTO EN UNIDADES</b> 100.23 UNID.				
<b>COSTO MPD (B) UNIDAD</b> S/. 0.00239 UNID.				
<b>COSTO TOTAL MPD (A+B) UNIDAD (+)</b> S/. 0.05824				
<b>COSTO + GASTO (98.25%) UNIDAD (+)</b> S/. 0.05722				
<b>COSTO TOTAL UNIDAD</b> S/. 0.11545				

En la primera parte de la tabla se muestra la cantidad de cada insumo de acuerdo a la receta ya sea en gramos o mililitros y el costo por gramo que permite determinar el costo por gramo de acuerdo a la receta que en total es de S/. 5.59693. Y con una masa de 3.675 g, el costo por gramo asciende a S/. 0.00152. Con una unidad de 36.66 g tenemos que para una unidad de pan de hamburguesa el costo de Materia Prima Directa es de S/. 0.05584.

Se determinaron otros costos adicionales por concepto de espolvoreado y pintado y estos suman S/. 0.00239. De modo que el Costo total de Materia Prima directa equivale a S/. 0.05824. Previamente, se asumió que los costos de fabricación y gastos

representan al 98.25% del costo de materia prima por lo que tenemos S/. 0.05722 adicionales y el costo total de la unidad de pan de hamburguesa equivale a S/. 0.11545.

Una vez definidos los costos, la tabla VI.6 presenta los tipos de pan con su respectivo precio venta, costo y utilidad unitaria.

Tabla VI.6. Precios venta y costos totales por cada tipo de pan.  
Panificadora TOCUCA.

<b>TIPO DE PAN</b>	<b>PRECIO VENTA S/.</b>		<b>COSTO S/.</b>	<b>UTILIDAD S/.</b>
Hamburguesa	6 x S/. 1.00	0.167	0.11545	0.05155
Ciabatta	6 x S/. 1.00	0.167	0.10404	0.06296
Croissant	6 x S/. 1.00	0.167	0.11732	0.04968
Colisa	6 x S/. 1.00	0.167	0.10692	0.06008
Italiano	6 x S/. 1.00	0.167	0.11053	0.05647
Marraqueta	8 x S/. 1.00	0.125	0.08070	0.04430
Francés	8 x S/. 1.00	0.125	0.07862	0.04638
Francés grande	5 x S/. 1.00	0.200	0.12948	0.07052
Mica chica	8 x S/. 1.00	0.125	0.08119	0.04381
Mica grande	7 x S/. 1.00	0.143	0.09869	0.04431
Mollete	8 x S/. 1.00	0.125	0.08051	0.04449
De manteca mica	7 x S/. 1.00	0.143	0.09727	0.04573
De manteca redondo	7 x S/. 1.00	0.143	0.09727	0.04573
De mantequilla	7 x S/. 1.00	0.143	0.09397	0.04903
De yema	6 x S/. 1.00	0.167	0.10615	0.06085
Integral mica	7 x S/. 1.00	0.143	0.09399	0.04901
Integral redondo	7 x S/. 1.00	0.143	0.09399	0.04901
De ají	5 x S/. 1.00	0.200	0.13755	0.06245
Pizza	5 x S/. 1.00	0.200	0.16640	0.03360
Tortitas de chicharrón	6 x S/. 1.00	0.167	0.11468	0.05232
Biscocho canela	8 x S/. 1.00	0.125	0.07839	0.04661
Biscocho vainilla	8 x S/. 1.00	0.125	0.08415	0.04085
Caramanduca	7 x S/. 1.00	0.143	0.10523	0.03777
Encimada	S/. 0.50	0.500	0.34616	0.15384
Molde blanco	S/. 2.00	2.000	1.39027	0.60973
Molde integral	S/. 2.00	2.000	1.14760	0.85240
Empanada de globo	4 x S/. 1.00	0.250	0.16859	0.08141
Empanada Sta. Clara	4 x S/. 1.00	0.250	0.17223	0.07777
Rosquitas	8 x S/. 1.00	0.125	0.08198	0.04302

Procesada la información, en la tabla VI.7 se resume lo obtenido y necesario para el planteamiento y aplicación del modelo matemático.

Tabla VI.7. Resumen de información.  
Panificadora TOCUCA.

$X_j$	TIPO DE PAN	UTILIDAD S/.	COSTO S/.	DEMANDA MÁXIMA	TIEMPO min-h
$X_1$	Hamburguesa	0.05155	0.11545	2760	600
$X_2$	Ciabatta	0.06296	0.10404	480	200
$X_3$	Croissant	0.04968	0.11732	4368	1000
$X_4$	Colisa	0.06008	0.10692	1560	450
$X_5$	Italiano	0.05647	0.11053	1950	600
$X_6$	Marraqueta	0.04430	0.08070	1932	600
$X_7$	Francés	0.04638	0.07862	1932	600
$X_8$	Francés grande	0.07052	0.12948	900	260
$X_9$	Mica chica	0.04381	0.08119	1932	570
$X_{10}$	Mica grande	0.04431	0.09869	1656	500
$X_{11}$	Mollete	0.04449	0.08051	1560	470
$X_{12}$	De manteca mica	0.04573	0.09727	756	240
$X_{13}$	De manteca redondo	0.04573	0.09727	320	150
$X_{14}$	De mantequilla	0.04903	0.09397	5040	1100
$X_{15}$	De yema	0.06085	0.10615	2200	600
$X_{16}$	Integral mica	0.04901	0.09399	1120	320
$X_{17}$	Integral redondo	0.04901	0.09399	1360	400
$X_{18}$	De ají	0.06245	0.13755	288	180
$X_{19}$	Pizza	0.03360	0.16640	288	180
$X_{20}$	Tortitas de chicharrón	0.05232	0.11468	1104	320
$X_{21}$	Biscocho canela	0.04661	0.07839	1288	380
$X_{22}$	Biscocho vainilla	0.04085	0.08415	1288	380
$X_{23}$	Caramanduca	0.03777	0.10523	560	180
$X_{24}$	Encimada	0.15384	0.34616	90	180
$X_{25}$	Molde blanco	0.60973	1.39027	36	150
$X_{26}$	Molde integral	0.85240	1.14760	144	150
$X_{27}$	Empanada de globo	0.08141	0.16859	720	310
$X_{28}$	Empanada Sta. Clara	0.07777	0.17223	160	150
$X_{29}$	Rosquitas	0.04302	0.08198	1440	420

La función objetivo deberá minimizar las desviaciones asignadas a las metas previamente. Así, tenemos:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^{29} P_i * (y_i^- + y_i^+)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{29} u_j \cdot X_j + y_i^- - y_i^+ \geq U$$

Donde  $u_j$  representa a la utilidad generada por el tipo de pan  $X_j$  y  $U$  es la utilidad total, S/. 661.58 en este caso.

$$\sum_{j=1}^{29} c_j \cdot X_j + y_i^- - y_i^+ \leq C$$

Siendo  $c_j$  representa el costo de producción de cada tipo de pan  $X_j$  y  $C$  es el costo total de producción de panes que representa al capital de trabajo semanal disponible cuyo monto asciende a S/. 2580.00.

$$\sum_{j=1}^{29} t_j \cdot X_j + y_i^- - y_i^+ \leq T$$

Que hace referencia al límite de mano de obra. Donde  $t_j$  es el tiempo de producción de cada tipo de pan y  $T$  el tiempo total que equivale a 12100 minutos-hombre.

Y por último, las restricciones:

$$X_j \leq Dmax_j$$

Que indica que las cantidades  $X_j$  de cada tipo de pan no deberán superar su demanda máxima posible  $Dmax_j$  listadas previamente.

También hay que tener en cuenta la condición de no negatividad para las variables de decisión y desviación.

$$X_j, y_i^-, y_i^+ \geq 0$$

Al tener definida la información y planteadas las restricciones, procedemos a procesar los datos en el software adecuado. En esta ocasión, se utilizará el software LINDO 6.1. Para el caso de Programación de Metas con Prioridades, el desarrollo del modelo a través del software mencionado consta de varios pasos. Se busca la solución minimizando cada variable de desviación, una por una, según la prioridad establecida. Se minimiza la variable  $y_i$  de la meta respectiva y luego de determinar su valor se reemplaza este valor en dicha meta y se procede a minimizar  $y_{i+1}$  y así sucesivamente.

Dicho esto se planteó de la siguiente manera:

- Paso 1: Minimizar  $y_I$  ( $yn1$  en el modelo)

```

MIN  yn1
ST
0.05155 x1 + 0.06296 x2 + 0.04968 x3 + 0.06008 x4 + 0.05647 x5 + 0.04430 x6 + 0.04638 x7 +
0.07052 x8 + 0.04381 x9 + 0.04431 x10 + 0.04449 x11 + 0.04573 x12 + 0.04573 x13 +
0.04901 x14 + 0.06085 x15 + 0.04901 x16 + 0.04901 x17+ 0.06245 x18 + 0.03360 x19 +
0.05232 x20 + 0.04661 x21 + 0.04085 x22 + 0.03777 x23 + 0.15384 x24 + 0.60973 x25 +
0.85240 x26 + 0.08141 x27 + 0.07777 x28 + 0.04302 x29 + yn1 > 661.58
x1 < 2760
x2 < 480
x3 < 4368
x4 < 1560
x5 < 1950
x6 < 1932
x7 < 1932
x8 < 900
x9 < 1932
x10 < 1656
x11 < 1560
x12 < 756
x13 < 320
x14 < 5040
x15 < 2200
x16 < 1120
x17 < 1360
x18 < 288
x19 < 288
x20 < 1104
x21 < 1288
x22 < 1288
x23 < 560
x24 < 90
x25 < 36
x26 < 144
x27 < 720
x28 < 160
x29 < 1140
END

```

Figura VI.1. Paso 1: Minimizar  $y_I$ .

Donde se obtuvo:

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP    10

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)    0.0000000E+00

      VARIABLE            VALUE            REDUCED COST
      DN1                  0.000000            1.000000
      X1                   2352.843506            0.000000
      X2                    480.000000            0.000000
      X3                   4368.000000            0.000000
      X4                    0.000000            0.000000
      X5                    0.000000            0.000000
      X6                    0.000000            0.000000
      X7                    0.000000            0.000000
      X8                    900.000000            0.000000
      X9                    0.000000            0.000000
      X10                   0.000000            0.000000
      X11                   0.000000            0.000000
      X12                   0.000000            0.000000
      X13                   0.000000            0.000000
      X14                   0.000000            0.000000
      X15                   0.000000            0.000000
      X16                   0.000000            0.000000
      X17                   0.000000            0.000000
      X18                   0.000000            0.000000
      X19                   0.000000            0.000000
      X20                   0.000000            0.000000
      X21                   0.000000            0.000000
      X22                   0.000000            0.000000
      X23                   0.000000            0.000000
      X24                    90.000000            0.000000
      X25                    36.000000            0.000000
      X26                   144.000000            0.000000
      X27                    720.000000            0.000000
      X28                   160.000000            0.000000
      X29                    0.000000            0.000000

```

Figura VI.2. Resultado 1: Minimizar  $y_I$ .

- Paso 2: Minimizar  $y_2^+$  (yp2 en el modelo) con  $y_1^- = 0$ .

```

MIN yp2
ST
0.05155 x1 + 0.06296 x2 + 0.04968 x3 + 0.06008 x4 + 0.05647 x5 + 0.04430 x6 + 0.04638 x7 +
0.07052 x8 + 0.04381 x9 + 0.04431 x10 + 0.04449 x11 + 0.04573 x12 + 0.04573 x13 +
0.04901 x14 + 0.06085 x15 + 0.04901 x16 + 0.04901 x17+ 0.06245 x18 + 0.03360 x19 +
0.05232 x20 + 0.04661 x21 + 0.04085 x22 + 0.03777 x23 + 0.15384 x24 + 0.60973 x25 +
0.85240 x26 + 0.08141 x27 + 0.07777 x28 + 0.04302 x29 > 661.58

0.11545 x1 + 0.10404 x2 + 0.11732 x3 + 0.10692 x4 + 0.11053 x5 + 0.08070 x6 + 0.07862 x7 +
0.12948 x8 + 0.08119 x9 + 0.09869 x10 + 0.08051 x11 + 0.09727 x12 + 0.09727 x13 +
0.09397 x14 + 0.10615 x15 + 0.09399 x16 + 0.09399 x17+ 0.13755 x18 + 0.16640 x19 +
0.11468 x20 + 0.07839 x21 + 0.08415 x22 + 0.10523 x23 + 0.34616 x24 + 1.39027 x25 +
1.14760 x26 + 0.16859 x27 + 0.17223 x28 + 0.08198 x29 - yp2 < 2580

x1 < 2760
x2 < 480
x3 < 4368
x4 < 1560
x5 < 1950
x6 < 1932
x7 < 1932
x8 < 900
x9 < 1932
x10 < 1656
x11 < 1560
x12 < 756
x13 < 320
x14 < 5040
x15 < 2200
x16 < 1120
x17 < 1360
x18 < 288
x19 < 288
x20 < 1104
x21 < 1288
x22 < 1288
x23 < 560
x24 < 90
x25 < 36
x26 < 144
x27 < 720
x28 < 160
x29 < 1140

END

```

Figura VI.3. Paso 2: Minimizar  $y_2^+$ .

Obteniendo:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 11		
OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1)	0.000000E+00	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
YP2	0.000000	1.000000
X1	0.000000	0.000000
X2	480.000000	0.000000
X3	0.000000	0.000000
X4	1560.000000	0.000000
X5	1641.773071	0.000000
X6	0.000000	0.000000
X7	0.000000	0.000000
X8	900.000000	0.000000
X9	0.000000	0.000000
X10	0.000000	0.000000
X11	0.000000	0.000000
X12	0.000000	0.000000
X13	0.000000	0.000000
X14	0.000000	0.000000
X15	2200.000000	0.000000
X16	0.000000	0.000000
X17	0.000000	0.000000
X18	288.000000	0.000000
X19	0.000000	0.000000
X20	0.000000	0.000000
X21	0.000000	0.000000
X22	0.000000	0.000000
X23	0.000000	0.000000
X24	90.000000	0.000000
X25	36.000000	0.000000
X26	144.000000	0.000000
X27	720.000000	0.000000
X28	160.000000	0.000000
X29	0.000000	0.000000

Figura VI.4. Resultado 2: Minimizar  $y_2^+$ .

- Paso 3: Minimizar  $y_3^+$  (yp3 en el modelo) con  $y_1^- = 0$  y con  $y_2^+ = 0$

```

MIN yp3
ST
0.05155 x1 + 0.06296 x2 + 0.04968 x3 + 0.06008 x4 + 0.05647 x5 + 0.04430 x6 + 0.04638 x7 +
0.07052 x8 + 0.04381 x9 + 0.04431 x10 + 0.04449 x11 + 0.04573 x12 + 0.04573 x13 +
0.04901 x14 + 0.06085 x15 + 0.04901 x16 + 0.04901 x17+ 0.06245 x18 + 0.03360 x19 +
0.05232 x20 + 0.04661 x21 + 0.04085 x22 + 0.03777 x23 + 0.15384 x24 + 0.60973 x25 +
0.85240 x26 + 0.08141 x27 + 0.07777 x28 + 0.04302 x29 > 661.58

0.11545 x1 + 0.10404 x2 + 0.11732 x3 + 0.10692 x4 + 0.11053 x5 + 0.08070 x6 + 0.07862 x7 +
0.12948 x8 + 0.08119 x9 + 0.09869 x10 + 0.08051 x11 + 0.09727 x12 + 0.09727 x13 +
0.09397 x14 + 0.10615 x15 + 0.09399 x16 + 0.09399 x17+ 0.13755 x18 + 0.16640 x19 +
0.11468 x20 + 0.07839 x21 + 0.08415 x22 + 0.10523 x23 + 0.34616 x24 + 1.39027 x25 +
1.14760 x26 + 0.16859 x27 + 0.17223 x28 + 0.08198 x29 < 2580

600 x1 + 200 x2 + 1000 x3 + 450 x4 + 600 x5 + 600 x6 + 430 x7 + 430 x8 + 540 x9 + 540 x10 +
470 x11 + 220 x12 + 220 x13 + 1100 x14 + 600 x15 + 350 x16 + 350 x17+ 180 x18 + 180 x19 +
320 x20 + 380 x21 + 380 x22 + 180 x23 + 150 x24 + 150 x25 + 150 x26 + 300 x27 + 150 x28 +
420 x29 - yp3 < 12100

x1 < 2760
x2 < 480
x3 < 4368
x4 < 1560
x5 < 1950
x6 < 1932
x7 < 1932
x8 < 900
x9 < 1932
x10 < 1656
x11 < 1560
x12 < 756
x13 < 320
x14 < 5040
x15 < 2200
x16 < 1120
x17 < 1360
x18 < 288
x19 < 288
x20 < 1104
x21 < 1288
x22 < 1288
x23 < 560
x24 < 90
x25 < 36
x26 < 144
x27 < 720
x28 < 160
x29 < 1140

END

```

Figura VI.5. Paso 3: Minimizar  $y_3^+$ .

Y se obtuvo:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 17		
OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1)	2870517.	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
YP3	2870517.250000	0.000000
X1	0.000000	213.889801
X2	480.000000	0.000000
X3	0.000000	627.896118
X4	1014.749695	0.000000
X5	0.000000	177.038956
X6	0.000000	268.192383
X7	0.000000	82.613190
X8	900.000000	0.000000
X9	0.000000	211.862518
X10	0.000000	208.117508
X11	0.000000	136.769318
X12	756.000000	0.000000
X13	320.000000	0.000000
X14	0.000000	732.914429
X15	0.000000	144.232697
X16	1120.000000	0.000000
X17	1360.000000	0.000000
X18	288.000000	0.000000
X19	288.000000	0.000000
X20	1104.000000	0.000000
X21	0.000000	30.890465
X22	0.000000	74.032967
X23	560.000000	0.000000
X24	90.000000	0.000000
X25	36.000000	0.000000
X26	144.000000	0.000000
X27	720.000000	0.000000
X28	160.000000	0.000000
X29	0.000000	97.779633

Figura VI.6. Resultado 3: Minimizar  $y_3^+$ .

Desarrollados los modelos se obtuvo las cantidades óptimas para cada tipo de pan y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla VI.8. Resultados: Cantidades óptimas.

$X_j$	TIPO DE PAN	DEMANDA MÁXIMA	CANTIDADES ÓPTIMAS
$X_1$	Hamburguesa	2760	0.00
$X_2$	Ciabatta	480	480.00
$X_3$	Croissant	4368	0.00
$X_4$	Colisa	1560	1014.75
$X_5$	Italiano	1950	0.00
$X_6$	Marraqueta	1932	0.00
$X_7$	Francés	1932	0.00
$X_8$	Francés grande	900	900.00
$X_9$	Mica chica	1932	0.00
$X_{10}$	Mica grande	1656	0.00
$X_{11}$	Mollete	1560	0.00
$X_{12}$	De manteca mica	756	756.00
$X_{13}$	De manteca redondo	320	320.00
$X_{14}$	De mantequilla	5040	0.00
$X_{15}$	De yema	2200	0.00
$X_{16}$	Integral mica	1120	1120.00
$X_{17}$	Integral redondo	1360	1360.00
$X_{18}$	De ají	288	288.00
$X_{19}$	Pizza	288	288.00
$X_{20}$	Tortitas de chicharrón	1104	1104.00
$X_{21}$	Biscocho canela	1288	0.00
$X_{22}$	Biscocho vainilla	1288	0.00
$X_{23}$	Caramanduca	560	560.00
$X_{24}$	Encimada	90	90.00
$X_{25}$	Molde blanco	36	36.00
$X_{26}$	Molde integral	144	144.00
$X_{27}$	Empanada de globo	720	720.00
$X_{28}$	Empanada Sta. Clara	160	160.00
$X_{29}$	Rosquitas	1440	0.00

#### 4.2. Mejora del proceso de almacenamiento.

Antes de desarrollar los modelos, se deben tener en cuenta las siguientes suposiciones:

- El reabastecimiento de los inventarios se recibe en un solo lote y es constante.
- Al tener órdenes constantes, los costos son constantes en el tiempo.
- No pueden existir agotamientos por tanto no hay Costos por Agotamientos. Siendo la demanda diaria no se pueden correr riesgos.

Los productos fueron clasificados de acuerdo al promedio de compras mensuales durante el periodo enero – mayo de 2008 y esta información se muestra en la tabla VI.9.

Tabla VI.9. Clasificación promedio de compras mensuales. Periodo enero – mayo 2008. Panificadora TOCUCA.

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT. S/.</b>	<b>CANTIDAD PROMEDIO</b>	<b>TOTAL MES S/.</b>
Harina	Saco x 50 kg	103.00	79.60	8198.80
Manteca	Caja x 10 kg	51.00	33.00	1683.00
Levadura	Paquete x 480 g	4.50	135.40	609.30
Mantequilla	Barra x 2 kg	13.10	36.60	479.46
Azúcar rubia	Saco x 50 kg	60.00	7.80	468.00
Margarina	Barra x 2 kg	12.90	36.00	464.40
Huevos		410.00	1.00	410.00
Harina integral		300.00	1.00	300.00
Mejorador	Bolsa x 1 kg	4.70	41.00	192.70
Azúcar blanca	Saco x 50 kg	68.90	2.00	137.80
Pollo		11.00	5.00	55.00
Ajonjolí	Bolsa x 1 kg	11.60	4.00	46.40
Manjarblanco		45.00	1.00	45.00
Azúcar impalpable	Bolsa x 1 kg	11.00	4.00	44.00
Anís		35.00	1.00	35.00
Canela		35.00	1.00	35.00
Sal	Paquete x 25 kg	12.30	2.40	29.52
Premezcla 2	Bolsa x 10 kg	47.30	0.60	28.38
Cebollas		6.00	4.00	24.00
Premezcla 1	Bolsa x 25 kg	93.00	0.20	18.60
Premezcla 3	Bolsa x 10 kg	87.20	0.20	17.44
Aceitunas		8.00	2.00	16.00
Chanco		5.00	3.00	15.00
Vainilla		15.00	1.00	15.00
Polvo de hornear	Sobre x 25 g	1.20	10.00	12.00
Ají		8.00	1.00	8.00
Aceite	Botella	6.80	1.00	6.80
Embutidos		4.00	1.00	4.00
Antimoho	Bolsa x 1 kg	10.10	0.20	2.02

La Clasificación ABC sugiere dividir los productos en 3 grupos de los cuales, el A representa el menor porcentaje en unidades pero el mayor en inversión. Este porcentaje no está definido del todo ya que diversos autores y textos sugieren porcentajes que van desde el 70% hasta el 90%. Ante esto, en la tabla VI.10 se muestran 3 posibles divisiones que van desde el más cercano al límite inferior donde el grupo A estaría conformado por el 73.84%, una de término medio con 81.98% y una tercera cerca al límite superior con 88.94%.

Tabla VI.10. Clasificación de inventarios de acuerdo al Sistema ABC.  
Panificadora TOCUCA.

MATERIA PRIMA	TOTAL MES S/.	PROPUESTA 1		PROPUESTA 2		PROPUESTA 3	
		%	Σ%	%	Σ%	%	Σ%
Harina	8198.80	61.26	A	61.26	A	61.26	A
Manteca	1683.00	12.58	73.84	12.58		12.58	
Levadura	609.30	4.55	B	4.55		4.55	
Mantequilla	479.46	3.58		81.98	3.58		
Azúcar rubia	468.00	3.50		B	3.50	3.50	
Margarina	464.40	3.47			3.47	88.94	
Huevos	410.00	3.06		B	3.06	3.06	
Harina integral	300.00	2.24	2.24		B		
Mejorador	192.70	1.44	1.44		1.44		
Azúcar blanca	137.80	1.03	22.88	1.03	14.74	1.03	7.78
Pollo	55.00	0.41	C	0.41	C	0.41	C
Ajonjolí	46.40	0.35		0.35			
Azúcar impalpable	44.00	0.33		0.33			
Anís	35.00	0.26		0.26			
Canela	35.00	0.26		0.26			
Sal	29.52	0.22		0.22			
Premezcla 2	28.38	0.21		0.21			
Manjarblanco	27.00	0.20		0.20			
Cebollas	24.00	0.18		0.18			
Premezcla 1	18.60	0.14		0.14			
Premezcla 3	17.44	0.13		0.13			
Aceitunas	16.00	0.12		0.12			
Chanco	15.00	0.11		0.11			
Vainilla	15.00	0.11		0.11			
Polvo de hornear	12.00	0.09		0.09			
AjÍ	8.00	0.06		0.06			
Aceite	6.80	0.05		0.05			
Embutidos	4.00	0.03	0.03				
Antimoho	2.02	0.02	3.28	0.02	3.28	0.02	3.28

Dadas las tres propuestas, se sugiere tomar la segunda para el desarrollo final ya que ésta incluye a 3 de los 4 insumos básicos para la elaboración de pan: harina, levadura y manteca (el cuarto es el agua).

Así, los productos del grupo A representan la máxima inversión. Está formado por el 13.79% de productos del inventario que representan un 81.98% de la inversión monetaria de la panificadora.

El grupo B incluye los artículos que siguen a los del A respecto a la inversión. Agrupa al 20.69% de los artículos que constituyen un 14.74% de la inversión.

Finalmente, el C lo componen una variedad de productos que sólo requieren de una pequeña inversión, 3.28% en este caso, pero representa un 65.52% de la totalidad de los artículos del inventario.

Tabla VI.11. Clasificación ABC.  
Panificadora TOCUCA.

GRUPO	% DE INVERSIÓN	% DE INVENTARIO
A	81.98	13.79
B	14.74	20.69
C	3.28	65.52

La propuesta 2 se representa gráficamente de la siguiente manera:

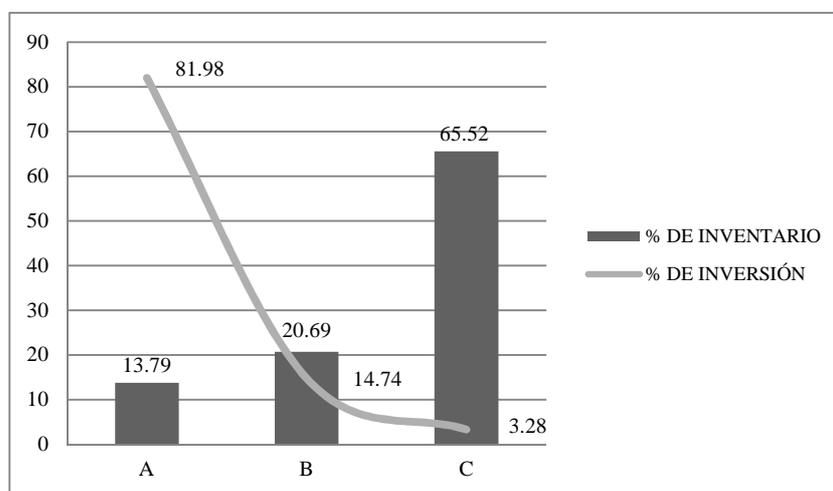


Figura VI.7. Clasificación ABC - Panificadora TOCUCA.

Una vez clasificados cada uno de los insumos en su respectivo grupo se procedió a trabajar con el grupo A y el modelo clásico de Cantidad Económica de Pedido (CEP, que equivale al número de unidades de mercancía que son solicitadas al proveedor, de modo que la suma de los Costos por hacer un pedido y el Costo de conservación sea mínima).

Para los grupos B y C se recomienda un control menos rígido y podría ser suficiente una menor exactitud en los registros.

Para efectos de cálculos, se asumirá que al final de cada semana los requerimientos de producción son iguales, de modo que las demandas promedios mensuales de los insumos del grupo A serán recalculados a demandas promedios semanales. Así, durante el periodo enero – mayo de 2008 transcurrieron 152 días con lo que las demandas semanales promedio serían las mostradas en la tabla siguiente:

Tabla VI.12. Demanda promedio mensual/semanal de unidades de materia prima – Grupo A. Panificadora TOCUCA.

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>PROMEDIO SEMANAL</b>
Harina	Saco x 50 kg	79.60	18,33
Manteca	Caja x 10 kg	33.00	7,60
Levadura	Paquete x 480 g	135.40	31,18
Mantequilla	Barra x 2 kg	36.60	8,43

También se determinaron los Costos por hacer un pedido ( $C_p$ ) y los Costos de conservación semanal ( $C_c$ ) de los insumos del grupo A con datos de la empresa:

Tabla VI.13. Determinación de costos por hacer un pedido ( $C_p$ ). Panificadora TOCUCA.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ENCARGADO</b>	<b>HORAS</b>	<b>SALARIO</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>COSTO</b>
Recepción de mercadería	Almacenero	8	550	15	0.57
Proceso de manejo orden	Almacenero	8	550	60	2.29
Inspección de pedido	Almacenero	8	550	10	0.38
Pago a proveedor	Cajera	4	300	5	0.21
Auditoría	Administrador	8	550	5	0.19
Colocación de inventario	Almacenero	8	550	5	0.19
Transporte	Proveedor	0	0	0	0.00
				<b>Cp S/.</b>	<b>3.84</b>

\* Tiempo expresado en minutos y salario y costo en Nuevos Soles.

Para productos sin refrigeración (harina, manteca y levadura) tenemos:

Tabla VI.14. Determinación de costos de conservación semanal ( $C_c$ ) sin uso de refrigeradora. Panificadora TOCUCA.

<b>ACTIVIDAD / INSUMO</b>	<b>HARINA</b>	<b>MANTECA</b>	<b>LEVADURA</b>
Renta	0.60	0.15	0.05
Electricidad	0.40	0.40	0.40
Limpieza y mantenimiento	6.00	6.00	6.00
Seguridad	0.00	0.00	0.00
<b>Cc S/.</b>	<b>7.00</b>	<b>6.55</b>	<b>6.45</b>

\* Salario y costo en Nuevos Soles.

Para el caso de la mantequilla, considerando refrigeración, tenemos:

Tabla VI.15. Determinación de costos de conservación semanal ( $C_c$ ) con uso de refrigeradora. Panificadora TOCUCA.

ACTIVIDAD / INSUMO	MANTEQUILLA
Renta	0.10
Electricidad	7.91
Limpieza y mantenimiento	6.00
Seguridad	0.00
<b>Cc S/.</b>	<b>14.01</b>

\* Salario y costo en Nuevos Soles.

Con toda esta información se obtuvo lo siguiente:

Tabla VI.16. Determinación de  $Q^*$  para harina (saco de 50 kg).

Demanda Semanal	$D$	18.33
Costo de hacer pedido S/.	$C_p$	3.84
Costo de conservación S/.	$C_c$	7.00
CEP	$Q^*$	4.48
Ciclo de tiempo por pedido	$t^*$	1.71
Número óptimo de pedidos	$N^*$	4.09
Costo total S/.	$CT^*$	31.39
Tiempo de entrega	$L$	1.00
Tiempo efectivo de entrega	$Le$	1.00
Punto de reorden	$ROP$	2.62

Tabla VI.17. Determinación de  $Q^*$  para manteca (caja de 10 kg).

Demanda Semanal	$D$	7.60
Costo de hacer pedido S/.	$C_p$	3.84
Costo de conservación S/.	$C_c$	6.55
CEP	$Q^*$	2.98
Ciclo de tiempo por pedido	$t^*$	2.75
Número óptimo de pedidos	$N^*$	2.55
Costo total S/.	$CT^*$	19.55
Tiempo de entrega	$L$	1.00
Tiempo efectivo de entrega	$Le$	1.00
Punto de reorden	$ROP$	1.09

Tabla VI.18. Determinación de  $Q^*$  para levadura (paquete de 480 g).

Demanda Semanal	$D$	31.18
Costo de hacer pedido S/.	$C_p$	3.84
Costo de conservación S/.	$C_c$	6.45
CEP	$Q^*$	6.09
Ciclo de tiempo por pedido	$t^*$	1.37
Número óptimo de pedidos	$N^*$	5.12
Costo total S/.	$CT^*$	39.30
Tiempo de entrega	$L$	2.00
Tiempo efectivo de entrega	$Le$	0.63
Punto de reorden	$ROP$	2.82

Tabla VI.19. Determinación de  $Q^*$  para mantequilla (barra de 2 kg).

Demanda Semanal	$D$	8.43
Costo de hacer pedido S/.	$C_p$	3.84
Costo de conservación S/.	$C_c$	14.91
CEP	$Q^*$	2.08
Ciclo de tiempo por pedido	$t^*$	1.73
Número óptimo de pedidos	$N^*$	4.04
Costo total S/.	$CT^*$	31.07
Tiempo de entrega	$L$	1.00
Tiempo efectivo de entrega	$Le$	1.00
Punto de reorden	$ROP$	1.20

Gráficamente se representan de la siguiente manera:

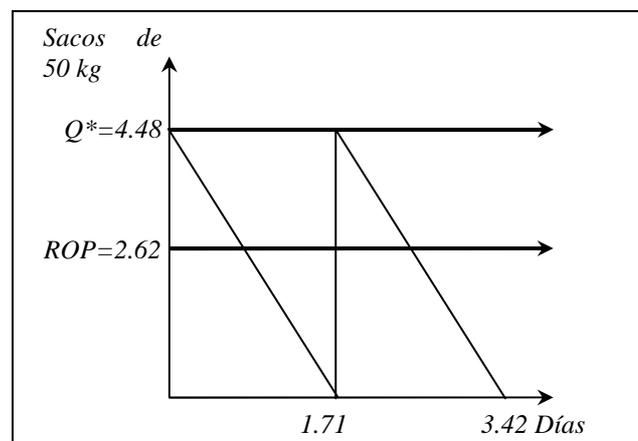


Figura VI.8. CEP y punto de reorden para harina (saco de 50 kg).

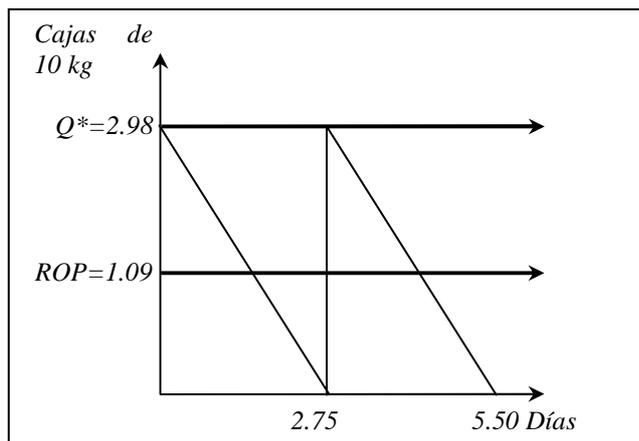


Figura VI.9. CEP y punto de reorden para manteca (caja de 10 kg).

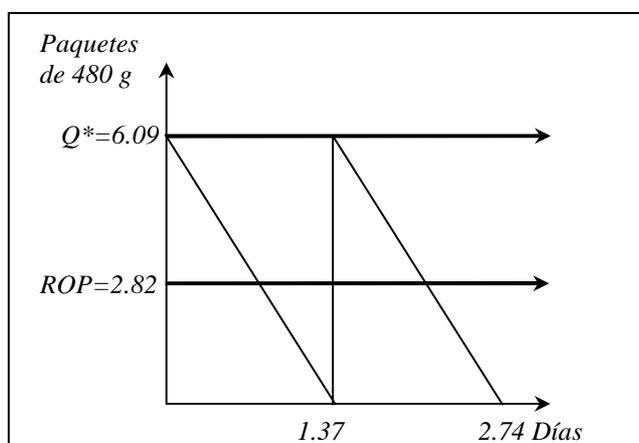


Figura VI.10. CEP y punto de reorden para levadura (paquete de 480 g).

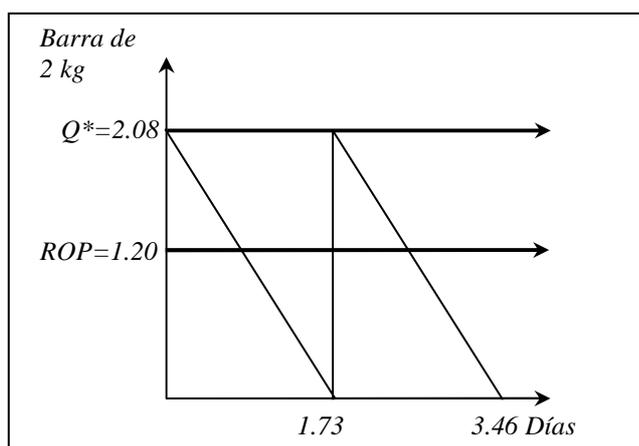


Figura VI.11. CEP y Punto de reorden para mantequilla (barra de 2 kg).

### 4.3. Planteamiento de un modelo de distribución.

En la década de los 90, el número de panaderías en la ciudad no superaba la decena, factor que permitió a la empresa posicionarse como una de las líderes de la ciudad. Sin embargo, en los años siguientes el número de competidores se incrementó notablemente llegando a contabilizar cerca de 33 negocios similares al año 2008 (Cumpa, J. A. 2011).

La panadería se encuentra ubicada en la zona céntrica de la ciudad y compite directamente con cerca de 18 establecimientos similares; los restantes se encuentran distribuidos otras zonas como pueblos jóvenes. Se estima, además, que de un total de 20 000 familias por atender, la empresa cubre solo el 2% del mercado.

Este crecimiento acelerado de competidores implica muchos riesgos para la empresa, dado que ahora los clientes potenciales cuentan con una panadería mucho más cerca de su casa y les facilita el acceso a dichos productos. Si bien es cierto, muchos clientes a pesar de dichas facilidades se mantienen fieles a la empresa dado que son los productos, por su calidad y variedad, los que marcan la diferencia. Sin embargo, la gran mayoría se enfocan en el volumen o cantidad más que en la calidad. La mayoría de empresas desatiende mucho la atención al cliente y el manejo del punto de venta (decoración, presencia, limpieza, orden, etc.), otro punto a favor de TOCUCA que ha logrado posicionar su marca gracias a estos factores.

Teniendo en cuenta que la gran mayoría de panaderías de la ciudad realizan sus operaciones de manera artesanal y de alguna manera informal al no contar con una gestión adecuada de procesos, Panificadora TOCUCA puede sacar ventaja de dicha situación para poder acercarse a nuevos clientes, ubicar sectores con mayor grado de concentración de población y así ofrecer productos diferenciados y con valor agregado además de variedades y novedades en base a los productos tradicionales de panificación.

Por otro lado, antes de la nueva administración, la empresa nunca había realizado ningún tipo de campañas publicitarias que permitan promocionar sus productos salvo en épocas de campaña navideña que sí se utilizaban spots radiales para promocionar el producto de temporada. Actualmente, se viene promocionando productos destacados a través de campañas visuales, siendo la promoción radial exclusiva de la temporada navideña.

Con esta información, se tiene claro que tomando las medidas necesarias es posible captar un mayor número de clientes y lograr hacer frente a la competencia. Como se ve, se identifican 2 grandes fortalezas que son la variedad y calidad de productos y el posicionamiento de la empresa dentro de la ciudad. Bajo estas premisas, la empresa deberá intentar acercarse a los sectores captados por la competencia, con una publicidad adecuada, ofreciendo un servicio de reparto que facilitaría el acceso de los clientes de zonas alejadas a los productos TOCUCA.

Este servicio debe ser eficiente y tendría a su favor el hecho de que la ciudad es relativamente pequeña con lo que podría cubrirse una amplia zona de la ciudad e ir más allá de la zona céntrica. Dado que el consumo de pan no está definido y depende de las

costumbres de cada familia, se recomienda instaurar varios horarios de reparto, ya sea para la mañana o para la tarde.

Dado que la ciudad es pequeña y no hay mayor complicación con el acceso a otras zonas de la ciudad, en un inicio el servicio podría realizarse en un vehículo no motorizado, que posee también la panadería y significaría un ahorro significativo de gastos por combustible.

Una vez definidos los turnos de reparto y las zona de la ciudad a cubrir, habrá que realizar una campaña publicitaria, visual, a través de *banners* o volantes, o radial; que permita captar a los nuevos clientes y también permitir que los clientes actuales accedan a dicho servicio.

Se requiere también realizar un análisis de costo-beneficio para determinar la conveniencia de la propuesta mediante una representación en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho servicio y finalmente permita identificar las condiciones necesarias para el servicio de reparto.

Establecido el servicio, habrá que brindar las facilidades necesarias para registrar a los clientes interesados y obtener toda la información necesaria para efectuar el reparto. Será indispensable contar con sus datos personales, dirección, los turnos elegidos, el monto diario a consumir. Si el cliente desea variar su consumo diario deberá comunicarse con la empresa previamente y solicitar el cambio antes de realizar el nuevo reparto.

En lo operativo, para la determinación de la ruta adecuada, la información de partida viene a ser la lista de clientes registrados y su turno de reparto. Para la localización geográfica de los nodos, en este caso la panificadora y los clientes, se cuentan con diversas herramientas de localización geográfica. Existen muchas opciones para calcular las rutas necesarias; bien podrían hacerse manualmente con un mapa de la ciudad o a través de un vehículo que permita recorrer las calles y estimar las distancias recorridas entre un punto y otro. Pero en esta ocasión, la determinación de la ubicación de los nodos y las diversas distancias que los separa puede ser posible utilizando un API de Google Maps<sup>2</sup> que permite incrustar un mapa de Google en una página web mediante JavaScript.

La referida aplicación web (Versión Beta) combina un API de Google Maps (*Polygon/Polyline Drawer*), que permite medir distancias entre distintos puntos trazando las rutas respectivas y ha sido adaptada para el presente estudio de modo que muestra el mapa de la ciudad de Lambayeque y sus calles y avenidas con sus respectivos sentidos, y una aplicación en código PHP que permite registrar a los clientes en una base de datos con los datos necesarios y a su vez registrar las distancias que lo separan (camino mínimo o lo más aproximado) de los distintos nodos de modo que se podrán crear las matrices de distancias entre los nodos según el turno de reparto elegido.

---

<sup>2</sup> Para mayor información visitar <http://code.google.com/intl/es/apis/maps/>

Simulando el cálculo de rutas de un determinado turno a través de la aplicación, partimos con el registro de un cliente nuevo en la opción Nuevo cliente en el Panel de control de clientes:



Figura VI.12. Panel de control de clientes.

Figura VI.13. Registro de Nuevo cliente

Luego de acceder a la opción de Nuevo cliente, se registran sus datos: nombres, apellidos, dirección y turnos de reparto. Luego, el encargado procede a ubicar en el mapa la dirección del cliente para obtener sus coordenadas geográficas de modo que pueda ser ubicado una vez registrado en la base de datos. La precisión de la ubicación del cliente dependerá del conocimiento del encargado. Luego de eso se procede a calcular las distancias entre los clientes del turno asignado dando clic en Continuar.

Una vez más entra en juego la habilidad del encargado para definir la ruta adecuada entre un nodo y otro. Para eso, las calles de la ciudad ahora se diferencian con 3 colores que distinguen a los sentidos del tráfico: rojo para calles en la que se puede transitar hacia el norte y oeste, azul para rumbos sur y este y verde para vías de doble sentido.

En la imagen siguiente se aprecia el mapa con dicha particularidad y también muestra a los clientes asignados a dicho turno. El encargado procede a realizar los cálculos entre un nodo y otro trazando la ruta en el mapa que considere adecuada, la cual se muestra de color naranja. Dicha distancia se muestra en el panel y el encargado finalmente asignará dicha distancia a la ruta entre el nuevo cliente y los demás nodos. El

procedimiento se repite hasta calcular todas las distancias entre el nuevo cliente y los demás clientes del turno respectivo.

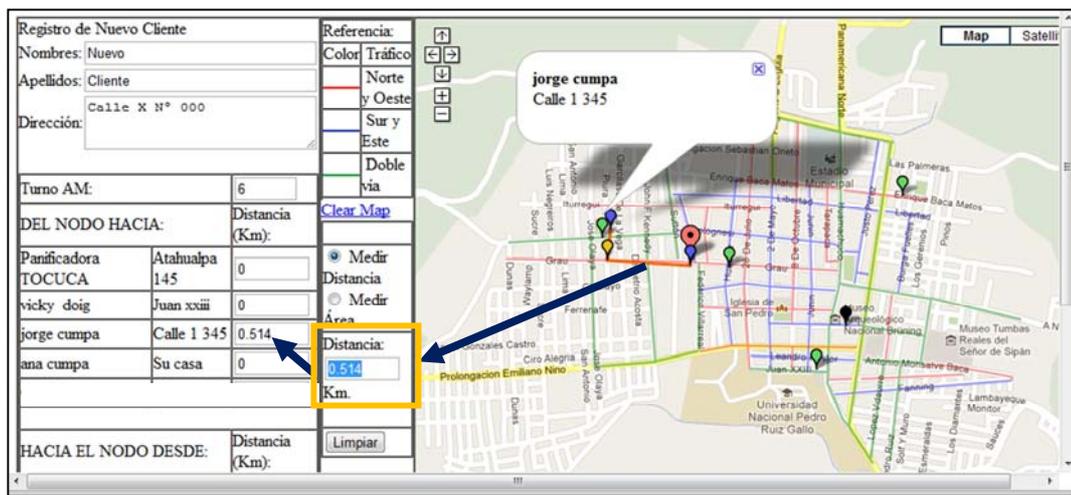


Figura VI.14. Cálculo de distancias entre Nuevo cliente y demás clientes.

Luego de calcular las distancias entre Nuevo cliente y los demás en ambos turnos, el nuevo cliente es registrado en la base de datos de modo que ahora será posible mostrar la matriz de distancias del turno asignado con el nuevo cliente. En la parte inferior de la aplicación se muestra el Panel de control de distancias que permite elegir la matriz del turno asignado.



Figura VI.15. Panel de control de distancias.

Basándonos en la aplicación, una vez realizado el cálculo de todos los caminos mínimos, el resultado es una matriz cuadrada (no simétrica dado que las rutas de ida dentro de la ciudad no necesariamente son iguales a las de vuelta). Este problema, del agente viajero, se puede resolver mediante Programación Lineal Entera Mixta o bien con otras técnicas de resolución heurísticas, siendo el primer método el utilizado por el software Grafos.

Matriz de Distancias de las 6 horas.

Ver Tabla    Exportar Tabla    Exportar Nodos    Exportar Arcos    Atrás    Abrir Grafos

De:	A:	Panificadora TOCUCA	vicky	jorge	ana		Nuevo
Panificadora TOCUCA		-	0.749	3	5	12	12
vicky		12	-	12	12	1	1
jorge		2	2	-	6	4	0.514
ana		0.514	0.514	8	-	3	3
-		9	2	4	3	-	3
Nuevo		3	3	3	3	3	-

Figura VI.16. Matriz de distancias.

En la figura anterior se aprecia la matriz elegida y finalmente será posible exportarla de modo que pueda ser utilizada en el software Grafos para la resolución del Problema del Agente Viajero y así obtener la ruta de reparto óptima.

Vale aclarar que al no contar con mapas digitalizados en la región no es posible realizar cálculos automáticos con sistemas de ubicación geográfica, por el contrario estos deberán hacerse manualmente. La aplicación presentada simplemente sirve como herramienta de cálculo, y como se dijo, pueden realizarse los cálculos de muchas formas; y los resultados dependerán de la precisión en el manejo de la misma y conocimientos sobre la localidad por parte del encargado pero definitivamente resulta una aplicación muy útil.

Grafos cuenta con la posibilidad de exportar e importar los datos del grafo, a través un fichero de formato CSV. Se realiza a través de la opción en la barra de menú: Archivo, Importar datos... y se elige la opción Matriz coste (arcos).

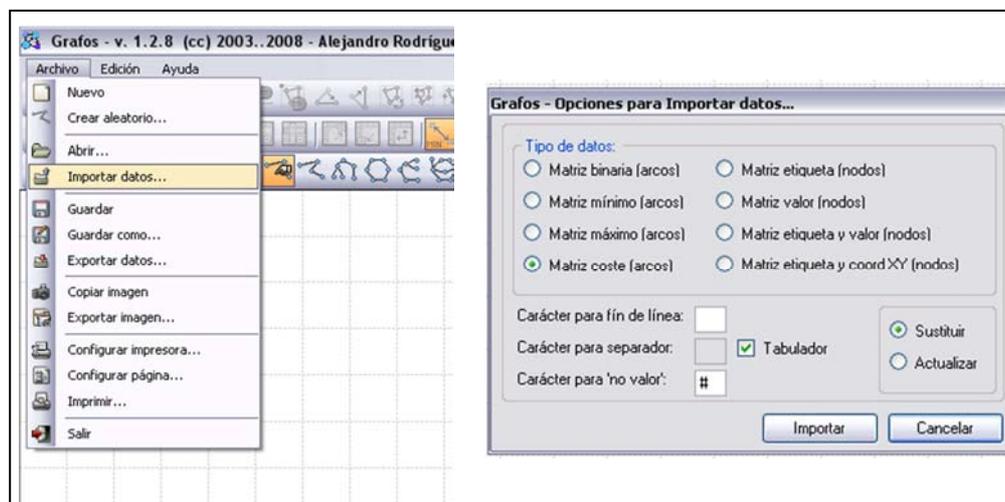


Figura VI.17. Importación de matriz en Grafos.

Una vez importada la tabla se puede apreciar lo siguiente:

Figura VI.18. Matriz importada en Grafos.

Luego puede apreciarse gráficamente, a través de la opción Edición, Gráfica en la barra de menú:

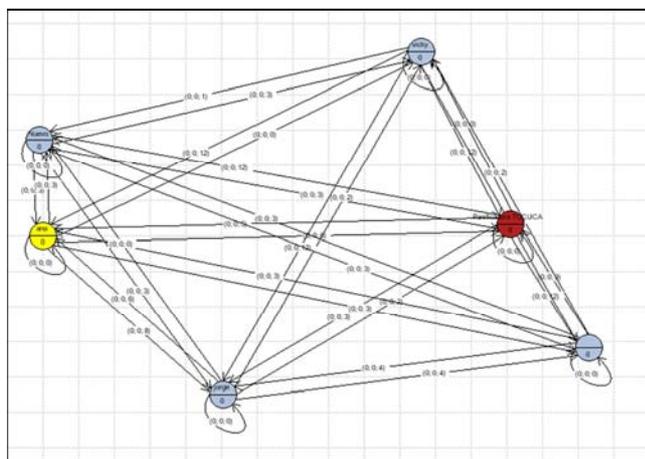


Figura VI.19. Matriz importada en representación gráfica en Grafos.

Una vez lista, se procede a elegir el tipo de solución que es este caso será el TSP (*Traveling Salesman Problem*) y el software automáticamente resolverá el problema aplicando lo dicho en el marco teórico, respecto a la distribución y mostrará la solución, la cual puede apreciarse gráficamente o numéricamente. De modo que así se obtiene la ruta de reparto óptima deseada.

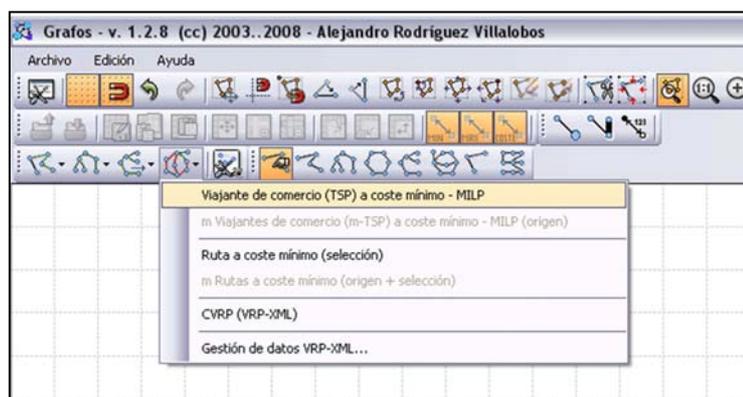


Figura VI.20. Opción de resolución con el TSP.



## 5. Análisis de resultados.

### 5.1. Mejora del proceso de producción.

Como se pudo apreciar en la Tabla VI.8 hay una gran diferencia en cuanto a las demandas máximas posibles y las cantidades óptimas de cada tipo de pan. La solución del modelo sugiere que deben producirse solo ciertos tipos de pan. Analizando lo obtenido se aprecia lo siguiente:

Tabla VI.20. Resultados ordenados por demanda máxima.

$X_j$	TIPO DE PAN	DEMANDA MÁXIMA	CANTIDADES ÓPTIMAS
$X_{25}$	Molde blanco	36	36
$X_{24}$	Encimada	90	90
$X_{26}$	Molde integral	144	144
$X_{28}$	Empanada Sta. Clara	160	160
$X_{18}$	De ají	288	288
$X_{19}$	Pizza	288	288
$X_{13}$	De manteca redondo	320	320
$X_2$	Ciabatta	480	480
$X_{23}$	Caramanduca	560	560
$X_{27}$	Empanada de globo	720	720
$X_{12}$	De manteca mica	756	756
$X_8$	Francés grande	900	900
$X_{20}$	Tortitas de chicharrón	1104	1104
$X_{16}$	Integral mica	1120	1120
$X_{21}$	Biscocho canela	1288	0
$X_{22}$	Biscocho vainilla	1288	0
$X_{17}$	Integral redondo	1360	1360
$X_{29}$	Rosquitas	1440	0
$X_4$	Colisa	1560	1014.75
$X_{11}$	Mollete	1560	0
$X_{10}$	Mica grande	1656	0
$X_6$	Marraqueta	1932	0
$X_7$	Francés	1932	0
$X_9$	Mica chica	1932	0
$X_5$	Italiano	1950	0
$X_{15}$	De yema	2200	0
$X_1$	Hamburguesa	2760	0
$X_3$	Croissant	4368	0
$X_{14}$	De mantequilla	5040	0

Se entiende entonces que a la panadería le bastaría con producir los panes cuya demanda máxima es baja para lograr por lo menos la utilidad semanal deseada y así cumplir con la meta propuesta que tenía la prioridad número 1 e incrementar las

cantidades de dichos panes para lograr una mayor utilidad dejando de lado los otros tipos de pan y así ganar más tiempo para dedicarlos a la producción de los sugeridos. Se aprecia también que dentro del grupo elegido se encuentran los productos con mayor utilidad unitaria como los panes de molde, empanadas, ciabatta, francés, etc.

Observando los valores de las desviaciones, tras la solución de los modelos, se aprecia que la tercera desviación, que corresponde a la meta relacionada con no sobrepasar la mano de obra disponible, asume un valor ilógico lo que quiere decir que al querer producir más panes habrá que encontrar una mejor manera con los recursos humanos disponibles y reorganizar los tiempos respectivos o bien considerar un incremento del número de personal.

## **5.2. Mejora del proceso de almacenamiento.**

Una vez realizado el análisis mediante el Sistema ABC, se observa que 3 de los 4 productos que conforman el Grupo A son los ingredientes básicos en la elaboración del pan; es decir: la harina, la manteca y la levadura. A este grupo se une también la mantequilla que forma parte de las recetas de diversos tipos de pan.

Analizando cada uno de los insumos del grupo A tenemos que para la harina habrá que realizar un pedido de 5 sacos de 50 kg al proveedor cada 2 días y dicho pedido debe hacerse cuando el almacén registre 3 sacos de harina. Esto quiere decir que habrá que realizar 3 pedidos semanales y el costo de dicho pedido será de S/. 31.39.

El segundo insumo, manteca, tiene un tiempo en almacén de 3 días. La cantidad óptima es de 3 cajas de 10 kg para 3 días y será necesario realizar un nuevo pedido cuando quede 1 caja en stock. El costo asociado a este pedido es de S/. 19.55 y se ejecutarán 2 órdenes semanales.

El reabastecimiento de levadura se llevará a cabo diariamente de modo que en stock deberá contarse con 6 paquetes de 480 g y el nuevo pedido debe ser enviado cuando se registren 3 paquetes en stock. Su costo total es de S/. 39.30 y habrán 7 pedidos semanales.

Finalmente, la mantequilla requiere de un pedido de 2 barras de 2 kg cada 2 días. El reabastecimiento debe ordenarse cuando se registre en stock 1 barra. Implica 3 pedidos semanales y el costo de dicho pedido es de S/. 31.07.

## **5.3. Planteamiento de un modelo de distribución.**

El análisis previo debe realizarse de tal manera que se logre identificar las zonas de la ciudad que podrían cubrirse teniendo en cuenta la información proporcionada por la empresa y que también permita definir los turnos de reparto y las condiciones necesarias para realizar el reparto. Una campaña será necesaria para poder dar a conocer a la comunidad el nuevo servicio y sus respectivas ventajas.

Es necesario un análisis de costo – beneficio para determinar la factibilidad de la propuesta dado que se requerirá de una inversión inicial para cubrir gastos relacionados con la implementación del servicio, la publicidad y además marcará la pauta para el funcionamiento de un servicio adecuado, eficiente y que logre satisfacer al cliente.

En cuanto a lo que se refiere al cálculo de la ruta óptima, la solución planteada representaría un ahorro en distancia para la empresa. La solución a este problema ha sido valorada en distancia (según los caminos más rápidos), pero podría haberse resuelto y valorado igualmente en términos económicos o bien en tiempo de reparto. Aunque el resultado final hubiera podido ser diferente, el proceso aquí mostrado para su modelado y resolución sería el mismo.

Hay que subrayar que unos pocos kilómetros o minutos ahorrados al día pueden significar un gran ahorro al final del año, este ahorro se puede utilizar para liberar o mejorar la eficiencia de los recursos, o bien para amortizar inversiones y rentabilizar acciones de mejora.

## **Capítulo VII**

### **Conclusiones y recomendaciones**

- La Programación de Metas ha permitido determinar las cantidades óptimas de los tipos de pan que se producen para lograr maximizar la utilidad y traer mayores beneficios para la empresa. Del mismo modo, muestra un valor ilógico relacionado con la variable de desviación relacionada con el límite de mano de obra que se puede entender como una necesaria reorganización de los tiempos de producción o bien contratar personal nuevo, sin embargo, la intención del estudio radica en aprovechar al máximo los recursos disponibles sin alterar las condiciones laborales.
- Basándose exclusivamente en lo que dice el modelo, se concluye que habría que dejar de producir ciertos tipos de pan, con lo que quedaría tiempo disponible para poder producir más de los sugeridos y obtener altas utilidades. De este modo, no sería necesario contar con nuevo personal y bastaría con reorganizar la producción y tiempos en base a los tipos de pan elegidos.
- Lamentablemente, dejar de lado varios tipos de pan generaría insatisfacción en muchos clientes por lo que podrían buscar alternativas en la competencia. Por tal motivo, se sugiere implementar un plan de marketing que permita determinar las cantidades mínimas a producir de cada tipo de pan y de este modo, el modelo podría incluir restricciones de marketing que permitirán recalcular las cantidades óptimas de cada pan sin tener que descartarlos. Así, al tener recalculadas las cantidades, habrá que considerar la posibilidad de contratar nuevo personal ya que produciendo todos los tipos de pan, no bastará con reorganizar tiempos.
- El Sistema ABC ha permitido identificar los productos que requieren un control estricto y que no pueden faltar bajo ninguna circunstancia. Si bien es cierto, los periodos de reorden son cortos esto no significaría problema alguno para la empresa ya que los costos de hacer un pedido son mucho más bajos que los de conservación por lo que convendría realizar pedidos constantes durante la semana y además el reabastecimiento es rápido debido a las facilidades otorgadas por los proveedores.
- Los demás productos en almacén si bien es cierto no representan gran inversión requieren también de controles temporales para evaluar no solo cantidades si no sus condiciones de conservación. Para los grupos B y C se sugiere el sistema de revisión periódica, que consiste en hacer evaluaciones a intervalos fijos y predeterminados. El inventario disponible se compara con el nivel deseado y la diferencia entre los dos niveles es la cantidad que se solicita.

- La implementación del servicio de reparto representaría un gran beneficio para la empresa dado que lograría cubrir otras zonas de la ciudad que ya han sido tomadas por la competencia, incrementando su cuota en el mercado, y hacerles frente con su variedad de productos y su calidad ya reconocida por los ciudadanos. Dependerá del área administrativa de la empresa realizar los estudios necesarios, como análisis de mercado y costo-beneficio para una implementación adecuada.
- La aplicación del problema del Agente Viajero para la obtención de la ruta óptima permitirá a la empresa realizar el reparto de manera rápida y eficiente pues, como se sabe, esta solución determina que cada cliente sea visitado una sola vez de tal manera que se genera un ahorro en distancia, tiempo y dinero.
- Finalmente se concluye que la aplicación de modelos matemáticos propios de la Investigación de Operaciones no está enfocada únicamente a procesos grandes y complejos ni a grandes empresas. Con el presente estudio se demuestra todo lo contrario y queda claro que cualquier empresa, por más pequeña que sea, requiere de una gestión adecuada de todos sus procesos, ya sean administrativos u operativos, lo que facilitará la toma de decisiones, generará un ahorro significativo de tiempos, reducción de costos que a la larga incrementará las utilidades y permitirá a la empresa seguir creciendo y ofrecer sus productos con la misma calidad y variedad que la han convertido en una de las líderes de la ciudad.

## Referencias bibliográficas

- Angulo, C. 2009. Apuntes de Investigación de Operaciones I. Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura. Piura, Perú.
- Assad, A.; E. Wasil; G. Lillen. 1992. Excellence in management science practice. Prentice Hall.
- Charnes, A.; W. Cooper. 1975. Goal Programming and Multiple Objective Optimizations. Defense Technical Information Center.
- Churchman, W.; R. Ackoff; E. Arnoff. 1973. Introducción a la investigación operativa. Aguilar.
- Cumpa, J. A. 2011. Propuesta de mejora del modelo de gestión de la empresa panificadora TOCUCA en base a la gestión por procesos. Tesis de Título. Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo, Perú.
- Davis, K.; P. Mckeown. 1986. Modelos cuantitativos para administración. Grupo Editorial Iberoamericana.
- Domínguez, J.; S. García; M. Domínguez; A. Ruiz; M. Álvarez. 1995. Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Primera Edición en Español. McGraw – Hill / Interamericana de España S.A. Madrid, España.
- Eppen, G. 2000. Investigación de operaciones en la ciencia administrativa: construcción de modelos para la toma de decisiones con hojas de cálculo electrónicas. Quinta Edición. Pearson Educación.
- Fucci, T. 1999. El gráfico ABC como técnica de gestión de inventarios. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Luján. Luján, Buenos Aires, Argentina.
- Galindo M. Producción de alimentos apoyada con programación lineal. Boletín electrónico N° 2. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Landívar. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Heizer, J.; B. Render. 2004. Principios de administración de operaciones. Quinta Edición. Pearson Educación. México.

- Koontz, H.; H. Wehrich. 1999. Administración, una Perspectiva Global. Onceava Edición. McGraw- Hill Interamericana de Editores S.A.
- Maroto, C.; J. Alcaraz; R. Ruiz. 2002. Investigación operativa: Modelos y técnicas de optimización. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Pappa, R. 1995. Aplicación de modelos cuantitativos a los procesos de producción, almacenamiento y distribución de una panadería. Tesis de Título. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Francisco Marroquín. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Parra, F. 2005. Gestión de Stocks. Tercera Edición. ESIC Editorial. Madrid, España.
- Prawda, J. 1988. Métodos y modelos de investigación de operaciones. Vol. 1. Editorial LIMUSA. México D.F., México.
- Render, B. 2004. Principios de Administración de Operaciones. Quinta Edición. Pearson Educación.
- Rodríguez, A. 2006. El caso de la panificadora. Sistemas de Optimización Aplicada – Instituto Tecnológico de informática. Valencia, España.
- Taha, H.; G. Meza; V. Gonzalez; R. Cruz. 2004. Investigación de Operaciones. Pearson Educación.