

“DESARROLLO DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE UTILIDADES DE UN RESTAURANTE DE LA INDUSTRIA DE COMIDAS RÁPIDAS”

Jorge A. Mata Vélez ¹ Ing. Marcos Tapia Q. ²

¹ Ingeniero Industrial, 1999

² Director de Tesis. Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1979 ; Maestría en Administración de Sistemas de Calidad, E.S.P.O.L , 1998

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el de modelar matemáticamente la realidad de un sistema específico con el fin de maximizar sus utilidades por medio de una herramienta de la Investigación de Operaciones como es la Programación Lineal. El sistema al cual este trabajo hace referencia es un restaurante de servicio rápido perteneciente a una de la mejores cadenas como es McDonald's

Partiendo de una función objetivo con coeficientes de utilidad asociados a las variables que representan los diferentes productos vendidos en el restaurante, se pretende maximizarla sometiénola a ciertas restricciones inherentes al sistema.

Por un lado, un grupo de restricciones se basa específicamente en niveles de demanda. Se ha analizado las diferentes curvas de demanda para los diferentes productos, en series de tiempo específicas. Se han determinado tendencias y estacionalidades para poder encontrar cotas máximas y mínimas para las curvas de demanda de cada producto. Para alcanzar dicho objetivo se han utilizado herramientas matemáticas y estadísticas apropiadas.

Otra restricción se fundamenta específicamente en los niveles de desperdicio que históricamente se ha tenido en el restaurante y que no pueden ser mayores a niveles ideales ya establecidos.

La última de las restricciones abarca el espacio disponible y las condiciones óptimas para el almacenamiento de la materia prima. Esta es una restricción importante porque determina límites para la cantidad de producto disponible para venderse.

Una vez determinadas las restricciones se procede al desarrollo del modelo con la ayuda de un software llamado QSB. En síntesis, el presente trabajo incursiona en varias áreas de la Ingeniería Industrial como la Investigación de Operaciones, el manipuleo y almacenamiento de materiales, estadística, calidad, mercadeo y contabilidad de costos.

El fin ulterior de este trabajo es el establecer una metodología que pueda ser aplicada en cualquier unidad de la cadena para tener conocimiento de su situación actual y su situación matemáticamente óptima. Además de brindar herramientas para maximizar sus utilidades, optimizar sus inventarios y espacio de almacenamiento, y encontrar sus óptimos para sus niveles de desperdicio.

INTRODUCCIÓN

El Presente trabajo trata de encontrar la mezcla óptima de productos a venderse en un período de tiempo determinado, para maximizar las utilidades de un restaurante McDonald's específico como unidad independiente y autónoma, a través de la Investigación de Operaciones, modelando matemáticamente la realidad y tomando en cuenta todas las restricciones presentes, basándose en datos estadísticos de sus ventas y demanda.

Dado que todos los productos que se expenden en el restaurante tienen diferente rentabilidad, y que el menú es bastante amplio, se debe inicialmente, delimitar un grupo pequeño de productos que lleven el mayor porcentaje de las ventas para poder enfocar el análisis y definir la función objetivo a maximizarse en base a las variables obtenidas de dicho grupo.

Una vez establecida la función objetivo se procederá a analizar estadísticamente las curvas de demanda de cada uno de las variables o productos seleccionados para establecer las cotas máximas y mínimas de venta, así como estacionalidades e irregularidades en su comportamiento. De esta manera definimos las restricciones de demanda.

Como el grupo de productos objeto de la investigación a su vez se subdivide en subgrupos, se debe establecer estadísticamente las cota máxima y mínima para cada subgrupo individual. Dado que el grupo de productos sujeto al análisis comparte el menú y por ende las ventas del restaurante con otros ítems, se deberá encontrar su cota de demanda máxima y mínima relacionada con las ventas totales del restaurante. De esta manera no solo estarán acotados cada uno de los productos por separado sino que lo estarán cada subgrupo de producto y el grupo en general.

Las restricciones anteriores se basan exclusivamente en datos de demanda. Luego se analiza otra restricción, que a pesar de que no es inherente al sistema, se la adiciona para poder cumplir con los objetivos de control interno de la tienda. Esta restricción se denomina “desperdicio completo”, y especifica un nivel porcentual con respecto a las ventas del restaurante al cual no puede exceder. Para poder encontrar dicha restricción se utiliza el historial de desperdicio de producto acabado durante el marco de tiempo sujeto al análisis y se lo tabula en términos de las variables del modelo.

La última de las restricciones se enfoca en el espacio disponible para el almacenamiento del producto crudo o materia prima, específicamente del producto congelado. Se determina el espacio ocupado por la materia prima utilizada en la elaboración de los productos vendidos, el cual no debe ser mayor al espacio total disponible para el almacenamiento del producto crudo congelado.

Establecidas todas las restricciones se desarrolla el modelo mediante la Programación Lineal utilizando un software de Investigación de Operaciones, llamado QSB, y se encuentra los óptimos de la función objetivo.

Una vez encontrados los óptimos, se puede analizar la factibilidad de lograr dicho resultado y evaluar el estado del restaurante en cuanto a resultados financieros y operacionales. Se pueden tomar medidas correctivas y convertir la dirección del restaurante de una visión reactiva a otra proactiva, ya que se habrá hallado el norte al cual se debe remar.

El fin ulterior de este trabajo es establecer la metodología necesaria aplicable a cualquier unidad de la cadena para poder tener una visión más amplia y clara del mejor de los resultados posibles, y a su vez, de las limitaciones a las que está sujeta. De esta manera se logra planificar sus objetivos específicos y las estrategias adecuadas para lograrlos.

1. DESCRIPCION Y ALCANCE DEL PROBLEMA

McDonald's Corporation es una empresa dedicada a brindar un servicio de comidas rápidas con los más altos estándares de calidad de producto, rapidez y amabilidad en el servicio; limpieza de sus instalaciones y sanitización en todas y cada una de las etapas del proceso de la elaboración del producto acabado. Buscando siempre el 100% de satisfacción total del cliente, y la maximización del valor de la experiencia McDonald's.

Según reportes de la Corporación, las ventas del año 1998 fueron de alrededor de U.S.D. 33.6 billones y su utilidad operacional en ese mismo año bordearon los U.S.D. 2.8 billones, tres veces más que la utilidad de la marca que le sigue. Controla el 45% del marketshare a nivel mundial y 60% de sus ventas. McDonald's tiene presencia en 125 países y cuenta con aproximadamente 25.000 restaurantes alrededor del mundo. Es por esto que es considerada como el líder en su rama. Ecuador consta como el país número 105. Inició operaciones el 9 de Octubre de 1997 con su primer restaurante en Quito, en el Centro Comercial Iñaquito. En Guayaquil abrió su primer restaurante el 14 de Noviembre de 1997 en Plaza San Francisco.

El presente trabajo se centrará exclusivamente en la operación del restaurante San Francisco de Guayaquil. Pero el objetivo final será definir una metodología capaz de ser utilizada en cualquiera de los restaurantes de la cadena.

El restaurantes SFO está ubicado en el 531 de la Calle Pedro Carbo y Vélez, en pleno casco comercial de la ciudad. Es una tienda de 2 pisos tipo Free Standing (es decir que no comparte sitio con otros comercios como en un patio de comida de un centro comercial), a pesar de que no cuenta con todas sus facilidades, ya que no tiene Drive-Thru (Auto servicio) ni un Parque Infantil, ni tampoco parqueadero propio. Sus instalaciones tienen capacidad para albergar 188 personas sentadas y tiene 4 cajas registradoras disponibles.

Por quedar ubicado en pleno casco comercial y bancario, el mercado objetivo de SFO es justamente el mercado laboral adulto. Es decir, gente que labora en bancos, comercios y trabajos que se desenvuelvan en este sector de la ciudad. El grueso de sus ventas se ubican en los días laborales de la semana (lunes a viernes). Sus horas de alto volumen de ventas están claramente delimitados, al mediodía en la hora del almuerzo de 1 a 3 pm. Y en la noche, aunque menor, de 5 a 7 pm. Los días de fin de semana y feriados son de ventas bajas ; a diferencia del restaurante de la Alborada cuyo mercado objetivo es el familiar y su comportamiento es totalmente opuesto al de San Francisco. Las ventas de SFO se colocan en el rango de los USD 135.000 mensuales.

Para el análisis de datos se ha delimitado un marco de tiempo específico que comienza desde la apertura del restaurante (14 de Noviembre de 1997) hasta 6 meses después (14 de Mayo de 1998).

El primer grupo de restricciones se basa exclusivamente en niveles de demanda de las variables definidas en la función objetivo. Las demandas no son analizadas en términos absolutos sino en upts (unities per thousand o unidades por mil), que es una medida relativa de la demanda de un producto basada en el número de transacciones. El término “upt” quiere decir, en definitiva, el número de productos vendidos por cada mil transacciones. Su fórmula es como sigue :

$$\text{upt} = \frac{\text{número de productos vendidos} \times 1.000}{\text{número de transacciones}}$$

Tomando la demanda de esta manera se facilita notablemente el análisis, ya que no importará el nivel de ventas o transacciones, sino solamente las preferencias de los consumidores. También facilita el cálculo de la demanda de un producto en base a la proyección de ventas o transacciones de un período cualquiera.

Después de definirse las restricciones de demanda, se procede a definir la restricción de desperdicio y por último la restricción de espacio de almacenamiento.

Definidas todas las restricciones se procede al desarrollo del modelo mediante la Programación Lineal. Para dicho fin se utiliza un software llamado QSB.

2. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DEL MODELO

Todos los productos se han dividido en diferentes grupos, y se han determinado las ventas netas de cada uno en el período de análisis. Se han comparado las ventas de todos los grupos de productos y se ha escogido aquel que siguiendo la ley de Pareto se lleva el grueso de las ventas, para su posterior análisis. En el gráfico 2.1 se puede apreciar las ventas de cada grupo.

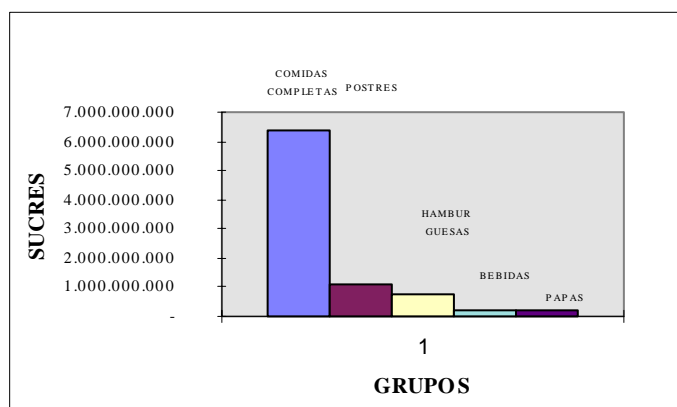


Tabla 2.1 “ Comparación de los grupos de variables”

3. FUNCIÓN OBJETIVO

Una vez definidos los productos a analizarse se debe establecer la función objetivo a partir de las utilidades marginales netas de cada producto. La tabla 3.1 muestra las utilidades de cada uno de los productos que conforman el grupo elegido para el análisis.

producto	P.V.P.	precio neto	costo comida		costo papel		costo primo	utilidad bruta	
		(sin iva)	sucres	%	sucres	%		sucres	%
COMBOS									
BIG MAC	22.000	20.000	7.282,5	36%	971	5%	8.254	11.747	59%
MAC POLLO	22.000	20.000	7.221,8	36%	755	4%	7.977	12.023	60%
NUGGETTS 6	22.000	20.000	6.176,7	31%	881	4%	7.058	12.942	65%
CUARTO DE LIBRA	22.000	20.000	7.810,6	39%	665	3%	8.476	11.524	58%
MCDLT	22.000	20.000	8.031,7	40%	951	5%	8.983	11.017	55%
CAJITAS FELICES*									
HAMBURGUESA	12.000	10.909	3.404,3	31%	1.053	10%	4.457	6.452	59%
HAMB. CON QUESO	12.000	10.909	3.918,6	36%	1.054	10%	4.973	5.936	54%
NUGGETTS 4	12.000	10.909	3.665,6	34%	1.234	11%	4.900	6.009	55%

* De precio de venta neto de la cajita feliz se ha deducido el costo del muñeco o premium

Tabla 3.1 “Costo y utilidad bruta de productos “

Ahora podemos definir las variables a utilizarse en la función objetivo :

- A : Número de combos Big Mac a venderse
- B : Número de combos Mc Pollo a venderse
- C : Número de combos Combo Nuggetts 6 a venderse
- D : Número de combos Cuarto de Libra con queso a venderse
- E : Número de combos McDLT a venderse
- X : Número de Cajitas Felices de Hamburguesa a venderse
- Y : Número de Cajitas Felices de Hamb. con queso a venderse
- Z : Número de Cajitas Felices de Nuggetts 4 a venderse

Dado que el modelo a desarrollarse tiene como fin la maximización de las utilidades del restaurante en base a la mezcla de productos a venderse, la función objetivo deberá expresarse en base a la utilidad unitaria de cada producto por el número de productos a venderse.

$$\Phi = 11.747A + 12.023B + 12.942C + 11.524D + 11.017E + 6.452X + 5.936Y + 6.009Z$$

4. RESTRICCIONES

4.1 RESTRICCIONES DE DEMANDA

Las curvas de demandas son analizadas dentro del marco de tiempo ya definido en una base diaria. Se trata de segregar cualquier tendencia e irregularidad temporal en ellas y tomar solamente el período que muestre la mayor estabilidad posible. Para lograr dicho objetivo se grafican las curvas de demanda con líneas de limite superior e inferior correspondientes a una desviación estándar. Se desechan períodos puntuales de comportamiento irregular, que no corresponden a una demanda convencional. Los límites se relocalizan, ya que las desviaciones se estrechan ; si aún existiesen períodos irregulares se le aplica el mismo procedimiento hasta obtener una curva cuya

mayor parte de puntos se encuentren dentro de estos límites. La ayuda del computador simplifica mucho este trabajo. Lo más posible es que la distribución de probabilidad de la demanda tienda a ser tipo Normal, es por esto que al período seleccionado se le aplica la Prueba Ji cuadrada de Bondad de Ajuste para rechazar o aceptar esta hipótesis.

Si la hipótesis es rechazada se debe volver a analizar la curva para encontrar el período que mejor se ajuste a una demanda estable. Si la hipótesis es aceptada, la restricción de demanda debe establecer su techo máximo como la suma de la media más una desviación estándar, y su techo mínimo como la media menos una desviación estándar

Existen productos cuya curva de demanda ha sido alterada por promociones temporales. Estos períodos promocionales han recibido un análisis diferente. Se ha encontrado la curva polinómica que mejor se ajuste, luego se ha encontrado máximos y mínimos para dichas curvas mediante la derivada de la función polinómica. De esta manera se han definido diferentes cotas para los períodos de promocionales.

El procedimiento anteriormente descrito se aplica a cada variable individualmente, como a los subgrupos de variables, en este caso al subgrupo denominado “Combos (variables A,B,C,D,E)” y al denominado “Cajitas Felices (variables X,Y,Z)”. Así como también a todo el grupo de variables, ya que en definitiva comparten las ventas con otros grupos como el de Postres.

Las 22 primeras restricciones se refieren únicamente a la demanda de los productos, estableciendo cotas máximas y mínimas para cada una de éstas.

4.2 RESTRICCIÓN DE DESPERDICIO COMPLETO (WASTE)

Se le llama “waste” al producto acabado que ha cumplido su tiempo de vida y que por razones de calidad no puede venderse al consumidor. Una vez que la comida ha sido producida tiene un tiempo de vida limitado. Si el productor está produciendo comida solo bajo pedido, obviamente la comida saldrá fresca y no tendrá tiempo de vida. Pero si se está produciendo en horas de alto volumen de ventas, el producto acabado debe permanecer en el bin de transferencia, el cual no es más que un gabinete calentado por radiación a una temperatura de 150 °F, para suplir la demanda de los consumidores de la manera más rápida posible (la causa más frecuente de que los tiempos de servicio se retrasen es la ausencia de producto acabado listo a venderse). Una vez en el bin de transferencia la comida puede durar únicamente 10 minutos.

De acuerdo a estándares internacionales, el costo del waste o desperdicio completo no debe sobrepasar al 1% de las ventas netas. En Ecuador, dados sus altos costos de comida y papel, se ha determinado que el desperdicio completo ideal es el 1.2% de las ventas netas.

Se han tomado 20 semanas de muestra para determinar los niveles estadísticos de waste y su comportamiento. El waste se puede tabular de la siguiente manera

Waste = (costo de la hamburguesa) x (numero de hamburguesas desechadas)

hamburguesas desechadas = porcentaje estadístico de waste x cantidad de producto vendido

Waste total real = Σ (costo hamburguesa) x (porcentaje de waste) x (cantidad de productos vendidos)

Waste ideal = Σ 1,2% x (Precio de Venta neto) x (cantidad de producto vendido)

La restricción sería :

$$\text{Waste real del período} \leq \text{Waste ideal del período}$$

En el desarrollo del modelo la restricción 23 corresponde a la de desperdicio completo.

4.3 RESTRICCIÓN DE ESPACIO DE ALMACENAMIENTO

La presente restricción tiene por objeto analizar el espacio disponible para almacenar el producto crudo más crítico del restaurante : el producto congelado. La restricción específica que no es posible vender más de lo que se puede almacenar. Es decir :

volumen del producto crudo congelado vendido \leq espacio real disponible para el almacenamiento

El volumen del producto crudo congelado vendido se puede expresar de la siguiente manera :

Volumen del producto crudo congelado vendido = \sum (cantidad de producto crudo congelado utilizado para producir una unidad de producto acabado vendido) x (Vol. unitario de producto crudo congelado) x (cantidad de producto acabado vendido).

La sumatoria de todos los espacios ocupados por los diferentes productos crudos congelados, vendidos como parte del producto acabado, dará el espacio total utilizado ; que en definitiva deberá ser menor al volumen disponible para su almacenamiento. Esta restricción está sometido a un período de tiempo específico. Es decir, es válida si el marco de tiempo que se utiliza es una semana (los reaprovisionamientos se realizan semanalmente).

La restricción 24, en el desarrollo del modelo, la muestra simplificada totalmente.

5. DESARROLLO DEL MODELO

Antes de poner en marcha el modelo debemos diferenciar dos tipos de restricciones. Las restricciones relativas y las absolutas. Todas las restricciones basadas en comportamientos de la demanda fueron calculadas en relación al número de transacciones, es decir, en upts. Las restricción de waste y espacio fueron calculadas en términos absolutos y dentro de un marco de tiempo específico. Para poder consolidar todas las restricciones en el mismo modelo es necesario expresarlas en los mismos términos y dentro del mismo marco de tiempo.

La ventaja del presente modelo es que permite variar las restricciones de demanda de acuerdo a la proyección de transacciones a realizarse en el período (en este caso semanal). Se puede proyectar mensualmente el número de transacciones a realizarse semanalmente en dicho período, y por consiguiente cambiar las restricciones de demanda del modelo y encontrar nuevos óptimos. En todo caso, el modelo tiende a ser un tanto dinámico.

Se ha proyectado 14.000 transacciones para una semana cualquiera. A razón de 2.000 transacciones diarias aproximadamente. Se puede jugar con este número para períodos proyectados de alto volumen, o de ventas bajas.

En definitiva el modelo y sus restricciones respectivas quedaría como sigue :

MAXIMIZAR :

$$\Phi = 11.747A + 12.023B + 12.942C + 11.524D + 11.071E + 6.452X + 5.936Y + 6.009Z$$

RESTRICCIONES

1	A				≥ 2254
2	A				≤ 3318
3		B			≥ 2030
4		B			≤ 2674
5			C		≥ 1750
6			C		≤ 2394
7				D	≥ 1694
8				D	≤ 2324
9				E	≥ 826
10				E	≤ 1204
11					≥ 154
12				X	≤ 406
13					≥ 1778
14				Y	≤ 5166
15					≥ 630

$$\begin{array}{rcl}
16 & & Z \leq 3192 \\
17 & A + B + C + D + E & \geq 9016 \\
18 & A + B + C + D + E & \leq 11844 \\
19 & & X + Y + Z \geq 2716 \\
20 & & X + Y + Z \leq 9044 \\
21 & A + B + C + D + E + X + Y + Z & \geq 13930 \\
22 & A + B + C + D + E + X + Y + Z & \leq 18844 \\
23 & 25,61A - 95,117B - 138,917C + 217,355D + 0,675E - 105,74X - 76,55Y - 125,737Z & \leq 0 \\
24 & 817,93A + 892,55B + 962,25C + 868,84D + 868,84E + 408,97X + 408,97Y + 536,89Z & \leq 1,323E7
\end{array}$$

El presente modelo se desarrollará en dos versiones diferentes. La primera será con la versión original (se tomarán en cuenta todas las restricciones), y en la segunda se obviará la restricción 23 (restricción de desperdicio completo), es decir, no se tomará dicha restricción dentro del modelo, ya que, como se explicó anteriormente en dicho capítulo, ésta es una restricción accesoria. Además vamos a comparar los resultados de cada una de las versiones para determinar cual de las dos da el resultado más óptimo.

En la tabla 5.1 se pueden apreciar los resultados del modelo en ambas versiones, tanto para los valores óptimos de cada variable y de la función, así como de otros parámetros interesantes de comparar.

	VERSION 1 (modelo completo)	VERSION 2 (sin la restricción 23)
A (Combos Big Mac a venderse en una semana)	2.254	3.318
B (Combos McPollo a venderse en una semana)	2.674	2.674
C (Combos Nuggetts 6 a venderse en una semana)	2.394	2.394
D (Combos Cto. de Lb. a venderse en una semana)	1.694	2.324
E (Combos McDLT a venderse en una semana)	880	1.134
X (Cajitas Felices 1 a venderse en una semana)	406	406
Y (Cajitas Felices 2 a venderse en una semana)	5.166	5.166
Z (Cajitas Felices 3 a venderse en una semana)	3.192	1.011
TOTAL DE COMBOS	9.896	11.844
TOTAL DE CAJITAS FELICES	8.764	6.583
VENTAS NETAS (S/.)	333.367.620	338.620.265
DESPERDICIO COMPLETO (S/.)	4.000.357	4.517.729
ESPACIO UTILIZADO (cm³)	12.762.313	13.229.687
UTILIDAD ÓPTIMA (S/.)	171.350.016	180.808.976

Tabla 5.1 “Resultados del modelo”

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Comparando los resultados arrojados para cada variable en la versión original (tomando en consideración la restricción accesoria (23) de desperdicio completo) se puede observar que todas ellas han tomado sus valores máximos, con excepción de las variables A (Combos Big Mac), y D (Combos Cuarto de Libra), las cuales tomaron los valores mínimos; y la variable E (Combos McDLT) que tomó un valor intermedio de 880, valor que excede por 54 al valor mínimo. El número total de combos es de 9.896, 1.948 unidades menor al máximo posible y 880 unidades mayor al mínimo posible. El número total de cajitas felices es de 8.764, 280 unidades menor al máximo, y 6.048 unidades mayor al mínimo posible. El número total de items (combos y cajitas felices) es de 18.660, 184 unidades menor al máximo posible.
- El espacio utilizado por el producto crudo congelado, según los resultados de la versión 1, fue de 12.762.313 cm³ cúbicos. El espacio disponible es de 13.230.000 cm³ cúbicos, es decir, quedaron 467.687 cm³ cúbicos del congelador sin utilizarse.

3. Analizando a profundidad los resultados anteriores, se observa que ; de acuerdo a la función objetivo, a pesar de que los combos son los que mayor utilidad marginal representan, el modelo a dado los valores mínimos al Combo Big Mac (variable A) y al Combo Cuarto de Libra (variable D), y al Combo McDLT (variable E) le ha asignado un valor intermedio ; aún cuando la suma de todos los combos no llega al máximo posible. Por el contrario, a las Cajitas Felices, que tienen menor utilidad marginal, les ha asignado el mayor valor posible. Asimismo, el número total de items a venderse (Combos y Cajitas) no llega a su máximo, a pesar de que el número total de combos aún puede crecer y queda bastante espacio inutilizado en el congelador. Estos resultados son fácilmente explicables cuando se analiza la restricción de desperdicio completo, puesto que ésta resulta en 4.000.357 sucres ; que representa el 1,199999% de las ventas netas. El máximo permitido para la restricción fue el 1.2% de las ventas netas, por lo tanto cualquier unidad adicional a venderse de las variables que no han llegado a sus máximos correspondientes haría que el porcentaje excediese el permitido.
4. El número total de Cajitas Felices a venderse en la versión 1 es de 8.764. De acuerdo con los datos obtenidos en el capítulo 4.10 “Restricción Demanda Cajitas Felices”, la mayor demanda de Cajitas Felices sin promoción es de 297 upt, que resulta en 4.158 unidades para las 14.000 transacciones proyectadas. Claramente se demuestra que para obtener las ventas de Cajitas Felices sugeridas por el modelo se debe recurrir a promociones exitosas. Éstas deben estar apoyadas por televisión y radio, lo cual resulta excesivamente costoso para el número de tiendas que actualmente tiene el Ecuador (4 restaurantes), ya que el retorno de la inversión en publicidad no es significativo. Sin embargo, estas promociones nos dan presencia en el mercado y relevancia a la marca. Siempre que existe una promoción exitosa, la venta de Cajitas Felices sufre un incremento apreciable que tiene injerencia directa en la mezcla de productos vendidos, puesto que la demanda de Combos experimenta un decremento que se ve compensado en cierta medida con el aumento de tráfico en el restaurante. Cuantificar el resultado neto de una promoción, tomando en consideración la inversión en publicidad ; el cambio que experimenta la mezcla de productos de la demanda de cada restaurante, ya que la demanda de Cajitas Felices que tiene una menor rentabilidad aumenta, y la de Combos disminuye ; y el aumento de tráfico o transacciones del restaurante, es tema de otra tesis.
5. Comparando los resultados del modelo en la versión 2 (sin tomar en cuenta la restricción de desperdicio completo (23)), se observa que todas las variables que representan combos toman sus valores máximos, con excepción de la variable E (Combos McDLT), la cual tomó un valor intermedio de 1.134 unidades, 70 unidades menor que la máxima y 308 unidades mayor que la mínima. Esto se explica fácilmente ya que el número total de combos a venderse (la suma de las variables A,B,C,D,E) toma su valor máximo de 11.844 y no es posible asignar ninguna otra unidad adicional a la variable E. Análogamente, los valores de las variables que representan Cajitas Felices también toman sus valores máximos, con excepción de la variable Z (Cajitas Felices de Nuggetts de 4). Ésta toma un valor de 1.011, 381 unidades mayor que el mínimo y 2.181 unidades menor que el máximo. A diferencia del número de combos, el número de Cajitas Felices total es de 6.583, 2.461 unidades menor al máximo y 3.867 mayor al mínimo. Es decir, el número de Cajitas Felices a venderse puede ser aún mayor. El número total de items a venderse (combos y cajitas felices) es de 18.427, 417 unidades menor al máximo y 4.497 mayor al mínimo posible.
6. El espacio utilizado por el producto crudo congelado, según los resultados de la versión 2, fue de 13.229.687 cm. cúbicos. Permanecen 313 cm. cúbicos inutilizados.
7. Analizando profundamente los resultados anteriores, se aprecia que el modelo ha dado mayor peso a las variables de combos, ya que obviamente, ellos representan una utilidad marginal aproximadamente 1,7 veces mayor que la de las cajitas felices. Es por esto, que todas las variables que representan combos, con excepción de la variable E, al igual que el número de combos a venderse han tomado los valores máximos. No es posible vender una unidad adicional de Combos. Posteriormente el modelo, ha asignado valores máximos a las variables X (Cajita Feliz de Hamburguesa) y Y (Cajita Feliz de Hamburguesa con queso) puesto que éstas ofrecen mayor utilidad marginal que la variable Z (Cajita Feliz de Nuggetts de 4), a la cual le asignó un valor intermedio. En esta versión, la restricción limitante es la restricción de espacio. Como se explicó en el numeral anterior, solamente existen 313 centímetros cúbicos libres. El espacio requerido por una unidad adicional de la variable Z, ya que es la única a la cual se le puede asignar valores adicionales porque no ha llegado a su máximo, es de 536,89 centímetros cúbicos. Por lo tanto es imposible vender una unidad adicional de la variable Z.
8. El número total de Cajitas Felices a venderse en la versión 2 es de 6.583. El máximo número de cajitas posibles a venderse sin promoción es de 4.518. En esta versión también es necesario incurrir en promociones. En la versión 1 el número total de cajitas excede con el doble (4.606) al número máximo de cajitas felices a

venderse sin promoción, en cambio, en la versión 2 el número de cajitas solamente excede con 2.425. Podemos deducir entonces que, a pesar de que se necesita apoyo promocional no se requiere un despliegue tan amplio y costoso.

9. En la versión 2, como ya se ha explicado, no se ha tomado en cuenta la restricción de desperdicio completo. Es decir, no hubo restricción en cuanto a la cantidad de desperdicio a tenerse en un período determinado. En el desarrollo del modelo para la versión 2, el waste resultó en 4.517.729 sucres, que representa el 1.33% de las ventas netas para dicha versión. Este porcentaje, a pesar de que excede el óptimo por 0.13%, no es inaceptable ni se puede considerar exorbitante.
10. Comparando los resultados en ventas netas, se observa que en la versión 2 fueron de 338.620.265 sucres, y en la versión 1 fueron de 333.367.620 sucres. Existen 5.252.655 sucres más de venta en la versión 2.
11. Con relación a la utilidad bruta en cada una de las versiones, se tiene que en la versión 1 la utilidad bruta es de 171.350.016 sucres ; en la versión 2 ésta es de 180.808.976 sucres. Existe una diferencia de 9.458.960 sucres de utilidad adicional que se perciben en la versión 2 (sin tomar en cuenta la restricción de desperdicio). Pero aún no se ha tomado en cuenta la pérdida que se incurre en el desperdicio de producto acabado. Si se deduce éste rubro de la utilidad bruta arriba expresada obtendremos la utilidad neta del modelo. Para la versión 1, la utilidad neta será de 167.349.659 sucres ; para la versión 2 , ésta será de 176.912.247 sucres. Existe una diferencia de 9.562.586 sucres de utilidad neta adicional percibida en la versión 2. Si comparamos los resultados en términos porcentuales con relación a las ventas netas, tenemos que para la versión 1 la utilidad bruta es 51,4%, el waste es de 1,199% ; por lo tanto, la utilidad neta es de 50,2%. Para la versión 2, la utilidad bruta es 53,4%, el waste o desperdicio completo es el 1,33% ; por lo tanto, la utilidad neta en la versión 2 resulta ser el 52,07% de las ventas netas. En cualquier caso, la aplicación del modelo en la versión 2 (sin tomar en cuenta la cantidad de producto desechado) arroja resultados más óptimos.
12. Si bien es cierto que mayor utilidad se obtiene con la venta de Combos, sería demasiado pedir que solamente se vendan combos en el restaurante. Las Cajitas Felices son un gancho para atraer a los niños y por consiguientes a sus padres, además crean en ello fidelidad a la marca. Pensando a largo plazo, los niños actuales que vienen por Cajitas Felices, serán los clientes futuros que vendrán por un Combo. Es por esto que no se puede descuidar la actividad promocional de la Cajita Feliz. De cualquier manera, es recomendable inculcar y concientizar al personal, especialmente a los cajeros que son la fuerza de ventas, la sugerencia del combo. Yendo aún más lejos, además de vender mayor cantidad de combos, se debe promover la venta de postres junto con el combo para aumentar el monto promedio de compra por transacción. Para lograr dicho objetivo se pueden crear programas motivacionales con premios para los cajeros que mayor cantidad de combos upt venda en su turno, así como el que mayor monto promedio por transacción tenga.
13. Además de tratar de vender la mayor cantidad de combos posible, se debe informar al personal sobre la rentabilidad de cada uno de los combos. De esta manera ellos sabrán que el Combo de Nuggetts es el que mayor utilidad reporta, y podrán sugerirlo para aumentar su demanda upt. Como se explicó en el numeral anterior, se puede crear un programa motivacional para impulsar la venta de combo de Nuggetts de 6. El problema en sugerir demasiados Nuggetts radica en las limitaciones de producción. Los nuggetts requieren de 4 minutos para su cocción, solo se tiene una vatea para freírlos, pero se pueden mantener fritos en almacenamiento en los gabinetes por 30 minutos como máximo. Si la demanda de Nuggetts se incrementa significativamente, se corre el riesgo de afectar los tiempos de servicio, ya que el sistema no está preparado para afrontar una demanda tan alta. Asimismo, para los consumidores de carne más que de pollo , se puede sugerir el Combo Big Mac, que es el de mayor rentabilidad entre los combos de carne de res. En todo caso, el fin ulterior será el de cambiar la mezcla de productos vendidos en el restaurante para disminuir la demanda de Cajitas Felices y aumentar la de Combos, sin afectar el número de transacciones o tráfico del restaurante.
14. Mucha gente adulta adquiere la Cajita Feliz, en vez de los Combos, por precio, por el premium o por el menor tamaño de ración de comida. La Cajita Feliz es más barata y contiene menos comida que un Combo. Se podría lanzar un Combo parecido a la ración de la Cajita Feliz, con un precio menor pero sin el premium, destinado a las personas que compra la Cajita Feliz no por el premium o muñeco. Dicho combo, a pesar de que tendría un precio menor al de la Cajita Feliz, reportaría una mayor utilidad porque no incluiría el costo prohibitivo del premium. De esta manera se puede cambiar significativamente la mezcla de productos del restaurante, y se destinaría exclusivamente la Cajita Feliz para los niños, y personas que quieren el premium.