

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE LA APERTURA DE UN NUEVO
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN**

POR
FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO
CON ORIENTACIÓN EN DIRECCIÓN Y OPERACIONES**

AGOSTO 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



TESIS

**MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE LA APERTURA DE UN NUEVO
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN**

**POR
FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO
CON ORIENTACIÓN EN DIRECCIÓN Y OPERACIONES**

AGOSTO, 2015

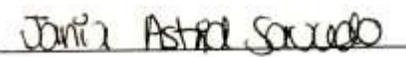
Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Subdirección de Estudios de Posgrado

Los miembros el Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Modelación y análisis de la apertura de un nuevo centro de distribución», realizada por el alumno Francisco Javier Rodríguez Hernández, con número de matrícula 442239, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro con orientación en Dirección y Operaciones.

El Comité de Tesis



Dra. Edith Lucera Ozuna Espinosa.
Asesor



Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez
Revisor



Dr. Tomas Eloy Salais Fierro
Revisor

Vo. Bo.



Dr. Simón Martínez Martínez
Subdirección de Estudios de Posgrado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, agosto 2015

DEDICATORIA

*A mi esposa Cristina y a mis hijas Midori y Saori por su amor y
comprensión.*

ÍNDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	IX
RESUMEN	X
<u>CAPÍTULO 1</u>	
INTRODUCCIÓN	1
<i>1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</i>	2
<i>1.2 OBJETIVO</i>	3
<i>1.3 HIPÓTESIS</i>	3
<i>1.4 METODOLOGÍA</i>	3
<i>1.5 JUSTIFICACIÓN</i>	3
<i>1.6 CUERPO DE LA TESIS</i>	3
<u>CAPÍTULO 2</u>	
ANTECEDENTES	5
<i>2.1 DESARROLLO Y ESPECIALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD LOGÍSTICA</i>	5
<i>2.2 FUNCIONES Y TIPOLOGÍA DE LOS CENTROS DE ACTIVIDAD LOGÍSTICA</i>	6
<i>2.2.1 SEGÚN LA ROTACIÓN DE LOS PRODUCTOS</i>	6
<i>2.2.2 SEGÚN LOS MEDIOS DE TRANSPORTE</i>	7
<i>2.2.3 CENTROS LOGÍSTICOS ESPECIALES</i>	8
<i>2.3 CENTROS DE DISTRIBUCIÓN</i>	9

2.3.1 CENTRO DE DISTRIBUCIÓN COMO PUNTO ESTRATÉGICO DE LA PLANEACIÓN LOGÍSTICA	9
2.3.2 TEORÍA DE LOCALIZACIÓN	10
2.4 ANTECEDENTES DE LA COMPAÑÍA	11
2.4.1 CLIENTES	12
 <u>CAPÍTULO 3</u>	
MARCO TEÓRICO	13
3.1 INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS MATEMÁTICOS	13
3.1.1 PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN NO CAPACITADO EN UNA ETAPA	14
3.1.2 PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN NO CAPACITADO EN DOS ETAPAS	16
3.1.3 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES CAPACITADO EN UNA ETAPA	18
3.1.4 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES CAPACITADO EN DOS ETAPAS	20
3.2 MODELO MATEMÁTICO DE LA PLANTA PRODUCTORA DE DULCES ENCHILADOS	22
 <u>CAPÍTULO 4</u>	
EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS	25
4.1 PREPARACIÓN DE DATOS	25
4.2 RESULTADOS	28
 <u>CAPÍTULO 5</u>	
CONCLUSIONES	35
5.1 APORTACIONES	35
5.2 TRABAJOS FUTUROS	36

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. RED DE DISTRIBUCIÓN ORIGINAL.....	2
3.1. ESQUEMA DEL PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN NO CAPACITADO EN UNA ETAPA.....	15
3.2. ESQUEMA DEL PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN CAPACITADO EN DOS ETAPAS.....	18
3.3. ESQUEMA DEL PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN CAPACITADO EN DOS ETAPAS DE LA PLANTA PRODUCTORA DE DULCES ENCHILADOS.....	22
4.1. DISTANCIA ENTRE EL CEDIS CD1 Y CLIENTE.....	26
4.2. ESQUEMA DE APERTURA DE LOS CEDIS UBICADOS EN KD2 Y KD3.....	28
4.3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CEDIS KD2 Y KD3 PROPUESTA EN LA CORRIDA 1.....	29
4.4. ESQUEMA DE LA CORRIDA 2, NO SE ABRE NINGÚN CEDIS.....	30
4.5. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CEDIS PROPUESTOS POR LA CORRIDA 2.....	30
4.6. ESQUEMA DE APERTURA DEL CEDIS UBICADO EN KD2.....	31
4.7. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL CEDIS KD2 PROPUESTO POR LA CORRIDA 3.....	31
4.8. ESQUEMA DE APERTURA DE LOS CEDIS UBICADOS EN KD2 Y KD3.....	32
4.9. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CEDIS KD2 Y KD3 PROPUESTA POR LA CORRIDA 4.....	33
4.10. ESQUEMA DE APERTURA DEL CEDIS UBICADO EN KD2.....	34
4.11. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL CEDIS KD2 PROPUESTO POR LA CORRIDA 5.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Costos por kilómetro de camión de 3 ½ toneladas.....	26
Tabla 4.2 Ejemplo de cálculo del costo de transporte desde el cedis hacia cada cliente para un camión de 3/2 toneladas de capacidad.....	27
Tabla 4.3 Resumen de corridas.....	35

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León por haberme dado la oportunidad de ser alumno de la misma.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León por abrirme las puertas y darme el conocimiento buscado.

Al Departamento de Educación Continua por el apoyo dado en la beca para sustento de mis estudios de postgrado.

A la Doctora Edith Lucero Ozuna por su apoyo y orientación científica brindado para la realización de este trabajo de investigación.

A la Doctora Jania Astrid Saucedo por su ayuda académica en mi momento de crisis.

Al Doctor Miguel Mata por el reto que me lanzo al momento de entrevistarme para ingresar al programa de postgrado.

A mis compañeros de carrera: Lucy, Eunice, David, Lusho, Jorge, Fercha, Magali, Jareth que más que compañeros fueron un apoyo muy grande en el proyecto de postgrado.

A mi compañero y gran amigo Ing. Herminio Reynoso que me apoyo con datos y explicaciones sobre el sistema logístico de la compañía para la que hoy realizo este trabajo de investigación.

Y sobre todo a mi amada esposa Cristina que me apoyo en todos los aspectos relacionados con este gran proyecto que hoy culmino; a mis hijas Midori y Saori que en 2 años tuvieron pocos fines de semana con su papá por estar ocupado realizando tareas, investigaciones y estudiando para los exámenes. A mi gran familia: mi mamá, papá (QEPD) mis hermanos, mi familia política, muchas gracias por su ayuda y comprensión. A mi gran amigo Miguel un gran agradecimiento.

Y a mi gran patrón, maestro, amigo y soporte, quien ha estado siempre en mis pensamientos, en mi corazón y a través del tiempo conmigo: Jesús.

RESUMEN

FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ.

Candidato para el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro con orientación en Dirección y Operaciones

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Título del estudio:

MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE LA APERTURA DE UN NUEVO CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

Número de páginas: 52

OBJETIVO Y MÉTODO DE ESTUDIO: El objetivo general de este trabajo es desarrollar un modelo matemático adecuado a las características de una compañía fabricante y distribuidora de dulces enchilados con relación a la apertura de nuevos centros dentro de la República Mexicana; basado en un modelo matemático clásico de localización de instalaciones de capacitado, en dos etapas.

El éxito en la toma de decisiones se basa en el desarrollo de la formulación del problema, por lo que en el presente trabajo se adecuó el modelo matemático clásico de localización de instalaciones capacitado en dos etapas a un modelo acorde a las características del problema de la compañía.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES:

Lo que la compañía productora de dulces enchilados estaba buscando era comprobar que la ubicación de su nuevo cedis en el estado de Michoacán era la adecuada; esto con el fin de cubrir la alta demanda que se le está presentando en la zona pacífico y cubrir este mercado emergente.

De los resultados obtenidos en las 5 corridas efectuadas en GAMS para la apertura del nuevo cedis, se concluye que la decisión de abrirlo en Michoacán no fue la más adecuada ya que aún y cuando el tiempo de entrega de la planta hacia el cedis, es de 9 horas; el costo de operación es mayor comparado con los costos de la ubicación KD2 (Sonora) por lo que se puede concluir que, de acuerdo a GAMS la mejor opción para la apertura del nuevo centro de distribución es la ubicada en KD2 (Sonora).

Por lo tanto se comprueba que en la toma de decisiones es necesario contar con herramientas cuantitativas que nos puedan dar más certeza, ya que al hacerlo por mera experiencia se dejan de lado características que son importante tomar en cuenta en el momento de tomar alguna decisión importante como lo es la apertura de un nuevo centro de distribución.

Se deja la herramienta de toma de decisiones para futuras proyectos de apertura de centros de distribución que realice la compañía.

Firma del Asesor: _____

Dra. Edith Lucero Ozuna Espinosa

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que tienen las compañías actuales es ¿Dónde localizar los centros de distribución (Cedis)? ya que dependiendo de la localización, las compañías pueden tener un éxito o un fracaso comercial de ahí la importancia de la utilización de herramientas cuantitativas en la toma de decisiones para la localización de los mismos.

Wilde (1990) nos dice que las decisiones para construir un nuevo Cedis, o expandir uno, crea una oportunidad de incorporar un plan operativo que aumentará la eficiencia del manejo de materiales (producto terminado) y mejora en las operaciones de distribución para resolver las metas y los planes empresariales de una compañía.

De acuerdo a Richards (2011), en el pasado los Almacenes eran considerados centros de costo y no agregaban valor. En la actualidad los centros de distribución son considerados estratégicos ya que las compañías están cambiando su estatus de pequeñas a medianas o grandes compañías

Debido a que algunas compañías estuvieron trabajando con técnicas subjetivas (aprendizajes en campo) en muchas de las ocasiones los proyectos que se tienen no llegan a la meta o se cubre solo parte de la meta, esto es causado por el desconocimiento de herramientas que puedan ayudarles en la toma de decisiones.

Dependiendo de la localización del Centro de Distribución las compañías pueden tener un éxito o un fracaso comercial, de ahí la importancia de la utilización de herramientas cuantitativas en la toma de decisiones para la localización de los mismos.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las características del problema son las siguientes: se produce y embarca mercancía en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León y se envía a cuatro cedís CD1, CD2, CD3, CD4 vía terrestre y tres porteos KD1, KD2, KD3 (*cross dock*) localizados estratégicamente a lo largo de la República Mexicana. La compañía elimina dos porteos y abre un centro de distribución en un estado de la zona pacífico; esto es debido a que la zona Pacífico es la de mayor contribución a las ventas; el método que se utilizó para la apertura del nuevo cedís fue tomar en cuenta solo la demanda y la experiencia que la compañía ha adquirido por más de 15 años.

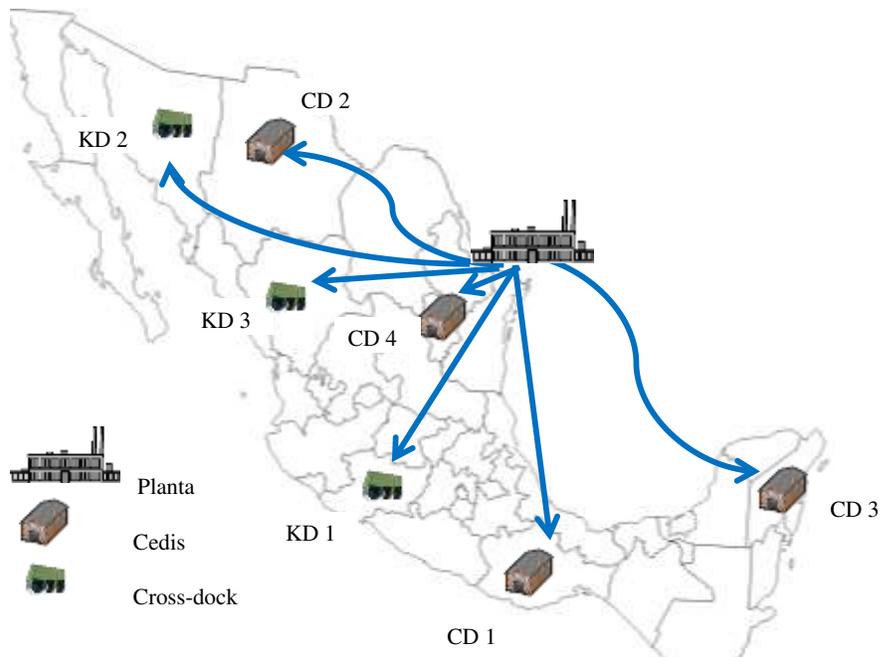


Fig.1.1: Red de Distribución Original¹

1.2 OBJETIVO

Analizar, si la decisión tomada por la compañía en base a experiencia para la apertura del nuevo Cedis fue la adecuada, y en su caso proponer una nueva. Usaremos un modelo matemático clásico adaptado a las características del problema.

1.3 HIPÓTESIS

Si aplicamos el modelo matemático propuesto; entonces seremos capaces de demostrar en forma efectiva si la ubicación para la apertura del nuevo cedis fue la indicada.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El llevar a cabo la apertura de un nuevo cedis únicamente basado en la experiencia no nos da la certeza de que el lugar que se ha elegido para la apertura sea el adecuado. Podemos tener muchas características que no se estén tomando en cuenta y además son indispensables para la toma de decisiones.

1.5 METODOLOGÍA

Se propone manejar este problema como un problema de localización clásico y adecuarlo a las características que se tiene actualmente en la compañía productora de dulces

enchilados. Se tomarán como base los trabajos realizados con anterioridad relacionados a problemas de localización clásico y a problemas de localización de instalaciones capacitado dos etapas ya que no existe una metodología aplicada en la compañía para el caso tratado en este trabajo.

En primer lugar se modelará la función objetivo con sus restricciones para la localización del Cedis; posteriormente se utilizara el sistema de modelación GAMS (General Algebraic Modeling System) utilizado en la programación matemática y optimización para resolver las ecuaciones correspondientes y obtener una solución óptima del problema.

1.6 CUERPO DE LA TESIS

Esta investigación de tesis está conformada de la siguiente manera. En el capítulo 2 se presenta un panorama del desarrollo y la especialización de la actividad logística, pasando por los tipos de centros de distribución de acuerdo a su función y topología hasta llegar al centro de distribución considerado como estratégico para las compañías. También se presenta el problema de localización para un nuevo cedis que se tiene en la compañía productora de dulces enchilados.

El capítulo 3 presenta una revisión literaria del problema de localización no capacitado de una y dos etapas así como la versión capacitada. Se presenta el modelo matemático propuesto para solución del problema de localización de la compañía.

En el capítulo 4 se presenta la experimentación, llevada a cabo con ayuda del programa GAMS y la solución del modelo matemático propuesto.

El capítulo 5 está dedicado a las conclusiones del problema de localización, las aportaciones que se hicieron con este trabajo, así como los trabajos futuros que se abrieron una vez que se llevó a cabo esta investigación.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

2.1 DESARROLLO Y ESPECIALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD LOGÍSTICA

El origen de la logística se ha ligado siempre a las actividades militares, Garcés (2010) nos dice al respecto que la relación de la logística con la milicia no es algo nuevo; ya se hacía referencia en los trece libros llamados el arte de la guerra del maestro Sun Tzu.

De acuerdo a Hernández “La historia de la logística ha estado relacionada al hombre desde tiempos antiguos, y surge desde que el hombre necesita conservar los granos hasta la próxima cosecha. En la prehistoria de la humanidad, en el período neolítico en Egipto, hace unos 7 000 años, se considera por los descubrimientos arqueológicos que en las riberas del río Nilo fue uno de los lugares donde se inició la agricultura.

El primitivo egipcio, que por primera vez en su vida se hizo agricultor, se encuentra con la necesidad de ahorrar, pues los granos de trigo debían economizarse de modo tal que durasen hasta la próxima cosecha. Además, era necesario apartar una porción para la siembra. Esto implica la previsión, economía, control, distribución, algún medio de transporte y receptáculos donde almacenar el trigo, de esta manera garantizar la conservación del grano y su alimentación entre las cosechas. Fue así como el primitivo egipcio se encuentra con el primer problema práctico de logística.”.

Durante la segunda guerra mundial la logística también jugó un papel importante a lo que Christopher (2005) nos dice que la invasión de las fuerzas aliadas en Europa fue

la oportunidad para llevar a cabo un gran ejercicio en logística, como también fue la derrota de Rommel en el desierto. Rommel dijo una vez “...antes de la pelear propiamente, la batalla es ganada o perdida por los intendentes militares”.

De acuerdo a Boyson et al (1999) en un texto de 1922, en *The Industrial and Commercial Revolutions* de Gran Bretaña, durante el siglo XIX; Knowles describe el rol de la logística como generador de riqueza de una manera sorprendentemente similar a la situación actual “el rápido transporte mecánico (ferrocarriles y barcos de vapor) no simplemente alteran el valor relativo de las naciones y mercancías sino que promueven una revolución en la organización de negocios”.

2.2 FUNCIONES Y TIPOLOGÍA DE LOS CENTROS DE ACTIVIDAD LOGÍSTICA

De acuerdo a Ragás (2013) se pueden definir dos parámetros que determinan las funciones y la clasificación de los centros logísticos: según la rotación de los productos y según los modos de transporte utilizables. Adicionalmente, hay una gran diversidad de centros de distribución con características especiales y por último, puede hablarse de centros de distribución puros en los que se produce algún tipo de mezcla de usos entre la logística y otras actividades industriales o de servicios.

2.2.1 SEGÚN LA ROTACIÓN DE LOS PRODUCTOS

Estos se subdividen en dos categorías:

- Centros de distribución de alta rotación

Caputo y Pelagrange (2006) definen un a un centro de distribución de alta rotación como aquel que provee almacenaje temporal, protección de mercancías y también agrega un valor agregado como la realización de ordenes individuales del cliente, empaque después del servicio de venta. Además se realizan actividades de porteo (*cross docking*)..

- Centros de distribución de baja rotación

Silva (2006) llama a estos almacenes de largo plazo, aquí lo importante es que se llenen sin importar el costo de transporte, demanda o ritmos de producción.

2.2.2 SEGÚN LOS MODOS DE TRANSPORTE

De igual forma los centros logísticos se subdividen de acuerdo al modo de transporte al que tienen acceso en;

- Intermodal marítimo terrestre

Dentro de los centros logísticos intermodales Antún (2013) nos dice que la logística de integración de cadenas de suministro exige la operación en conjunto de diferentes tipos de transporte, donde cada una de estos define una unidad de carga, según el vehículo típico. La transferencia entre tipos de transporte ocurre en terminales en donde las instalaciones tienen acceso al puerto lo cual permiten la transferencia de unidades de carga entre el modo acuático y los terrestres.

- Intermodal ferroviario-carretera

Un centro logístico intermodal ferroviario-carretera de acuerdo a Ragas (2013) puede identificarse con una o varias de las circunstancias siguientes:

- Los furgones se encuentran en suelo de dominio público ferroviario adyacente a una terminal intermodal.
- Se ofrece acceso ferroviario a alguna de las naves del centro logístico.
- La terminal ferroviaria es adyacente al centro logístico.

- Intermodalidad aéreo-carretera

También llamada plataforma logística de acuerdo Maeso (2013) se considera intermodal aéreo-carretera cuando todas o una parte de las naves industriales tiene acceso directo a la plataforma de las aeronaves de un aeropuerto.

- Multimodalidad

Ballou (2004) menciona que en años recientes se ha incrementado el envío de productos utilizando más de una modalidad de transporte, por lo que se consideran centros multimodales aquellos que los que están integrados en un mismo ambiente físico más de dos modos de transporte.

2.2.3 CENTROS LOGÍSTICOS ESPECIALES

Existen diversos tipos de centros donde se realizan actividades logísticas y que, por sus características especiales, merecen una mención específica, uno de ellos es el centro logístico aduanero, al respecto Ragas (2013) nos comenta que son están localizados dentro de los centros logísticos permite el almacenaje de productos con beneficios tributarios, como la extensión de derechos de importación e impuestos especiales.

2.3 CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

Después de la segunda guerra mundial de acuerdo a Bowersox *et al.* (2007) la atención de los administradores se dirigió al almacenamiento estratégico. La administración empezó a cuestionar la necesidad de grandes redes de almacenes. El costo de transportar embarques pequeños volvió prohibitivos los pedidos directos. Esto creó la oportunidad de establecer almacenes estratégicamente ubicados para proporcionar a los minoristas un abasto oportuno y económico. Por lo tanto, la atención en el

almacenamiento pasó de un almacenaje pasivo a un surtido estratégico. Es en este punto que se comienza a utilizar el nombre de centros de distribución.

Un centro de distribución es, de acuerdo a Lin *et. al.*(2007) una base logística que se centra en los productos que distribuye. Se pueden preparar productos de acuerdo a la demanda de pedidos de los clientes a través de transmisión, clasificación, conservación, mecanizado y procesamiento de la información. También puede distribuir los productos a los clientes con rapidez, exactitud y de forma económica. Debido a la competencia de las compañías por el mercado actual, la ubicación de los centros de distribución está siendo vista como estratégica; ya que se pretende llegar a la mayor cantidad de consumidores y satisfacer sus necesidades, si una compañía no llega al punto de venta; lo más seguro es que la competencia lo haga.

2.3.1 CENTRO DE DISTRIBUCIÓN COMO PUNTO ESTRATÉGICO DE LA PLANEACIÓN LOGÍSTICA

Zixia y Yeqing (2008) definen un centro de distribución como un componente importante de la logística moderna, similar a un vínculo que conecta a los fabricantes y los clientes, juega una parte importante en la conexión de enlace entre las actividades precedentes dentro de la cadena de suministro entera. Es conveniente mencionar que los centros de distribución están concentrados dentro de las actividades de planeación logística por lo que Escobar *et al.* (2013) mencionan que la logística comprende la integración de las actividades de abastecimiento, producción, transporte, distribución, inventario, almacenamiento, manipulación de materiales (manejo de producto terminado, reempaque) y empaque, así como el flujo de información entre ellas. Ballou (2004)“ha definido tres niveles de planeación logística dependiendo del horizonte de tiempo: nivel estratégico, nivel táctico y nivel operacional. El nivel estratégico considera el horizonte de tiempo más largo (usualmente más de un año). Este nivel requiere aproximación y agregación de datos. En este nivel generalmente se consideran decisiones de selección y asignación de proveedores y/o clientes, número, tamaño y localización de las instalaciones, tipo de productos a fabricar y/o distribuir y las decisiones de tercerización de alguna de las operaciones logísticas.

El nivel táctico es el intermedio en el horizonte de tiempo y requiere exactitud en los datos. Este nivel comprende decisiones de análisis del comportamiento de la demanda, la selección

de técnicas de pronóstico, la administración de inventarios, la determinación de políticas de producción, almacenamiento y distribución y la selección del modo de transporte, entre otras. El nivel operacional involucra decisiones de corto plazo, frecuentemente en términos de días u horas, para las cuales se necesitan datos transaccionales. Generalmente este nivel comprende decisiones de planificación de recursos, determinación de planes de emergencia, prioridades y asignación de porteo (picking), distribución de carga y ruteo de vehículos, entre otras”.

2.3.2 TEORÍA DE LOCALIZACIÓN

Douglas (2012: 77) nos dice que la teoría de localización busca explicar por qué las cosas han sido ubicadas donde están. Está expuesta en dos niveles: las firmas y el lugar. En el primer caso, las firmas usan cierto criterio para decidir dónde localizar sus oficinas sede, sucursales, fábricas, bodegas, centros de distribución, etc. En segundo lugar, mira el patrón general del desarrollo industrial y se busca explicar por qué ciertos lugares tienen muchas fábricas (por ejemplo los parques industriales), mientras que otros lugares son usados para oficinas.

2.4 ANTECEDENTES DE LA COMPAÑÍA

Compañía dedicada a la elaboración de dulces enchilados, ubicada en la zona de Santa Catarina, Nuevo León, México, inicia operaciones con capital nacional; posteriormente es adquirida por compañía americana pasando a conformar las filas de una de las compañías más grande en el mundo dedicadas a la elaboración de dulces basados en el chocolate.

En el año de 1986 en la ciudad de Monterrey NL una compañía familiar inició a comercializar el dulce enchilado basado en la pulpa de tamarindo con gran auge en el mercado mexicano, tal fue el éxito de este dulce que con apenas 15 empleados lograron producir y vender hasta 200,000 unidades mensuales, logrando su consolidando en el gusto del consumidor.

Un año más tarde crearon una nueva imagen para la empresa y nuevos conceptos para los productos que fabricaban, naciendo así la compañía de dulces enchilados con más auge en Monterrey, Nuevo León y con ella su marca emblemática ya que bajo esta marca nombraron al que durante años sería el producto más representativo de la empresa un delicioso polvo de chile y limón que marcó una etapa importante en el crecimiento de la empresa.

En 1999 el comienzo de una nueva etapa se da con el nacimiento de su hijo pródigo que revoluciona el mercado de dulces en México, unas tiras de regaliz con sabor a frutas escarchadas con azúcar y chile, lográndose constituir en un tiempo récord como una de las marcas líderes en el mercado de dulces, dando pie a la creación de una nueva categoría identificada como “tiras de dulce enchiladas”.

Así se convirtió en una marca que a través de los años se dio a la tarea de ofrecer a los consumidores mexicanos dulces altamente innovadores en su presentación y contenido, desarrollando productos nunca antes vistos en el mercado y convirtiéndose en una marca de referencia cuando se habla de dulces enchilados, divertidos y de la más alta calidad.

En 2001 la empresa sobresalía en el mercado nacional e internacional gracias a que sus productos traspasaron las fronteras llegando a EU, Europa, Asia y Sudamérica llamando así la atención de empresas globales de alimentos y confitería que los llevó a ser adquiridos por uno de los grandes grupos chocolateros de prestigio. Grupo de presencia mundial de alto crecimiento que identificó una gran oportunidad de expandir la base de su negocio en el mercado mexicano. Este mercado no era desconocido para ellos ya que años atrás ya comercializaban sus marcas de chocolates.

Así, hoy la empresa cuenta con un sólido y variado portafolio de productos, respaldado para la calidad de clase mundial del grupo chocolatero y que continuará con sus agresivos planes de crecimiento y expansión siguiendo los principios del negocio que la hacen diferente del resto de la competencia.

2.4.1 CLIENTES

Dentro de los clientes de la compañía se encuentran los mayoristas, minoristas y comercio organizado los cuales se encuentran divididos en zonas dentro de la República Mexicana. También cuenta con clientes en los estados unidos.

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

3.1 INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS MATEMÁTICOS

Dentro de los modelos matemáticos, los modelos de localización de instalaciones son de tipo enteros, y de acuerdo a Tragantalerngsak *et al* (1999) son utilizados en las industrias de distribución, comunicaciones y transportación. Estos modelos han recibido gran atención en la literatura de investigación y forman una clase importante de los problemas de programación entera. El modelo involucra escoger la mejor localización para las instalaciones, como centros de servicio público, depósitos, fábricas y almacenes. Da un conjunto de localizaciones potenciales para las instalaciones y un conjunto de clientes, el problema de localización de instalaciones es localizar las instalaciones de manera que el costo total por asignar clientes a instalaciones y satisfacer el servicio (o demanda) requerido por los clientes sea minimizado. El costo es la suma de los costos fijos de apertura de las instalaciones y el costo por asignar clientes a instalaciones específicas, que depende de, por ejemplo la distancia entre ellos. El problema de localización de instalaciones puede ser clasificado dentro de diferentes categorías dependiendo de las restricciones asumidas.

3.1.1 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN NO CAPACITADO EN UNA ETAPA

Los problemas de localización no capacitados fueron relacionados de acuerdo a Diéguez (2004) al contexto industrial, refiriéndose al suministro de productos desde un

grupo de localizaciones potenciales, donde las localizaciones debían ser colocadas hacia los clientes dentro de una localización y demanda conocida. Los problemas de localización no capacitados asumen que cada localización puede producir y embarcar cantidades de productos bajo ciertas consideraciones. El primer modelo data de 1960, donde el problema de localización simple y el modelo de la p-mediana fueron definidos.

Dentro de los problemas de localización no capacitado se encuentran los siguientes modelos básicos: modelo de una etapa y dos etapas. Por no capacitado Lin *et al.* nos dice lo siguiente: si queremos determinar p centros ($p \geq 2$) en un plano, y la función objetivo es minimizar la suma de la distancia de peso desde todos los centros hacia todos los puntos de demanda. Este problema puede ser descrito en el siguiente modelo:

$$\text{Min } z = \sum_{k \in K} \sum_{i=1}^p ((w_k d_k(x, y)) z_{ik}) \quad (1)$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^p z_{ik} = 1 \quad \forall k \in K \quad (2)$$

$$z_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall k \in K, i = 1, 2, \dots, p \quad (3)$$

$$(x, y) \in R^2 \quad (4)$$

Parámetros:

$(x, y) \in R^2$ significa la localización de los centros de distribución en el plano,

(a_k, b_k) significa la posición del punto k de demanda, en el plano,
 K es el conjunto de todos los puntos de demanda,
 $d_k(x,y)$ es la distancia desde la planta hacia el punto de demanda k ,
 w_k significa el peso desde la planta hacia el punto de distribución k ,

donde:

- (1) Nos representa la función objetivo a minimizar, la suma de las distancias con peso desde todas las plantas hacia todos los puntos de demanda.
- (2) Significa que cada punto de demanda puede surtir sus necesidades desde únicamente una planta.
- (3) Quiere decir que si la demanda del punto k es satisfecha por la planta i , entonces $z_{ik} = 1$, de otra forma $z_{ik} = 0$.
- (4) Significa que podemos seleccionar p puntos en cualquier lugar del plano.”

Es decir en este tipo de problemas de localización no se tienen restricciones de capacidad de las plantas.

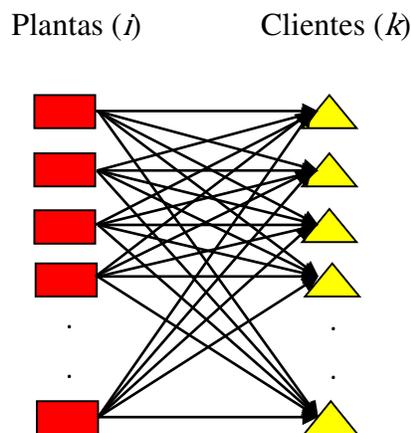


Fig.3.1: Esquema del Problema de Localización no Capacitado en una etapa ².

3.1.2 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN NO CAPACITADO EN DOS ETAPAS

El problema de localización no capacitado en dos etapas donde la entrega se hace desde la planta vía una segunda etapa que puede ser un cedís o un almacén Marić *et al.* (2014) propone una formulación entera eficiente que provee una solución óptima. Esta simulación es un algoritmo memético (MA) con una nueva estrategia, aplicando una mejorada búsqueda local dentro de estructura de MA;

De los problemas de localización no capacitada en dos etapas Romero (2012) nos dice es una formulación que obliga a enviar toda la demanda del cliente o vendedor desde la planta más cercana, o con los costos menores de transporte. Es decir, que la cantidad, a producir en la planta i no excederá nunca la capacidad de la planta (k_i).

Esta formulación implica algunos cambios en los coeficientes, tanto en la función objetivo como en las restricciones. Se tiene lo siguiente:

Sea:

g_{ij} = costo de enviar toda la demanda d_j de la planta i al cliente j

es decir,

$$g_{ij} = c_{ij}d_j$$

Bajo este nuevo supuesto, la variable de decisión debe modificarse a fin de que las unidades sean consistentes en el modelo, por lo que

z_{ij} = fracción de la demanda d_j satisfecha por la planta i

es decir,

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{d_j}$$

de manera que el modelo matemático es:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n f_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij} z_{ij} \quad (1)$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n z_{ij} = 1; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m z_{ij} \leq qy_i; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$y_i \in \{0, 1\}; \quad \forall i \quad (4)$$

$$z_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (5)$$

Parámetros:

$$y_i = \begin{cases} 1 & ; \text{ si la planta se instala en el sitio } i \\ 0 & ; \text{ en cualquier otro caso} \end{cases}$$

z_{ij} = fracción de la demanda del vendedor j satisfecha por la planta i ,

f_i = costo fijo de instalar una planta en el sitio i ,

d_j = demanda del vendedor j ,

k_i = capacidad de producción proyectada de la planta a instalarse en el sitio i ,

q = número de vendedores cuya demanda puede satisfacer cada planta,

donde:

- (1) Es la función objetivo a minimizar, el primer término significa los costos de envío, y el segundo término significa los costos fijos de abrir plantas.
- (2) Garantiza que la demanda total de cada uno de los m vendedores sea satisfecha
- (3) Nos indica que cada una de las n plantas puede atender únicamente a un número q de clientes o vendedores.
- (4) Nos indica que la variable y_i es binaria.
- (5) Significa que la variable z_{ij} no puede ser negativa.

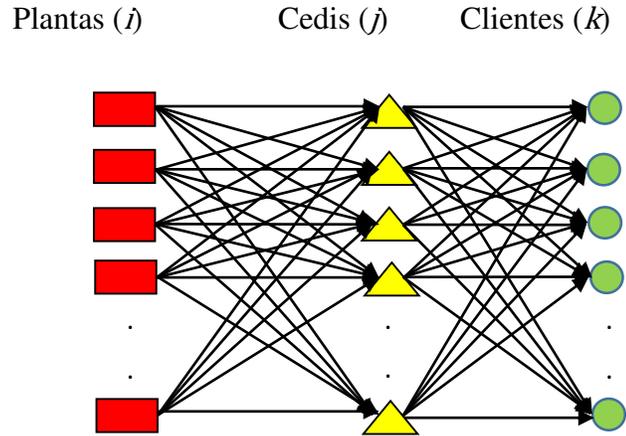


Fig.3.2: Esquema del Problema de Localización Capacitado en Dos etapas³.

3.1.3 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN CAPACITADO EN UNA ETAPA

Existen diferentes métodos para la solución del problema de localización capacitado en una etapa Ichiro y Nogerira (2006) proponen una localización-asignación heurística (LAH) basada en agrupamientos y su principal objetivo es encontrar una localización en un espacio minimizando una función.

Del problema de localización de instalaciones capacitado de surtimiento sencillo Guastaroba y Speranza (2014) nos dicen que cada cliente ha de ser asignado a una instalación que le provee toda su demanda. La demanda total del cliente asignado a cada instalación no puede exceder la capacidad de la instalación.

Tenemos el siguiente modelo que describe lo anteriormente dicho:

$$\text{Min } z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in J} f_j y_j \quad (1)$$

sujeto a:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq s_i y_j \quad j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad i \in I \quad (3)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad i \in I, \quad j \in J \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i \in I, \quad j \in J \quad (5)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad j \in J \quad (6)$$

Parámetros:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el cliente } i \text{ es asignado a la instalación } j. \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{si la instalación es abierta} \\ 0 & \text{en otro caso,} \end{cases}$$

f_j = costos fijos,

s_j = capacidad de instalaciones,

c_{ij} = costos de asignar un cliente i a una instalación j ,

donde:

- (1) El primer término de la función objetivo significa los costos de asignar un cliente a una instalación; el segundo término son los costos de abrir una instalación.
- (2) Establece que la demanda total del cliente asignado a cada instalación no debe de exceder la capacidad de la misma.
- (3) Asegura que la demanda de cada cliente es provista exactamente por una instalación.
- (4) Nos indica una relajación lineal mucho más estricta.
- (5) y (6) nos indican las variables de decisión.

3.1.4 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN CAPACITADO EN DOS ETAPAS

Los problemas de localización en dos etapas son muy comunes dentro de los sistemas logísticos y son un punto importante en el que centran su atención los maestros y estudiantes, Xu *et al.* (2011) propone un modelo óptimo de red multiobjetivo con coeficientes de lógica difusa para el problema de localización.

Este tipo de problema de localización también conocido como problema de localización de instalaciones capacitado, surtimiento simple de dos escalones Tragantalerngsak, *et al.* (1999) nos dicen lo siguiente: las entregas son hechas desde las instalaciones o primer escalón (como plantas o depósitos) hacia los clientes, vía las instalaciones de segundo escalón (como almacenes). El objetivo es determinar el número y localización de las instalaciones en cada escalón, el flujo de productos entre las instalaciones en diferentes escalones y la asignación de los clientes a las instalaciones en el segundo escalón.

Para formular el problema de localización en dos etapas, introducimos la siguiente notación:

$I = \{1, \dots, m\}$, es el conjunto de instalaciones potenciales,

$J = \{1, \dots, n\}$, es el conjunto de clientes,

$K = \{1, \dots, o\}$, es el conjunto de depósitos potenciales,

a_j = demanda del cliente j , $\forall j \in J$,

b_i = capacidad de las instalaciones $i \forall i \in I$,

f_{ik} = costo de asignar instalaciones i al depósito k , $\forall i \in I, k \in K$,

c_{ijk} = costo de las instalaciones i desde el depósito k dando servicio al cliente j ,
 $\forall i \in I, j \in J, k \in K$,

$$j_k = \begin{cases} 1 & \text{si las instalaciones } i \text{ son servidas por el depósito } k \text{ y sirve al cliente } j, \\ & \forall i \in I, j \in J, k \in K, \\ 0 & \text{en otro caso,} \end{cases}$$

$$z_k = \begin{cases} 1 & \text{si un dep\u00f3sito es abierto en la localizaci\u00f3n } k, \forall k \in K, \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

g_k = costo de abrir un dep\u00f3sito en una localizaci\u00f3n k , $\forall k \in K$,

Ahora podemos enunciar la el modelo matem\u00e1tico:

$$\text{Min } z = \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} c_{ijk} x_{ijk} + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} f_{ik} y_{ik} + \sum_{k \in K} g_k z_k \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J} a_j x_{ijk} \leq b_i \quad \forall i \in I, k \in K, \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in J, \quad (3)$$

$$\sum_{k \in K} y_{ik} \leq 1 \quad \forall i \in I, \quad (4)$$

$$x_{ijk} \leq y_{ik} \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K, \quad (5)$$

$$y_{ik} \leq z_k \quad \forall i \in I, k \in K, \quad (6)$$

$$x_{ijk}, y_{ik}, z_k \in \{0, 1\} \quad (7)$$

donde:

- (1) La funci\u00f3n objetivo es el costo total que consiste del costo de asignaci\u00f3n de clientes a las instalaciones, el costo de establecer instalaciones y el costo de abrir dep\u00f3sitos.
- (2) Asegura que la demanda del cliente surtido por ciertas instalaciones no puede exceder su capacidad.
- (3) Asegura que cada cliente es asignado a exactamente una instalaci\u00f3n.
- (4) Asegura que cada instalaci\u00f3n puede ser surtida por \u00fanicamente un dep\u00f3sito.
- (5) Asegura que las asignaciones son hechas \u00fanicamente desde las instalaciones abiertas.
- (6) Asegura que los requerimientos de asignaci\u00f3n de instalaciones hacia dep\u00f3sitos abiertos.
- (7) Todas las variables usadas en el modelo necesitan ser binarias.

3.2 MODELO MATEMÁTICO DE LA PLANTA PRODUCTORA DE DULCES ENCHILADOS

Debido a que el éxito de los proyectos depende de la idea principal, su concepción y puesta en marcha, de la misma manera en los problemas de índole matemático, su éxito depende en gran manera de que su formulación sea la adecuada y las restricciones sean acordes al problema. Por lo que en este trabajo se llevara a cabo la caracterización del problema de localización del nuevo Cedis tomando en cuenta las características principales, así como las variables necesarias para su realización.

Reformulando el problema de localización del nuevo Cedis tenemos lo siguiente: una sola planta que surte a cuatro Cedis y tres porteos.

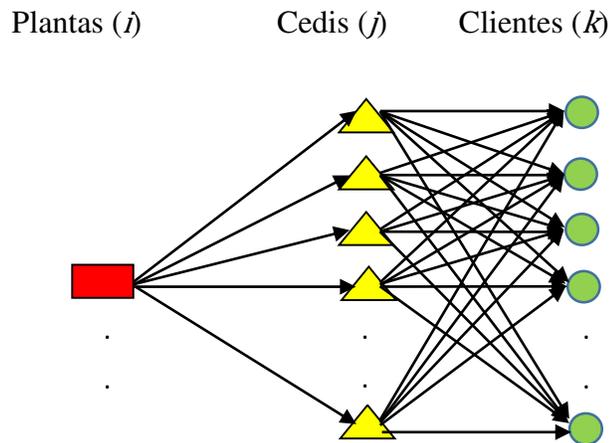


Fig.3.3: Esquema del Problema de Localización Capacitado en Dos etapas de la compañía productora de dulces enchilados⁴.

Para formular nuestro modelo matemático se tomaron en cuenta las siguientes características:

- (1) Los envíos de mercancía salen de una sola planta.
- (2) Se envía a cuatro Cedis y tres porteos.
- (3) Se cubren 5 zonas del país.

- (4) Para la zona del Bajío se utiliza un porteo en el estado de Guerrero, zona centro estado de Oaxaca, zona Norte estado de Nuevo León; zona Pacifico estado de Sonora, Durango y Michoacán; zona sur estado de Quintana Roo.

Parámetros:

a_j = demanda.

b_i = oferta.

c_{ij} = costos variables desde la planta productora i hacia los cedís j ,

v_{jk} = costos variables desde el cedís j hasta los clientes k ,

f_j = costos fijos de abrir un cedís j ,

s_{jk} = número de productos enviados desde el cedís j hacia los clientes k ,

x_{ij} = número de productos enviados desde la planta i hacia los Cedís j ,

$y_j = \begin{cases} 1 & \text{si se abre el Cedís} \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$

Nuestro modelo matemático general sería el siguiente:

$$\text{Min } z = \sum_j f_j y_j + \sum_{ij} x_{ij} c_{ij} + \sum_{jk} s_{jk} v_{jk} \quad (1)$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_j x_{ij} \leq b_i \quad \forall i, \quad (2)$$

$$\sum_j s_{jk} \leq d_k \quad \forall k, \quad (3)$$

$$\sum_k s_{jk} \leq \sum_j x_{ij} \quad \forall j, \quad (4)$$

$$x_{ij} \leq M y_j \quad \forall i, \forall j \quad (5)$$

$$s_{jk}, x_{ij} \geq 0 \quad (6)$$

$$y_j \in \{0, 1\} \quad (7)$$

donde:

- (1) Es el costo total que consiste del costo fijo de los cedís, multiplicado por la variable de decisión, más los costos variables desde la planta hacia los cedís multiplicado por los envíos desde la planta hacia los cedís más los costos variables desde los cedís hacia los clientes.
- (2) Aseguramos que la demanda del cliente no exceda la capacidad de la planta.
- (3) Asegura que los envíos de los cedís son mayores que la demanda.
- (4) Asegura que los envíos de la planta son mayores que los envíos de los cedís a los clientes.
- (5) Solo se envía producto si el cedís fue abierto.
- (6) Se requiere que las variables sean positivas.
- (7) Se requiere que la variable de decisión sea binaria.

CAPÍTULO 4

EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

Se realizaron una serie de corridas en el programa GAMS para la solución de la función objetivo con el fin de emitir una decisión sobre la localización del nuevo centro de distribución.

4.1 PREPARACIÓN DE DATOS

Se llevó a cabo una recolección de datos relacionados con los costos fijos (costo de apertura, costos de operación), de los cedís localizados estratégicamente a lo largo de la República Mexicana los cuales son CD1, CD2, CD3, CD4 y de los porteos KD1, KD2 y KD3; costos variables de la planta hacia los cedís, costos variables de los cedís hacia los clientes de acuerdo a score card (sistema de resultados) de la compañía productora de dulces enchilados.

Debido a que no se contaba con los datos completos de los costos de transporte de los cedís a los clientes, se utilizó el programa de Google maps © (mapa de Google) para determinar las distancias entre los cedís y los clientes de la compañía, figura 4.1. Para los cálculos se tomaron los costos promedio por estado a los que se surte el producto.

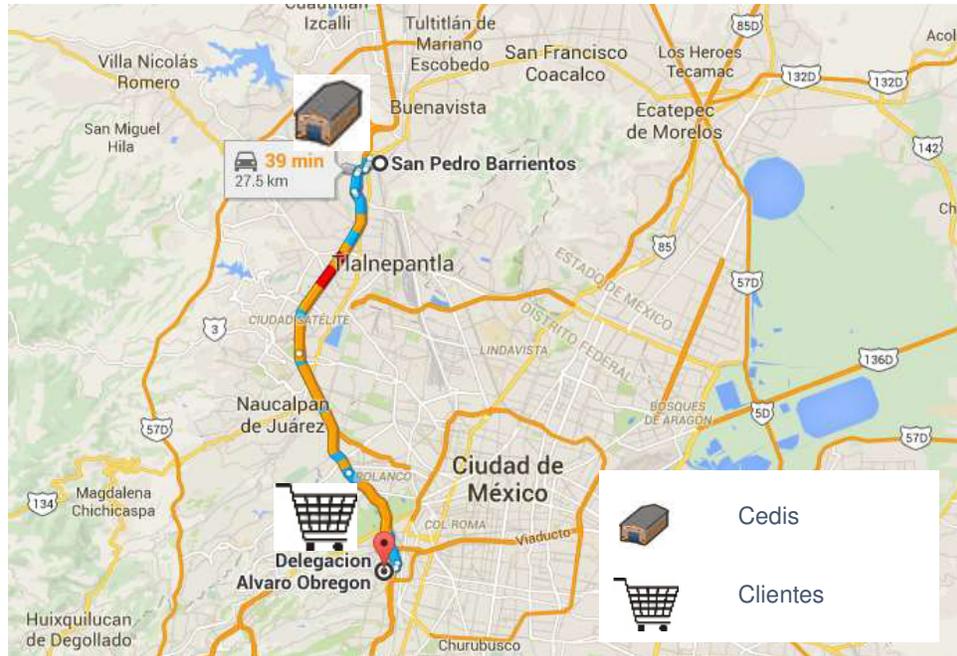


Figura 4.1: Distancia entre el cedis CD1 y cliente⁵.

Posteriormente se realizaron los cálculos correspondientes entre la distancia obtenida en kilómetros (km) multiplicado por el costo por kilómetro (\$/ km) obtenidos a partir del costo de 7.29 pesos/ km la cual fue proporcionada por un hombre camión ver tabla 4.1, para obtener el costo promedio de transportación desde los cedis (j) hacia los clientes (k), ver tabla 4.2. Para la distribución del producto hacia los clientes los cedis utilizan camiones de 3 ½ toneladas.

Costo	Pesos/ kilómetro
Costo de mantenimiento/ kilómetro	3.55
Costo del seguro/ kilómetro	0.21
Operador	1.20
Sub costo/ kilómetro	5.2
Costo total/ kilómetro (+40%)	7.29

Tabla 4.1 Costos por kilómetro de camión de 3 ½ toneladas⁶.

5. Fuente: basado en Luna, Carlos (2015).

6. Fuente: Hombre camión, Sr. Julio Cesar Frías López; teléfono celular 0448120005847.

Cedis	Ciudad		Costo de transportista	Costo promedio de transporte desde el cedis hacia el cliente (pesos)	
	Ubicación cliente	Distrito Federal		Querétaro	Distrito Federal
CD1	120 km	707.8 km	Peso/kilometro 7.29	\$ 154.8	\$ 5159.86

Tabla 4.2 Ejemplo de cálculo del costo de transporte desde el cedis hacia cada cliente para un camión de 3 ½ toneladas de capacidad.

Una vez que se realizaron las operaciones para el cálculo de los costos de transporte se procedió a realizar cuatro corridas con el software GAMS/ CPLEX 24.4.5©, en una laptop Dell Inspiron 1490 HD, 8 GB de memoria, 2 GHz. La primera de ellas se realizó libre (sin fijar valores de los cedis ni porteos, ni capacidades de cedis), en la segunda corrida se fijaron los valores para que permanezcan abiertos los cedis: CD1, CD2, CD3, CD4; en la tercer corrida se fijaron los valores de las demandas promedio de los cedis CD1, CD2, CD3 y CD4, obligando al modelo a que realizara los cálculos solo con los tres porteos KD1, KD2 y KD3 como posibles localizaciones para el nuevo cedis, en la cuarta corrida se agregó una restricción que para ver la posibilidad de la apertura de un quinto cedis (CD5), en la quinta y última corrida se corrió el programa agregando lo siguiente: forzamiento a la apertura del quinto cedis y agregando la capacidad de los cedis CD1, CD2, CD3 y CD4 y se realizó una comparación de resultados para así poder tener una conclusión más asertiva.

4.2 RESULTADOS

Corrida 1

Se corrió el modelo en GAMS/ CPLEX libre (sin fijar los valores de los cedís sin forzar de un quinto cedís y sin considerar las capacidades de los cedís) obteniendo el siguiente resultado:

La solución obtenida nos indica que para la demanda promedio que es de 12 000 ton, es suficiente abrir 2 cedís, uno localizado en KD2 y el otro en KD3.

De acuerdo a los resultados mostrados por GAMS se necesita dos cedís en el lugar de los porteos KD2 ubicado en Sonora y KD3 ubicado en Durango, sin embargo no es factible para la compañía ya que se tendría que cerrar el CD4 ubicado en Nuevo León lo cual está fuera de los planes de la compañía productora de dulces; además esto representa un costo alto. Por otra parte la compañía desea seguir utilizando los mismos cedís y los porteos antes mencionados. Ver figura 4.2 y 4.3

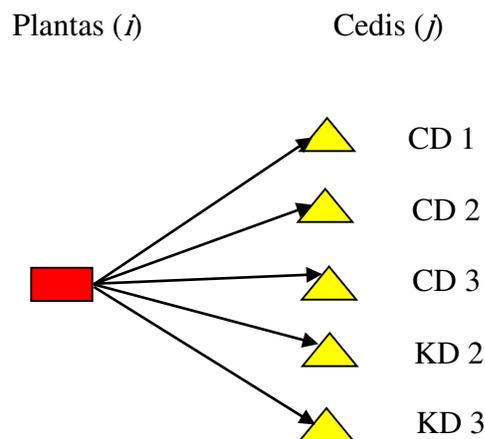


Figura 4.2 Esquema de apertura de los cedís ubicados en KD2 y KD3⁷.

7. Fuente: basado en Lin L., Shixin L. & Jiafu T. (2007).

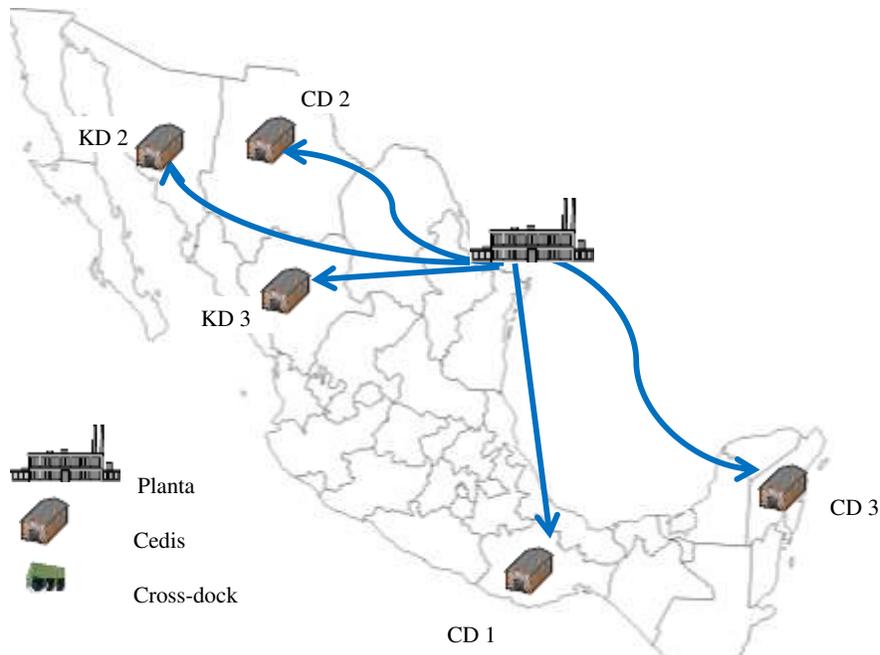


Figura 4.3 Localización geográfica de los cedis KD2 y KD3 propuestos por la corrida 1⁸.

Corrida 2

Se corrió el modelo en GAMS/ CPLEX fijando los valores de los cedis para asegurar que los cedis permanezcan abiertos.

La solución obtenida nos indica que para la demanda promedio que es de 12 000 ton, no se requiere abrir un cedis; es decir la demanda se puede distribuir entre los cuatro cedis existentes CD1, CD2, CD3 y CD4.

Los resultados encontrados cubre la demanda creciente de la zona pacifico; sin embargo el ahorro que se tendría al implementar esta opción es del 42% con relación a los costos actuales de operación utilizando los porteos KD1, KD2 y KD3, por lo que se explorarán otras opciones, ver figura 4.4 y 4.5.

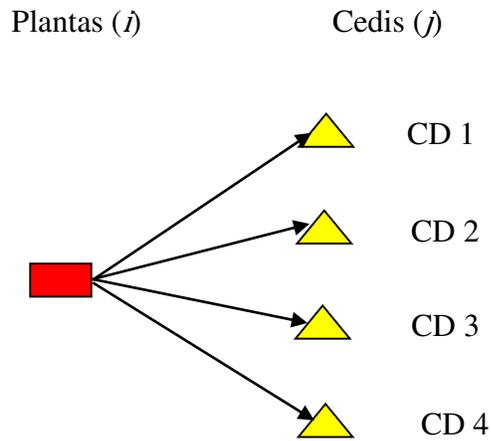


Figura 4.4 Esquema de corrida 2, no se abre ningún cedis ⁹.

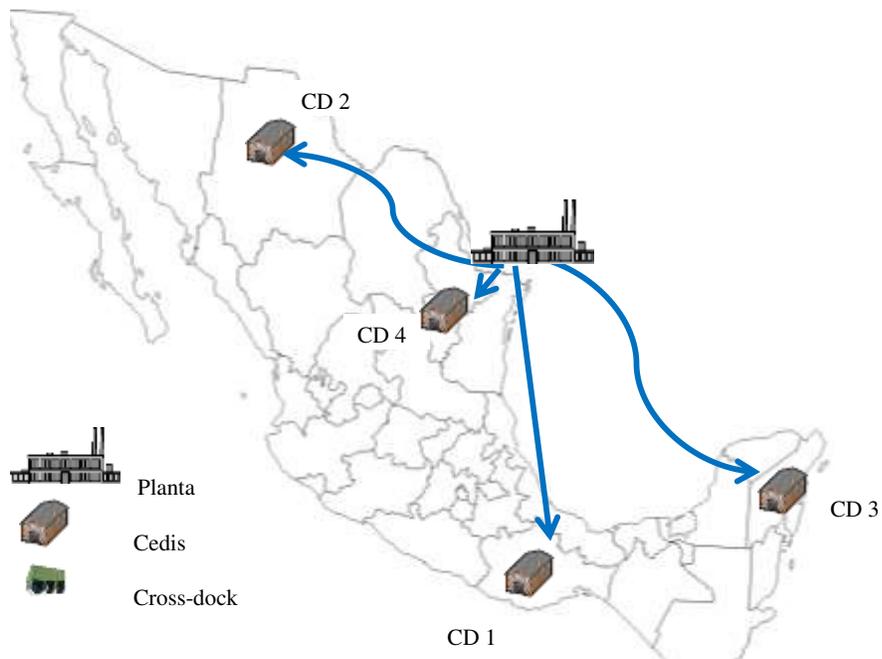


Figura 4.5 Localización geográfica de los cedis propuestos por la corrida 2¹⁰.

Corrida 3

Se corrió el programa en GAMS/CPLEX fijado los valores de los envíos promedio de la planta (i) hacia los cedis (j). Esto se hizo para que el modelo sólo considerara los tres puntos potenciales localizados en Durango, Oaxaca y Sonora

9. Fuente: basado en Lin L., Shixin L. & Jiafu T. (2007).

10. Fuente: idea propia.

La solución obtenida nos indica que para la demanda promedio que es de 12 000 ton, solo se utilicen los cedís: CD1, CD2, CD3, CD4 y el porteo KD2, ver figura 4.6 y 4.7.

Podemos observar que la solución obtenida es similar a la corrida 2, salvo que aquí se nos presenta la opción de abrir el cedís en la localización de KD2, sin embargo el ahorro obtenido sería solo del 13% con relación a la operación actual con los porteos KD1, KD2 y KD3.

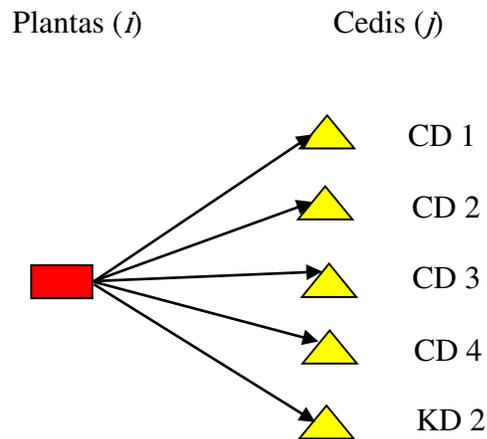


Figura 4.6 Esquema de apertura del cedís ubicado KD2¹¹.

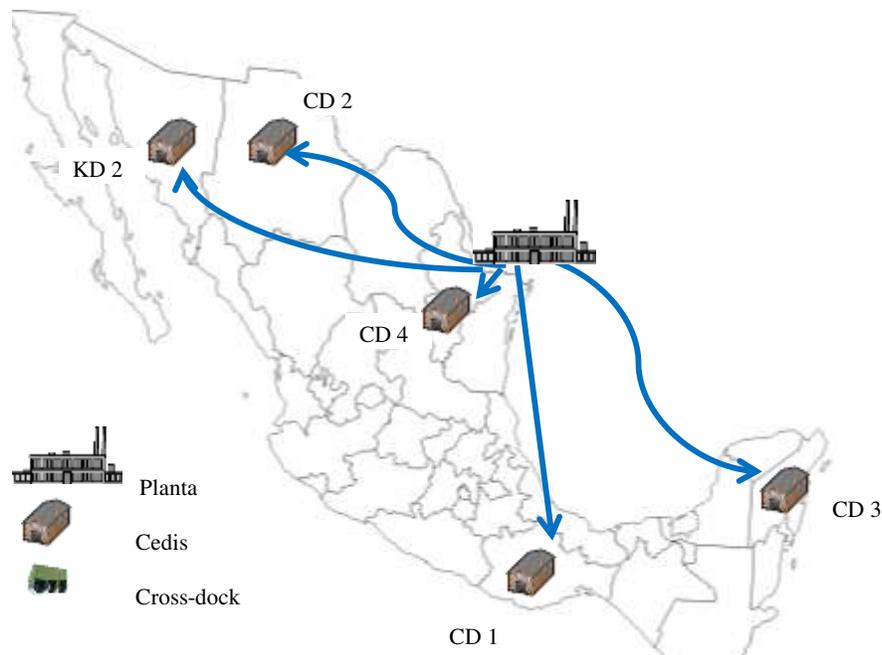


Figura 4.7 Localización geográfica del cedís KD2 propuesto por la corrida 3¹²

11. Fuente: basado en Lin L., Shixin L. & Jiafu T. (2007).

12. Fuente: idea propia.

Caso 4

Se corrió el modelo agregando la restricción para la apertura de 5 cedís, aquí no se consideró la fijación de valores ni la capacidad de los cedís.

Los resultados de esta corrida nos indican que de acuerdo con la solución obtenida para la demanda promedio que es de 12 000 ton si es posible la apertura de los 5 cedís; sin embargo se requiere cerrar el cedís CD4 y abrir 2 cedís en los porteos localizados en KD2 Sonora y KD3 Durango ver figura 4.8 y 4.9.

Los resultados son similares a los mostrados en la corrida 1, por lo que llevaremos a cabo una última corrida incluyendo las capacidades de los cedís CD1, CD2, CD3 y CD4.

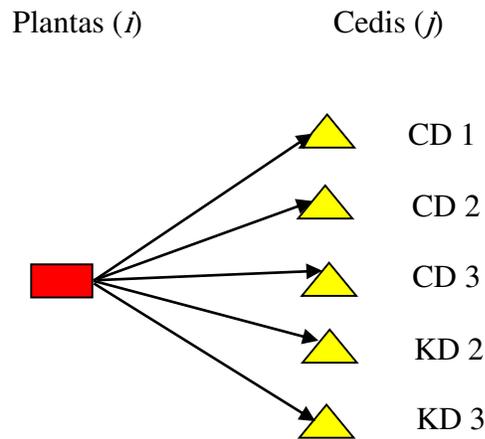


Figura 4.8 Esquema de apertura de los cedís ubicados en KD2 y KD3¹³.

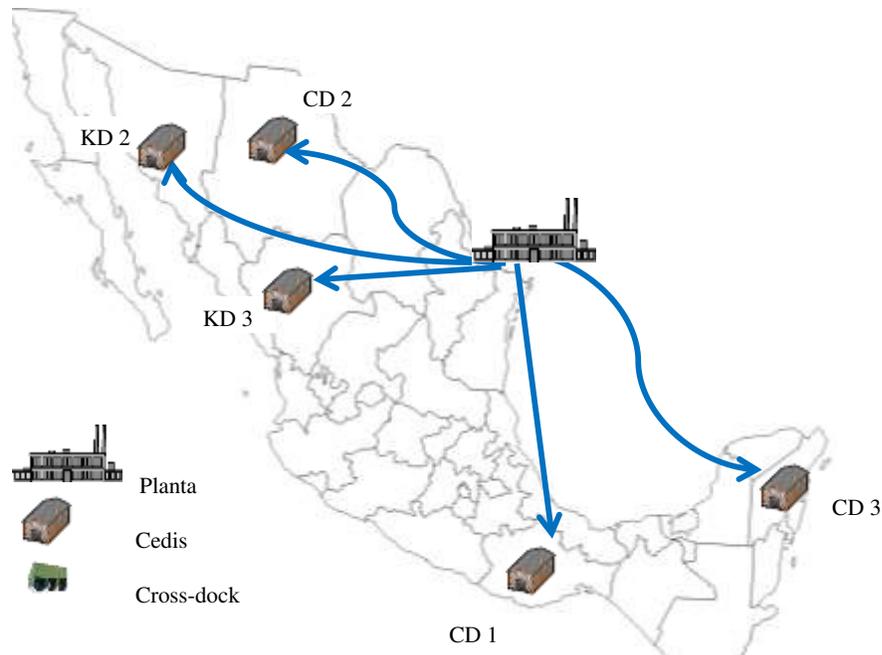


Figura 4.9 Localización geográfica de los cedis KD2 y KD3 propuestos por la corrida 4¹⁴.

Corrida 5

En esta corrida se incluyen las siguientes restricciones: el que se abran 5 cedis, y las restricciones de capacidad de los cedis CD1, CD2, CD3 y CD4.

Los resultados mostrados nos arrojan un resultado, en el cual se confirma que el cedis a abrir es el cedis localizado en KD2 ubicado en Sonora.

Los resultados son similares a los mostrados en la corrida 3; sin embargo el ahorro obtenido con esta solución es del 90% de los costos de operación por lo que el cedis a abrir es el localizado en KD2 ubicado en Sonora, ver figura 4.10 y 4.11

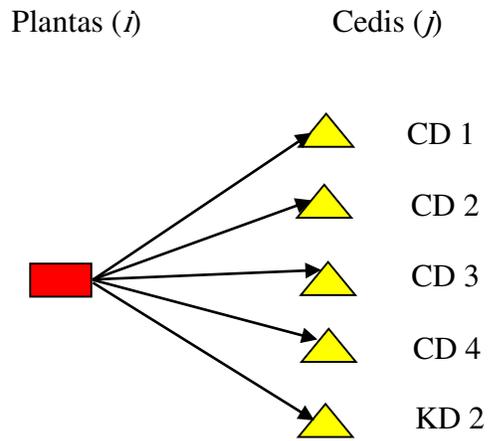


Figura 4.10 Esquema de apertura de los cedís ubicados KD2¹⁵.

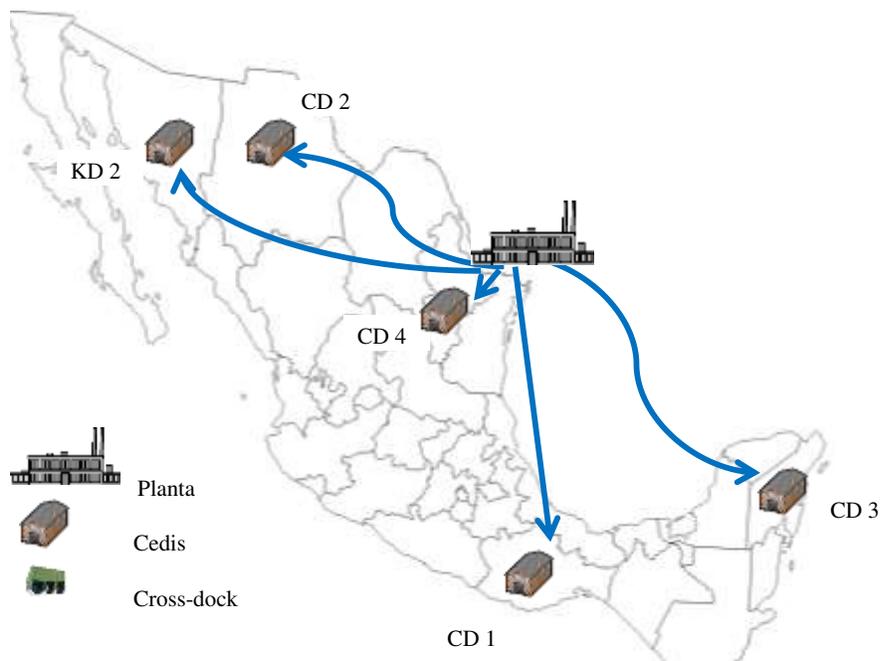


Figura 4.11 Localización geográfica del cedís KD2 propuesto por la corrida 5¹⁶.

15. Fuente: basado en Lin L., Shixin L. & Jiafu T. (2007).

16. Fuente: idea propia.

4.2 RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en las corridas, el caso 1 se nos muestra que se pueden abrir dos cedís ubicados en KD2 y KD3, en la práctica la compañía productora de dulces enchilados tiene su esquema de trabajo ya hecho; por lo que no está en condiciones de abrir los dos cedís a la vez, ya que implica cerrar el cedís CD3 lo cual es poco probable debido a que se incurriría en un costo alto de cierre. Con respecto al caso 2; este nos muestra que no se necesita abrir ningún cedís por lo que esta corrida queda descartada, ya que lo que se está buscando es una localización para abrir un nuevo cedís que cubra la creciente demanda en la zona pacífico. La corrida 3 nos confirma la ubicación para la apertura del cedís en KD2. En cambio la corrida 4 nos arroja un resultado similar a la corrida 1 en el cual se abren dos cedís en las ubicaciones de KD2 y KD3, con la misma recomendación de cerrar el cedís ya existente ubicado en CD3. Por último la corrida 5 nos muestra un resultado en el cual la ubicación para la apertura del nuevo cedís es la ubicación localizada en KD2. En la tabla 4.3 se muestra un resumen de las corridas en la cual nos muestra las corridas, la cantidad de cedís a abrir, el ahorro potencial con respecto a los costos reales y el tiempo de entrega de mercancía desde la planta hacia las localizaciones del cedís que se abre; en este punto se observa que los mejores tiempos de entrega de mercancía son los de las corridas 1 y 3 correspondientes a la apertura en KD2 localizado en Sonora (no se considera la corrida 2 ya que no se abre ningún cedís). Aun y cuando los tiempos de entrega no son relevantes para la compañía se incluyen como referencia para indicar la mejor localización del cedís en cuestión.

Corrida	Cantidad de cedís a abrir	Función objetivo (% de reducción con respecto a los costos reales)	Tiempo de entrega desde la planta hacia el nuevo cedís (hrs.)
1	2	45%	13
2	0	42%	0
3	1	13%	7.3
4	2	45%	13
5	1	90%	7.3

Tabla 4.3 Resumen de corridas.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Lo que la compañía productora de dulces enchilados estaba buscando era comprobar que la ubicación de su nuevo cedis en el estado de Michoacán era la adecuada; esto con el fin de cubrir la alta demanda que se le está presentando en la zona pacífico y cubrir este mercado emergente.

De los resultados obtenidos en las 5 corridas efectuadas en GAMS para la apertura del nuevo cedis, se concluye que la decisión de abrirlo en Michoacán no fue la más adecuada ya que aún y cuando el tiempo de entrega de la planta hacia el cedis, es de 9 horas; el costo de operación es mayor comparado con los costos de la ubicación KD2 (Sonora) por lo que se puede concluir que, de acuerdo a GAMS la mejor opción para la apertura del nuevo centro de distribución es la ubicada en KD2 (Sonora).

Por lo tanto se comprueba que en la toma de decisiones es necesario contar con herramientas cuantitativas que nos puedan dar más certeza, ya que al hacerlo por mera experiencia se dejan de lado características que son importante tomar en cuenta en el momento de tomar alguna decisión importante como lo es la apertura de un nuevo centro de distribución.

5.1 APORTACIONES

Se deja la herramienta de toma de decisiones para futuras proyectos de apertura de centros de distribución que realice la compañía.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

Como trabajo futuro se deja abierto el proyecto de costear el monto de proyecto de apertura del cedis en Sonora y su comparación con el costeo hecho para la apertura del cedis de Michoacán y verificar si es factible realizar el cambio de sede de Michoacán a Sonora.

También se dejan las áreas de oportunidad encontradas dentro del trabajo realizado las cuales fueron las siguientes: retraso en la liberación de los pedidos hacia los cedis, retraso de los transportes hacia la planta y por ende hacia los cedis, procesos administrativos muy largos, información de envíos incompleta.

BIBLIOGRAFÍA

Antún, J. (2013). Distribución Urbana de Mercancías: Estrategias con Centros Logísticos [Nota técnica # IDB-TN-167]. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/#q=Nota+t%C3%A9cnica+%23+IDB-TN-167>

Arakaki, R. y Nogueira L. (2006). A location-allocation heuristic (LAH) for facility location problems”. 16(2), p.319. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132006000200011>

Ballou, R. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro* (5ta ed.). México: Pearson educación.

Bowersox, D.; Closs, D. y Cooper M. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministro* (2da ed.). México: McGraw-Hill Interamericana. ISBN-13: 978-970-10-61329

Boyson, S.; Corsi, M., Dresner, M., Harrington, L. y Rabinovi, E. (1999). *Logistic and the Extended Enterprise* (1rs ed.). Canadá: John Wiley & Sons. ISBN 0-471-31430-7.

Caputo, A. y Pelagregge P. (2006). “*Management criteria of automated order picking systems in high-rotation high-volume distribution centers*”, 9(106), p.1360. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1108/02635570610712627>.

Christopher, M. (2005). *Logistics and Supply Chain Management* (3rd ed.). Great Britain: Pearson Education. ISBN-13: 978-0-273-68176-2.

Diéguez, R. (2003). “*Uncapacitated facility location problems: contributions*”, 24 (1), p. 8. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382004000100003>.

Douglas, L. (2012). Planeación Estratégica. En Noriega Editores (Limusa), *Logística Internacional: Administración de la Cadena de Abastecimiento Global libro de logística internacional*. p. 77-78. México: Grupo Noriega Editores.

Escobar, J.; Bravo, J. y Vidal, J. (2013). “*Optimización de una red de distribución con parámetros estocásticos usando la metodología de aproximación por promedios muestrales*”, 31(1), p. 135. Recuperado de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewFile/4700/4136>.

Garcés, C. (2010). Modelo de entregas para la reducción de costos logísticos de distribución en empresas de consumo masivo. Aplicación en una empresa piloto de caldas [Tesis de maestría]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Administración. Recuperado de: www.bdigital.unal.edu.co/1859/2/carlosduvangarcesramirez20101.pdf

Gobierno de Uruguay (1990). *Manual de la Dirección Nacional de Aduanas* Recuperado de: http://www.aduanas.gub.uy/innovaportal/v/2749/8/innova.front/recinto_aduanero.html.

Lin L.; Shixin L. y Jiafu T. (2007). “*Basic Models for Solving Distribution Center Location Problems: A Review*”, p. 1-5. Doi: 10.1109/ICSSSM.2007.4280127.

Litvichev, I.; Mata, M. y Ozuna, L. (2010). “*Cotas lagrangianas para el problema de localización en dos etapas*”, 3, p.1114. Recuperado de http://www.sbmac.org.br/eventos/cnmac/xxxiii_cnmac/pdf/726.pdf.

Maeso, E. (2013). *Presente y futuro de los servicios logísticos en Andalucía. Andalucía*: Universidad de Sevilla-Consejería de obras públicas y transportes. ISBN: 84-472-0737-4.

Marić, M.; Stanimirović, Z., Djenić A. y Stanojević, P. (2014: 1). “*Memetic algorithm for solving the multilevel uncapacitated facility location problema*”. 25(3), p.439. DOI: 10.15388/Informatica.2014.23.

Ragás P. (2013). *Centros logísticos, Planificación, promoción y gestión de los centros de actividades logísticas* (2^{da} ed.). México: Alfaomega.

Romero, R. (2012). Modelación de Cadenas de Suministro Mediante Programación Entera [Tesis de licenciatura]. México: Universidad Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

Silva, A. (2006). Logística de almacenamiento [Tesis de Maestría]. Caracas: Tecana American University. Recuperado de ; www.tauniversity.org/tesis/Tesis_Alvaro_Silva_2.doc

Tragantalerngsak, S.; Rönnqvist, M. y Holt, J. (1999). “*A repeated matching heuristic for the single-source capacitated facility location problem*”, 166(1), p 51-68. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221798000459>

Tragantalerngsak, S.; Rönnqvist, M. y Holt, J. (2000). “*An exact method for the two-echelon, single-source, capacitated facility location problem*”, 123(3), p. 473-489. Doi: 10.1016/S0377-2217(99)00105-8.

Xu, J.; Yao L. y Zhao X. (2011). “*A multi-objective chance-constrained network optimal model with random fuzzy coefficients and its application to logistics distribution center location problem*”. 10(3), p.255. Doi: 10.1007/s10700-011-9105-6.

Zixia Ch. y Yeqing W. (2008). “*Research on Distribution Centers Location Problem*”, p 438-441. Doi: 10.1109/MMIT.2008.178.

FICHA AUTOBIOGRÁFICA

Francisco Javier Rodríguez Hernández.

CANDIDATO PARA EL GRADO DE MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO CON
ORIENTACIÓN EN DIRECCIÓN Y OPERACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

CON LA TESIS:

MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE LA APERTURA DE UN NUEVO CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

Nací el 13 de febrero de 1969, en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, México. Realice mis estudios de Licenciatura en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, obteniendo en el año 1990 el título de Ingeniero Mecánico Electricista. Actualmente me desempeño como instructor técnico en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en el área de educación continua.