



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

e Investigación

Escuela de Ingeniería

Maestría en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Optimización de rutas de entrega para la industria de alimentos en
Procesadora de Alimentos CIMA S.A. de C.V.

Tesis que para obtener el Grado de Maestro
en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Presenta

José Antonio Castillo Márquez

Director

Dra. Patricia Cano Olivos

Puebla, México.

Febrero 2020



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Posgrados e Investigación

Posgrados en Ingeniería y Negocios

Maestría en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Se aprueba la Tesis llamada:

Optimización de rutas de entrega para la industria de alimentos en
Procesadora de Alimentos CIMA S.A. de C.V.

Comité de Revisión

Dra. Patricia Cano Olivos
Director/a

Dra. Diana Sánchez Partida
Asesora

Dr. José Luis Martínez Flores
Asesor

Puebla, México.

Febrero 2020

Carta de la empresa



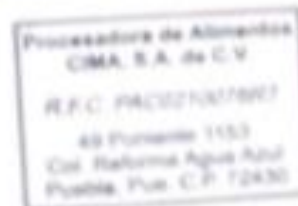
Puebla, Puebla a 18 de julio de 2019

Dr. José Luis Martínez Flores
Director Académico de la Maestría y Doctorado en Logística y
Dirección de la Cadena de suministro
UPAEP

Por este conducto me permito informarle que José Antonio Castillo Márquez con ID 35968 y matrícula 23460011, realizó su estancia profesional en la Procesadora de Alimentos CIMA S.A. de C.V. en el periodo¹ comprendido del 8 de enero del 2013 al 10 de julio del 2013, durante la cual desarrollo el proyecto denominado: Optimización de rutas de entrega para la industria de alimentos en Procesadora de Alimentos CIMA S.A de C.V.

Si hay inconveniente por parte de la Procesadora de Alimentos CIMA S.A de C.V. de que el estudiante o cualquiera de los profesores involucrados den a conocer el contenido del proyecto desarrollado, así como también los resultados de la investigación por medio de la biblioteca digital, presencial o algún otro medio de difusión y publicación como conferencias, congresos, revistas o cualquier otro medio académico.

Nombre del coordinador de proyecto: Karla de Alba Zeleny
Puesto: Director de operaciones
Correo electrónico: gerencia.operaciones@lazarza.com.mx
Contacto telefónico: 222 2408056



RESUMEN

Hoy en día las empresas se encuentran inmersas en mercados de alta competencia. Para poder sobresalir del resto, las organizaciones, han optado por implementar metodologías basadas en innovaciones que les otorguen una ventaja competitiva. En este documento se expone un caso donde la innovación puede llegar a producir un ahorro para una empresa, haciéndola más competitiva.

Para sostener su posicionamiento en el mercado, las organizaciones, se encuentran en la necesidad de mejorar sus procesos internos. La transportación y entrega de los productos es crucial para el éxito de la empresa en cuestión. La naturaleza de un producto perecedero también es un factor por el cual el tiempo de entrega debe ser el más corto posible. Es por esto que las rutas que se siguen para llevar a cabo las entregas son parte vital del proceso. De esta forma surge la inquietud para llevar a cabo un análisis acerca de las rutas de entrega. La documentación del proceso de producción, el proceso de embarque y el proceso de entrega en los puntos de venta representó la etapa inicial del proyecto.

La segunda etapa consiste en la identificación de la problemática. Debido a que la investigación de operaciones ha tenido un efecto impresionante en el mejoramiento de la eficiencia de numerosas empresas, incrementando la posibilidad de tomar mejores decisiones, se optó por elegir esta rama de las matemáticas. La situación por analizar se puede resolver con la modelación del problema del Agente Viajero en el software especializado, LINGO. El profesor, Gideon Weiss, del Departamento de Estadística de la Universidad de Haifa, en Israel, desarrolló el programa utilizado del modelo del agente viajero.

La metodología se basó en la medición de la distancia entre los puntos de venta de cada ruta actual (usando Google Maps). Después, la distancia de cada ruta actual, se comparó con la distancia de cada ruta óptima. Las distancias de las rutas óptimas fueron calculadas por el modelo matemático en el programa LINGO.

El ejercicio muestra un ahorro por cada ruta y se calculó el ahorro semanal, mensual y anual, en términos de kilómetros. Debido a que el ahorro es representativo para la organización, se hace la recomendación de implementar las rutas óptimas, para comprobar el beneficio. Por otro lado, se aconseja realizar un análisis financiero que haga más visible el impacto del cambio en las rutas de entrega.

ABSTRACT

Nowadays, the companies are immersed in high competitive markets. In order to stand out, organizations are trying to implement innovation based methodologies that represent a competitive advantage. A case where innovation can produce savings, making a business more competitive, is shown in this document.

To maintain its market place, the organization, has a need of process improving. The transportation and delivery of products it's crucial for the venture success. Because bakery is a perishable item, the lead time should be the shortest possible. That is why the delivery routes are vital part of the whole process.

The documentation of the production process, the shipment process and the delivery to store process represented the initial stage of the project. The documentation objective was to have a full understanding of the situation and diffuse throughout the business.

The second stage was the problem identification. Since operations research has been an improvement catalyst for many organizations by improving decision making, this math branch was chosen. The scenario was resolved with the TSP (Traveling Salesman Problem) in the specialized software, LINGO. The model used was developed by Prof. Gideon Weiss from the Statistics Department at Haifa University in Israel.

The methodology was based in the present routes distance measurement (using Google Maps). After this, the distance of each present route was compared with each optimal route. The optimal routes distances were calculated with the mathematical model in LINGO software.

The exercise shows the weekly, monthly and annual savings, in terms of kilometers. Since savings are representative for the organization, the implementation of optimal routes is recommended in order to prove the benefit. On the other hand, it is advised to build a financial analysis that shows the cost between present and optimal routes.

AUTORIZACIONES

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto representa una meta mas alcanzada en mi vida. Es por esto que la quiero dedicar a mis padres y a mi hermano. Siempre cuento con su apoyo y han sido mi ejemplo a seguir. Son mi inspiración, mi fuerza y mi motivo. Muchas gracias por estar siempre a mi lado.

Agradezco a todos mis amigos, que desde Monterrey, y ahora en Puebla, han influido en la formación de mis ideas y pensamientos para convertirme en la persona que soy el día de hoy. Me han demostrado su lealtad y tienen en mi alguien con quien pueden contar para siempre.

Agradezco a la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla que me recibió con los brazos abiertos y donde pude culminar mi carrera profesional. Siempre me sentí orgulloso de representar a la institución en cada ocasión que porte su uniforme.

Agradezco la completa colaboración por parte de la Procesadora de Alimentos CIMA S.A. de C.V. para facilitar la información aquí presentada, así como al Departamento de Calidad y el Departamento de Producción, ya que sin su apoyo el proyecto no hubiera sido satisfactorio.

Gracias a todos por dejarme tocar sus vidas y a ustedes por dejarme llevar algo de las suyas.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
AUTORIZACIONES.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
INTRODUCCIÓN.....	11
Planteamiento del problema.....	11
Descripción de la compañía.....	12
OBJETIVOS.....	14
MARCO TEÓRICO.....	15
Investigación de operaciones.....	15
Optimización de redes.....	16
Problema del agente viajero.....	17
Modelo matemático presentado por Arellano y Garcia.....	18
Modelo matemático de Winston.....	19
Modelo Prof. Gideon Weiss en el programa LINGO.....	20
CASO DE ESTUDIO.....	21
Proceso de producción y empaquetado de pastas y pasteles en Planta 1 y Planta 2.....	21
Proceso de producción y empaquetado de pastas (Planta 1).....	21
Proceso de producción y empaquetado de pasteles (Planta 2).....	23
Proceso de embarque.....	26
Entrega en punto de venta.....	27
Situación a analizar.....	28
Procedimiento para obtención de los datos.....	29
Google Maps.....	29
Obtener distancias entre puntos de venta.....	30
Matriz de distancias.....	31
Aplicación del algoritmo.....	32
Utilización del programa LINGO.....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
Conclusiones.....	34
Análisis comparativo.....	34
Recomendaciones.....	36

FUENTES CITADAS	37
ANEXOS.....	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Programación 1.....	27
Tabla 2: Programación 2.....	27
Tabla 3: Dirección de Planta 2 y Sucursales de ruta seleccionada.....	28
Tabla 4: Direcciones utilizadas para el análisis de Google Maps	28
Tabla 5: Calculo de tiempo de traslado y entrega.	30
Tabla 6: Distancias calculadas entre cada punto de venta	30
Tabla 7: Distancia diaria recorrida.....	33
Tabla 8: Análisis comparativo rutas locales.....	33
Tabla 9: Análisis comparativo rutas Foráneas 1	34
Tabla 10: Análisis comparativo rutas Foráneas 2.....	34
Tabla 11: Ahorro diario.....	35
Tabla 12: Ahorro diario en pesos.....	36

INDICE DE DIAGRAMAS Y FIGURAS

Diagrama 1: Proceso de producción y empaquetado de pastas.....	20
Diagrama 2: Líneas de producción Planta 2.....	22
Diagrama 3: Representación del área de producto terminado y embarque.	25
Figura 1: Ubicación de Plantas productivas.....	10
Figura 2: Red conexas, red inconexas y árbol.....	16
Figura 3: Ruta del 30 de mayo del 2018	29
Figura 4: Estatus solución de ruta óptima en LINGO	31

ANEXOS

Anexo I.....38

Anexo II.....39

Anexo III.....41

Anexo IV.....42

Anexo V.....43

Anexo VI.....44

Anexo VII.....45

Anexo VIII.....45

Anexo IX.....45

Anexo X.....45

Anexo XI.....46

Anexo XII.....47

Anexo XIII.....47

Anexo XIV.....48

Anexo XV.....48

Anexo XVI.....49

Anexo XVII.....50

Anexo XVIII.....50

Anexo XIX.....51

Anexo XX.....53

Anexo XXI.....56

Anexo XXII.....58

Anexo XXIII.....59

Anexo XXIV..... Archivo Excel

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

Procesadora de Alimentos CIMA S.A. de C.V. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de pasteles con la marca “Pastelerías La Zarza”. Fue fundada en 1991 y actualmente cuenta con 72 puntos de venta en lugares como el estado de Puebla, Veracruz, Distrito Federal, Morelos y Tlaxcala.

Debido al número de puntos de venta de la empresa, la transportación y entrega de los pasteles es crucial para el éxito de la organización. La naturaleza de un producto perecedero también es un factor por el cual el tiempo de entrega debe ser el más corto posible. Es por esto que las rutas que se siguen para llevar a cabo las entregas son parte vital del proceso. De esta forma surge la inquietud para llevar a cabo un análisis acerca de las rutas de entrega a los tres tipos de sucursales de “Pastelerías La Zarza” (locales, foráneas 1 y foráneas 2).

Procesadora de Alimentos CIMA S.A de C.V. lleva a cabo su producción en dos locaciones. Planta 1 se encuentra en 17 Poniente #2302 Col. Santiago, donde se llevan a cabo, principalmente, los procesos de elaboración y horneado de pastas para su posterior embarque hacia Planta 2. Planta 2 se encuentra en 17 Poniente #1718 Col. Santiago, y aquí se lleva a cabo la decoración de los diferentes tipos de pasteles y algunos otros productos para su posterior entrega al los diferentes puntos de venta. Se presenta la ubicación de ambas Plantas, en la herramienta *Google Maps*, con una distancia de 450 metros entre ellas.

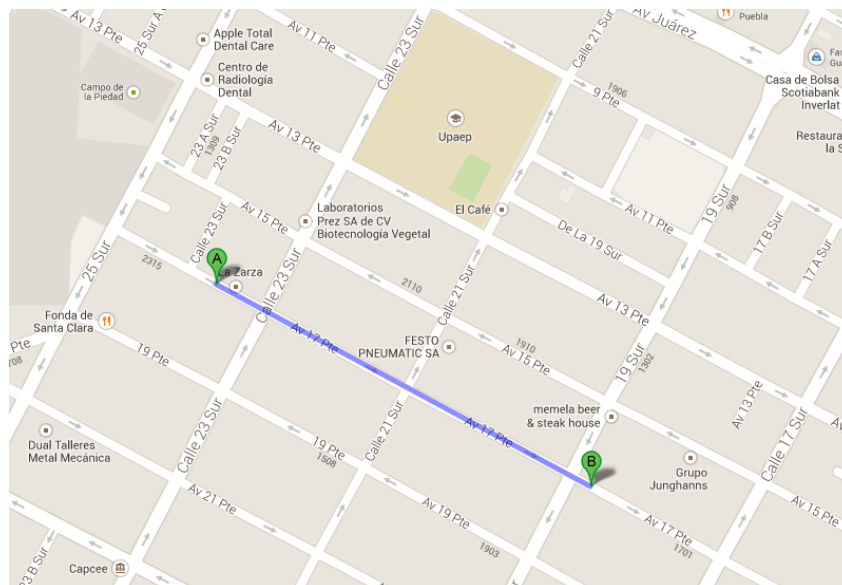


Figura 1: Ubicación de Plantas productivas

En el presente documento se especifica el análisis de producción y empaquetado de pastas y pasteles que se lleva a cabo en las dos Plantas. De igual manera se documenta el proceso de embarque tomando en cuenta las rutas actuales de la compañía para después buscar áreas de oportunidad modelando matemáticamente la situación expuesta.

Es importante señalar que se busca encontrar áreas de mejora para hacer las entregas más eficientes disminuyendo distancias, para así impactar en la estructura de costos de la empresa.

Descripción de la compañía.

El origen de Pastelerías La Zarza, como el de muchas empresas mexicanas, es el resultado del trabajo y esfuerzo de una familia que, buscando mejorar su economía en tiempos difíciles, decidieron iniciar un pequeño negocio. Se iniciaron operaciones en el mes de enero de 1991, contando solo con colaboración de integrantes de la familia Cisneros y habilitando un local comercial dentro de la cochera de una casa, comercializando una línea de pasteles y otros productos. Los resultados inmediatos fueron superiores a las expectativas generadas.

Entre 1993 y 1996 se creció en forma satisfactoria, consolidándose 2 puntos de venta, y fue para 1997 que se decide contratar a profesionistas del núcleo familiar, con el objetivo de fortalecer la estructura que se tenía hasta entonces, y poder consolidar el crecimiento.

Es en el año de 1998 que se traslada la producción a un lugar con mejores condiciones para la operación. Se invierte en equipo nuevo y se establecen nuevas estructuras operativas. Con estos cambios se logra un crecimiento que permite un aumento para el año 1999 de 2 a 6 puntos de venta, incluyendo uno en la Ciudad de México.

Durante los años 2000 y 2001 se tiene la posibilidad de incrementar la capacidad de producción con una ampliación de las instalaciones, lo que nuevamente permite el incremento de puntos de venta de 6 a 15, en la ciudad de Puebla.

En el año de 1993, ante los buenos resultados y ante la visión de negocio, se abre una línea de productos 100 % propia, con una imagen y marca nueva.

Un cambio trascendente se logra en el año 2002 gracias a la inversión en nuevas instalaciones diseñadas específicamente para una mejor eficiencia, permitiendo la compra de equipo de alta tecnología para la elaboración de pasteles. Estas nuevas instalaciones permitieron que “La Zarza” tuviera un crecimiento en puntos de venta que abarca ciudades del interior del estado de Puebla, Estado de México y de Tlaxcala, así como dos sucursales más en la Ciudad de México, llegando a un total de 38 puntos de venta a finales del 2004.

En el 2005 los cambios e inversiones siguen su curso, así como la oportunidad de seguir abriendo puntos de venta, se invierte en tecnologías de la información lo cual se concreta en el 2006 adquiriendo el programa SAP PyMES, hoy en día es el único programa que se utiliza para el control de la producción, facturación y almacén.

En el 2008 la empresa se fortalece con 3 acontecimientos importantes, la apertura de una nueva fábrica, la creación del sistema de franquicias de La Zarza, y por último la empresa alcanza, a través de su director, la certificación Endeavor Puebla, lo que abrió una gran oportunidad para un enriquecimiento invaluable a nivel empresarial. La conjunción de estos elementos permitió un crecimiento importante llegando al cierre de año a 44 puntos de venta distribuidos en los estados de Puebla, Tlaxcala y el Distrito Federal.

A pesar de la crítica situación financiera a nivel global en los años 2009 y 2010 se pudo mantener un crecimiento relativo. Con el inicio de la venta de franquicias y aperturas de puntos de venta propios se incursionó, incluso, en otros estados como fue el caso de Veracruz a través de 2 franquicias en la ciudad de Xalapa, llegando a un total de 51 puntos de venta al cierre de 2010. Como estrategia adicional en el año 2010 se decide recurrir a empresas especializadas para el desarrollo de un proyecto de fortalecimiento de marca, resultando para la empresa, una fecha trascendente y de gran celebración el 28 de octubre, día en que se llevó a cabo el lanzamiento de la nueva imagen de La Zarza, con una nueva promesa de ventas: “Pasteles para Compartir”.

El año 2011 se inicia con grandes expectativas de crecimiento al inaugurar las oficinas corporativas de La Zarza y al continuar con la venta exitosa de franquicias ahora en un nuevo estado, Morelos, y cerrando el primer trimestre con un total de 54 puntos de venta.

Con todos estos esfuerzos y sus planes a futuro La Zarza seguirá buscando su consolidación como una de las empresas de repostería más importantes del país, compartiendo sus productos cada vez con más clientes, pero también compartiendo su fórmula de negocios con familias que desean legítimamente mejorar el ingreso familiar y formar un patrimonio.

Misión

Generar unión y felicidad en las familias, elaborando pasteles y postres de alta calidad, conservando siempre el sabor tradicional que satisface a nuestros clientes, buscando al mismo tiempo ser una empresa eficiente que genere beneficios a sus integrantes, accionistas y a la sociedad.

Visión

Ser una empresa líder en repostería, reconocida a nivel nacional por la calidad en la elaboración de sus productos, sabor inconfundible y excelente servicio.

Valores

- Compromiso
- Integridad
- Prudencia
- Orientación al cliente
- Calidad de trabajo

Así, de acuerdo con los objetivos y la dimensión del problema establecidos, daremos paso al inicio del proyecto definiendo previamente los conceptos teóricos necesarios para el procedimiento que se llevara a cabo.

OBJETIVOS

El presente proyecto tiene como objetivo general el proponer, de acuerdo al análisis realizado, rutas alternas a las actuales que permitan optimizar las entregas de pasteles a todos los puntos de venta.

Los objetivos específicos se listan a continuación:

- Documentar el proceso de producción completo de pasteles en Planta 1 y Planta 2.
- Documentar el proceso de embarque en Planta 2.
- Documentar el proceso de entrega en los puntos de venta para su estandarización.
- Establecer una metodología para optimizar las rutas de entrega por medio de un software especializado.

MARCO TEÓRICO

Con la Revolución industrial el mundo se enfrentó a una transformación total y compleja de las diferentes organizaciones. Los pequeños talleres de épocas anteriores evolucionaron en grandes corporaciones nacionales e internacionales. Las empresas experimentaron grandes cambios en la división del trabajo y en la especialización. Sin embargo con el crecimiento de las compañías nuevos problemas se presentaron en la administración de las mismas. Con la extensión de los componentes de las organizaciones se perdió de vista, como las actividades y objetivos de cada sector se conectan y afectan a toda la empresa. A medida que aumenta la complejidad y la especialización es mucho más difícil asignar correctamente los recursos disponibles. Hoy en día existe una gran variedad de herramientas que permiten el incremento de la probabilidad de tomar mejores decisiones y de distribuir los recursos de manera más eficiente en las organizaciones. Los sistemas de información, los métodos estadísticos, las técnicas de ingeniería industrial la evaluación económica, el procesamiento de datos y la investigación de operaciones son unos cuantos ejemplos de la cantidad de herramientas que existen para mejorar el desempeño de las organizaciones.

Investigación de operaciones

En esta ocasión la investigación de operaciones se presenta como la herramienta, si no más acertada, si más conveniente. Existen numerosas definiciones de lo que es la investigación de operaciones. Sin embargo se encontraron acertadas y concretas las siguientes. Churchman, Ackoff y Arnoff nos presentan una definición bastante puntualizada de lo que es la Investigación de operaciones.

La investigación de operaciones es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas (hombre-máquina) a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda organización. (Churchman, Ackoff, Arnoff, 1957, citado en Juan Prawda 2007)

De igual manera Varela (1982) afirma que la investigación de operaciones “es un enfoque científico interdisciplinario para la solución de problemas, que envuelve la interacción compleja, dinámica y subjetiva de hombres, métodos y sistemas.” Otros autores como Grozze y Thierauf afirman que la investigación de operaciones facilita la toma de decisiones bajo un contexto de recursos escasos. Pawda define que la investigación de operaciones es la aplicación de la metodología científica a través de modelos matemáticos en forma de ecuaciones.

En resumidas cuentas la investigación de operaciones permite a las organizaciones que cuentan con componentes interdependientes, trabajar juntos de manera eficiente para lograr un objetivo en común.

Con estas definiciones diferentes palabras claves sobresalen. En primer lugar llama la atención la palabra *organización*. Una organización se puede interpretar como un sistema. De acuerdo con Prawda (2007) todo sistema tiene componentes e interacciones, el comportamiento de cualquiera de los componentes tiene efectos directos e indirectos con el resto. Dentro de los sistemas se pueden encontrar recursos humanos, materiales y financieros. Todos estos elementos generan interacciones derivadas de la selección y entrenamiento del personal; del diseño, construcción, mantenimiento de infraestructura y maquinas, del control de calidad, distribución y venta; así como interacciones de adquisición, retención y financiamiento.

La segunda palabra clave dentro de las definiciones es la palabra *objetivo*. Pawda afirma que la eficiencia y efectividad con las que diferentes componentes de la empresa se controlan o modifican es la esencia del objetivo en cada compañía. “La Investigación de Operaciones es un

método que permite encontrar las relaciones óptimas que mejor operen un sistema, dado un objetivo específico.” (Pawda, 2007) *Control* es la tercera palabra clave. Este mecanismo de autoaprendizaje de las empresas permite evaluar los resultados en comparación con los objetivos así como establecer las acciones que se necesitan para modificar los patrones de comportamiento que no sean eficientes o requieran cambios. (Pawda, 2007)

La investigación de operaciones ha tenido un efecto impresionante en el mejoramiento de la eficiencia de numerosas empresas, incrementando la posibilidad de tomar mejores decisiones. Antes de esta herramienta las decisiones en la mayoría de las organizaciones se tomaban por medio de la intuición, ignorando las interrelaciones entre todos los actores del sistema. Un ser humano no puede visualizar absolutamente todas las relaciones que existen por lo que es necesario contar con una herramienta como la investigación de operaciones. Otro beneficio es que mejora la coordinación entre los múltiples componentes de la organización, existe un mayor nivel de ordenación y comunicación entre cada actor. La investigación de operaciones mejora el control del sistema instituyendo procedimientos sistemáticos que supervisen todas las operaciones. De igual manera este método logra un mejor sistema al reducir costos, hacer las interacciones más fluidas y eliminar los cuellos de botella. (Pawda, 2007)

Ackoff considera que las fases de los proyectos de investigación de operaciones, son: en primer lugar el estudio de la organización, en segundo lugar la interpretación de la organización como un sistema, en tercer lugar la formulación de los problemas de la organización; la construcción del modelo; la derivación de soluciones del modelo; la prueba del modelo y sus soluciones; el Diseño de controles asociados a las soluciones y la implantación de las soluciones al sistema.(Citado en Pawda, 2007) De igual manera podemos agregar lo que Varela (1982) expresa en su libro de introducción a la investigación de operaciones donde afirma que el proceso de solución que se debe de llevar a cabo cuando se resuelve un problema por medio de esta herramienta debe presentarse de la siguiente forma:

1. *Los alcances que se generen derivados del proceso de toma de decisión para la solución del problema deben ser precisos y claros.*
2. *Deben definirse previamente factores de efectividad que respalden el análisis. Como ejemplo de ellos está la reducción de costos, el incremento de producción, ventas, etc.*
3. *El problema debe permitirnos elaborar un modelo matemático que describa la situación.*
4. *Es muy común encontrar grandes cantidades de información y datos para resolver problemas relacionados con la investigación de operaciones, por lo que comúnmente es necesaria la ayuda de una computadora, la estadística y un adecuado procesamiento de información. (Varela 1982)*

Optimización de redes

En la actualidad uno de los mayores desarrollos que se han llevado a cabo en la investigación de operaciones es en la optimización de redes. Los problemas de redes surgen en numerosas situaciones. Las redes de transporte predominan en la vida diaria. La representación de redes se utiliza de manera amplia en diferentes áreas tanto de producción, de distribución, de planeación, de localización, de administración y de planeación.

Es importante tener bien en claro que es una red. De acuerdo a Hillier y Liberman (2006) una red es un conjunto de *puntos* y de *líneas* que unen ciertos pares de puntos. A los puntos se les llaman *nodos* y a las líneas se le llaman *arcos*. Los arcos se etiquetan para dar nombre a los nodos en sus puntos terminales. Los arcos de una red pueden tener un flujo. Si el flujo a través de un arco se permite sólo en una dirección (como en una calle de un sentido) se dice que es un arco dirigido. Por el contrario si el flujo del arco se permite en ambas direcciones es un arco no dirigido. Hillier y

Lieberman afirman que si una red tiene únicamente arcos dirigidos se llama red dirigida y si únicamente tiene arcos no dirigidos se trata de una red no dirigida. (Hillier y Liberman, 2006)

Entendemos por trayectoria una sucesión de arcos distintos que conectan a dos nodos. Una trayectoria dirigida de un nodo a otro es una sucesión de arcos cuya dirección es hacia el segundo nodo. Se dice que dos nodos están conectados si la red contiene al menos una trayectoria no dirigida entre ellos. Una red conexa es una red en la que cada par de nodos está conectado. Un ciclo es una trayectoria que comienza y termina en el mismo nodo. Un árbol son redes conexas para algún subconjunto de nodos que no contiene ciclos no dirigidos. El árbol de expansión es una red conexa para los nodos que contienen ciclos no dirigidos. (Hillier y Liberman, 2006) A continuación en la imagen 1 se presentan ejemplos de una red conexa, una inconexa y un árbol.

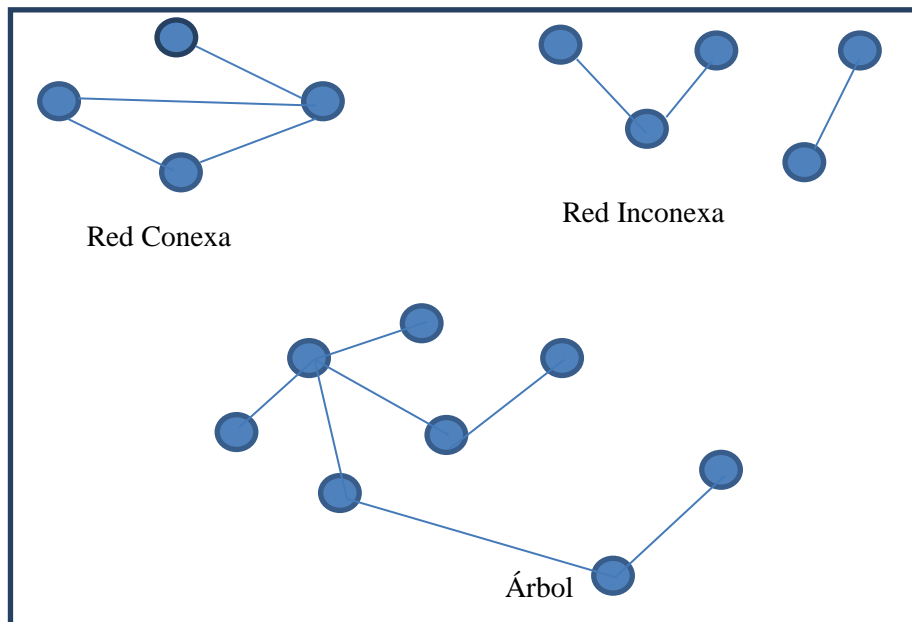


Figura 2: Red conexa, red inconexa y árbol
Fuente: elaboración propia con base en Prawda 2007

Problema del agente viajero

Los complejos problemas que se presentan actualmente en las grandes empresas no son fácilmente aislados. Por el contrario los diferentes problemas son multidisciplinarios. Uno de los problemas más estudiado debido a su sencillez para plantearse es el Problema del Agente Viajero (TSP, Traveling Salesman Problem). Arellano y García (2012) plantean el problema de la siguiente manera: Un agente desea programar visitas a sus clientes, por lo que desea viajar lo mínimo posible. Dadas N ciudades y el costo C que se tiene al viajar de una ciudad a otra, el agente debe encontrar la ruta de costo mínimo para visitarlas todas pasando sólo una vez por cada una de ellas, y regresando a la de partida. Se debe encontrar el recorrido de costo mínimo, este costo puede estar expresado en términos de tiempo o distancia, es decir, recorrer el mínimo de kilómetros o llevar a cabo el tour en el menor tiempo posible.

En el problema del agente viajero las soluciones se dividen en dos tipos: TSP simétrico, en donde el costo que genera viajar de la ciudad X a la ciudad Y es el mismo que el que tiene al viajar de la ciudad Y a la ciudad X . Por el otro lado en el TSP asimétrico el costo que se genera de viajar de la ciudad X a la ciudad Y no es el mismo que si viajas de la ciudad Y a la X . En general para

ambos casos la formulación del modelo matemático es el mismo con diferencia de la matriz de costos. (Arellano y García, 2012)

A continuación se presentan algunos ejemplos que Arellano y García (2012) presentan donde el problema del Agente viajero puede utilizarse: El reparto de productos, donde se mejora la ruta de entrega; transporte, utilizando el recorrido más corto; en Robótica, resolviendo problemas de fabricación que minimicen los desplazamientos de perforaciones de una plancha; en turismo y agencias de viajes; horarios de transportes laborales y empresas; inspecciones a sitios remotos, secuencias.

Modelo matemático presentado por Arellano y Garcia

Si se considera una matriz de distancias C_{ij} , un grafo $G = (V, A)$ completo y las variables de decisión X_{ij} como variables binarias, donde:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si el arco } ij \text{ es utilizado en la solución} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Se tiene que el modelo matemático del TSP es el siguiente: (Arellano y García 2012)

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

$$\text{s. a.} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n X_{ij}, \quad \forall j \quad (1)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n X_{ij}, \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{\substack{(i,j) \in \gamma \\ i \in S \\ j \in \bar{S}}} X_{ij} \geq 1, \quad \forall S \subset V \quad (3)$$

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

Arellano y García (2012) expresan que con las restricciones (1) y (2) se indica que se entra y sale de cada ciudad una sola vez. Cada restricción tiene una cardinalidad n . La restricción (3) garantiza que no habrá subtours en la solución, al no permitir que se pase más de una vez por cada ciudad.

El problema del Agente viajero puede resolverse de distintas maneras dependiendo del problema a solucionar. Algunas de las soluciones son: Enumeración de todas las soluciones factibles, donde se calculan los costos y se identifican por comparación cual es la solución con el menor costo; métodos exactos, que descartan soluciones acelerando la búsqueda para llegar a la solución óptima mediante ramificaciones, acotamientos y cortes; y Heurísticas, donde se obtienen las soluciones mediante computo. (Arellano y García, 2012)

Modelo matemático de Winston

Otro ejemplo de solución del problema del Agente Viajero lo presenta Winston (2005) quien plantea la situación de la siguiente manera:

El problema consiste en las ciudades $1, 2, 3, \dots, N$. para i diferente de j sea d_{ij} = distancia desde la ciudad i hasta la ciudad j . se define también

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si la solución va de la ciudad } i \text{ a la ciudad } j \\ 0, & \text{si no sucede así} \end{cases}$$

La función objetivo (a minimizar) es:

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0, j \neq i}^{n+1} D_{ij} X_{ij}$$

Ahora las restricciones:

Para garantizar que se llega a cada ciudad exactamente una vez:

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

Para garantizar que se sale de cada ciudad exactamente una vez:

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

Una ruta no puede ser seleccionada más de una vez:

$$X_{ij} + X_{ji} \leq 1 \quad \text{para todos } i, j$$

No negatividad:

$$X_{ij} \geq 0$$

De esta forma obtienes la ruta más adecuada de acuerdo a la distancia y tiempo. Con este modelo es posible llegar a una solución óptima.

Estos dos modelos servirán de base para poder mostrar más adelante como se solucionó la problemática encontrada en la organización mencionada usando un software especializado para programar una posible solución factible.

Modelo Prof. Gideon Weiss en el programa LINGO

Tomando como base los modelos matemáticos descritos en los apartados anteriores, el Profesor Gideon Weiss, del Departamento de estadística de la Universidad de Haifa en Israel, realizó una programación del Problema del Agente Viajero en, el software especializado, LINGO. Esta programación es la usada para resolver la problemática expuesta en el presente documento. El modelo completo y su información detallada se encuentran en el ANEXOXXV. Más adelante también se presenta la información acerca del software y la razón por la cual se decidió usarlo.

CASO DE ESTUDIO

En este apartado se muestra la documentación del proceso de producción completo en ambas plantas, el proceso de embarque, la entrega en punto de venta y la forma sugerida para evaluar las rutas de entrega y como optimizarlas con el software especializado.

Proceso de producción y empaquetado de pastas y pasteles en Planta 1 y Planta 2

Se analizó el proceso de producción y empaquetado de pastas y pasteles en las plantas 1 y 2, para poder tener un conocimiento completo del proceso y una documentación para su posterior uso. A continuación se presenta el proceso en ambos edificios.

Proceso de producción y empaquetado de pastas (Planta 1)

Para llevar a cabo el análisis del proceso completo de producción y empaquetado de pastas, fue necesario el mapeo del mismo. Por medio del diagrama 1 se visualiza de manera gráfica el proceso. Posteriormente se presentan las nueve etapas en la que se descompone.

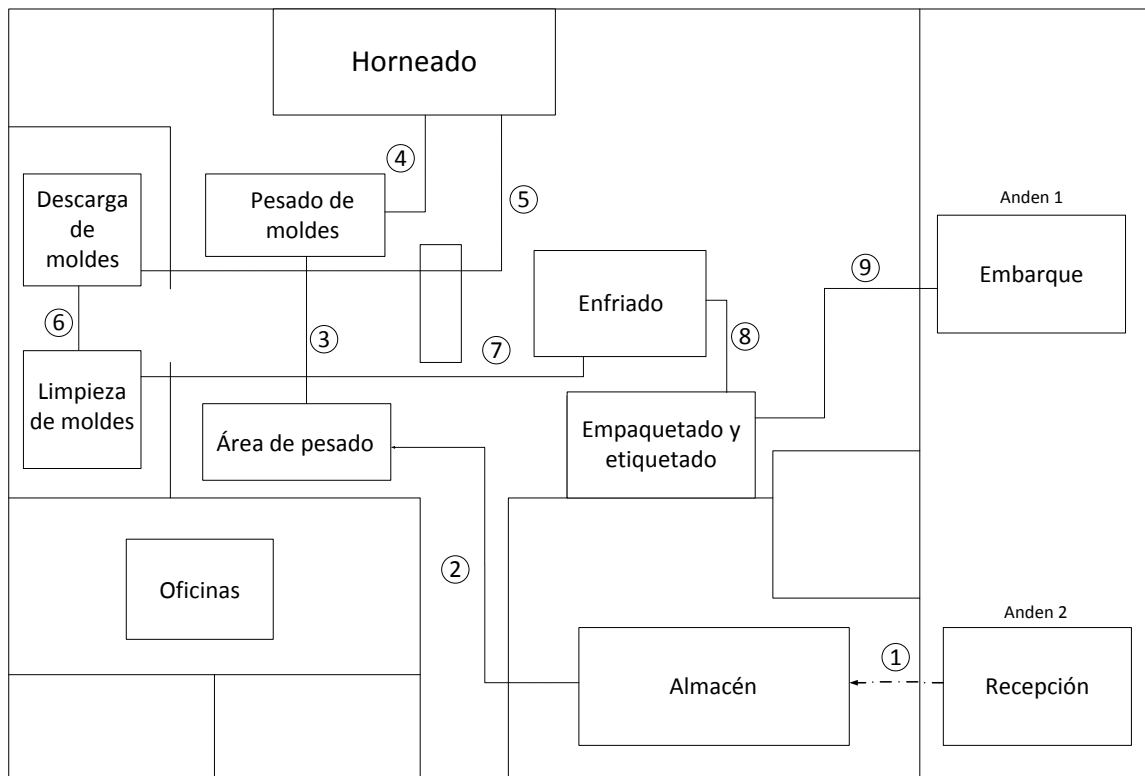


Diagrama 1: Proceso de producción y empaquetado de pastas

1. Recepción y almacenamiento de materia prima

La recepción de materia prima se realiza de 7 a.m. a 3 p.m. en el andén 1. Se reciben más de noventa productos en Planta 1 y se categorizan en recepción continua, recepción por temporada y recepción material de limpieza. Cada producto se coloca en el almacén y se consume según su demanda en la Planta. (Ver Anexo I)

2. Formulación de pastas

En la Planta 1 se producen dos tipos de pastas: vainilla y chocolate (ver Anexo II)

3. Pesado de moldes y acomodo

En esta sección de la planta se reciben los moldes engrasados para colocar pasta, se vierte la pasta sobre el molde, hasta obtener el peso ideal con respecto al tamaño de pasta. (Ver Anexo III)

4. Horneado

En el horneado se introduce un carro, lleno de moldes con pasta en el horno y se cierra. Se programa la temperatura y el tiempo adecuados para el correcto cocimiento de las pastas. (Ver Anexo IV)

5. Descarga de moldes

En esta sección se toma el molde con la pasta y se voltea sobre un plato de plástico, para después colocarla sobre un segundo carro. Se coloca el molde vacío en la mesa para su posterior limpieza y engrasado.¹

6. Limpieza de moldes y engrasado

En esta sección se toma el molde vacío, se limpia con una servilleta, y se apila para su posterior engrasado. Se toma el molde y se engrasa con mantequilla y se apila para su después aplicar harina. Se toma el molde y se coloca la harina. Se toma el molde y se coloca en el área de pesado de moldes para su posterior pesado.²

7. Enfriado de pastas

En el enfriado de pastas se lleva el carro lleno de pastas en platos de plástico al área de enfriado. Se coloca el carro cerca de unos ventiladores para el apropiado tiempo de enfriado dependiendo del tamaño de las pastas.³

8. Empaquetado y etiquetado de pastas

Durante el empaquetado y etiquetado de pastas se pegan las etiquetas, del día correspondiente, en los domos. Se colocan los domos etiquetados sobre el plato de plástico para empacar la pasta. Se coloca la pasta empaquetada en el mismo carro. Se llena el carro de pastas empaquetadas, se colocan las rejillas alrededor del carro para la protección de las pastas. Se coloca el carro lleno de pastas empaquetadas en la cámara frigorífica para su entrega al día siguiente.⁴

9. Embarque de pastas

En esta etapa se sacan los carros, llenos de pastas empaquetadas, de la cámara frigorífica. Se colocan los carros llenos de pastas empaquetadas en el transporte para enviarlas a la Planta 2.⁵

¹ En la descarga de moldes, el procedimiento es idéntico para los dos tipos de pastas.

² En la limpieza de moldes y engrasado, el procedimiento es idéntico para los dos tipos de pastas.

³ En el enfriado de pastas, el procedimiento es idéntico para los dos tipos.

⁴ En el empaquetado y etiquetado de pastas, el procedimiento es idéntico para los dos tipos.

⁵ En el embarque de pastas, el procedimiento es idéntico para los dos tipos

Proceso de producción y empaquetado de pasteles (Planta 2)

Después de las nueve etapas que se llevan a cabo en la Planta 1 el embarque de pastas se dirige a la Planta 2. A continuación se muestra por medio de un diagrama, de manera gráfica, las diferentes líneas de producción que realizan los terminados del producto de la empresa “Pastelerías La Zarza” Es importante no olvidar que los procesos difieren entre líneas, ya que en algunas se elaboran subproductos. (Ver diagrama 2)

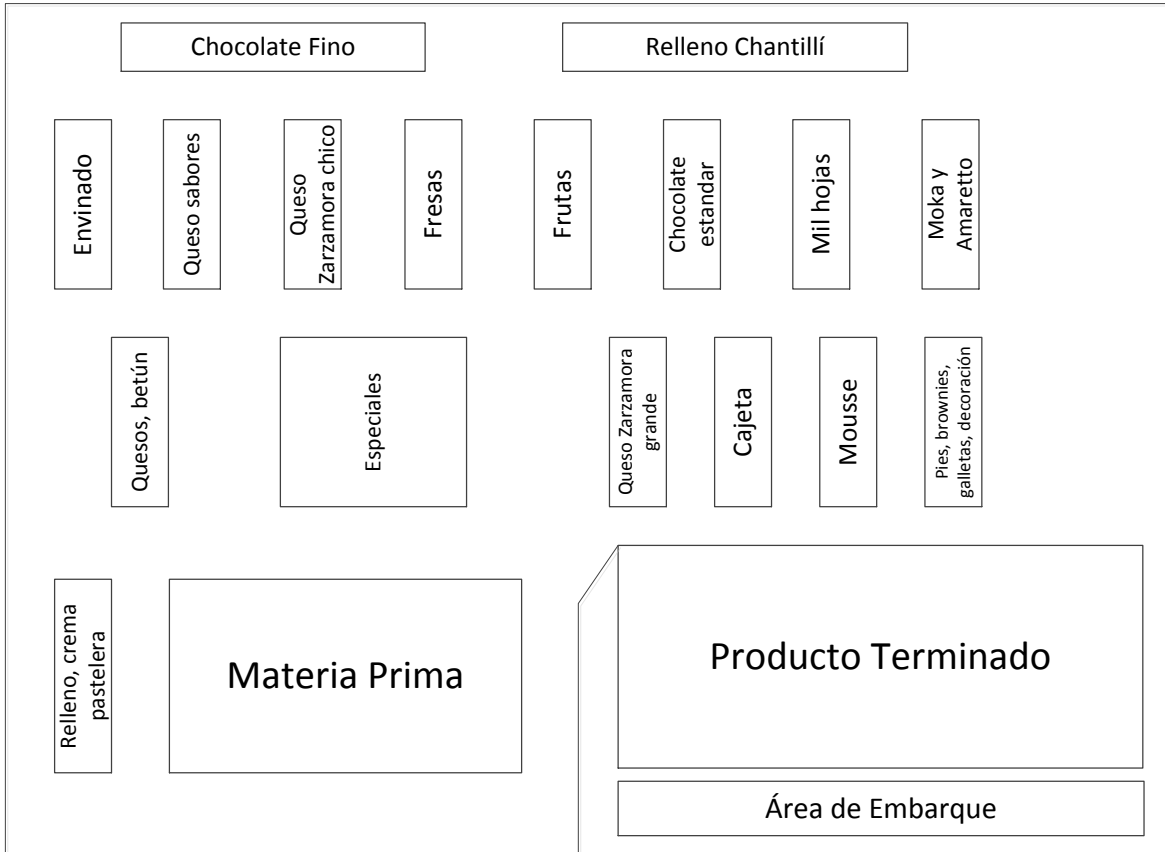


Diagrama 2: Líneas de producción Planta 2

Se identifican las siguientes líneas de producción dedicadas a subproductos:

1. Rellenos y crema pastelera
En esta línea de producción se realizan los siguientes rellenos de pasteles: relleno de almendra estándar y fino; relleno de chocolate estándar y fino; y relleno de Nuez. (Ver Anexo V)
2. Quesos y betún
En la línea de producción de quesos y betún se prepara el queso para rellenar los pasteles así como el betún para el pastel de Moka. (Ver Anexo VI)
3. Envinado
En esta línea de producción se prepara la mezcla de envinado con distintos tipos de leche que se distribuye en las líneas de producción que lo soliciten. (Ver Anexo VII)
4. Fresas
En la línea de producción de Fresas se limpian y cortan y empacan para su posterior uso tanto en relleno de pasteles como para adorno de los mismos. (Ver Anexo VIII)
5. Relleno chantillí

En la línea de producción de relleno chantillí se elabora el subproducto de batido de chantillí que se usa tanto para relleno como para la cubierta de los pasteles sabor vainilla y chocolate. (Ver Anexo IX)

Se identifican las siguientes líneas de producción de repostería:

1. Chocolate fino

En esta línea se producen los pasteles de chocolate fino y las roscas. La línea arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, recibir el chocolate y se hace el pedido de envinado. Es importante señalar que al agotarse el envinado, se debe hacer el pedido a la línea correspondiente y recibirlo. Se documenta la secuencia de actividades para este producto en el Anexo X.

2. Queso sabores

En esta línea se preparan los pasteles de Queso con fresa, Queso con chabacano y Queso con chocolate. El orden de producción depende del pedido, la cantidad pedida más grande es el sabor con el que se empieza, posteriormente se produce el extra en el mismo orden. Se muestra la secuencia de actividades para ambos productos, así como sus actividades preliminares completas en el Anexo XI.

3. Queso zarzamora chico

En esta línea se preparan los pasteles de queso de zarzamora chico. Los detalles de la línea de producción de este pastel se encuentran en el Anexo XII.

4. Frutas

En esta línea se preparan pasteles sabor durazno y fresa. La línea se inicia con el sabor durazno y posteriormente se preparan los pasteles sabor fresa. Es importante señalar que se elaboran todos los pasteles de un sabor para después cambiar al siguiente. Se debe hacer el pedido de envinado a la línea correspondiente y recibirlo cuando se agote. En el Anexo XIII se documenta la secuencia de actividades para ambos productos, así como sus actividades preliminares.

5. Chocolate estándar

En esta línea se preparan pasteles sabor chocolate con vainilla y queso con vainilla. La línea se inicia con el sabor chocolate con vainilla y posteriormente se preparan los pasteles sabor queso con vainilla. Es importante señalar que se elaboran todos los pasteles de un sabor para después cambiar al siguiente. Se debe hacer el pedido de envinado a la línea correspondiente y recibirlo cuando se agote. El proceso detallado de la producción se encuentra en el Anexo XIV.

6. Mil hojas

En esta línea de producción se realizan los pasteles mil hojas y mil hojas de fresa. La secuencia de actividades detallada para ambos productos se muestra en el Anexo XV.

7. Moka y amaretto

En esta línea se preparan dos tipos de pasteles, Moka y Amaretto. La línea se inicia con los pasteles de Amaretto y posteriormente se preparan los pasteles sabor Moka. Se elaboran todos los pasteles de un sabor para después cambiar la línea al siguiente. También se debe de hacer el pedido de envinado a la línea correspondiente y recibirlo cuando se agote. La secuencia de actividades de tallada se muestra en el Anexo XVI.

8. Especiales

Los pasteles especiales se producen de cualquier sabor según el pedido correspondiente. Por consecuente no existe un proceso particular que siga en esta línea, ya que también los decorados varían dependiendo las especificaciones de los clientes. En esta línea se producen pasteles especiales para 30, 50, 75, 100, 150, y 200 personas.

9. Queso zarzamora grande

El pastel de queso de zarzamora grande tiene el mismo proceso de preparación que el pastel de queso de zarzamora chico. La separación de sección se hace por la gran cantidad de pedidos de este tipo de pastel. Sin embargo en el proceso lo único que varía es el tamaño de las cantidades. Se da una descripción detallada del proceso de preparación del pastel de queso de zarzamora grande en el Anexo XVII.

10. Cajeta

En esta línea se preparan tres tipos de pasteles; almendra, nuez y cajeta. La línea se inicia con la producción del pastel de pedido más alto y así sucesivamente. El proceso detallado de elaboración se encuentra en el Anexo XVIII.

11. Mousse

En esta línea se elaboran mousses de sabor zarzamora, cajeta, mango y chocolate. Véase el Anexo XIX para entender el proceso completo de la elaboración.

12. Pies, brownies, galletas y decoración

En esta línea se prepara el pie de limón, pie de nuez, pie de queso y pie de zarzamora en presentaciones individual y chica. También se producen panques de cajeta, panque natural, panque de nuez y panque marmoleado. De igual forma los brownies, galletas gelatinas y natillas se realizan en esta línea. Todos los pies y panques se reciben de la Planta 1 y se refrigeran para solamente decorarse en la línea de producción de la Planta 2. El proceso detallado se encuentra en el Anexo XX.

Es importante señalar que el proceso de producción y empaquetado de pastas y pasteles en Planta 1 y Planta 2 también fue documentado mediante un diagrama *cross-functional* para hacer más visible el proceso, así como los departamentos involucrados. El diagrama se presenta en el ANEXO XXIV.

Proceso de embarque

Una vez entendido el proceso de producción de todos los bienes ofrecidos por la empresa se documentó el proceso de embarque. En el diagrama 3 se presenta la distribución del área de producto terminado, que se almacena en la cámara frigorífica, así como el área de embarque y estacionamiento donde parten las camionetas para realizar las entregas.

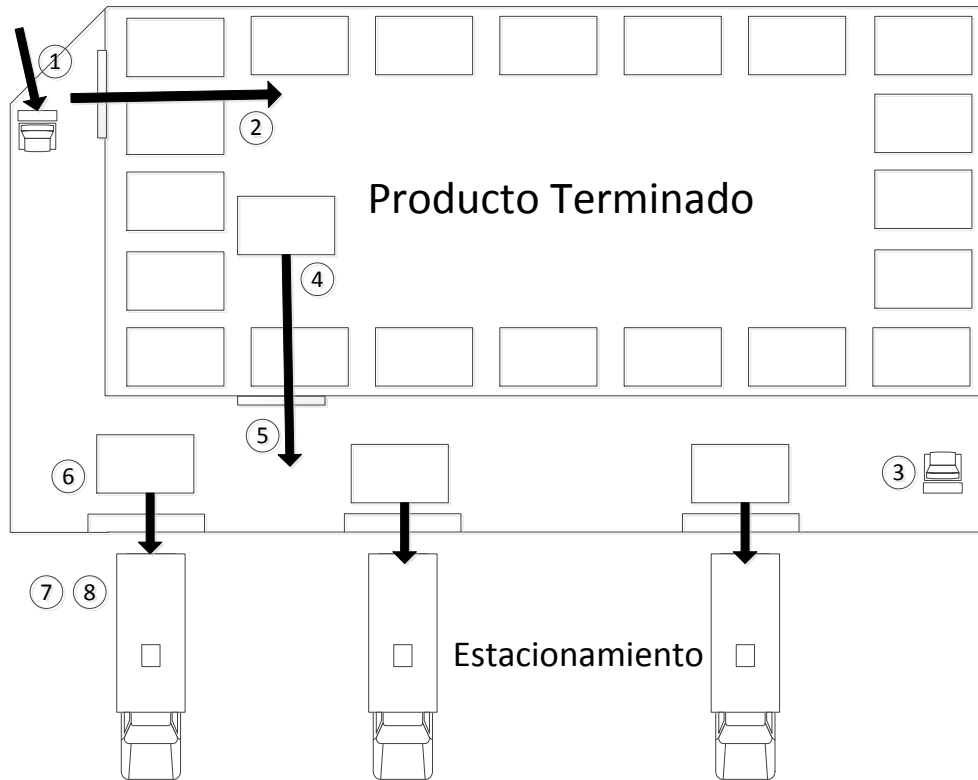


Diagrama 3: Representación del área de producto terminado y embarque.

A continuación se identifican las partes del proceso y se enumeran sus etapas:

1. El operario de línea de producción coloca el carro afuera de área de producto terminado.
2. El supervisor de producto terminado da de alta en el sistema el producto, y lo coloca en la cámara frigorífica.
3. El supervisor del área de embarques programa las entregas, en base a las rutas, y manda la remisión del pedido.
4. El operario recibe la remisión y coloca el producto, en base a la remisión, en el carro.
5. El operario coloca el carro, con producto en base a la remisión, en ventanilla.
6. El operario verifica que el producto este correcto, conforme a la remisión, y lo coloca en rejillas.
7. El chofer verifica que el producto este correcto, conforme a la remisión, y coloca el producto en el vehículo.
8. El chofer firma la remisión y recibe una bitácora, una tarjeta de gasolina y viáticos para casetas (de ser necesario).
9. El chofer recorre la ruta establecida y entrega producto a cada punto de venta.

Entrega en punto de venta

Se documenta el proceso de entrega de pasteles en punto de venta con el objetivo de estandarizarlo y divulgarlo para su implementación. A continuación se enlistan las actividades que se realizan en el proceso y la persona responsable:

1. Chofer llega, en vehículo, a punto de venta.
2. Chofer entrega remisión y bitácora a vendedor(a).
3. Vendedor(a) recibe remisión y bitácora y anota hora de llegada de chofer.
4. Vendedor(a) coloca mesa en espacio destinado para entrega de producto.
5. Chofer toma producto de vehículo y lo coloca en mesa, retirándolo de rejillas.
6. Vendedor(a) coteja producto contra remisión y coloca etiquetas en pasteles, al mismo tiempo.
7. Vendedor(a) coloca producto en refrigerador.
8. Vendedor(a) firma remisión y anota hora de salida de chofer.
9. Chofer recibe remisión y bitácora y sale de punto de venta.

Se pretende compartir la documentación con los puntos de venta para tener un mejor control y una entrega eficaz.

Situación a analizar

En las “Pastelerías La Zarza” los puntos de venta se distinguen en tres categorías:

- Locales
- Foráneas 1
- Foráneas 2

Existen actualmente 72 puntos de venta, los cuales se distribuyen en: 41 sucursales locales, 14 sucursales foráneas 1 y 17 sucursales foráneas 2. Las sucursales no siguen una numeración continua y todas se identifican con la palabra ZARZA y el número de sucursal (Ej. ZARZA 1, ZARZA 92). Existen 5 puntos de venta en el Distrito Federal, sin embargo no se incluyeron en el análisis debido a que las entregas las realiza la sucursal 8 (Centro de distribución). SF corresponde al punto de venta “Sweet Factory” el cual es un establecimiento con un concepto diferente a las pastelerías, pero de igual forma se entrega producto.

Las entregas se realizan como se muestran en las siguientes tablas (Tabla 1 y 2). La programación 1 corresponde a la entrega a sucursales Foráneas 1 (lunes, miércoles y viernes). La programación 2 corresponde a la entrega a sucursales Foráneas 2 (martes, jueves y sábado). Todos los días se entregan pasteles a las sucursales locales.

Foráneas 1	SF
	Z-8
	Z-71, 24
	Z-45, 85, 86
	Z-97, 89, 76
	Z-70, 92
	Z-91, 32
	Z-75, 84
	Z-14, 42, 22, 25, 98
Z-52, 29, 34, 12	
Z-2, 9, 63	
Z-6, 7, 13	
Z-17, 41, 82	
Z-51, 23, 73	
Z-40, 77, 95, 11	
Z-49, 56, 78, 20, 101	
Z-5, 21, 1	
Z-33, 96, 54, 39	
Z-15, 94	
Z-53, 10	

Tabla 1: Programación 1

Foráneas 2	Z-88, 87, 90
	Z-68, 74
	Z-79, 81
	Z-67, 83
	Z-31, 72, 35
	Z-93, 65, 62
	Z-28
	Z-99
	Z-14, 42, 22, 25, 98
Z-52, 29, 34, 12	
Z-2, 9, 63	
Z-6, 7, 13	
Z-17, 41, 82	
Z-51, 23, 73	
Z-40, 77, 95, 11	
Z-49, 56, 78, 20, 101	
Z-5, 21, 1	
Z-33, 96, 54, 39	
Z-15, 94	
Z-53, 10	

Tabla 2: Programación 2

Procedimiento para obtención de los datos

El primer paso es seleccionar una ruta para ser evaluada de acuerdo a uno o varios criterios establecidos, en este caso se seleccionó la ruta Zarza-100 (Z-100), Zarza-7 (Z-7), Zarza-6 (Z-6). Tomando en cuenta que la ruta debe partir siempre de la Planta 2 (P), de donde salen todas las entregas, y siempre retornar a este punto, la ruta completa sería P, Z-100, Z-7, Z-6, P.

Una vez seleccionada la ruta es necesario determinar las distancias entre cada uno de los puntos de venta. Para esto se utilizó el directorio de puntos de venta que existe en la organización. En la siguiente Tabla 1 se muestran las direcciones establecidas en el documento mencionado.

Punto de Venta	Dirección
Planta 2	17 Poniente 1718 Col. Santiago
Z-100	31 Poniente 2902 Local E-2 Col. Benito Juárez, Puebla, Puebla C.P. 72410
Z-7	31 Oriente #622 Local B Col. Ladrillera de Benítez, C.P. 72530
Z-6	Blvd. 18 Sur 4529 Col. Unidad 22 de Septiembre C.P. 72570, Puebla, Puebla

Tabla 3: Dirección de Planta 2 y Sucursales de ruta seleccionada.

Se procedió a ubicar cada punto de venta utilizando la herramienta Google Maps, disponible en internet de manera gratuita. Sin embargo debido a la discrepancia entre las direcciones y la ubicación real del punto de venta, señalada por la herramienta mencionada, se procedió a visitar cada uno de los puntos de venta correspondientes a la ruta. Así se pudo constatar la ubicación real exacta de cada sucursal para su posterior evaluación. De esta forma las direcciones usadas para el análisis se muestran a continuación en la Tabla 2.

Punto de Venta	Dirección en Google Maps
Planta 2	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-100	2924 Manuel Espinosa Yglesias o Av. 31 Poniente, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México
Z-7	Av Manuel Espinoza Iglesias 622 Ladrillera de Benítez, 72530 Puebla, PUE, México
Z-6	Río Balsas 5103, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México

Tabla 4: Direcciones utilizadas para el análisis de Google Maps

Google Maps

Google Maps está basado en una variante similar a la proyección Mercator (proyección cilíndrica presentada por el geógrafo y cartógrafo Gerardus Mercator en 1569) la cual se convirtió en una proyección estándar del mapamundi para propósitos marítimos debido a su exacta representación del globo terráqueo. Sin embargo Mercator suponía que la Tierra era perfectamente esférica, lo cual no sucede en la realidad, es por esto que *Google Maps* usa coordenadas basadas en el Sistema Geodésico Mundial (SGM). La diferencia entre una esfera y la elipse del SGM causa que las proyecciones no sean exactas. La discrepancia es imperceptible en la escala global pero causa que mapas de áreas locales tengan una ligera desviación del verdadero mapa de elipse Mercator.

Asumiendo que dE y dN son los componentes infinitesimales de coordenadas locales, su anchura y longitud proyectadas en el mapa se calcula como sigue:

$$dx = a_{map} \left(\frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \right)^{-1} \sec \varphi dE ,$$

$$dy = a_{map} \left(\frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}} \right)^{-1} \sec \varphi dN$$

Donde φ es latitud geodesica, e es la primera excentricidad del elipse terrestre, a es el mayor eje terrestre, y a_{map} es la escala del mapa dibujado. *Google maps* usa la escala siguiente para este calculo:

$$a_{map} = \frac{256 \times 2^{\text{zoomLevel}}}{2\pi} \text{ pixels}$$

Debido a que Mercator proyecta los polos hacia infinito, *Google maps* no puede mostrarlos. En cambio, suspende la cobertura en 85.051125° norte y sur, esto forza al mapa a ser cuadrado, lo cual no es considerado una limitante dado el propósito del servicio (*GoogleMaps*).

Obtener distancias entre puntos de venta

Posterior a la verificación de las ubicaciones de los puntos de venta que conforman la ruta a analizar, se debe de conocer las distancias entre ellos. Para esto, de igual forma, se utilizó la herramienta *Google Maps*.

La distancia calculada y el orden de visita se simularon conforme a la investigación de campo hecha. A continuación se presenta en la Figura 1 la ruta realizada el 30 de mayo del 2018 en la Unidad 1.

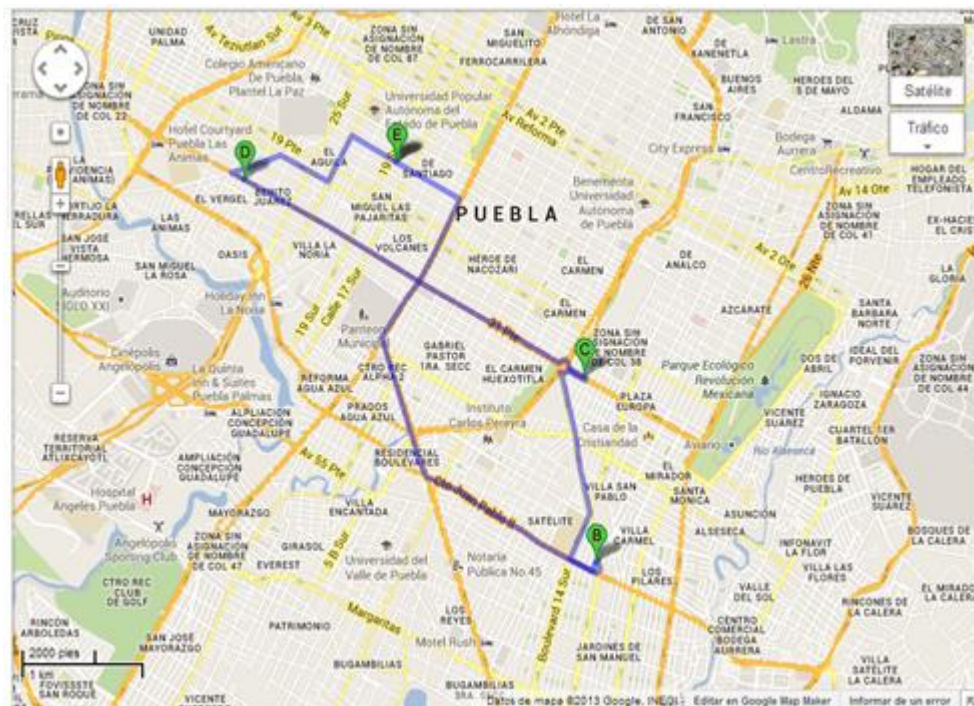


Figura 3: Ruta del 30 de mayo del 2018

Al mismo tiempo de medir la distancia entre los puntos de venta en la investigación de campo, se procedió a calcular el tiempo de traslado y entrega en cada punto de venta hasta el retorno a la Planta 2. Estos cálculos para la ruta en cuestión se presentan en la Tabla 3.

Cálculo de tiempo			
Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	10:45:00 a.m.	11:01:00 a.m.	0:16:00
Entrega Z-100	11:01:00 a.m.	11:10:00 a.m.	0:09:00
Tiempo a PV	11:10:00 a.m.	11:35:00 a.m.	0:25:00
Entrega Z-7	11:35:00 a.m.	11:40:00 a.m.	0:05:00
Tiempo a PV	11:40:00 a.m.	11:49:00 a.m.	0:09:00
Entrega Z-6	11:49:00 a.m.	12:05:00 p.m.	0:16:00
Tiempo a P	12:05:00 p.m.	12:23:00 p.m.	0:18:00
Total			1:38:00

Tabla 5: Calculo de tiempo de traslado y entrega.

Así se pudo constatar que la ruta P, Z-100, Z-7, Z-6, P es de 14.1 kilómetros y se recorre en aproximadamente 1 hora y 38 minutos. Es importante tener presente que el cálculo de tiempo es aproximado ya que depende del tráfico u otros imprevistos que puedan presentarse (ponchaduras de llantas, choques, averíos del transporte, etc.)

Matriz de distancias

El siguiente paso consiste en elaborar una matriz cuadrada con las distancias calculadas entre cada punto de venta. En este caso la matriz será de 4 nodos y nos permitirá aplicar el algoritmo (el cual se describe en la siguiente sección) para obtener la ruta óptima en términos de la distancia. Usando la misma herramienta, de *Google Maps*, se obtuvo la matriz que se muestra en la Tabla 4. La matriz no es simétrica ya que las distancias de ida a un punto de venta no son iguales a las de vuelta debido al sentido de las calles.

	P	Z-100	Z-7	Z-6
P	0.0	3.0	3.5	4.7
Z-100	1.8	0.0	3.3	4.8
Z-7	3.8	3.3	0.0	2.1
Z-6	5.7	5.2	2.2	0.0

Tabla 6: Distancias calculadas entre cada punto de venta

Una vez que se obtienen los valores de la matriz se puede pasar a la aplicación del algoritmo para encontrar la solución al problema.

Aplicación del algoritmo

Una vez que se tiene la matriz de tiempos totales es necesario aplicar el algoritmo para conocer la ruta sugerida. La herramienta que se utilizara para la aplicación de los algoritmos es *LINGO*. Según la página oficial en internet de *LINGO*, esta es una herramienta comprehensiva diseñada para construir y resolver modelos de optimización lineales, no lineales, cuadráticos, estocásticos y enteros de una forma rápida, fácil y eficiente. En otras palabras es un programa especializado para la solución de problemas relacionados con la Investigación de Operaciones. *LINGO* es un lenguaje de modelado matemático, la compañía que lo produce es Lindo Systems. *LINGO* utiliza los conjuntos como sus bloques fundamentales de construcción. Cada miembro de un conjunto puede tener uno o más atributos asociados. Estos atributos proporcionan los datos para el modelo. Algunos atributos pueden ser variables de decisión del modelo. Después de completar la formulación, el modelo se puede resolver al elegir el comando.

Se decidió utilizar este lenguaje porque se puede comprender sencillamente, el ambiente es amigable y se puede adquirir de manera gratuita en su versión estudiantil, la cual es suficiente para resolver modelos pequeños como los analizados en este documento.

Utilización del programa LINGO

Como primer paso en esta fase se debe de programar el problema del agente viajero en un lenguaje de programación apropiado. Esta modelación está disponible en el ANEXO XXI, en donde se detallan las restricciones y el modelo matemático, programados en *LINGO*, señalado en apartados anteriores.

Después se procede a ingresar la matriz de distancias de la ruta P, Z-6, Z-7, Z-100, P, para su resolución. El software calcula la ruta que se completa con la mínima distancia. De esta manera la solución sugerida para la ruta óptima es la que se muestra en la figura 2.

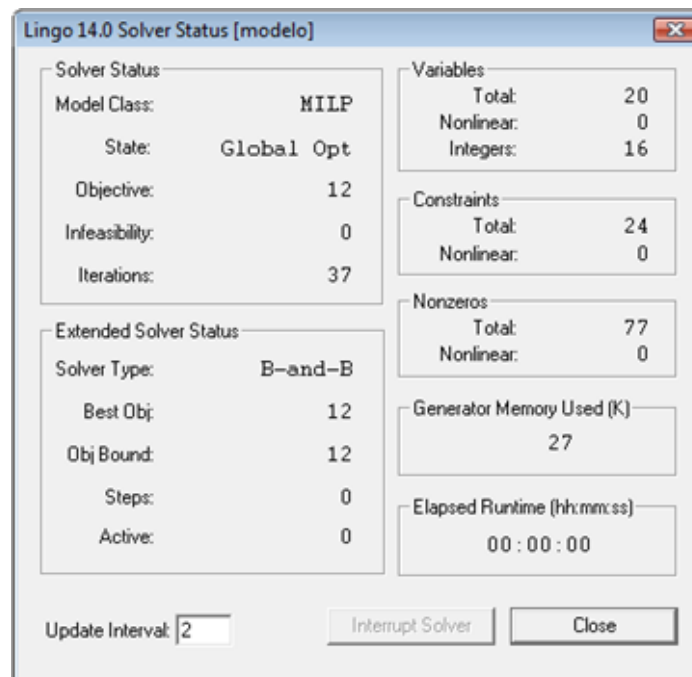


Figura 4: Estatus solución de ruta optima en LINGO

Al interpretar el reporte de solución (ANEXO XXII) podemos concluir que la ruta optima de entrega seria P, Z-6, Z-7, Z-100, P. Esta ruta optima es de 12 kilómetros y representa un ahorro de 2.1 kilómetros en comparación a la evaluada en la investigación de campo.

Es importante señalar que esta metodología se aplico a cada una de las rutas existentes en la organización para obtener rutas optimas, que minimizaran la distancia, y así evaluar el ahorro total. El reporte del análisis completo se puede observar en el ANEXO XXIII y en el siguiente apartado se comentaran las conclusiones obtenidas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En este apartado se analizarán los resultados de los cálculos elaborados para las rutas existentes, así como el análisis de rutas óptimas mediante un comparativo y, por último, las respectivas recomendaciones.

Los resultados completos para todas las rutas que se recorrieron en la investigación de campo se encuentran en el ANEXO XXII. En base a la mezcla de sucursales que se entregan por día (Programación 1 y 2) se puede concluir, que las distancias diarias totales recorridas en la entrega de pasteles a las 72 sucursales se dan como se muestra en la Tabla 7.

Día	Distancia (kms)
Lunes	2,181
Martes	2,179
Miércoles	2,181
Jueves	2,179
Viernes	2,181
Sábado	2,179

Tabla 7: Distancia diaria recorrida

Se recorren 13, 080 kilómetros por semana para la entrega a los diferentes puntos de venta.

Análisis comparativo

Después de obtener la distancia total que se recorre con la programación de rutas actuales, se procedió a realizar el mismo cálculo considerando las rutas óptimas. Se utilizó el software especializado, LINGO, para determinar las rutas óptimas. Así se obtuvo el siguiente análisis para comparar la distancia actual y la distancia óptima sugerida para los tres tipos de rutas (Ver Tabla 8, 9 y 10). La distancia se muestra en kilómetros.

Ruta actual	Distancia	Ruta optima	Distancia	Ahorro
Z-42, 22, 14, 25, 98	32.8	Z-14, 42, 22, 25, 98	28.8	4
Z-52, 29, 34, 12	26.4	Z-29, 12, 34, 52	18.7	7.7
Z-2, 9, 63	18.8	Z-9, 63, 2	18.4	0.4
Z-6, 7, 13	16.6	Z-13, 6, 7	14.3	2.3
Z-17, 41, 82	29.9	Z-82, 41, 17	29.9	0
Z-51, 23, 73	31.4	Z-23, 73, 51	30	1.4
Z-40, 77, 95, 11	23.4	Z-40, 77, 95, 11	23.3	0.1
Z-49, 56, 78, 20, 101	57.9	Z-56, 78, 49, 20, 101	46	11.9
Z-5, 21, 1	22.9	Z-1, 21, 5	13.5	9.4
Z-33, 96, 54, 39	25.4	Z-39, 96, 54, 33	23.3	2.1
Z-15, 94	18.6	Z-94, 15	16.5	2.1
Z-53, 10	17.2	Z-10, 53	14.3	2.9

Tabla 8: Análisis comparativo rutas Locales

Ruta actual	Distancia	Ruta optima	Distancia	Ahorro
SF	11.7	SF	11.7	0
ZCD003	267	ZCD003	267	0
Z-71, 24	136	Z-24,71	134.5	1.5
Z-45, 85, 86	360	Z-45, 86, 85	357.6	2.4
Z-97, 89, 76	319	Z-97, 89, 76	319	0
Z-70, 92	351	Z-70, 92	351	0
Z-91, 32	142	Z-32, 91	141	1
Z-75, 84	273	Z-84, 75	271.8	1.2

Tabla 9: Análisis comparativo rutas Foráneas 1

Ruta actual	Distancia	Ruta optima	Distancia	Ahorro
Z-88, 87, 90	309	Z-88, 90, 87	305.5	3.5
Z-68,74	358	Z-74, 68	357.3	0.7
Z-79, 81	375	Z-79, 81	375	0
Z-67, 83	436	Z-67, 83	436	0
Z-31, 72, 35	107	Z-35, 31, 72	103.5	3.5
Z-93, 65, 62	79.2	Z-93, 65, 62	79.2	0
Z-28	77.5	Z-28	77.5	0
Z-99	116	Z-99	116	0

Tabla 10: Análisis comparativo rutas Foráneas 2

El ahorro diario se comporta de la siguiente manera:

Día	Distancia rutas actuales	Distancia rutas optimas	Ahorro
Lunes	2,181	2,130.6	50.4
Martes	2,179	2,127	52.0
Miércoles	2,181	2,130.6	50.4
Jueves	2,179	2,127	52.0
Viernes	2,181	2,130.6	50.4
Sábado	2,179	2,127	52.0

Tabla 11: Ahorro diario

Tomando en cuenta este análisis, el ahorro por semana sería de 307.2 kilómetros. El ahorro mensual sería de 1, 228.8 kilómetros y el ahorro anual ascendería a 14, 745. 6 kilómetros.

De igual forma, se presenta a continuación una tabla comparativa de costos, tomando como referencia el costo actual de combustible (19.85 pesos/ L) y el consumo de combustible combinado del vehículo Nissan NP300 (16.28 km/L).

Día	Distancia rutas actuales	Distancia rutas optimas	Ahorro
Lunes	\$ 2,659	\$ 2,597.81	\$ 61.45
Martes	\$ 2,657	\$ 2,593.42	\$ 63.40
Miércoles	\$ 2,659	\$ 2,597.81	\$ 61.45
Jueves	\$ 2,657	\$ 2,593.42	\$ 63.40
Viernes	\$ 2,659	\$ 2,597.81	\$ 61.45
Sábado	\$ 2,657	\$ 2,593.42	\$ 63.40

Tabla 12: Ahorro diario en pesos

El ahorro por semana sería de 374.57 pesos. El ahorro mensual sería de 1, 498.26 pesos y el ahorro anual ascendería a 17, 979.13 pesos.

A continuación, se presentan las recomendaciones posteriores a este proyecto.

Recomendaciones

Finalmente, como primera recomendación, de acuerdo con el análisis elaborado en este documento y lo señalado en las conclusiones, es importante que se lleve a cabo la modificación de las rutas conforme a lo propuesto. Así se debe comprobar que, en efecto, es una mejor solución para su implementación permanente.

El análisis expuesto muestra el ahorro en distancia que se tendría de implementar las rutas óptimas sugeridas. Este ahorro en distancia tendría un impacto significativo en la estructura de costos de la empresa. Es por esto que es importante realizar un análisis financiero del costo que representaría el ahorro establecido en este documento. Se tendría que tomar en cuenta variables como gasolina, depreciación de equipo, nomina, tiempo de recorrido, etc.

Con este análisis, el ahorro sería más fácil de interpretar y se reforzaría la idea de que la implementación de las rutas optimas es una opción atractiva para la empresa.

FUENTES CITADAS

- Ackoff. R. L., Sasieni. M. W. (1982) *Fundamentos de investigación de Operaciones* México: Editorial LIMUSA.
- Arellano N. García. I. (2012) El problema del Agente Viajero Asimétrico. *CienciaCierta* uadec. Revista de divulgación científica. [en línea] Obtenido el 22 de septiembre de 2013 de: <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC30/3.html>
- Chalico Pérez, J. J. 2008. *Propuesta para evaluar las rutas de preventa en el centro de distribución mega-oriente de FEMSA Coca-Cola*. Tesis Licenciatura. Ingeniería Industrial con área de manufactura.
- Churchman.C.W. Ackoff. R.L y Arnoff. E. L (1957) *Introduction to Operations Research*. John wiley & sons.
- Cortéz. A. (2004) *Teoría de la complejidad computacional y Teoría de la Computabilidad* Perú: Revista de Investigación y Sist. Inf. 100-104
- González. J. L., Ríos. R. Z. (1999) *Investigación de Operaciones en Acción: Aplicación del TSP en problemas de manufactura y Logística* México: Versión electrónica: Obtenido el 16 de agosto de 2013 de http://ingenierias.uanl.mx/9/pdf/9_Roger_Rios_et_al_Investigacion_de_oper.pdf
- Google (2013) *Map Types*: Version electronica: Obtenido el 14 de noviembre de 2013 de <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/maptypes#MapCoordinates>
- Hillier F. S. Lieberman G. J. (2002) *Investigación de Operaciones*. [Séptima edición].México: Mc Graw Hill.
- Hillier. Lieberman. (2006). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Mexico. DF. Mc Graw Hill.
- Lindo Systems Inc.(2008). *Lindo Web Page*. Obtenido el 24 de agosto de 2013,de <http://www.lindo.com/>
- Prawda. J.(2007). *Metodos y modelos de investigación de operaciones*. México. DF. LIMUSA
- Problema del Agente Viajero. Modelo matemático. Versión en pdf. Obtenido el 10 de agosto de 2013 de http://prof.usb.ve/bfejoo/dat/CO5423/200509_CO5423_Clase_17.pdf
- Thierauf Robert J., Grosse Richard A., (1991) *Toma de decisiones por medio de Investigación de Operaciones* México: Editorial LIMUSA
- Varela, J. E (1982) *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Bogotá, Colombia: FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO.

- Weiss, Gideon (2012) *Traveling Salesman Problem*. Web Page. Obtenido el 28 de octubre de 2013, de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://stat.haifa.ac.il/~gweiss/courses/DynProgLogistics/LINGO-TSP>
- Winston Wayne L, (2005) *Investigación de Operaciones Aplicaciones y algoritmos* [cuarta edición]. México: Thomson
- GasolinaMX (2019) GasolinaMx.com. Web Page. Obtenido el 25 de febrero de 2019, de <http://www.gasolinamx.com/estado/puebla>
- Nissan NP300 Especificaciones. Nissan NP 300 2017. Version en pdf. Obtenido el 25 de febrero de 2019 de https://m.nissan.com.mx/np300/specs/ft_np300.pdf

ANEXOS

ANEXO I

Recepción y almacenamiento de materia prima

La recepción de materia prima se realiza de 7 a.m. a 3 p.m. en el andén 1. Se reciben más de noventa productos en Planta 1 y se categorizan en recepción continua, recepción por temporada y recepción material de limpieza. Cada producto se coloca en el almacén y se consume según su demanda en la Planta 1.

- Recepción continúa:

Huevo	Leche en polvo	Bobinas de papel
Harina	Queso crema	Bolsas
Cajeta	Crema	Papel aluminio
Mantequilla	Manteca vegetal	Plástico payo
Margarina	Jerez	Capacillos
Mermeladas	Miel de maple	Etiquetas
Almendra	Vainilla	Cinta adhesiva
Limón	Agua	Papel estrella
Nuez	Agua de sabor	Moldes
Galleta	Sal	Brillo
Cocoa	Aceite	Guantes
Mango en almíbar	Azúcar refinada	Cofias
Chocolate	Grenetina	Cubre bocas
Relleno de	Polvo para hornear	Acetatos
frambuesa	Empaques	Platos desechables
Leche condensada	Papel de estraza	Conos
Leche evaporada	Velas	Listones

- Recepción por temporada:

Ajonjolí	Cereza
Esencia de azahar	Pimienta
Levadura	Bicarbonato
Naranja cristalizada	Ate
Piña cristalizada	Manteca de cerdo
Higo cristalizado	Piloncillo
Jengibre	Formula láctea
Clavo	Café soluble
Brandi	Muñecos para
Dátil	rosca
Pasas	Cajas de rosca
Nuez en mitades	Papel china
Nuez moscada	Papel celofán
Biznaga	

- Recepción material de limpieza:

Gel antibacterial	Líquido para vidrios
Cloro	Sanitizante
Detergente en polvo	Cubetas
Palo para escoba	Guantes
Cepillo para escoba	Desodorantes
Recogedor	Abrillantador de madera
Pastillas para baño	Bolsas para basura
Jergas	Espátulas
Trapos	Fibras
Trapeador	Limpiador de pisos
Repuesto para trapeador	Jabón líquido para manos
Toalla interdoblada	Ácido muriático
Lijas de agua	Papel Higiénico

ANEXO II

Formulación de pastas

Existen dos tipos de pastas producidas en Planta 1. En esta etapa se detalla primero la formulación de pastas de vainilla y después la formulación de pastas de chocolate.

2.1. A. Elaboración de mezcla pastas de vainilla

2.1.1. En primer lugar se prepara la mezcla de huevo con agua y esencia de vainilla, conforme a la receta de pastas de vainilla de la empresa.

2.1.2. En segundo lugar se prepara la mezcla de *creme cake* base y azúcar, en el área de pesado, conforme a la receta de pastas de vainilla. Se coloca la cantidad de mantequilla requerida en un plato (mantequilla Loma linda, mantequilla Gloria, mantequilla Puratos).

Ingredientes	Cantidades (gramos)
Creme cake base	10,000
Huevo	5,700
Mantequilla (Loma linda)	1,000
Mantequilla (Gloria)	1,000
Mantequilla (Puratos)	500
Azúcar	1,000
Agua	2,000
Esencia de vainilla	250
Peso Total	21,450

Tabla 1.-Ingredientes y cantidades para formulación de pastas de vainilla

2.2. Batido de mezcla pastas de vainilla

2.2.1. Se agrega la mantequilla al tazón de la batidora, después la mitad de mezcla de huevo con agua y esencia de vainilla, y por último la mezcla de *creme cake* base y azúcar.

2.2.2. Se sube el tazón y se enciende la batidora en velocidad 1 durante un minuto.

- 2.2.3. Se cambia la batidora a velocidad 2 por dos minutos.
- 2.2.4. Se para la batidora y se agrega la otra mitad de mezcla de huevo con agua y esencia de vainilla.
- 2.2.5. Se raspan las paredes del tazón y se revuelve la mezcla de huevo con agua y esencia de vainilla con espátula.
- 2.2.6. Se sube y se enciende la batidora en velocidad 1 durante un minuto.
- 2.2.7. Se cambia la batidora a velocidad 2 por dos minutos.
- 2.2.8. Se apaga y baja la batidora.
- 2.2.9. Se remueve la paleta y el tazón.
- 2.2.10. Se coloca el tazón en el área de pesado y se vierte la mezcla en dos cubetas para el posterior pesado de moldes y acomodo.

2.1. B. Elaboración de mezcla pastas de chocolate

- 2.1.1. Se separan las yemas de huevo y, por otro lado, la mezcla de claras y vainilla. Se preparan las mezclas conforme a la receta de pastas de chocolate de la empresa.
- 2.1.2. Se prepara la cantidad requerida de azúcar, la mezcla de harina, cocoa y royal, así como la cantidad requerida de mantequilla. Se preparan las mezclas en el área de pesado conforme a la receta de pastas de chocolate. (Ver tabla 2)

Ingredientes	Cantidades (gramos)
Harina de trigo	4,000
Huevo	5,850
Mantequilla (Loma linda)	1,000
Mantequilla (Gloria)	2,000
Mantequilla (Puratos)	1,000
Azúcar	4,000
Esencia de vainilla	250
Royal	120
Cocoa	500
Peso Total	18,720

Tabla 2 Ingredientes y cantidades para formulación de pastas de chocolate

2.2. Batido de mezcla pastas de chocolate

- 2.2.1. Se agrega la mantequilla y el azúcar al tazón de la batidora.
- 2.2.2. Se sube el tazón y se enciende la batidora en velocidad 3 durante 3 minutos.
- 2.2.3. Se baja a velocidad 2 la batidora y se agrega la yema de huevo en el tazón.
- 2.2.4. Se apaga la batidora y raspa el tazón para revolver la mezcla.
- 2.2.5. Se enciende la batidora en velocidad 2 por 4 minutos
- 2.2.6. Se sube a velocidad 3 la batidora

- 2.2.7. Se baja a velocidad 2 la batidora
- 2.2.8. Se baja a velocidad 1 la batidora y se agrega la mezcla de harina, cocoa y royal poco a poco.
- 2.2.9. Se agrega la mezcla de claras de huevo y esencia de vainilla al tazón y se deja batir la mezcla por 5 minutos
- 2.2.10. Se apaga la batidora y raspa el tazón para revolver la mezcla.
- 2.2.11. Se enciende la batidora en velocidad 1
- 2.2.12. Se sube a velocidad 2 la batidora por 2 minutos
- 2.2.13. Se baja el tazón y apaga la batidora.
- 2.2.14. Se remueve la paleta y el tazón.
- 2.2.15. Se coloca el tazón en el área de pesado y se vierte la mezcla en dos cubetas para el posterior pesado de moldes y acomodo.

ANEXO III

Pesado de moldes y acomodo

- 3.1. Se reciben los moldes engrasados para colocar la pasta.
- 3.2. Se toma un molde y lo coloca en la pesa.
- 3.3. Se vierte la pasta sobre el molde, hasta obtener el peso ideal con respecto al tamaño de pasta. Existe una tolerancia en el peso de ± 5 gramos para todos los tamaños de pasta. (Ver tabla 3 y 4)

Tamaño de pasta	Peso para vainilla (gramos)
Individual	80
Mini	400
Chica	600
Grande	1000
30 personas	1650
50 personas	2450
75 personas	4000
100 personas	4900
Rosca chica	600
Rosca grande	950
Panqué marmoleado	375
Panqué natural	750
Panqué de nuez	800

Tabla 3 Tamaño y peso para pasta de vainilla en gramos

Tamaño de pasta	Peso para chocolate (gramos)
Individual	104
Mini	480
Chica	700
Grande	1,130
30 personas	2,000
50 personas	2,900
75 personas	4,400
100 personas	5,500

Tabla 4 Tamaño y peso para pastas de chocolate en gramos

1.4. Se coloca el molde en el carro para su posterior horneado.⁶

ANEXO IV

Horneado

4.1. Se introduce el carro, lleno de moldes con pasta, en el horno y se cierra.

4.2. Se programa la temperatura y tiempo adecuados para la formulación de pastas de vainilla, ver tabla 5, y Chocolate, ver tabla 6.

Tamaño de pasta	Temperatura y tiempo H1	Temperatura y tiempo H2
Individual	35 minutos 165°	33 minutos 165°
Mini	60 minutos 165°	55 minutos 165°
Chica	60 minutos 165°	55 minutos 165°
Grande	65 minutos 165°	60 minutos 165°
30 personas	40 min. 155° + 1 hora 165°	40 min. 155° + 1 hora 165°
50 personas	40 min. 155° + 1 hora 165°	40 min. 155° + 1 hora 165°
75 personas	40 min. 155° + 80 min. 165°	40 min. 155° + 80 min. 165°
100 personas	40 min. 155° + 80 min. 165°	40 min. 155° + 80 min. 165°
Rosca chica	42 minutos	-
Rosca grande	45 minutos	-
Panqué marmoleado	45 minutos	40 minutos
Panqué natural	45 minutos	40 minutos
Panqué de nuez	45 minutos	40 minutos

Tabla 5 Especificación de tiempo de horneado para pastas de vainilla en ambos hornos

Tamaño de pasta	Temperatura y tiempo H1	Temperatura y tiempo H2
Individual	35 minutos 165°	33 minutos 165°
Mini	60 minutos 165°	55 minutos 165°
Chica	65 minutos 165°	60 minutos 165°
Grande	70 minutos 165°	65 minutos 165°
30 personas	40 min. 155° + 1 hora 165°	40 min. 155° + 1 hora 165°
50 personas	40 min. 155° + 1 hora 165°	40 min. 155° + 1 hora 165°
75 personas	40 min. 155° + 80 min. 165°	40 min. 155° + 80 min. 165°
100 personas	40 min. 155° + 80 min. 165°	40 min. 155° + 80 min. 165°

Tabla 6 Especificación de tiempo de horneado para pastas de chocolate en ambos hornos

4.3. Se saca el carro del horno y se lleva al área de descarga de moldes.⁷

⁶ En el pesado de moldes y acomodo, el procedimiento para los dos tipos de pasta es idéntico, solo se diferencia el tamaño y peso para pasta de vainilla y para pasta de chocolate en las tablas 3 y 4 señaladas anteriormente.

ANEXO V

Rellenos y crema pastelera

Relleno de almendra estándar

1. Se pesa el azúcar.
2. Se abren las cajas de leche (Nutrileche).
3. Se disuelve la leche con el azúcar en estufa.
4. Se agrega esencias de almendra y vainilla.
5. Se agrega yema de huevo a la leche y se calienta la mezcla, tomando la temperatura.
6. Se pesa la fécula de maíz y se le agrega a la mezcla de leche y huevo.
7. Se vacía el dulce en charolas y se deja enfriar.
8. Se vacía el dulce en las cubetas.
9. Se pesa cada cubeta y se rótula.
10. Se colocan las cubetas en refrigeración.

Relleno de almendra fino

1. Se pesa el azúcar.
2. Se abren las cajas de leche (Clavel y Nutrileche).
3. Se disuelve la leche con el azúcar en estufa.
4. Se agrega esencias de almendra y vainilla.
5. Se agrega yema de huevo a la leche y se calienta la mezcla, tomando la temperatura.
6. Se pesa la fécula de maíz y se agrega a la mezcla de leche y huevo.
7. Se vacía el dulce en charolas y se deja enfriar.
8. Se vacía el dulce en las cubetas.
9. Se pesa cada cubeta y se rótula.
10. Se colocan las cubetas en refrigeración.

Relleno de chocolate estándar

1. Se pesa el azúcar.
2. Se abren las cajas de leche (Nutrileche).
3. Se disuelve la leche con el azúcar en estufa.
4. Se agrega esencia de chocolate.
5. Se agrega yema de huevo a la leche y se calienta la mezcla, tomando la temperatura.
6. Se pesa la fécula de maíz y se agrega a la mezcla de leche y huevo.
7. Se vacía el dulce en charolas y se deja enfriar.
8. Se vacía el dulce en las cubetas.

⁷ En el horneado, el procedimiento para los dos tipos de pasta es idéntico, solo se diferencia la temperatura y el tiempo de horneado para pasta de vainilla y para pasta de chocolate en las tablas señaladas.

Chocolate fino⁸

1. Se prepara la leche condensada.
2. Se pesa la mantequilla y el chocolate.
3. Se calienta la leche.
4. Se agrega la mantequilla con la leche.
5. Se agrega poco a poco el chocolate cuando la mezcla este caliente.
6. Se vacía el chocolate fino en las cubetas.
7. Se lleva el chocolate fino a las líneas de producción que lo soliciten.

Nuez

1. Se pesa el azúcar.
2. Se cierne el chocolate y se abren las cajas de leche.
3. Se pesa la nuez y se vacía la leche en ollas.
4. Se agrega yema de huevo a la leche y se calienta la mezcla, tomando la temperatura.
5. Se pesa la fécula de maíz y se agrega a la mezcla de leche y huevo.
6. Se vacía el dulce en charolas y se deja enfriar.
7. Se vacía el dulce en las cubetas.
8. Se pesa cada cubeta y se rotula.
9. Se colocan las cubetas en refrigeración.

ANEXO VI

Quesos y betún

Quesos

1. Se sacan los quesos del refrigerador.
2. Se vacían los quesos en la batidora.
3. El queso se bate por aproximadamente 15 minutos.
4. Se sirve el queso en las cubetas.
5. Se lleva el queso a los rellenadores de cada línea que lo solicite.

Moka

1. Se calienta la mantequilla.
2. Se vacía la mantequilla caliente en la batidora.
3. Se enciende la batidora para batir la mantequilla.
4. Se cierne el azúcar.
5. Se vacía el azúcar en la batidora.
6. Se vacía la yema de huevo y café soluble en la batidora.
7. Se apaga la batidora y se vacía moka en las cubetas.
8. Se lleva la moka a los decoradores de las líneas que lo soliciten.

⁸ Es importante señalar que existe una serie de actividades que se realizan con anticipación a los pedidos de chocolate fino. Estas actividades son separar claras y yemas de huevo, moler la almendra tostada y lavar el cazo de chocolate fino.

ANEXO VII

Envinado

Las actividades preliminares en la línea de envinado comprenden limpiar la mesa y recoger cajas de leche de almacén.

1. Se corta el cartón para destapar la leche (Nutrileche)
2. Se vacía la leche en cubetas.
3. Se corta el cartón para destapar la leche (Loma linda).
4. Se vacía la leche en las cubetas.
5. Se abren los cartones de leche y se vacían en jarras (Carnation)
6. Se vacían las jarras en la cubeta.
7. Se llevan las cubetas hasta la línea que hizo el pedido.

ANEXO VIII

Fresas

Existen actividades preliminares en la línea Fresas, las cuales incluyen lavar mesa y lavar trastes y recipientes.⁹

1. Se sacan las fresas de la bolsa y se colocan sobre la mesa.
2. Se enjuagan las fresas y se aplica desinfectante, se dejan reposar por aproximadamente treinta minutos.
3. Se escurren las fresas y se enjuagan.
4. Se retira el tallo de las fresas.
5. Se colocan las fresas sin tallo en recipientes.
6. Se cortan las fresas con máquina.
7. Se colocan pedazos de fresa en recipientes para su posterior uso.

ANEXO IX

Relleno chantillí

1. Se preparan las tinas con los ingredientes a mezclar.
2. Se bate el contenido por 3 minutos.
3. Se vacía el batido en cubetas.
4. Se colocan las cubetas sobre la mesa.
5. Se toman las cubetas y se llevan a la línea de producción en la cual se usarán.

ANEXO X

Chocolate fino

Chocolate fino¹⁰

⁹ Es importante señalar que además de las actividades descritas, el operario debe de limpiar el residuo de barra de chocolate para su posterior uso.

¹⁰ Es importante señalar que en esta línea se producen pasteles de chocolate fino en presentación individual, mini, chica y grande.

1. Se corta la pasta a la mitad y se separa.
2. Se envina la parte inferior de la pasta y se coloca el chocolate.
3. Se coloca la parte de arriba de la pasta y se envina.
4. Se pasa la pasta al decorador(a) 1.
5. El decorador(a) 1 cubre la pasta con chocolate.
6. El decorador(a) 1 coloca la pasta en el carro con ventiladores para enfriar.
7. El decorador(a) 2 toma la pasta y la cubre con viruta de chocolate oscuro y blanco.
8. El decorador(a) 2 empaca el pastel terminado y lo etiqueta.
9. El decorador(a) 2 coloca el pastel empaquetado en el carro de producto terminado.

Roscas¹¹

1. Se recoge la pasta.
2. Se envina la pasta.
3. Se aplica chocolate caliente como decoración.
4. Se empacan las roscas y se colocan en el carro de producto terminado.

ANEXO XI

Queso sabores

Queso fresa

La línea arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, preparar punta, pedir y recibir queso y pedir y recoger chantillí y mermelada. Se debe hacer el pedido de envinado a la línea correspondiente y recibirlo cuando se agote.

1. Se corta la pasta por la mitad y la separa.
2. Se envinan ambas partes de la pasta y a la parte inferior se aplica queso.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se aplica mermelada en el centro, se pasa la pasta al decorado.
4. En el decorado se cubre el pastel con chantillí y se realiza la decoración final.
5. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

Queso con chabacano

La línea arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, preparar punta, pedir y recibir queso y pedir y recoger chantillí y mermelada. Se debe hacer el pedido de envinado a la línea correspondiente y recibirlo cuando se agote.

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envinan ambas partes de la pasta y a la parte inferior se le aplica queso.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se aplica mermelada en el centro, se pasa la pasta al decorado.
4. Se cubre el pastel con chantillí y se realiza la decoración final.
5. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

Queso con chocolate¹²

¹¹ Es importante señalar que en esta línea se producen roscas en presentación mini, chica y grande.

La línea arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, preparar punta, pedir y recibir queso, pedir y recoger chantillí y calentar el chocolate. Se debe hacer el pedido de envinado a la línea correspondiente y recibirlo cuando se agote.

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envinan ambas partes de la pasta y a la parte inferior se aplica queso.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se aplica chocolate en el centro, se pasa la pasta al decorado.
4. Se cubre el pastel con chantillí y se realiza la decoración final.
5. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

ANEXO XII

Queso zarzamora chico

La línea de Queso zarzamora chico arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, preparar punta, pedir queso y recibirlo, pedir chantillí y mermelada y recogerlos. A continuación se documenta la secuencia de actividades para este producto:

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envinan ambas partes de la pasta.
3. Se aplica queso a la parte inferior de la pasta.
4. Se coloca la parte superior de la pasta y se aplica mermelada en el centro, se pasa la pasta al decorado.
5. Se cubre la pasta con chantillí y se realiza la decoración final.
6. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.¹³

ANEXO XIII

Frutas

Durazno

La línea de Durazno arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, abrir latas de durazno, cortar duraznos, cortar cerezas, hacer el pedido de envinado y recibirlo y hacer el pedido de dulce y recogerlo.

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envina la parte inferior de la pasta y se coloca dulce y duraznos en trozos.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se envina, se pasa la pasta al decorador(a) 1.
4. El decorador(a) 1 cubre la pasta con chantillí y pasa la pasta al decorador(a) 2.
5. El decorador(a) 2 decora la pasta con paleteo y coloca un durazno en abanico y tres mitades de cereza como decoración final.
6. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

Fresa¹⁴

¹² Es importante señalar que en esta línea se producen pasteles queso fresa en presentación individual, mini, chica y grande. Se producen pasteles queso chocolate y queso chabacano en presentación mini, chica y grande.

¹³ Es importante señalar que además de las actividades descritas, en esta línea se producen la mitad del pedido de pasteles Queso con zarzamora en presentación individual.

La línea de Fresa arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, pedir fresa en trozo para decorar, pedir envinado y pedir chantillí para relleno.

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envina la parte de abajo, se aplica chantillí y fresa en trozos.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se envina, se pasa la pasta al decorador(a) 1.
4. El decorador(a) 1 cubre la pasta de chantillí y pasa a decorador(a) 2.
5. El decorador(a) 2 decora con paleteo y coloca dos fresas en flor y brillo como decoración final.
6. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

ANEXO XIV

Chocolate estándar

Chocolate con vainilla

La línea de Chocolate con vainilla arranca con las actividades de pedir y recoger el chantillí, dulce y granillo, pedir y recibir el envinado, preparar punta y lavar trastes y mesas.

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envina la parte inferior y se aplica dulce.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se envina, se pasa al decorado.
4. Se cubre la pasta con chantillí y se coloca el granillo en la parte de arriba.
5. Se realiza la decoración final.
6. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

Queso con vainilla¹⁵

La línea de Queso con vainilla arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar mesa, preparar punta, pedir y recibir queso y envinado, pedir y recoger chantillí.

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envinan ambas partes y se aplica queso en la parte inferior de la pasta.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se aplica chocolate en el centro, se pasa la pasta al decorado.
4. Se cubre el pastel con chantillí y se realiza decoración final.
5. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

ANEXO XV

Mil hojas

La línea arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, pedir chocolate, pedir chantillí y mermelada y recogerlos. A continuación se documenta la secuencia de actividades para ambos productos:

Mil hojas

1. Se toma la base de carro y la coloca en mesa.
2. Se aplica chantillí a la base.

¹⁴ Es importante señalar que en esta línea se producen pasteles de durazno y fresa en presentación mini, chica y grande.

¹⁵ Es importante señalar que en esta línea se producen pasteles de queso vainilla y chocolate con vainilla en presentación individual, mini, chica y grande.

3. Se toma la pasta de hojaldre, se corta y se coloca sobre la base.
4. Se aplica chantillí a la pasta de hojaldre recién colocada.
5. Se toma una segunda pasta de hojaldre, se corta y se coloca sobre la base.
6. Se aplica chantillí a la pasta de hojaldre recién colocada.
7. Se cubre la pasta en los lados con chantillí.
8. Se decora con chocolate la parte superior del pastel.
9. Se realiza la decoración final.
10. Se toma el domo y se coloca sobre la base.
11. Se colocan etiquetas en el empaque y se coloca el pastel en el carro de producto terminado.

Mil hojas de fresa

1. Se toma la base del carro y se coloca en la mesa.
2. Se aplica chantillí y fresa a base.
3. Se toma la pasta de hojaldre, se corta y se coloca sobre la base.
4. Se aplica la crema chantillí y la fresa a la pasta de hojaldre recién colocada.
5. Se toma una segunda pasta de hojaldre, se corta y se coloca sobre la base.
6. Se aplica chantillí y fresa a la pasta de hojaldre recién colocada.
7. Se cubre la pasta en los lados con chantillí.
8. Se decora con chocolate y fresa la parte superior del pastel.
9. Se realiza la decoración final.
10. Se toma el domo y se coloca sobre la base.
11. Se colocan etiquetas en el empaque y se coloca el pastel en el carro de producto terminado.

Gelatinas de vainilla

Las gelatinas de vainilla se realizan en la línea de subproductos y posteriormente el operario (a) las recoge para trasladarlas a la línea de producción.

1. Se desmoldan las gelatinas.
2. Se colocan trozos de cereza y almendra.
3. Se realiza el decorado final.
4. Se empaca la gelatina y se coloca en el carro de producto terminado.

Anexo XVI

Moka y amaretto

Amaretto

La línea de Amaretto arranca con las actividades de lavar trases, limpiar la mesa, pedir el envinado y recibirlo y preparar la almendra y palanqueta para su uso.

1. Se recoge la mezcla de chantillí de la línea correspondiente.
2. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
3. Se envina la parte inferior de la pasta y se aplica chantillí y almendra tostada en polvo.
4. Se coloca la parte superior de la pasta y se envina.
5. Se pasa la pasta al decorado.
6. El decorador(a) 1 cubre la pasta con chantillí.
7. El decorador(a) 1 decora la pasta con paletazo y pasa la pasta al decorador(a) 2.
8. El decorador(a) 2 aplica almendra al centro y palanqueta a los lados de la pasta.

9. Se empaican los pasteles y se colocan en el carro de producto terminado.

Moka¹⁶

La línea sabor Moka arranca con las actividades de lavar trastes, recibir la moka, recibir el envinado y preparar la barra de chocolate para su uso. Es importante señalar que al agotarse el envinado, se debe realizar el pedido y recibirlo.

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envina la parte inferior de la pasta y se aplica moka.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se envina y se pasa al decorado.
4. El decorador(a) 1 cubre la pasta de moka y hace decorado final con peine, pasa la pasta al decorador(a) 2.
5. El decorador(a) 2 raya la barra de chocolate y coloca virutas sobre el pastel.
6. Se empaica el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

ANEXO XVII

Queso Zarzamora grande

La línea de Queso zarzamora chico arranca con las actividades de lavar trastes, limpiar la mesa, preparar punta, pedir queso y recibirlo, pedir chantillí y mermelada y recogerlos. A continuación se documenta la secuencia de actividades para este producto:

1. Se corta la pasta por la mitad y la separa.
2. Se envina ambas partes de la pasta.
3. Se aplica queso a la parte inferior de la pasta.
4. Se coloca la parte superior de la pasta y aplica mermelada en el centro, pasa la pasta al decorador(a).
5. El decorador(a) cubre la pasta con chantillí y realiza decoración final.
6. El decorador(a) empaica el pastel y lo coloca en el carro de producto terminado.

ANEXO XVIII

Cajeta¹⁷

Almendra

La línea de Almendra arranca con las actividades de lavar trastes, lavar mesa, pedir y recoger dulce, chantillí, pedir y recibir envinado y llenar bote de almendra.

1. Se corta la pasta a la mitad y se separa.
2. Se envina la parte inferior y se aplica dulce.
3. Se coloca la parte superior y se envina, se pasa la pasta al decorado.
4. Se cubre el pastel con chantillí, se aplica polvo de almendra en la parte de arriba y se realiza la decoración final.

¹⁶ En esta línea se producen pasteles de moka en presentación individual, mini, chica y grande. Por otro lado se producen pasteles sabor amaretto en presentación mini, chica y grande.

¹⁷ Es importante señalar que en esta línea se producen los pasteles de almendra en presentación individual, mini, chica y grande. Por otro lado se producen los pasteles de nuez y cajeta en presentaciones mini, chica y grande.

5. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

Nuez

La línea de Nuez arranca con las actividades de lava trastes, limpiar mesa, pedir y recoger nuez, dulce y chantillí y pedir y recibir envinado.

1. Se corta la pasta a la mitad y se separa.
2. Se envina la parte inferior y se aplica dulce.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se envina.
4. Se coloca el mole para la nuez, la nuez y se pasa la pasta al decorado.
5. Se cubre el pastel con chantillí y se realiza la decoración final.
6. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

Cajeta

La línea de Cajeta arranca con las actividades de lavar trastes, lavar mesa, pedir y recoger cajeta, chocolatería, cremoso y almendra, y pedir y recibir envinado.

1. Se corta la pasta por la mitad y se separa.
2. Se envinan las dos partes de la pasta y en la parte inferior se aplican líneas de cremoso y cajeta.
3. Se coloca la parte superior de la pasta y se pasa al decorador(a) 1.
4. El decorador(a) 1 cubre el pastel con cremoso y aplica un espejo de cajeta en la parte superior y un embarrado de cajeta a los lados.
5. El decorador(a) 1 pasa la pasta al decorador(a) 2.
6. El decorador(a) 2 aplica una cobertura de almendra a la pasta.
7. El decorador(a) 2 coloca tres placas de chocolate y tres cerezas como decoración final.
8. Se empaca el pastel y se coloca en el carro de producto terminado.

ANEXO XIX

Mousse¹⁸

Las actividades preliminares de la línea incluyen limpiar la mesa y trastes y recoger los moldes con galleta, el cinturón y la grenetina. A continuación se documenta cada proceso para cada sabor:

Zarzamora

1. Se corta el queso y se pesa.
2. Se recoge la mermelada y se pesa.
3. Se recoge la chantillí y se pesa.
4. Se recoge el envinado.
5. Se prepara el molde con galleta y mantequilla como base.
6. Se coloca el cinturón alrededor del molde.
7. Se agrega grenetina a la mermelada y se bate.
8. Se vierte la mermelada con grenetina al molde y se pesa.

¹⁸ En esta línea se producen mousses de mango, chocolate, cajeta y zarzamora en presentación individual, chica y grande.

9. Se refrigera el molde.
10. Se bate el queso con pulpa y colorante.
11. Se retiran los moldes de refrigeración y se agrega mezcla de queso con pulpa y se pesa.
12. Se refrigera el mousse por un día.
13. Se retiran los moldes de refrigeración y se colocan placas de chocolate para decoración.
14. Se empacan los mousses y se etiquetan.
15. Se colocan los mousses en el carro de producto terminado.

Cajeta

1. Se corta el queso y se pesa.
2. Se recoge la cajeta y se pesa.
3. Se recoge el envinado.
4. Se corta la pasta y se coloca en el molde.
5. Se envina la pasta en molde.
6. Se agrega grenetina a la cajeta y se bate.
7. Se vierte la cajeta con grenetina al molde y se pesa.
8. Se refrigera el molde.
9. Se bate el queso con cajeta y colorante.
10. Se retiran moldes de refrigeración, se agrega mezcla de queso con cajeta y se pesa.
11. Se refrigera el mousse por un día.
12. Se retiran los moldes de refrigeración y se colocan placas de chocolate para decoración.
13. Se empacan los mousses y se etiquetan.
14. Se colocan los mousses en el carro de producto terminado.

Mango

1. Se recogen las latas de mango en almíbar.
2. Se retiran etiquetas de las latas.
3. Se destapan las latas de mango en almíbar.
4. Se vierte las latas en el colador, separando el almíbar del mango.
5. Se vierte el mango en un recipiente para licuar.
6. Se licua el mango.
7. Se cuela el mango licuado para obtener pulpa.
8. Se pesa el almíbar en otro recipiente para preparar espejo.
9. Se agrega grenetina al almíbar y se bate.
10. Se prepara el molde con galleta y mantequilla como base.
11. Se agrega la mezcla de grenetina y almíbar a la pulpa.
12. Se vierte la pulpa con grenetina al molde y se pesa.
13. Se refrigera el molde.
14. Se bate el queso con pulpa y colorante.
15. Se retiran los moldes de refrigeración y se agrega mezcla de queso con pulpa y se pesa.
16. Se refrigera el mousse por un día.
17. Se retira moldes de refrigeración y se colocan placas de chocolate para decoración.
18. Se empacan los mousses y se etiquetan.

19. Se colocan los mousses en el carro de producto terminado.

Chocolate

1. Se corta la pasta y se coloca una mitad en un plato con molde.
2. Se envina la pasta en molde.
3. Se pesa el chocolate blanco y el chocolate oscuro para el tanto de mousses.
4. Se calienta el chocolate blanco y el chocolate oscuro por separado hasta que tenga textura suave.
5. Se calienta la crema.
6. Se pesa el Amaretto y el Jerez.
7. Se agrega crema caliente al chocolate blanco y chocolate oscuro por separado.
8. Se agrega Amaretto al chocolate blanco y Jerez al chocolate oscuro.
9. Se bate la crema.
10. Se agrega crema batida al chocolate blanco y chocolate oscuro por separado.
11. Se agrega chocolate blanco y chocolate oscuro a molde con pasta y se pesa.
12. Se decora la mezcla con marmoleado con pala.
13. Se coloca pasta arriba de molde y se envina de nuevo.
14. Se agrega chocolate blanco y chocolate oscuro al molde con pasta y se pesa de nuevo.
15. Se decora la mezcla con marmoleado con pala.
16. Se refrigera el mousse por un día.
17. Se desmolda el mousse con soplete.
18. Se coloca papel encerado con decorado alrededor del mousse, después de un minuto se retira para decorar.
19. Se realiza decoración final con pétalos de chocolate oscuro y chocolate blanco.
20. Se empaca y etiqueta el mousse.
21. Se coloca mousse en el carro de producto terminado.

ANEXO XX

Pies, brownies, galletas y decoración

La línea arranca con las actividades de limpiar mesa y trastes.

Pie de limón

1. Se calienta agua con azúcar por aproximadamente treinta minutos en la línea de subproductos.
2. Se bate la clara de huevo por aproximadamente treinta minutos.
3. Se cortan limones y se exprime el jugo.
4. Se recoge agua con azúcar.
5. Se apaga la batidora y se agrega agua con azúcar.
6. Se agrega limón a la batidora y se enciende la batidora.
7. Se apaga la batidora cuando la mezcla tiene buena consistencia.
8. Se retira el tazón de la batidora.
9. Se vierte la mezcla en duya.

10. Se sacan los pies del refrigerador.
11. Se aplica merengue sobre los pies y se decoran.
12. Se quema la superficie del pie con soplete para decorado final.
13. Se empaca el pie y lo se etiqueta.
14. Se coloca el pie en el carro de producto terminado

Pie de nuez

1. Se recoge pie del refrigerador y se coloca sobre la mesa.
2. Se aplica la crema chantillí alrededor del pie.
3. Se realiza la decoración final.
4. Se empaca, se etiqueta y se coloca el pie en el carro de producto terminado.

Pie de queso

1. Se recoge el pie del refrigerador y lo coloca sobre la mesa.
2. Se aplica chantillí alrededor del pie.
3. Se realiza decoración final.
4. Se empaca, se etiqueta y se coloca el pie en el carro de producto terminado.

Pie de zarzamora

1. Se recoge el pie del refrigerador y se coloca sobre la mesa.
2. Se aplica mermelada sobre el pie.
3. Se aplica chantillí alrededor del pie.
4. Se realiza decoración final.
5. Se empaca, etiqueta y coloca el pie en el carro de producto terminado.

Panque cajeta

1. Se recoge pasta del área de materia prima y se coloca sobre la mesa.
2. Se aplica glasel de cajeta sobre la pasta.
3. Se decora con rayas de cajeta.
4. Se realiza la decoración final.
5. Se empaca, etiqueta y coloca el panque en el carro de producto terminado.

Panque natural

1. Se recoge pasta del área de materia prima y se coloca sobre la mesa.
2. Se aplica glasel de cajeta sobre la pasta.
3. Se decora con rayas de glasel.
4. Se realiza la decoración final.
5. Se empaca, etiqueta y coloca el panque en el carro de producto terminado.

Panque de nuez

1. Se recoge pasta del área de materia prima y se coloca sobre la mesa.
2. Se aplica glasel de cajeta sobre y alrededor de la pasta.
3. Se coloca nuez sobre la pasta.
4. Se realiza la decoración final.
5. Se empaca, etiqueta y coloca el panque en el carro de producto terminado.

Panque marmoleado

1. Se recoge pasta de área de materia prima y se coloca sobre la mesa.
2. Se aplica rayas de chocolate sobre la pasta.
3. Se aplica glases sobre la pasta.
4. Se realiza la decoración final.
5. Se empaca, etiqueta y coloca el panque en el carro de producto terminado.

Gelatinas

1. Se sacan los sobres de gelatina.
2. Se vacía el contenido de los sobres en la cubeta.
3. Se pesa el azúcar y se abren las cajas de leche.
4. Se calienta la leche.
5. Se agrega la gelatina y el azúcar y se mezcla hasta que no haya grumos.
6. Se vacía la mezcla en los moldes y se lleva a refrigeración.

Posterior a la refrigeración se llevan a cabo las actividades siguientes:

7. Se desmolda la gelatina al plato de plástico.
8. Se coloca la almendra sobre la gelatina.
9. Se coloca las cerezas sobre la gelatina.
10. Se empaca la gelatina y se coloca en el carro de producto terminado.

Natilla

1. Se abren y vacían las cajas de leche en una olla.
2. Se calienta la leche.
3. Se pesa el azúcar y la fécula de maíz y se agrega en la olla.
4. Se agrega esencia de almendra.
5. Se agita la mezcla hasta que espese.
6. Se retira la mezcla del fuego y se sirve en moldes.
7. Se enfría la mezcla y se pasan a producto terminado ya etiquetadas.

Brownies

1. Se saca pasta de brownies de refrigerador.
2. Se calienta chocolate con agua.
3. Se coloca chocolate en duya.
4. Se aplica el chocolate sobre la pasta.
5. Se coloca nuez sobre la pasta como decorado final.
6. Se corta la pasta y se colocan los brownies en capacillos.
7. Se empacan y etiquetan los brownies y se colocan en carro de producto terminado.

Galletas

1. Se recoge pasta de galletas.
2. Se coloca galletas sobre charola.
3. Se calienta chocolate con agua.
4. Se coloca chocolate en duya.
5. Se aplica líneas de chocolate sobre galletas.
6. Se deja enfriar el chocolate.

7. Se despega galletas de charola con espátula.
8. Se empaca galletas y etiqueta.
9. Se coloca galletas en carro de producto terminado.

ANEXO XXI

Modelo de programación el LINGO para Problema del Agente Viajero

El modelo fue elaborado por el Prof. Gideon Weiss del Departamento de Estadística de la Universidad de Haifa en Israel. Los comentarios se muestran en color verde explicando cada una de las restricciones y como calculan la problemática en base al modelo matemático de Winston, al que ya se hizo referencia en el Marco Teórico de este mismo documento. El modelo se muestra en color azul (comandos de inicio, fin y subrutinas) y en color negro (distancias y restricciones).

!

En el Problema del Agente Viajero (TSP, por sus siglas en inglés) se tiene una red de ciudades conectadas por caminos. Se necesita encontrar la ruta que visite cada una de las ciudades exactamente una vez, minimizando la distancia total recorrida. Largos modelos TSP son difíciles de resolver usando optimización y son mejor afrontados usando alguna heurística.

El problema reside en que las soluciones a largos modelos tienden a contener subtours. Un subtour es una ruta de ciudades desconectadas de la ruta principal.

Se pueden agregar restricciones para eliminar los subtours, pero el número de restricciones requeridas crece dramáticamente conforme se incrementa el número de ciudades.

;

MODEL:

! Problema del Agente Viajero par las ciudades de
Atlanta, Chicago, Cincinnati, Houston, LA ;

SETS:

CITY / 1.. 5/: U; ! U(I) = secuencia no. de ciudad;

LINK(CITY, CITY):

DIST, ! Matriz de distancia;

X; ! X(I, J) = 1 si se usa la variable I, J;

ENDSETS

DATA: !Matriz de distancia, no necesita ser simétrica;

DIST = 0 702 454 842 2396

702 0 324 1093 2136

454 324 0 1137 2180

842 1093 1137 0 1616

2396 2136 2180 1616 0 ;

ENDDATA

!El modelo:Ref. Desrochers & Laporte, OR Letters,

Feb. 91;

$N = @SIZE(CITY);$

$MIN = @SUM(LINK: DIST * X);$

$@FOR(CITY(K):$

! Señala que debe entrar a cada ciudad;

$@SUM(CITY(I) | I \#NE\# K: X(I, K)) = 1;$

! Señala que debe salir de cada ciudad;

$@SUM(CITY(J) | J \#NE\# K: X(K, J)) = 1;$

! Forma débil de restricción que elimina subtours;

! No son muy útiles para problemas grandes;

$@FOR(CITY(J) | J \#GT\# 1 \#AND\# J \#NE\# K:$

$U(J) \geq U(K) + X(K, J) -$

$(N - 2) * (1 - X(K, J)) +$

$(N - 3) * X(J, K)$

);

);

! Convierte variables binarias X's 0/1;

$@FOR(LINK: @BIN(X));$

! Para el primer y último punto de la ruta que conocemos...;

$@FOR(CITY(K) | K \#GT\# 1:$

$U(K) \leq N - 1 - (N - 2) * X(1, K);$

$U(K) \geq 1 + (N - 2) * X(K, 1)$

);

END

Anexo XXII

Solución en LINGO a ruta Z-6, 7, 100 (1 indica que se elige ese nodo, hasta completar la ruta).

Lingo 14.0 - [Solution Report - modelo]

File Edit LINGO Window Help

Global optimal solution found.

Objective value:	12.00000
Objective bound:	12.00000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	37
Elapsed runtime seconds:	0.30

Model Class: MILP

Total variables:	20
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	16

Total constraints:	24
Nonlinear constraints:	0

Total nonzeros:	77
Nonlinear nonzeros:	0

Variable	Value	Reduced Cost
N	4.000000	0.000000
U(1)	1.234568	0.000000
U(2)	3.000000	0.000000
U(3)	2.000000	0.000000
U(4)	1.000000	0.000000
DISTANCIA(1, 1)	0.000000	0.000000
DISTANCIA(1, 2)	3.000000	0.000000
DISTANCIA(1, 3)	3.500000	0.000000
DISTANCIA(1, 4)	4.700000	0.000000
DISTANCIA(2, 1)	1.800000	0.000000
DISTANCIA(2, 2)	0.000000	0.000000
DISTANCIA(2, 3)	3.300000	0.000000
DISTANCIA(2, 4)	4.800000	0.000000
DISTANCIA(3, 1)	3.800000	0.000000
DISTANCIA(3, 2)	3.300000	0.000000
DISTANCIA(3, 3)	0.000000	0.000000
DISTANCIA(3, 4)	2.100000	0.000000
DISTANCIA(4, 1)	5.700000	0.000000
DISTANCIA(4, 2)	5.200000	0.000000
DISTANCIA(4, 3)	2.200000	0.000000
DISTANCIA(4, 4)	0.000000	0.000000
X(1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 2)	0.000000	3.000000
X(1, 3)	0.000000	3.500000
X(1, 4)	1.000000	4.700000
X(2, 1)	1.000000	1.800000
X(2, 2)	0.000000	0.000000
X(2, 3)	0.000000	3.300000
X(2, 4)	0.000000	4.800000
X(3, 1)	0.000000	3.800000
X(3, 2)	1.000000	3.300000
X(3, 3)	0.000000	0.000000
X(3, 4)	0.000000	2.100000
X(4, 1)	0.000000	5.700000
X(4, 2)	0.000000	5.200000
X(4, 3)	1.000000	2.200000
X(4, 4)	0.000000	0.000000

Anexo XXIII

Calculo de rutas óptimas en investigación de campo

- Ruta: Z-6. 7, 100

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-100	2924 Manuel Espinosa Yglesias o Av. 31 Poniente, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México
Z-7	Av Manuel Espinoza Iglesias 622 Ladrillera de Benítez, 72530 Puebla, PUE, México
Z-6	Río Balsas 5103, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	10:45:00 a.m.	11:01:00 a.m.	0:16:00
Entrega Z-100	11:01:00 a.m.	11:10:00 a.m.	0:09:00
Tiempo a PV	11:10:00 a.m.	11:35:00 a.m.	0:25:00
Entrega Z-7	11:35:00 a.m.	11:40:00 a.m.	0:05:00
Tiempo a PV	11:40:00 a.m.	11:49:00 a.m.	0:09:00
Entrega Z-6	11:49:00 a.m.	12:05:00 p.m.	0:16:00
Tiempo a P	12:05:00 p.m.	12:23:00 p.m.	0:18:00
Total			1:38:00

Matriz de distancias

	P	Z-100	Z-7	Z-6
P	0.0	3.0	3.5	4.7
Z-100	1.8	0.0	3.3	4.8
Z-7	3.8	3.3	0.0	2.1
Z-6	5.7	5.2	2.2	0.0

Ruta Óptima

P	Z-6	Z-7	Z-100	P	Total	Ahorro
kms	4.7	2.2	3.3	1.8	12.0	2.1

- Ruta Z-82, 41, 17

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, Puebla
Z-17	Calzada Zavaleta esq. 51 Sur S/N Zavaleta, 72170 Heroica Puebla de Zaragoza, Pue, México
Z-41	La Hacienda de San Jorge Real a Cholula Zona Sin Asignación de Nombre de Colonia 13, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México
Z-82	mantenimiento preventivo y correctivo diesel "Servicio Salgado" Calzada Guadalupe 827 cerca de Santa Martha, Cholula de Rivadavia (San Pedro Cholula), PUE, México

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	01:00:00 p.m.	01:15:00 p.m.	0:15:00
Entrega Z-17	01:15:00 p.m.	01:23:00 p.m.	0:08:00
Tiempo a PV	01:23:00 p.m.	01:34:00 p.m.	0:11:00
Entrega Z-41	01:34:00 p.m.	01:53:00 p.m.	0:19:00
Tiempo a PV	01:53:00 p.m.	02:08:00 p.m.	0:15:00
Entrega Z-82	02:08:00 p.m.	02:26:00 p.m.	0:18:00
Tiempo a P	02:26:00 p.m.	02:40:00 p.m.	0:14:00
Total			1:40:00

Matriz de distancias

	P	Z-17	Z-41	Z-82
P	0.0	6.4	7.5	12.7
Z-17	5.6	0.0	3.0	12.8
Z-41	8.3	2.6	0.0	8.9
Z-82	12.5	9.7	9.1	0.0

Ruta Óptima

P	Z-82	Z-41	Z-17	P	Total	Ahorro
kms	12.7	9.1	2.6	5.6	30.0	0.8

- Ruta Z-84, 75

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-75	Independencia Poniente 1608 Aquiles Serdán, 75750 Tehuacán, PUE, México
Z-84	Link Colectivo Avenida 5 Poniente 109 Centro, 75700 Tehuacán, Puebla, Mexico

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	10:42:00 a.m.	12:50:00 p.m.	2:08:00
Entrega Z-75	12:50:00 p.m.	01:05:00 p.m.	0:15:00
Tiempo a PV	01:05:00 p.m.	01:19:00 p.m.	0:14:00
Entrega Z-84	01:19:00 p.m.	01:29:00 p.m.	0:10:00
Tiempo a P	01:29:00 p.m.	03:35:00 p.m.	2:06:00
		Total	4:53:00

Matriz de distancias

	P	Z-75	Z-84
P	0.0	134.0	136.0
Z-75	133.0	0.0	3.7
Z-84	136.0	2.8	0.0

Ruta Óptima

P	Z-84	Z-75	P	Total	Ahorro
kms	136.0	2.8	133.0	271.8	2.2

- Ruta Z-21, 13, 1

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-1	7 Sur 3506, 72420 Puebla, México
Z-21	Gasolinera 5 De Mayo, Heroes del 5 de Mayo, Huexotitla, Puebla, México
Z-13	av principal 18a, mayorazgo, puebla

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	12:40:00 p.m.	12:53:00 p.m.	0:13:00
Entrega Z-1	12:53:00 p.m.	01:01:00 p.m.	0:08:00
Tiempo a PV	01:01:00 p.m.	01:07:00 p.m.	0:06:00
Entrega Z-21	01:07:00 p.m.	01:15:00 p.m.	0:08:00
Tiempo a PV	01:15:00 p.m.	01:22:00 p.m.	0:07:00
Entrega Z-13	01:22:00 p.m.	01:29:00 p.m.	0:07:00
Tiempo a P	01:29:00 p.m.	01:45:00 p.m.	0:16:00
		Total	1:05:00

Matriz de distancias

	P	Z-1	Z-21	Z-13
P	0.0	2.3	3.5	3.6
Z-1	3.2	0.0	1.5	2.5
Z-21	4.0	2.4	0.0	2.4
Z-13	6.1	3.1	3.5	0.0

Ruta Óptima

P	Z-21	Z-13	Z-1	P	Total	Ahorro
kms	3.5	2.4	3.1	3.2	12.2	1.9

- Ruta Z-21, 13, 1

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-1	7 Sur 3506, 72420 Puebla, México
Z-21	Gasolinera 5 De Mayo, Heroes del 5 de Mayo, Huexotitla, Puebla, México
Z-13	av principal 18a, mayorazgo, puebla

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	12:40:00 p.m.	12:53:00 p.m.	0:13:00
Entrega Z-1	12:53:00 p.m.	01:01:00 p.m.	0:08:00
Tiempo a PV	01:01:00 p.m.	01:07:00 p.m.	0:06:00
Entrega Z-21	01:07:00 p.m.	01:15:00 p.m.	0:08:00
Tiempo a PV	01:15:00 p.m.	01:22:00 p.m.	0:07:00
Entrega Z-13	01:22:00 p.m.	01:29:00 p.m.	0:07:00
Tiempo a P	01:29:00 p.m.	01:45:00 p.m.	0:16:00
		Total	1:05:00

Matriz de distancias

	P	Z-1	Z-21	Z-13
P	0.0	2.3	3.5	3.6
Z-1	3.2	0.0	1.5	2.5
Z-21	4.0	2.4	0.0	2.4
Z-13	6.1	3.1	3.5	0.0

Ruta Óptima

P	Z-21	Z-13	Z-1	P	Total	Ahorro
kms	3.5	2.4	3.1	3.2	12.2	1.9

- Ruta Z-9, 63, 2

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-2	27 Sur 711 72160 Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México
Z-9	19 Sur 4514, 72430 Puebla, México
Z-63	Vía Atlixcayotl 4008 Local 108, Santa Maria Tonantzintla

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	01:55:00 p.m.	02:02:00 p.m.	0:07:00
Entrega Z-21	02:02:00 p.m.	02:08:00 p.m.	0:06:00
Tiempo a PV	02:08:00 p.m.	02:19:00 p.m.	0:11:00
Entrega Z-9	02:19:00 p.m.	02:29:00 p.m.	0:10:00
Tiempo a PV	02:29:00 p.m.	02:40:00 p.m.	0:11:00
Entrega Z-63	02:40:00 p.m.	03:00:00 p.m.	0:20:00
Tiempo a P	03:00:00 p.m.	03:15:00 p.m.	0:15:00
Total			1:20:00

Matriz de distancias

	P	Z-2	Z-9	Z-63
P	0.0	1.6	2.1	7.0
Z-2	1.2	0.0	2.6	6.4
Z-9	2.8	4.5	0.0	5.5
Z-63	9.1	9.6	9.0	0.0

Ruta Óptima

P	Z-9	Z-63	Z-2	P	Total	Ahorro
kms	2.1	5.5	9.6	1.2	18.4	0.4

- Ruta Z-101, 20, 78

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-78	santander serfin, 11 Sur, San José Los Pinos, Puebla, México
Z-20	Azaleas 914, San Ramón 1ra 2da 3ra Sección, 72490 Puebla, PUE,
Z-101	18.981491,-98.273649

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	02:26:00 p.m.	02:52:00 p.m.	0:26:00
Entrega Z-78	02:52:00 p.m.	03:00:00 p.m.	0:08:00
Tiempo a PV	03:00:00 p.m.	03:16:00 p.m.	0:16:00
Entrega Z-20	03:16:00 p.m.	03:21:00 p.m.	0:05:00
Tiempo a PV	03:21:00 p.m.	03:31:00 p.m.	0:10:00
Entrega Z-101	03:31:00 p.m.	03:36:00 p.m.	0:05:00
Tiempo a P	03:36:00 p.m.	04:29:00 p.m.	0:53:00
Total			2:03:00

Matriz de distancias

	P	Z-78	Z-20	Z-101
P	0.0	6.7	9.9	11.8
Z-78	7.8	0.0	4.5	6.4
Z-20	12.1	3.2	0.0	2.7
Z-101	14.1	5.2	2.1	0.0

Ruta Óptima

P	Z-101	Z-20	Z-78	P	Total	Ahorro
kms	11.8	2.1	3.2	7.8	24.9	5.1

- Ruta Z-104, 99

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-99	Hidalgo Poniente 206 Centro, 90501 Huamantla, TLAX, México
Z-104	19.117861,-98.171626

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	11:05:00 a.m.	11:43:00 a.m.	0:38:00
Entrega Z-104	11:43:00 a.m.	12:00:00 p.m.	0:17:00
Tiempo a PV	12:00:00 p.m.	01:09:00 p.m.	1:09:00
Entrega Z-99	01:09:00 p.m.	01:42:00 p.m.	0:33:00
Tiempo a P	01:42:00 p.m.	03:05:00 p.m.	1:23:00
Total			4:00:00

Matriz de distancias

	P	Z-99	Z-104
P	0.0	58.1	10.1
Z-99	58.2	0.0	54.0
Z-104	12.4	53.8	0.0

Ruta Óptima

P	Z-104	Z-99	P	Total	Ahorro
kms	10.1	53.8	58.2	122.1	0.0

- Ruta Z-23, 73, 51

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-51	19.077789,-98.266689
Z-23	Plaza Pirámide, San Miguel, San Pedro Cholula, México
Z-73	19.107044,-98.277267

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	12:34:00 p.m.	12:55:00 p.m.	0:21:00
Entrega Z-51	12:55:00 p.m.	01:01:00 p.m.	0:06:00
Tiempo a PV	01:01:00 p.m.	01:14:00 p.m.	0:13:00
Entrega Z-23	01:14:00 p.m.	01:22:00 p.m.	0:08:00
Tiempo a PV	01:22:00 p.m.	01:46:00 p.m.	0:24:00
Entrega Z-73	01:46:00 p.m.	01:51:00 p.m.	0:05:00
Tiempo a P	01:51:00 p.m.	02:17:00 p.m.	0:26:00
Total			1:43:00

Matriz de distancias

	P	Z-51	Z-23	Z-73
P	0.0	7.8	10.1	14.7
Z-51	8.3	0.0	5.1	6.3
Z-23	10.0	5.7	0.0	7.4
Z-73	11.1	4.2	6.5	0.0

Ruta Óptima

P	Z-23	Z-73	Z-51	P	Total	Ahorro
kms	10.1	7.4	4.2	8.3	30	1.3

- Ruta Z-45, 86, 85

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-45	Miguel Negrete Poniente 209, Centro, Tepeaca, México
Z-85	18.895748,-96.940273
Z-86	Av 1 2620, Centro, Córdoba, México

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	10:52:00 a.m.	11:54:00 a.m.	1:02:00
Entrega Z-45	11:54:00 a.m.	12:15:00 p.m.	0:21:00
Tiempo a PV	12:15:00 p.m.	01:59:00 p.m.	1:44:00
Entrega Z-85	01:59:00 p.m.	02:08:00 p.m.	0:09:00
Tiempo a PV	02:08:00 p.m.	02:14:00 p.m.	0:06:00
Entrega Z-86	02:14:00 p.m.	02:26:00 p.m.	0:12:00
Tiempo a P	02:26:00 p.m.	05:22:00 p.m.	2:56:00
Total			6:30:00

Matriz de distancias

	P	Z-45	Z-85	Z-86
P	0.0	45.4	168.0	167.0
Z-45	45.5	0.0	135.0	134.0
Z-85	177.0	145.0	0.0	2.1
Z-86	178.0	146.0	1.2	0.0

Ruta Óptima

P	Z-45	Z-86	Z-85	P	Total	Ahorro
kms	45.4	134	1.2	177	357.6	2.4

- Ruta Z-88, 90, 87

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-88	camino nacional 178, rio blanco, veracruz
Z-87	18.848548,-97.099105
Z-90	18.85857,-97.091439

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	09:30:00 a.m.	11:27:00 a.m.	1:57:00
Entrega Z-88	11:27:00 a.m.	11:50:00 a.m.	0:23:00
Tiempo a PV	11:50:00 a.m.	12:05:00 p.m.	0:15:00
Entrega Z-87	12:05:00 p.m.	12:32:00 p.m.	0:27:00
Tiempo a PV	12:32:00 p.m.	12:43:00 p.m.	0:11:00
Entrega Z-90	12:43:00 p.m.	01:08:00 p.m.	0:25:00
Tiempo a P	01:08:00 p.m.	03:29:00 p.m.	2:21:00
		Total	5:59:00

Matriz de distancias

	P	Z-88	Z-87	Z-90
P	0.0	142.0	146.0	148.0
Z-88	152.0	0.0	3.5	5.5
Z-87	156.0	4.5	0.0	2.0
Z-90	162.0	6.8	2.0	0.0

Ruta Óptima

P	Z-88	Z-90	Z-87	P	Total	Ahorro
kms	142	5.5	2	156	305.5	3.5

- Ruta Z-49, 56

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-56	Gran Bodega Zona Sin Asignación de Nombre de Colonia 79, Puebla, México
Z-49	18.973339,-98.21868

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	03:29:00 p.m.	04:05:00 p.m.	0:36:00
Entrega Z-49	04:05:00 p.m.	04:27:00 p.m.	0:22:00
Tiempo a PV	04:27:00 p.m.	04:42:00 p.m.	0:15:00
Entrega Z-56	04:42:00 p.m.	05:00:00 p.m.	0:18:00
Tiempo a P	05:00:00 p.m.	05:31:00 p.m.	0:31:00
Total			2:02:00

Matriz de distancias

	P	Z-56	Z-49
P	0.0	10.5	9.0
Z-56	13.1	0.0	5.3
Z-49	14.6	6.8	0.0

Ruta Óptima

P	Z-49	Z-56	P	Total	Ahorro
kms	9.0	6.8	13.1	28.9	0.0

- Ruta Z-32, 91

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-91	18.980106,-97.786512
Z-32	18.880463,-97.72848

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	10:45:00 a.m.	12:06:00 p.m.	1:21:00
Entrega Z-91	12:06:00 p.m.	12:16:00 p.m.	0:10:00
Tiempo a PV	12:16:00 p.m.	12:46:00 p.m.	0:30:00
Entrega Z-32	12:46:00 p.m.	01:00:00 p.m.	0:14:00
Tiempo a P	01:00:00 p.m.	02:17:00 p.m.	1:17:00
		Total	3:32:00

Matriz de distancias

	P	Z-91	Z-32
P	0.0	53.2	72.7
Z-91	53.0	0.0	16.0
Z-32	72.9	16.2	0.0

Ruta Óptima

P	Z-32	Z-91	P	Total	Ahorro
kms	72.7	16.2	53.0	141.9	0.0

- Ruta Z-40, 77, 95, 11

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-40	18.994528,-98.202671
Z-77	18.969854,-98.186792
Z-95	18.991089,-98.195642
Z-11	19.008988,-98.180778

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	02:14:00 p.m.	02:39:00 p.m.	0:25:00
Entrega Z-40	02:39:00 p.m.	02:45:00 p.m.	0:06:00
Tiempo a PV	02:45:00 p.m.	02:57:00 p.m.	0:12:00
Entrega Z-77	02:57:00 p.m.	03:04:00 p.m.	0:07:00
Tiempo a PV	03:04:00 p.m.	03:16:00 p.m.	0:12:00
Entrega Z-95	03:16:00 p.m.	03:33:00 p.m.	0:17:00
Tiempo a PV	03:33:00 p.m.	03:42:00 p.m.	0:09:00
Entrega Z-11	03:42:00 p.m.	03:55:00 p.m.	0:13:00
Tiempo a P	03:55:00 p.m.	04:25:00 p.m.	0:30:00
Total			2:11:00

Matriz de distancias

	P	Z-40	Z-77	Z-95	Z-11
P	0.0	6.3	9.9	7.7	6.8
Z-40	7.4	0.0	3.5	1.4	3.3
Z-77	16.7	4.9	0.0	3.0	6.0
Z-95	8.6	2.7	3.1	0.0	3.0
Z-11	7.5	4.7	8.3	3.7	0.0

Ruta Óptima

P	Z-40	Z-77	Z-95	Z-11	P	Total	Ahorro
kms	6.3	3.5	3	3	7.5	23.3	0.0

- Ruta Z-94, 15

Direcciones utilizadas para análisis en Google Maps:

Sucursal	Dirección google maps
Planta	17 poniente 1714, barrio santiago, puebla
Z-15	19.061743,-98.217013
Z-94	19.085181,-98.179209

Calculo de tiempo recorrido:

Parámetro	Inicio	Termino	Duración
Salida a PV	03:10:00 p.m.	03:25:00 p.m.	0:15:00
Entrega Z-15	03:25:00 p.m.	03:40:00 p.m.	0:15:00
Tiempo a PV	03:40:00 p.m.	03:58:00 p.m.	0:18:00
Entrega Z-94	03:58:00 p.m.	04:03:00 p.m.	0:05:00
Tiempo a P	04:03:00 p.m.	04:28:00 p.m.	0:25:00
Total			1:18:00

Matriz de distancias

	P	Z-15	Z-94
P	0.0	3.0	7.2
Z-15	2.8	0.0	6.7
Z-94	9.3	6.5	0.0

Ruta Óptima

P	Z-94	Z-15	P	Total	Ahorro
kms	7.2	6.5	2.8	16.5	2.5