UDEM

UNIVERSIDAD DE MONTERREY
ESCUELA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
PROYECTO DE EVALUACIÓN FINAL

Diseño y ubicación de un centro de distribución en Grupo Torrey

EASY CONSULTING

Asesor: Dra. Jenny Díaz Ramírez

José Carlos Moreno Loredo #340253

Héctor Adrián Lozano Vázquez #342181

Oscar Eduardo Ricaño Carrillo #326262

San Pedro Garza García, N.L., México, a 20 de Noviembre del 2019

Índice

1. Introducción 3
2. Marco teórico 4
3. Metodología 5
4. Diagnóstico 7
4.1. Organización cliente
4.1.1. Grupo Torrey
4.1.2. Contacto
4.1.3. CEDIS Monterrey
4.1.4. Productos
4.1.5. Clientes
4.1.6. Transporte
4.1.7. Comportamiento de ventas
4.2. Descripción de la necesidad
4.3. Objetivos iniciales
4.4. Alcance
4.5. Cronograma
5. Localización 20
5.1. Primera aproximación
5.1.1. Entradas del modelo
5.1.2. Salidas del modelo
5.2. Índice Cualitativo de Ubicación Easy Consulting
5.2.1. Primera aplicación del Índice Cualitativo de Ubicación
5.2.2. Segunda aplicación del Índice Cualitativo de Ubicación
6. Diseño 31
6.1. Dimensionamiento
6.1.1. Modelo de asignación
6.1.2. Análisis ABC
6.1.3. Estimaciones de costos
6.1.4. Horizonte de planeación
6.1.5. Políticas de inventario
6.1.6. Necesidades de dimensionamiento
6.2. Estructura general
6.2.1. Flujo de material
6.2.2. Organigrama
6.2.3. Áreas del almacén
6.3. Layout
6.3.1. Estructura general y dimensionamiento interno
6.3.2. Almacenaje en rack y piso
6.3.3. Pasillos
6.3.4. Patio para camiones y automóviles
6.3.5. Andenes de carga y descarga
6.3.6. Oficinas y otras áreas
6.4. Requerimiento de equipos
6.5. Estrategia de operación
6.6. Almacenamiento
7. Simulación de Escenarios 64
7.1. Datos de entrada
7.1.1. Archivo de arribos
7.1.2. Locaciones
7.1.3. Entidades
7.1.4. Recursos y redes de ruta
7.2. Proceso y construcción
7.3. Resultados finales
8. Conclusión 70

1. Introducción

Constituido por cuatro empresas manufactureras y una comercializadora, Grupo Torrey presenta una gama de productos para la conservación y procesamiento de alimentos, entre otros accesorios y refacciones relacionadas a la industria.

Tras la compra del grupo por FEMSA, la administración reconoce la necesidad de centralizar y conglomerar las operaciones de logística y transporte de las 5 empresas. La principal razón provenía de la voz del cliente y de los comportamientos de compra, ya que los mismos clientes adquirían productos de las 5 empresas del grupo; en su momento, cada empresa bajo su propia administración logística, gestionaba la compra, el seguimiento del pedido, el transporte, y su respectiva entrega. En busca de la sinergia y el ahorro económico en la logística y la operación, se decide la creación de un CEDIS conglomerado con los productos de las distintas empresas del grupo, suministrando a sus clientes de manera más eficiente y rápida.

Ahora, la empresa decide ampliar sus operaciones, ante el posicionamiento de la competencia y la fracción de demanda en el centro del país, la apertura de un segundo CEDIS parece una decisión crítica de competitividad.

El presente documento pretende formalizar las etapas realizadas a lo largo del semestre otoño 2019, a manera de determinar los elementos necesarios en ubicación, diseño y operación que articulan una propuesta integral de proyecto.

2. Marco teórico

Centro de distribución CEDIS: Se trata de un almacén que prepara y envía una variedad de productos por pedido a consumidores finales u otros socios del canal, como mayoristas o distribuidores (Brown, 2019).

Modelación: La modelación consiste en el desarrollo de modelos con fines predictivos o descriptivos, impulsado por un enfoque analítico estadístico que pretende dar respuesta a una problemática (Aklson, 2019).

Costo de almacenar (h): Costo de almacenar una unidad de demanda en una unidad de tiempo (Lokad, 2013).

Costo de ordenar (A): Costo en el que se incurre al realizar una orden (Lokad, 2013)

SKU: Código único de producto para su identificación (One, 2019).

GAMS: Software de resolución de problemas algebraicos de optimización (GAMS, 2019)

Centro de gravedad (COG): enfoque que busca calcular coordenadas geográficas para una nueva instalación potencial que minimizará los costos (Shmula, 2011).

Lead time (L): El lead time es definido por múltiples autores, incluido García Romero (2012), como el tiempo que necesita un material para transportarse a través de toda la cadena de valor de principio a fin. Sin embargo, para fines de este trabajo, se considerará el término lead time de manera diferente, bajo la siguiente definición: Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el cliente genera un pedido hasta que el mismo recibe el producto. (ESUMER, s.f.)

EOQ: Lote económico de pedido, busca determinar la cantidad óptima de pedido a través del balance entre los costos de ordenar y almacenar (EAE, 2018).

Punto de re-orden (R): Nivel de inventario que señala la necesidad por emitir una orden de abastecimiento (Lokad, 2012).

Cantidad de re-orden (Q): Cantidad de re-abastecimiento emitida en la orden (Lokad, 2012).

Safety Stock (SS): Cantidad adicional de un producto que se mantiene en inventario con el fin de reducir el riesgo de inexistencia (Averkamp, 2019).

3. Metodología

La metodología utilizada tiene origen en tres diferentes modelos metodológicos de aplicación de análisis, diseño y modelación, estos incluyen: 1) *Systems Thinking and modelling*, de aplicación para el diseño y comparación de distintos escenarios futuros (Cavana, 2000); 2) *Systems Dynamics*, metodología utilizada para describir y predecir el comportamiento futuro de un sistema (Rodríguez, 2005), ha sido utilizada en el análisis de escenarios en costo y políticas de distribución (Caldeira, 2016), y en análisis de problemas de *stock* y re-abastecimiento (Qiu, 2015); y 3) *Metodología de análisis de la cadena de suministro en Volkswagen América*, utilizada en la empresa en mención con el fin de identificar y proyectar ahorros en los costos totales de transporte (Karabakal, 2000).

La metodología generada consiste en cuatro fases, a las que se les denominó de la siguiente manera:

1. Diagnóstico
2. Localización
3. Diseño
4. Análisis de escenarios

El proyecto siguió el siguiente orden cronológico: se inició con la etapa de Diagnóstico, en la que se recopiló la información básica de la empresa y del sistema, se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual y se definió la problemática que se atacaría, así como la metodología, entre otras cuestiones fundamentales del proyecto. Después, se continuó con la etapa de Localización, en la cual se llevó a cabo un análisis mediante un modelo de Centro de Gravedad y el diseño y utilización del *Índice Cualitativo de Ubicación EC*. Posteriormente, se continuó con la etapa de Diseño y Análisis de escenarios, las cuales no fueron secuenciales sino más complementarias la una con las otras, especialmente gracias a que para la etapa de Diseño se requirieron datos que se utilizarían en la última fase. La etapa de Diseño se basó en gran parte en el *Marco de referencia para diseño de almacenes y problemas de operación* de Jinxiang U, Marc Goetschalckx y Leon F. McGinnis (2007). La de Análisis de escenarios se centró en la validación del diseño del CEDIS, y un análisis financiero para el proyecto, que tiene un alcance de las finanzas de un estudio de pre-factibilidad.

La metodología desarrollada fue modificada de diversas maneras a lo largo del proyecto, y se llegó a esta forma final a la par que se trabajaba durante el verano y el semestre de otoño 2019. Por lo tanto, la metodología presentada es resultado del

trabajo y análisis constante del equipo para definir el alcance del proyecto y lo que se deseaba realizar.

Lo realizado en cada una de las etapas de la metodología se documentará en este escrito, y se presentará por secciones, las cuales se encuentran a continuación.

4. Diagnóstico

Esta fue la primera etapa de todo el proyecto, la cual representó una primera aproximación a la organización, a la problemática y a la propuesta de proyecto por parte de la empresa cliente. Se le denominó Diagnóstico debido a que cada una

La información recopilada en la etapa, así como todo lo realizado se puede segregar en diferentes puntos, los cuales se presentan a continuación.

4.1. Organización cliente

La búsqueda de una organización cliente para realizar el Proyecto de Evaluación Final fue un proceso que tomó alrededor de mes y medio. Se comenzó enviando correos electrónicos a empresas que se encontraban en la base de datos de la bolsa de trabajo UDEM. Posteriormente, se enviaron correos a empresas contactadas en la Feria de Reclutamiento UDEM del semestre primavera 2019. Después se buscaron contactos mediante profesores de la universidad, entre ellos el Dr. Edgar Aurelio Granda y el Dr. José Benito Flores, director de la Escuela de Ingeniería y Tecnologías.

A pesar de haber encontrado más de una buena opción de proyecto, el equipo se decidió por una organización con la que el doctor Flores vinculó a uno de los miembros. El contacto inicial fue Rodolfo Reyes, quien en ese momento fungía como gerente de Grupo Torrey.

4.1.1. Grupo Torrey

Grupo Torrey está conformado por 5 empresas dedicadas a la manufactura y comercialización de productos para la conservación y procesamiento de alimentos, entre algunos accesorios relacionados a la industria. Las empresas listan:

- Fersa: Representa el 32% de las ventas del grupo, dedicada principalmente a la manufactura y comercialización de equipos de conservación de alimentos.
- Comitor: con el 32% de las ventas, es la única comercializadora del grupo, dedicada a la importación de productos para la conservación de alimentos, entre otros accesorios.
- Fabatsa: con el 16% de las ventas, se dedica a la manufactura y comercialización de básculas.
- Teqma: con el 15%, se dedica a la manufactura y comercialización de equipos para el procesamiento de alimentos.

- Pacto: con el 5% restante, se dedica a la manufactura y comercialización de refacciones y accesorios relacionados a la industria en común. Debido a esto, se le dejó fuera del análisis detallado, ya que para fines del proyecto sus productos no se tomarán en cuenta.

Del global de las ventas, el 90% son atribuidas a la venta de equipos, y el 10% a la venta de refacciones y accesorios. Desde un inicio el proyecto fue acotado al 90% correspondiente a equipos, dejando la operación de accesorios y refacciones como parte de las responsabilidades de gestión del CEDIS actual.

4.1.2. Contacto

Nuestro contacto principal para el proyecto fue el ingeniero Marcos Hernández Cavazos, gerente de logística del CEDIS en Monterrey. Y trabajamos además de manera directa con los ingenieros José Luis Medrano, Juvenal Cantú y Hernán Jiménez, gerentes de transporte, planeación y operaciones respectivamente.

El CEDIS actual está ubicado en colonia La Encarnación, Avenida Miguel Alemán #990, Apodaca, N. L., C.P. 66633.

4.1.3. CEDIS Monterrey

El CEDIS actual comenzó operaciones en diciembre del año 2018, después de que Grupo Torrey decidiera unificar sus operaciones en un centro de distribución para simplificar a sus clientes los procesos de compra, y hacer más esbelto su proceso de ventas. Las dimensiones del almacén son de 91.9 m de ancho por 107.1 m de largo. Lo cual resulta en 9,848.15 m^2 de área efectiva del edificio.

4.1.4. Productos

Los productos de Torrey se dividen en 33 familias, las cuales se presentan a continuación:

- Conservación
- Vitrinas cremeras
- Procesamiento
- Refrigeración
- PPT
- Enfriadores
- Vitrinas carniceras
- Molino
- Snack
- Congelación
- Línea profesional
- Etiquetadoras
- Plataformas
- Sólidos nuevos
- Licuadoras
- Colgantes
- Contadoras
- Marinadora

- NPPT
- Sierras
- Rebanadoras
- Cuartos fríos
- Cocción
- Línea profesional Priceline
- Porcionadoras
- JR
- Embutidores
- De cocina
- Suavizador
- Procesadores de vegetales
- Cortadoras de pollo
- Ganadera
- Cintas banda

Estas familias de productos se comportan de manera similar, cada familia tiene uno o dos productos que representan la mayoría de las ventas. A este o estos productos se les llamará “productos estrella”. Gracias a que la gran mayoría de las ventas son obtenidas por medio de estos productos, y a que las medidas de volumen físico entre los productos de cada familia son muy parecidas, el equipo pudo trabajar en distintos procesos de análisis de productos agrupando por familias, analizando a cada familia por medio del comportamiento de su o sus productos estrella.

4.1.5. Clientes

Grupo Torrey cuenta con 144 clientes activos y frecuentes a lo largo de la república, los cuales en su amplia mayoría son minoristas, los cuales suelen ser empresas familiares, quienes se encargan de la venta al detalle.

Torrey segmenta la república mexicana en 4 zonas geográficas: Centro, Pacífico, Norte y Sureste; con fracciones del volumen total de demanda del 32%, 32%, 26% y 11% respectivamente. Esto al medir la demanda en unidades de pesos mexicanos.

Es importante recalcar que de los 144 diferentes clientes con los que cuenta Grupo Torrey, tan solo 40 de ellos representan el 80% del volumen de ventas total del grupo. Es decir, se podría decir que se tienen clientes más importantes que otros.

4.1.6. Transporte

Torrey utiliza diferentes tipos de transporte terrestre para abastecer a sus clientes, entre los que destacan la caja de 53 pies, la mudanza, el camión de 3.5 toneladas, entre otros. Se presenta a continuación un diagrama de Pareto (*Figura 1*) de los tipos de camión de acuerdo al número de viajes realizados.

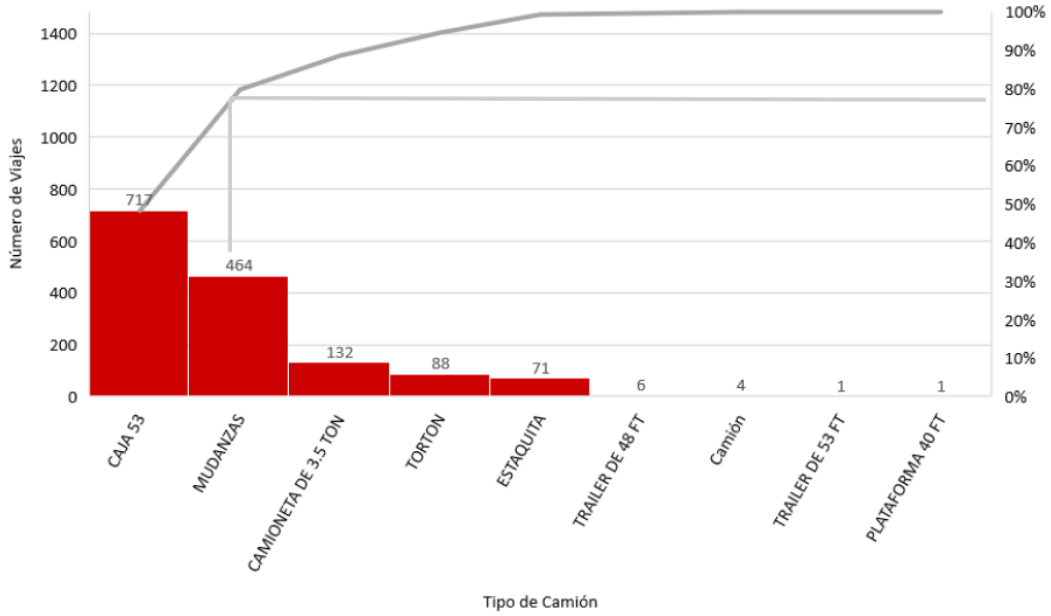


Figura 1. No. de viajes por tipo de camión

Como se puede observar, el 80% de los viajes corresponden únicamente a los transportes de caja de 53 pies y mudanza.

A continuación, se decidió analizar la distribución en el uso de cada tipo de transporte en cada una de las regiones de la república. En la *figura 2* se muestran los resultados.

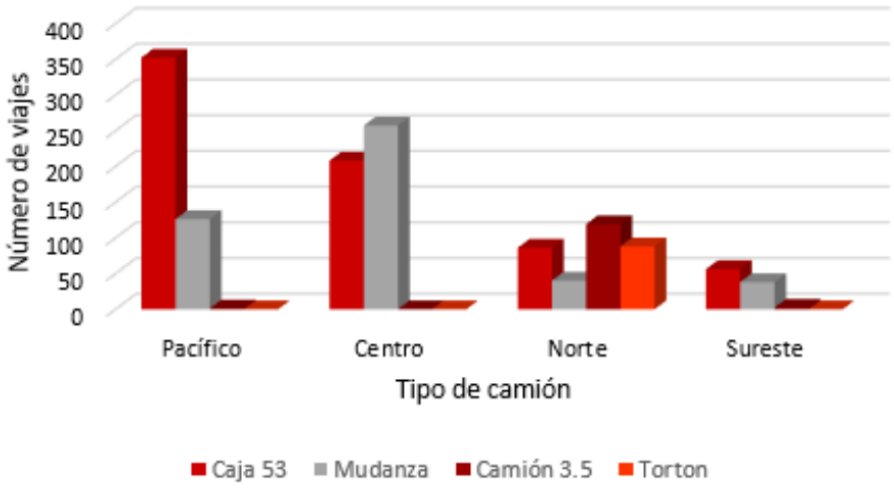


Figura 2. No. de viajes por tipo de camión por región

Como se observa, los camiones Torton y camiones de 3.5 toneladas toman relevancia en la región Norte, donde las distancias son menores, abasteciendo a clientes locales y regionales. Sin embargo, en el caso de las demás regiones estos tipos de camiones tienen una participación despreciable o nula.

4.1.7 Comportamiento de ventas

Como parte del diagnóstico inicial de la organización, se decidió recopilar y analizar la información de ventas de los últimos 18 meses.

Primero que nada, se ordenaron las ventas por región, y se dividieron para cada una de las empresas del grupo. Después, los datos recabados se desplegaron utilizando gráficas de línea, que sirvieron como anexos para la presentación de la etapa de Anteproyecto. A continuación se presentan las gráficas realizadas (*Figuras 3 – 6*), exceptuando el eje "*y*" debido a causas de confidencialidad que existían en el momento en que se realizaron.

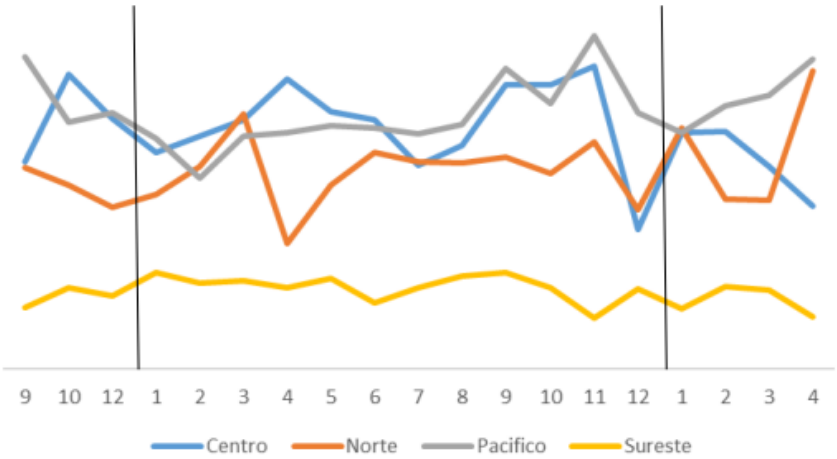


Figura 3. Ventas Fabatsa - Promedio histórico de 20 meses

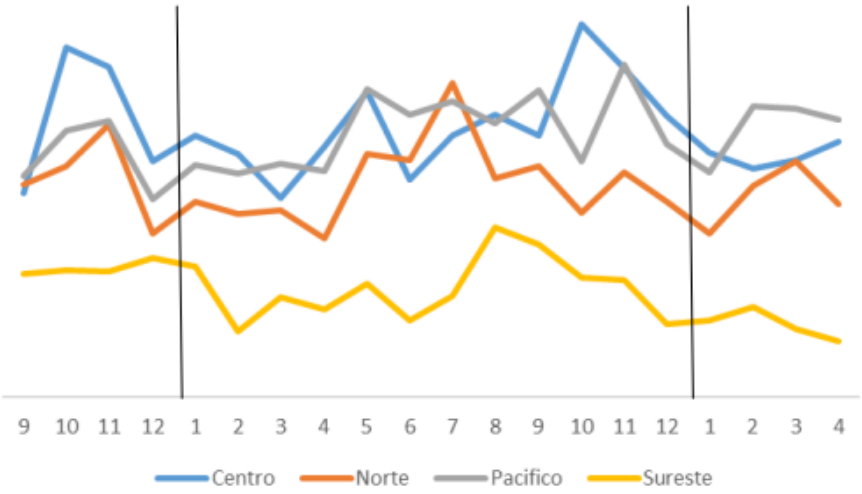


Figura 4. Ventas Fersa - Promedio histórico de 20 meses

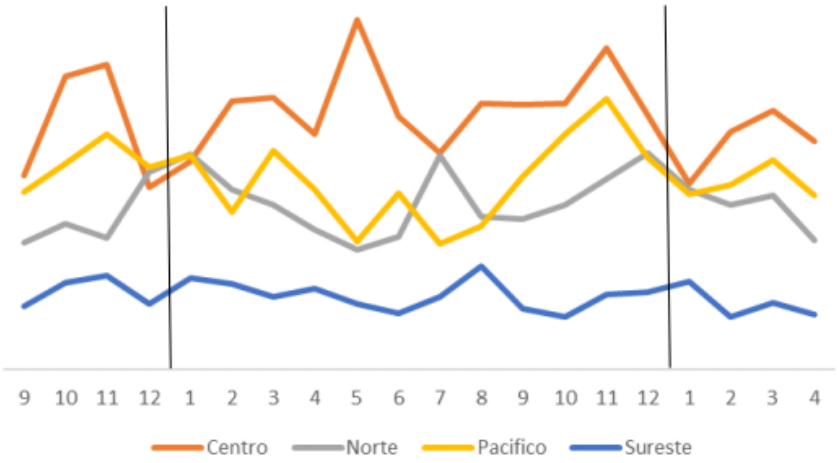


Figura 5. Ventas Teqma - Promedio histórico de 20 meses

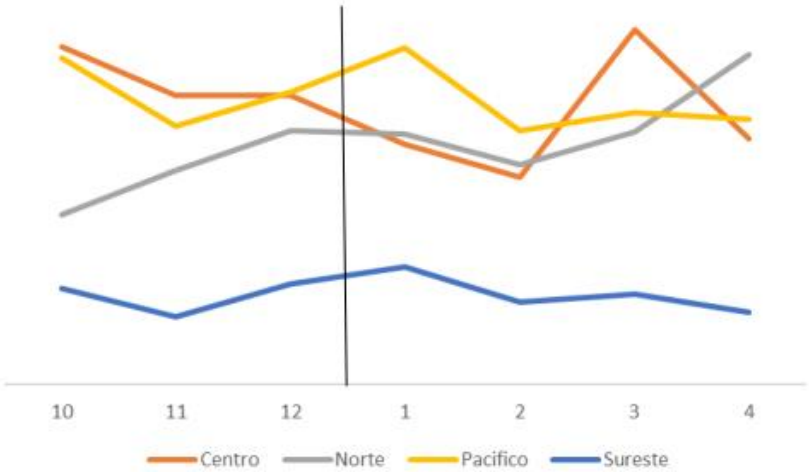


Figura 6. Ventas Comitor - Promedio histórico de 7 meses

Los datos detrás de las gráficas mostraban qué empresa tenía mayores ventas, así como también en dónde se ubicaba su demanda. Además de esto, se pudo analizar los datos de ventas para identificar si existía algún tipo de tendencia en forma de incremento o decremento en las ventas. El resultado de este análisis demostró que las ventas se comportaban en su mayor parte de manera estable.

El haber entendido esto permitió al equipo comprender mejor el deseo de la empresa de aumentar la demanda actual mediante una decisión estratégica como la de crear un nuevo centro de distribución que busque arrancar mayor parte del mercado a los competidores en el centro del país.

4.2. Descripción de la necesidad

Desde el momento en que el equipo se acercó con Grupo Torrey, se transmitió la necesidad del grupo. El problema tenía un contexto amplio, siendo el tiempo de entrega de Torrey a sus clientes uno de los principales factores contribuyentes. El tiempo de entrega, a pesar de no ser muy elevado, es considerablemente mayor que el de muchos de sus competidores principales.

Para entender esto de mejor manera, primero se necesitaba entender qué porcentaje de la demanda se acumulaba en cada una de las regiones. Esto se demuestra a través de la siguiente gráfica realizada por el equipo (*Figura 7*).

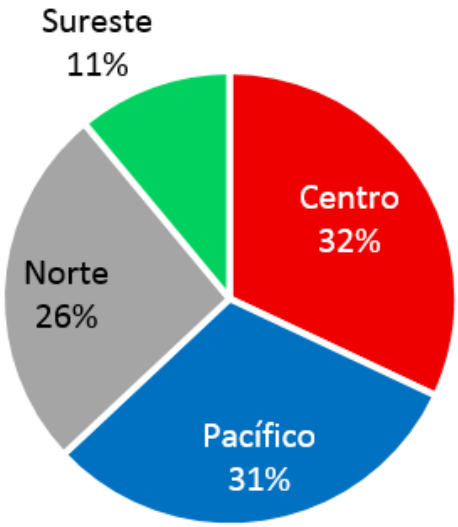


Figura 7. Volumen de demanda por región

Esta gráfica fue realizada con datos de los meses de enero a mayo del 2019, primeros meses de operación del CEDIS. Se demuestra que el Centro y el Pacífico son las regiones más importantes y donde se acumula más del 60% de la demanda. El Norte es la siguiente región más importante, y por último, más rezagada, queda la región Sureste.

Después fue necesario conocer en dónde se ubican las empresas contra las que se dice que se quiere competir. Esto se presenta en el siguiente mapa que el equipo realizó (*Figura 8*).

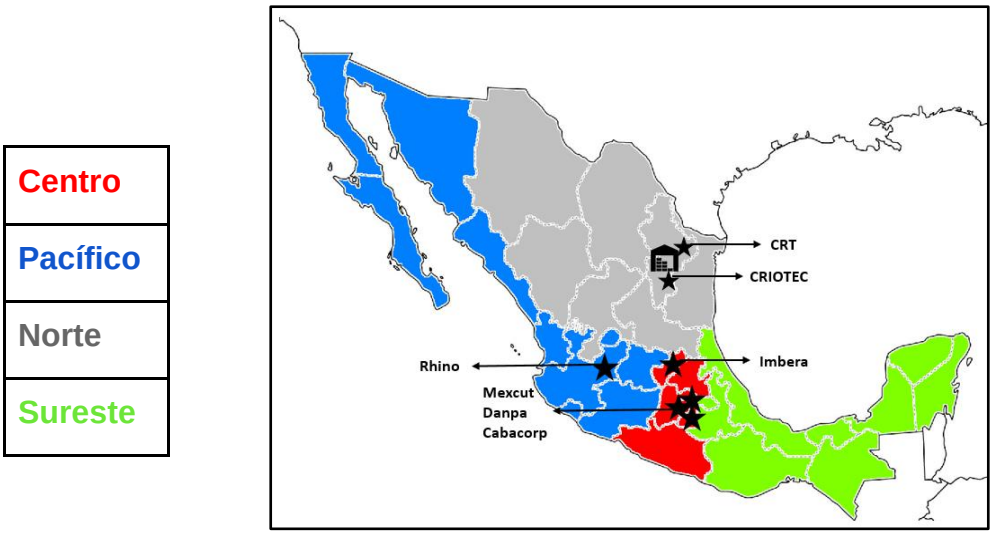


Figura 8. Regiones geográficas y principales competidores de Grupo Torrey

Habiendo identificado las regiones de mayor demanda y habiendo señalado los competidores principales geográficamente, ahora resta hacer un análisis por fábrica presentado en la *figura 9.*

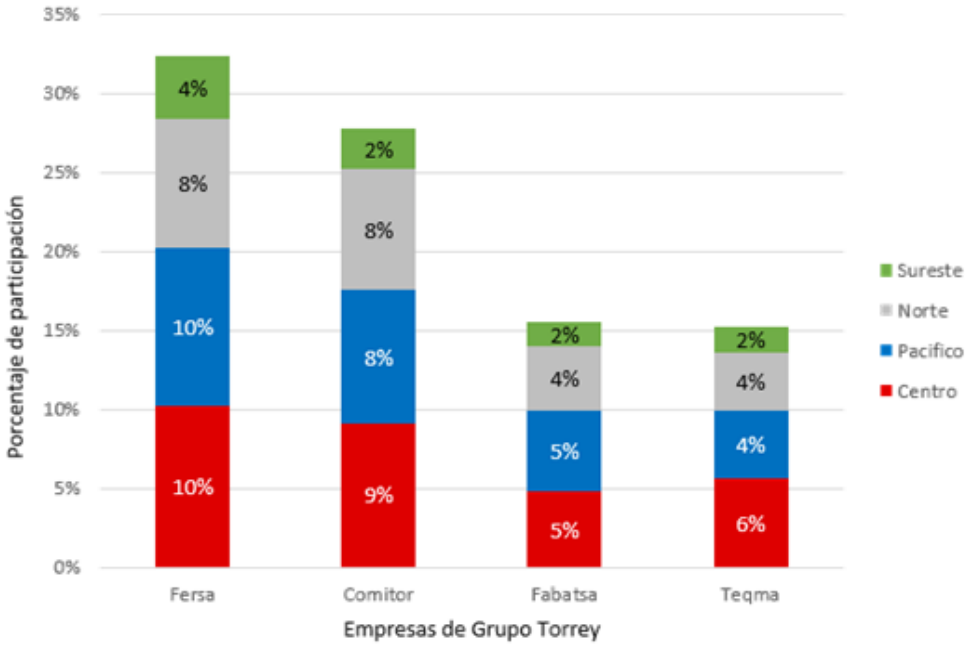


Figura 9. Volumen de ventas por empresa por región

La gráfica muestra de manera visual cómo las regiones de Centro y Pacífico son las más importantes para cada una de las empresas del grupo, sin tomar en cuenta a Pacto, la productora de accesorios y refacciones.

Gracias a este análisis, podemos entender que la demanda general se acumula en el Centro y Pacífico, y que ambas regiones son las más importantes para cada una de las fábricas. Además de esto, podemos observar que los competidores principales de Torrey se encuentran en estas regiones, en especial en la región Centro. Esto permite que los competidores abarquen mayor parte del mercado debido a que ofrecen un mejor nivel de servicio gracias a su cercanía al cliente.

Debido a esto, **Grupo Torrey tiene como objetivo estratégico abrir un nuevo centro de distribución en el centro de la república**. Su objetivo tiene contemplado que para el primer trimestre del año 2020, el nuevo CEDIS esté iniciando operaciones. Cabe comentar que buscan rentar una bodega, no construir una, y necesitan que el equipo lleve a cabo un análisis de ubicación para saber dónde localizarlo, el diseño interno de las operaciones y del *layout*, así como también un análisis financiero y un análisis de escenarios (optimista, neutro y pesimista) que permita evaluar la eficiencia del diseño generado. Además, se evaluará la ubicación de San Juan del Río (SJR), ciudad del estado de Querétaro y primera opción intuitiva del cliente.

Como parte del diagnóstico de la empresa, y para analizar de manera más profunda el estado actual, se recabaron datos acerca de los tiempos de transporte en entregas a los clientes. Hacía falta una base de datos robusta que contuviera datos de tiempos precisos, sin embargo, Torrey tenía tiempos promedio calculados por región. Estos datos se presentan en la figura 10.

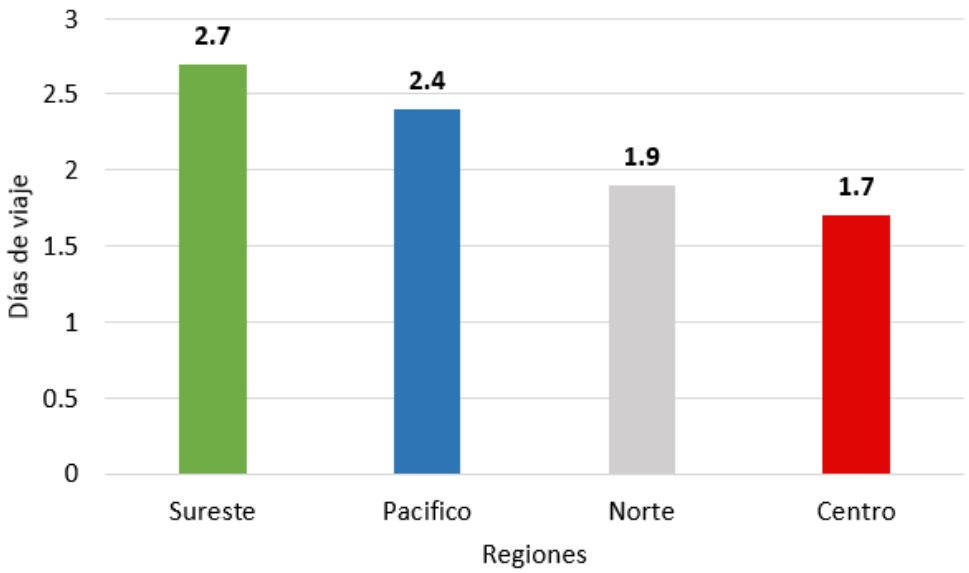


Figura 10. Tiempo promedio de viaje por región

Después de haber obtenido esto, el equipo llevó a cabo un análisis para saber si la distancia y el tiempo eran variables que estaban correlacionadas, esto serviría para demostrar si el costo elevado de viajar a ciertas regiones se debía a la distancia

solamente o si se debía a proveedores más caros. Este análisis requirió de una gráfica de correlación que se presenta a continuación (*Figura 11*)

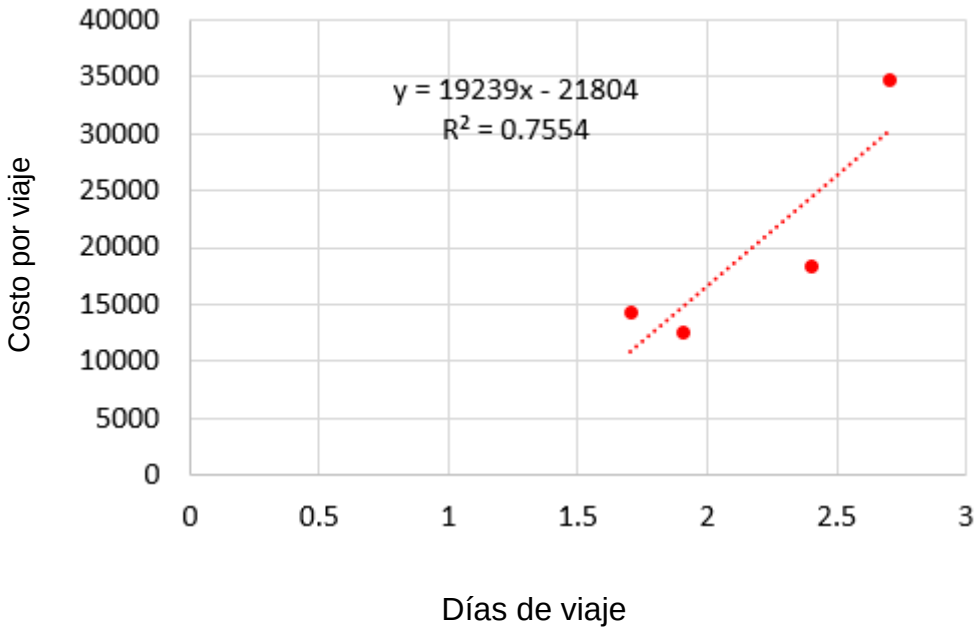


Figura 11. Tiempo de viaje vs costo por viaje

La gráfica señala que el costo y el tiempo de viaje son variables con una correlación positiva importante. Demostrando entonces que el costo crece y decrece en relación a la duración del viaje, por lo que viajes a regiones más distantes tienen un mayor costo.

A manera de resumen de esta sección, se presentaron los siguientes puntos frente a los sinodales del proyecto:

- Más del 60% del volumen de ventas se encuentra en las regiones Centro y Pacífico.
- Las regiones de alta demanda tienen largos tiempos de transporte.
- La competencia se encuentra posicionada en zonas con mayor venta, y es capaz de ofrecer un servicio más rápido.

4.3. Objetivos iniciales

En la etapa de diagnóstico se establecieron objetivos iniciales que demostraron las intenciones del equipo para con el proyecto. Es decir, el impacto esperado mediante el desarrollo del mismo y las expectativas que se tenían de los posibles resultados al finalizarlo. La lista de objetivos contenía uno general y tres específicos.

Objetivo general:

- Rediseñar la red logística nacional a través de la modelación y simulación de posibles escenarios con una proyección a 5 años.

Objetivos específicos:

- Definir y evaluar factores críticos de éxito.
- Desarrollar un análisis operativo.
- Desarrollar un análisis financiero para cada escenario.

Debida a la ausencia de una fase formal de implementación y medición, dada la naturaleza del proyecto, se determinó que sería necesaria una robusta simulación que pueda demostrar la eficiencia del diseño del almacén con números actuales pero también proyecciones a futuro. Además, se decidió que no solo sería una proyección neutral, sino también se trabajaría una proyección optimista y una pesimista para entregar una propuesta con un análisis más integral.

En cuanto a los objetivos particulares, se definieron tres, que fueron desarrollados y plasmados de manera cualitativa en vez de cuantitativa. Esto debido al tipo de proyecto, que en lugar de ser un proyecto de mejoramiento clásico, es categorizado como un proyecto de diseño. El primero - definición y evaluación de factores críticos de éxito - era necesario para ubicar los indicadores que serían clave para rastrear y comparar el inicio y final del proyecto. El segundo objetivo particular - desarrollar un análisis operativo - se refería en términos generales a determinar todo lo necesario para operar el almacén de manera interna. El último objetivo descrito - análisis financiero de escenarios - se refería a obtener parámetros financieros importantes que formen parte de la sección financiera de un estudio de pre factibilidad.

Este listado de objetivos se mostró ante los sinodales en la presentación de anteproyecto. Y después de la presentación sufrió cambios hasta el punto en que se decidió que se hablara de ellos no como “objetivos” sino más como “factores críticos de éxito” para el proyecto, esto debido a que la decisión sobre el nuevo CEDIS en el centro del país por parte de la empresa ya estaba tomada, independientemente de la repercusión económica, por lo que el éxito del proyecto no estaba necesariamente ligado a la optimización o mejoramiento de un valor y/o indicador específico, sin embargo sí podrían identificarse ciertos factores que darían justificación a la decisión estratégica.

4.4. Alcance

El alcance del proyecto fue una preocupación de los sinodales desde el momento en que el anteproyecto se presentó. No porque fuera muy acotado, sino por lo contrario, porque parecía muy amplio y requería definirse de manera más realista. El alcance presentado consistía de dos puntos principales. El primero de ellos se trataba del análisis de factibilidad financiera, mientras que el segundo punto se refería al análisis operativo. A continuación se despliega el resumen del alcance propuesto al inicio del proyecto:

- Análisis de factibilidad financiera
    - Determinación del retorno de inversión (ROI).
    - Valor presente neto (NPV)
    - Plazo de recuperación (PP)
- Análisis operativo
    - Diseño de:
        - *Layout* funcional para el centro de distribución
        - *Racks* para almacenamiento
        - Rutas de transporte
        - Sistema de gestión interna
    - Determinación de los modos de transporte
    - Determinación de los recursos de operación

Para la primera parte del alcance, se propuso adentrarse en un análisis de factibilidad financiero. Este posibilitará al equipo desarrollar un entregable que daría al cliente información relevante y de utilidad al momento de llevar a cabo el proyecto. Sin embargo, este punto pasó a reducirse, consecuencia de recomendaciones, a un **análisis financiero de pre factibilidad**. Donde no se entraría al detalle en las consecuencias y desempeños financieros, pero si en la presentación y cómputo de algunos indicadores financieros para la toma de decisiones.

En cuanto a la segunda parte del alcance, el equipo había propuesto una etapa importante de diseño generada a partir del análisis de operaciones actuales. Esto se mantuvo a lo largo del proyecto, sin embargo, por recomendación, se decidió acotarlo, dejando fuera del alcance el diseño de las rutas de transporte, así como también la selección de los modos de transporte. Es decir, **se decidió hacer a un lado parte del análisis y diseños externos al CEDIS**, enfocándose en la parte de operación interna.

En siguientes etapas de este escrito se presentaran los factores críticos de éxito definidos para el proyecto así como el alcance de diseño específico propuesto como parte de los entregables formales de la etapa.

4.5. Cronograma

Para el cronograma del proyecto, se decidió desarrollar un diagrama de Gantt, en el cual se plasmaron las actividades planeadas para cada una de las etapas de la metodología. Debe recalcarse que para este momento del proyecto la metodología desarrollada por el equipo pefista constaba de tres etapas distintas a las realmente utilizadas, lo cual se demuestra en el diagrama de la *figura 12.*

El uso de esta herramienta beneficia a los involucrados en el proyecto de dos maneras que se desean resaltar:

- Una de ellas es la facilidad por modificar los planes. Las actividades por realizar son muchas y el tiempo es limitado, por lo tanto planear fechas límite para cada actividad es esencial. Sin embargo, casi nunca se puede respetar el plan inicial de manera perfecta. Y no es malo cambiar los planes, lo malo es no tener un plan.
- La segunda gran ventaja es lo fácil que es visualizar el plan realizado mediante este diagrama. Esto permite al equipo presentar su plan de manera rápida y eficaz ante no solo sinodales, sino también los clientes y ante la asesora del proyecto.

El resultado del plan inicial para el proyecto resultó en el siguiente diagrama.

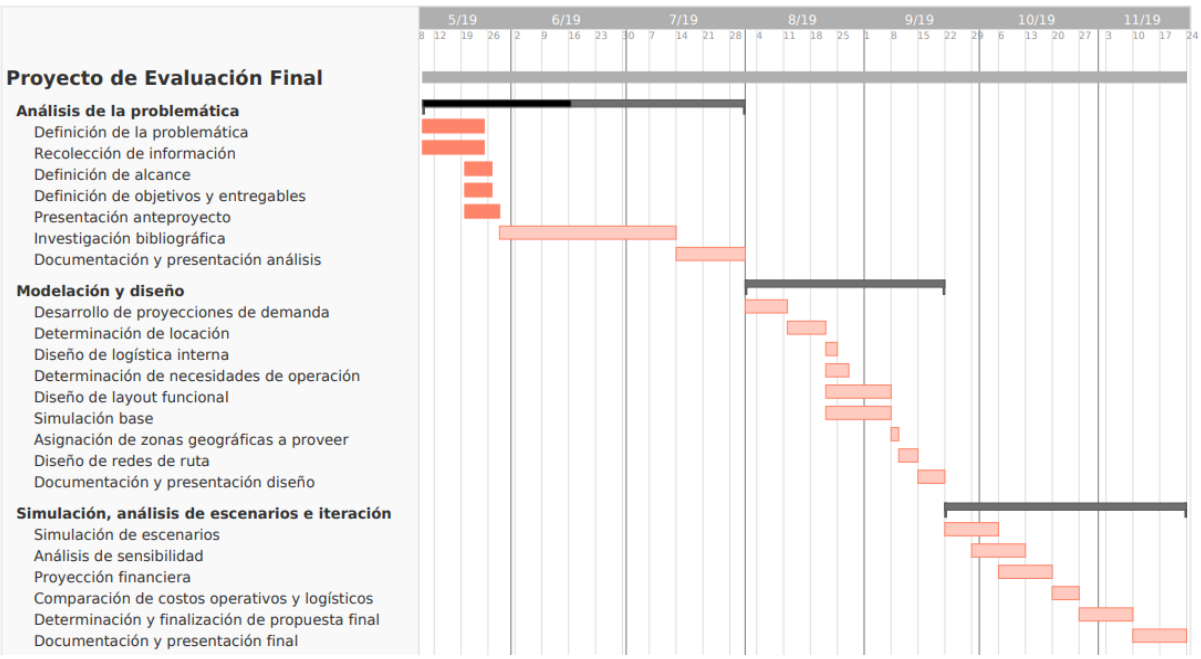


Figura 12. Gantt inicial del proyecto

5. Localización

5.1. Primera aproximación

Para una primera aproximación de la localización del nuevo CEDIS, se utilizó el modelo estándar de localización continua de una sola instalación de centro de gravedad (COG por sus siglas en inglés). Para ello se utilizó un software de computación directa llamado LogWare.

El modelo COG considera los siguientes supuestos de modelación, así como algunas premisas de operación consideradas por el equipo:

- Se considera que el CEDIS de Monterrey satisface los pedidos de la región norte
- Se realizan viajes con un solo destino
- Los camiones van cargados al 100% de su capacidad
- Tarifa de transporte es estimada con base en la caja de 53 pies
- Almacén con capacidad ilimitada

5.1.1. Entradas del modelo

- Volumen de demanda en unidad estandarizada: Como se demostró anteriormente en las gráficas de correlación, para fines de procesamiento la unidad utilizada es indiscriminada, por lo que se decidió trabajar con demandas en m^3.
- Costo de transporte por unidad: Para demandas en m^3 se necesitaba un costo por km recorrido por unidad de volumen. Para ello se utilizó como base el tarifario de la caja de 53 pies, principal medio de transporte de la empresa. Se presenta a continuación (*Figura 13*) un análisis de regresión lineal del tarifario con los kilómetros recorridos correspondientes.

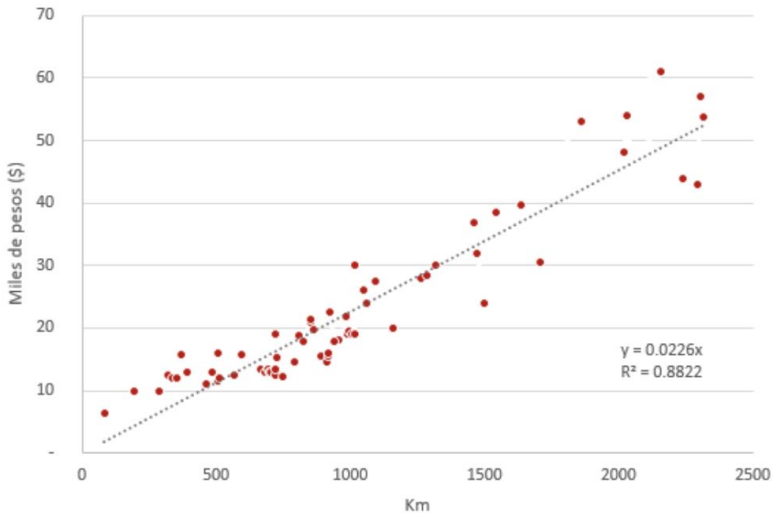


Figura 13. Kilómetros recorridos vs $

Con una R^2 de 0.88, el análisis de regresión nos da un costo por km recorrido por caja (de 53 pies) de $22.62, considerando que la caja de 53 pies tiene capacidad de 98 m^3, y bajo la premisa de que los camiones van cargados al 100% de su capacidad, eso nos da un costo por km recorrido por m^3 de $0.23.

- Coordenadas de clientes: Utilizando la herramienta google maps, y a cómputo manual, se obtuvieron las coordenadas de los clientes de grupo Torrey.

- Número deseado de ubicaciones: Para este ejercicio, y para los fines del proyecto, se especificó la solución de una única nueva ubicación.

5.1.2. Salidas del modelo

- Coordenadas de nueva ubicación: La coordenada resultante fue la (20, -100.1) correspondiente a la ciudad de Temascalcingo en el Estado de México.
- Costo total de transporte: El costo de transporte asociado a la solución fue de $17, 553,489 considerando el T1 (Costo de transporte de abastecimiento de fábricas a CEDIS) y T2 (Costo de transporte de distribución de CEDIS a clientes).

5.2. Índice cualitativo de ubicación Easy Consulting

De la solución obtenida del modelo COG, se seleccionaron ciudades cercanas al punto óptimo, incluyendo SJR, analizando sus respectivos costos de transporte. Se presenta a continuación el análisis (*figura 14*)

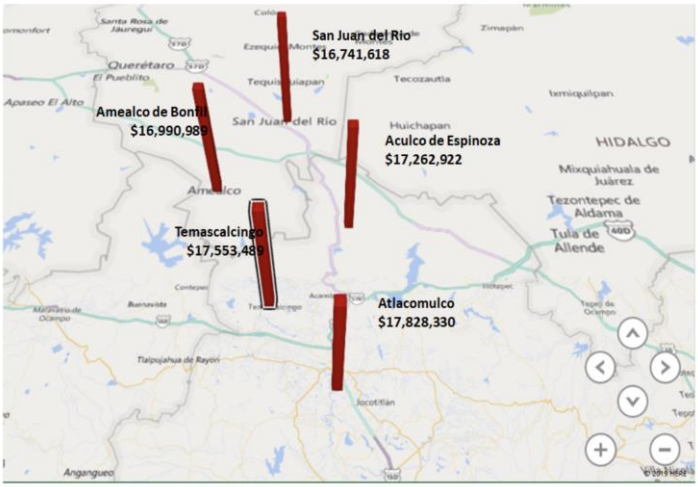


Figura 14. Costos de transporte en ubicaciones

Como se observa, la variación en costo de las respectivas ubicaciones es alrededor del 5%. Debido a esta variación, el costo se convierte en una variable indiscriminada para la toma de decisión de ubicación. Ante esto, el equipo se vio en la necesidad de desarrollar una herramienta cualitativa para la toma de decisión, basada en herramientas existen como el Índice de desempeño logístico (LPI por sus siglas en inglés), así como en fuentes de información gubernamentales y documentos oficiales económicos, geográficos y demográficos del país.

Se desarrolló entonces el Índice Cualitativo de Ubicación Easy Consulting (ICUEC), considerando 6 rubros de calificación independiente para el análisis y toma de decisiones basadas en factores cualitativos de potenciales ubicaciones, presentados en un hexágono. Los seis rubros se plasmaron de manera gráfica en la *figura 15*, para fines de calidad visual.

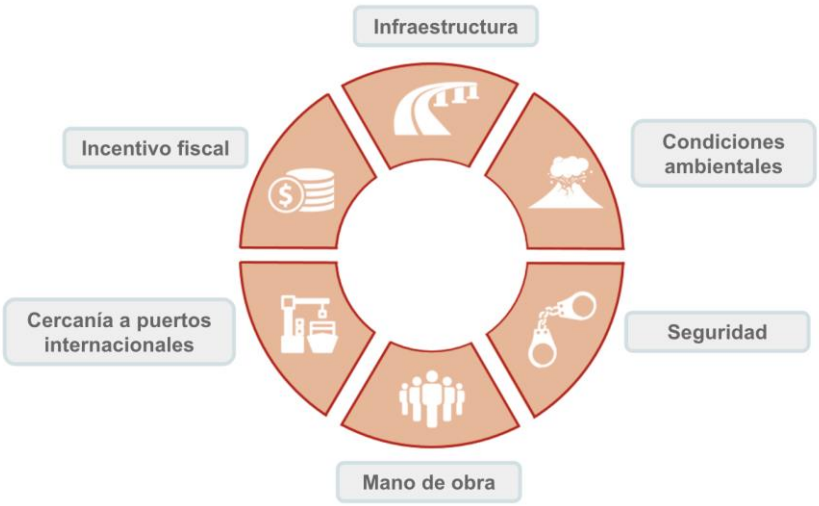


Figura 15. ICUEC

A continuación se muestran los distintos elementos considerados para cada rubro y cómo es que fueron medidos (*Figura 16 - 17*).

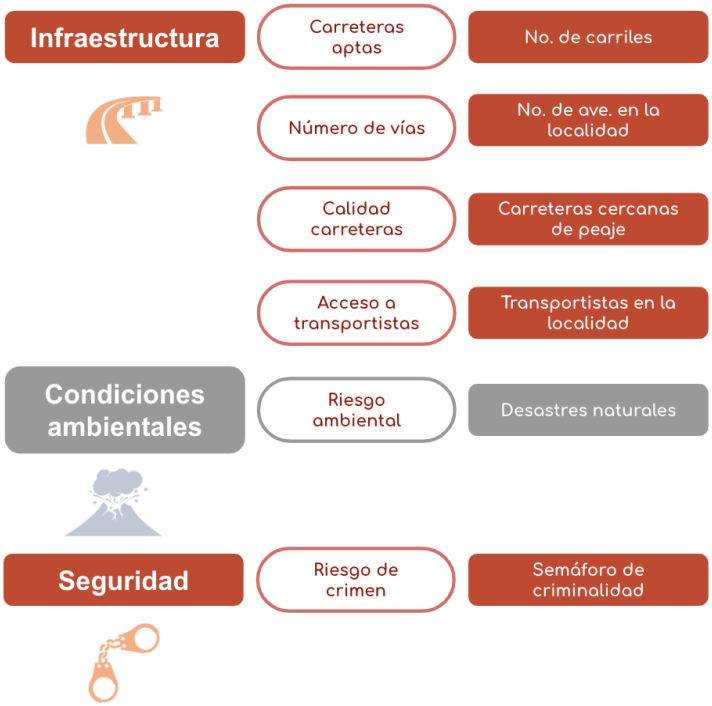


Figura 16. Rubros

Figura 17. Rubros 2

Cada uno de los rubros se midió de diferente manera, y para explicar el proceso y la lógica detrás de los resultados, se describirá brevemente cómo se llegó a definir cada uno de los elementos y por qué se decidió medirlos de la manera que se midieron.

Infraestructura

- Carreteras aptas: Este elemento del rubro de Infraestructura se midió mediante la suma de carriles totales pertenecientes a carreteras que atraviesan o rodean la ciudad. Solo se tomaron en cuenta carreteras donde se permitía el tránsito pesado. Esto nos indicaba un nivel de infraestructura vial apto para transporte pesado y que abría posibles caminos para el transporte de productos de CEDIS (Monterrey) a CEDIS (SJR) y de CEDIS (SJR) a cliente.
- Número de vías: Se decidió obtener un aproximado del número de avenidas en las ciudades elegidas para calcular el nivel de infraestructura vial general disponible en la localidad. Esto serviría para entender qué tan probable es que haya actividad industrial y qué tan preparada está la ciudad para un alto tránsito vial.
- Calidad de carreteras: Se consideró importante medir qué tan buena era la disponibilidad de carreteras, no solo en cantidad sino en calidad de vías. Para esto se hizo un conteo de las carreteras con cobro de peaje, debido a que estas tienden a tener un mejor nivel de mantenimiento y una mayor calidad.
- Acceso a transportistas: Se hizo una búsqueda de transportistas ubicados en las localidades para poder calificar la disponibilidad de transporte de carga de cada ciudad.

Condiciones ambientales

- Riesgo ambiental: La medición del riesgo fue siempre un factor importante para el cliente y su decisión de localización. El riesgo ambiental se midió a través de una investigación del Banco Interamericano de Desarrollo. Esto sirve para evitar el mayor riesgo posible al momento de localizar el CEDIS.

Seguridad

- Riesgo de crimen: El riesgo de crimen fue medido mediante el semáforo delictivo de México. Este tema toma importancia sobre todo al llegar a niveles altos de riesgo, y muchos estados mexicanos pueden caer en la categoría de “alto riesgo”.

Incentivo fiscal

- Apoyo gubernamental: El apoyo gubernamental se midió mediante el número de incentivos fiscales ofrecidos por el gobierno a los interesados en poner un negocio en algún estado en particular. Esto puede en ocasiones empujar la balanza hacia otro lado para la gerencia, al momento de evaluar opciones.

Cercanía a puertos

- Puerto de Manzanillo: Se midió la cercanía de cada punto al puerto de Manzanillo en términos de distancia en carretera. Se escogió este puerto debido a que es cercano y es el puerto más importante en cuanto a importancia de China, de donde son la gran mayoría de los proveedores de Grupo Torrey.

Mano de obra

- Disponibilidad: Para medir la mano de obra potencial se investigó la proporción demográfica de cada ciudad para determinar el números de personas con la edad suficiente para laborar.
- Escolaridad: La escolaridad se investigó ya que esto ayudó a acotar la población de trabajadores potenciales al número de trabajadores con el nivel de escolaridad requerido por la empresa.

5.2.1. Primera aplicación del ICUEC

Se aplicó la herramienta desarrollada para la evaluación de las ciudades cercanas al punto óptimo del modelo COG, ubicado en Temascalcingo. Los resultados se presentan en la *figuras 18 - 22.*

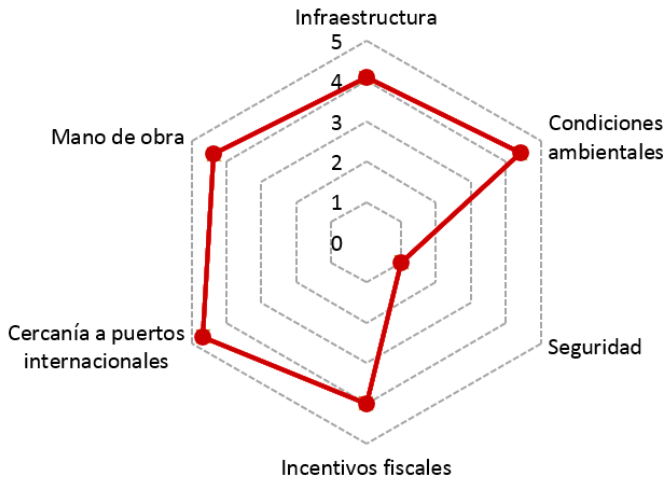


Figura 18. SJR

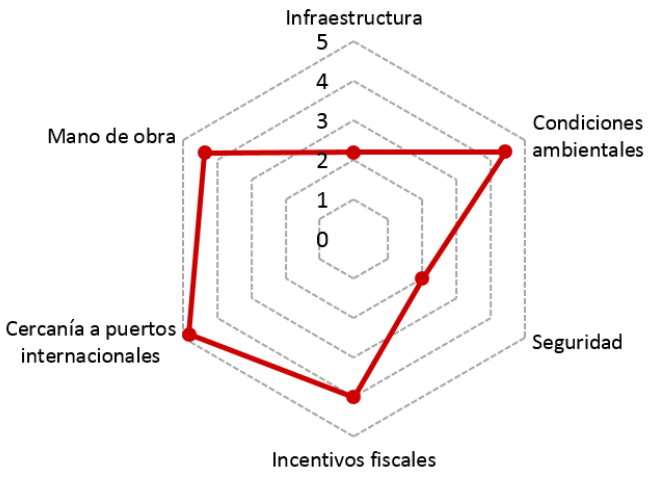


Figura 19. Amealco de Bonfil

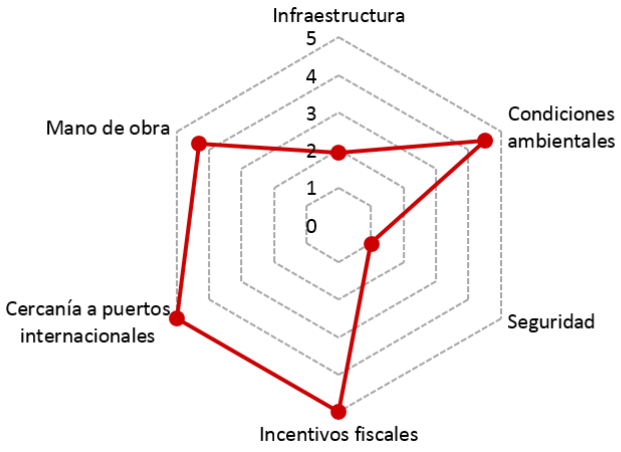


Figura 20. Temascalcingo

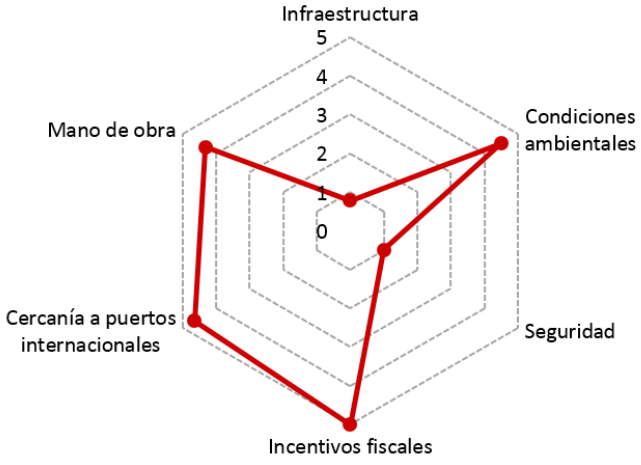


Figura 21. Aculco de Espinoza

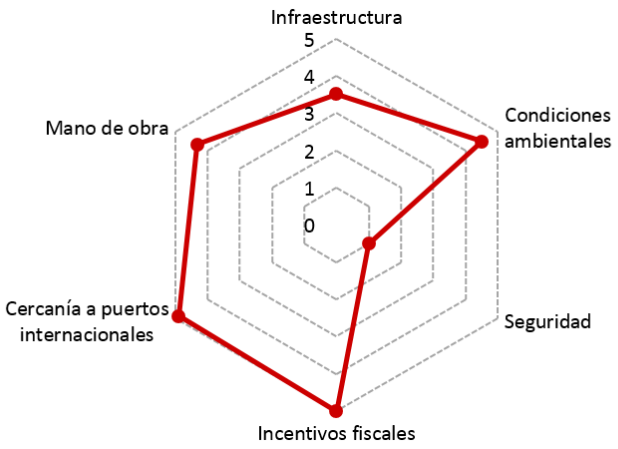


Figura 22. Atlacomulco

Los resultados mostraron principal inclinación hacia SJR y Atlacomulco, cada uno destacando en aspectos diferentes respecto al resto:

- **Atlacomulco - Incentivos fiscales**
    - Reducción en impuestos estatales
    - Reducción en impuesto sobre la renta
    - Reducción en impuesto sobre la tenencia
    - Incentivos especiales para proyectos fuera del área metropolitana
- **SJR - Infraestructura**
    - Más carreteras
    - Carreteras más amplias
    - Más transportistas
    - Mayor cantidad de personas en edad para trabajar

5.2.2. Segunda aplicación del ICUEC

Los resultados anteriores fueron expuestos al cliente para resolver en la decisión de ubicación, sin embargo el cliente considero valioso considerar ciudades adicionales en el análisis cualitativo. La principal vía de transporte hacia el centro del país, y su principal cliente (Ciudad de México), es la carretera federal no. 57, ante esto se realizó un segundo análisis cualitativo de las distintas ciudades cercanas al punto óptimo que además estuvieran sobre la carretera no. 57.

Primero se realizó el análisis de costo de transporte para estas ciudades (*Figura 23*).

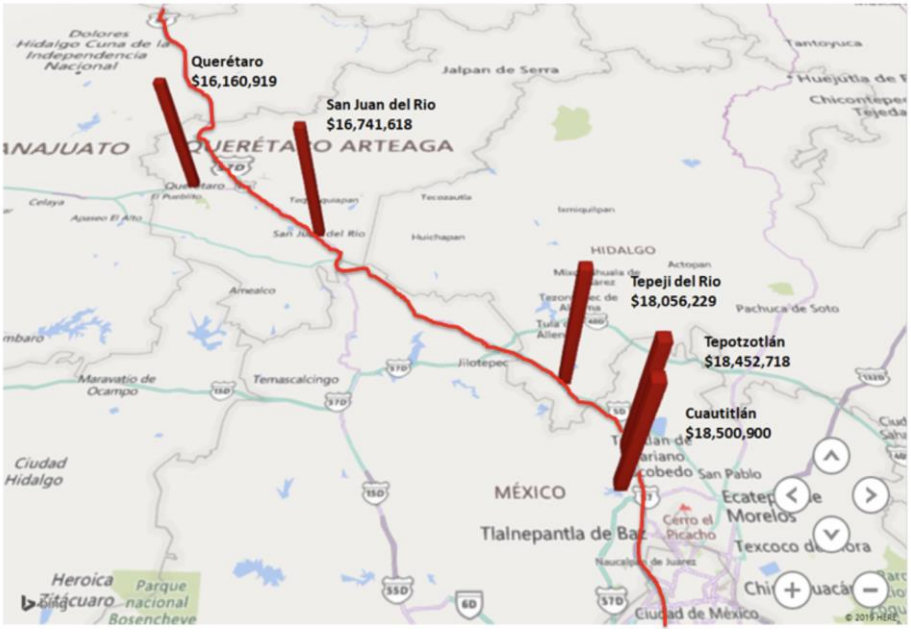


Figura 23. Costos de transporte en ubicaciones

En este análisis sobre la carretera no. 57 se observó una variación en el costo de transporte del 12% entre las ubicaciones, lo que representa ya una variación significativa para la toma de decisión, con una tendencia escalonada, Santiago de Querétaro y SJR representan las opciones menos costosas.

A continuación se presenta el resultado del análisis cualitativo en las *figuras 24 - 28*.

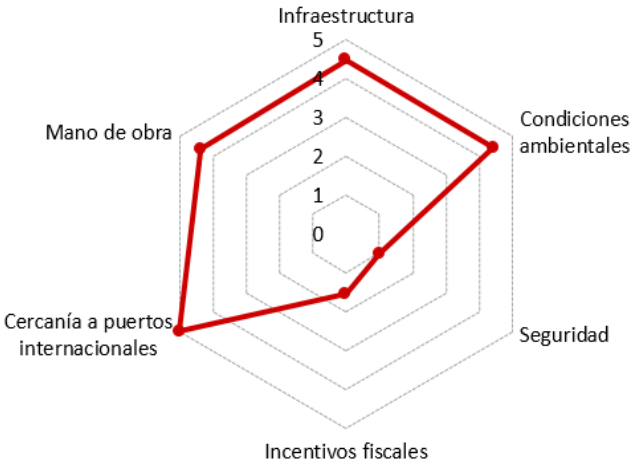


Figura 24. Santiago de Querétaro

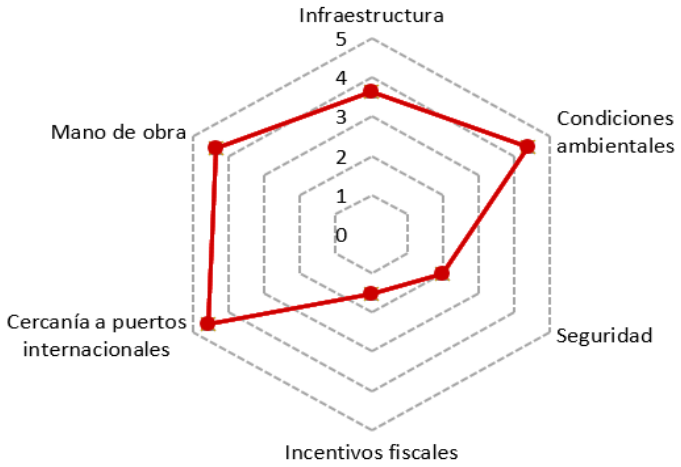


Figura 25. SJR

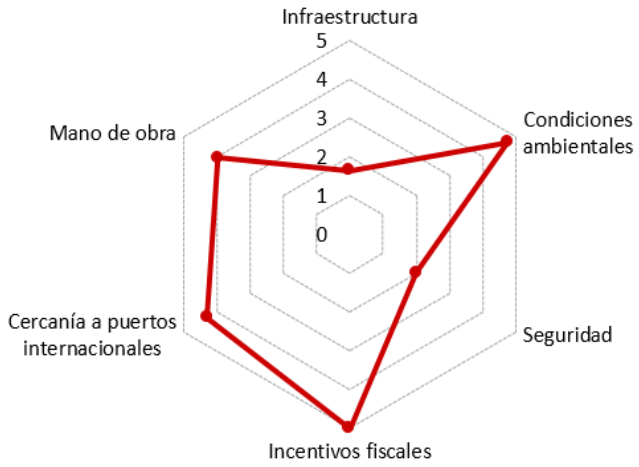


Figura 26. Tepeji del Río

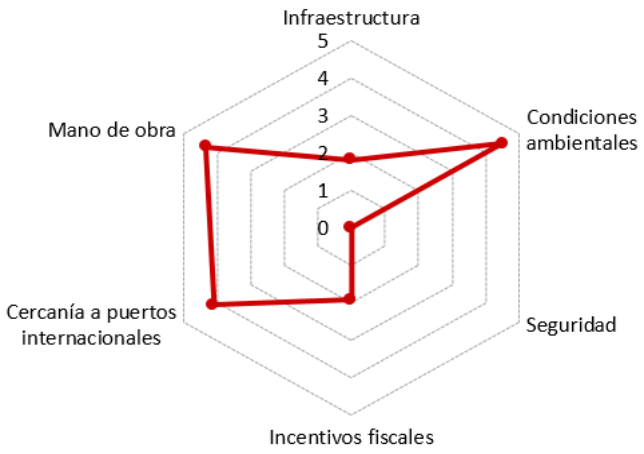


Figura 27. Tepotzotlán

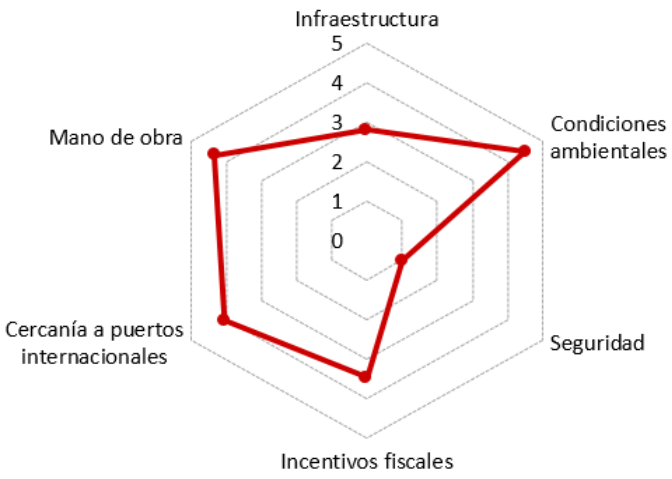


Figura 28. Cuautitlán Izcalli

Como puede observarse, el hexágono de SJR cambió en la categoría de incentivos fiscales, ya que este rubro en específico se midió a través de un escalamiento con el de mayor calificación, lo que significa que Tepeji del Río es por mucho el que cuenta con mejores incentivos.

De este análisis y de su presentación al cliente, se resolvió en únicamente dos ubicaciones potenciales: Santiago de Querétaro y SJR. Esto debido a que el cliente consideró mayormente decisivo el rubro de Infraestructura, categoría en que Santiago de Querétaro y SJR destacan.

6. Diseño

Aun cuando la decisión sobre la ubicación no había sido tomada, la incógnita estaba sobre las ciudades de Santiago de Querétaro y SJR, ante esto se decidió avanzar con la fase de diseño considerando la ubicación de SJR para todos los cálculos necesarios, esto debido a la similitud en aspectos cualitativos y de ubicación entre ambas opciones, considerando despreciables las posibles variaciones en resultados de diseño que pudieran existir de elegir una ubicación sobre la otra.

6.1. Dimensionamiento

6.1.1. Modelo de asignación

Para poder comenzar la fase de diseño a partir de la primera aproximación, se realizó un modelo matemático de asignación en GAMS, el cual es un software especializado en la optimización de modelos matemáticos lineales y no lineales entre muchas otras funciones. Este modelo de asignación, como se muestra en la *figura 29*, busca determinar qué combinación de clientes es la óptima, minimizando el costo de transporte total. Esto quiere decir que el modelo nos indicó que clientes debían de ser abastecidos desde el CEDIS de SJR y que otros clientes debían de continuar siendo abastecidos por el CEDIS de Monterrey de manera que el costo total con ponderación de demanda fuera el menor posible.

<u>Índices</u>

I = {1, 2} 1 = CEDIS Monterrey
2 = CEDIS SJR

J = {1, 2, 3… 114}

<u>Variables</u>

z = Costo total ponderado de CEDIS atendiendo a las poblaciones de clientes

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & CEDIS\ i\ entrega\ a\ población\ j \\ 0 & De\ otra\ forma \end{cases}$$

<u>Parámetros</u>

d_{ij} = Distancia de CEDIS *i* a población *j*

t_{ij} = Factor de costo de transporte de CEDIS *i* a población *j*

p_j = Porcentaje de demanda total perteneciente a la población *j*

$$\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{144} d_{ij} * t_{ij} * p_j * x_{ij}$$

St:

$$\text{Dem)}\ x_{1j} + x_{2j} = 1 \quad \forall j \in J$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J$$

Figura 29. Modelo de asignación

Como primer parte inicial del modelo se definieron los Índices. En este caso los dos CEDIS que estamos consideraron se asignaron al índice *i* refiriéndonos como *i1* al CEDIS de Monterrey y como *i2* al CEDIS de SJR. Asimismo se asignaron los 144 clientes de la empresa al índice *j*, comenzando en *j1, j2, j3*…. y así sucesivamente con cada cliente (*Figura 30*).

Índices

I = {1, 2} 1 = CEDIS Monterrey
2 = CEDIS SJR

J = {1, 2, 3… 114}

Figura 30. Índices

Como siguiente paso, se determinaron las variables a considerar en el modelo. La primer variable, definida como *z,* representa la función objetivo, esta busca obtener el costo total de transporte óptimo de la operación de abastecer a los clientes desde ambos centros de distribución. La segunda variable es binaria y su función es indicar con un 1 si el CEDIS *i*, siendo Monterrey o SJR va a abastecer al cliente *j*, teniendo la posibilidad de ser cualquier de los 144 clientes antes mencionados. De manera que las combinaciones que sean indicadas con un 1 son los clientes que se le asignará a cada CEDIS (*figura 31*).

Variables

z = Costo total ponderado de CEDIS atendiendo a las poblaciones de clientes

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & CEDIS\ i\ entrega\ a\ población\ j \\ 0 & De\ otra\ forma \end{cases}$$

Figura 31. Variables

Entre los parámetros del modelo se incluyen las distancias lineales entre ambos CEDIS con cada uno de los clientes definida como *dij*. También se incluye el factor de costo de transporte por camión desde el CEDIS a cada cliente, definido como *tij*. Por último, se agregó la proporción de demanda de cada cliente con respecto a la demanda total, llamándola *pj* (*Figura 32*).

La función objetivo del modelo se encarga de sumar las distancias del CEDIS *i* a cada cliente *j*, multiplicadas por el factor de costo de transporte por cada tipo de camión del CEDIS *i* a la población *j,* multiplicados por el porcentaje de demanda de cada cliente

j, multiplicado por la decisión binaria de sí ese CEDIS *i* entregaría a esa población *j*. La única restricción del sistema es que todos los clientes deben de ser atendidos, así como la de no negatividad (*figura 33*)

Parámetros

d_{ij} = Distancia de CEDIS *i* a población *j*

t_{ij} = Factor de costo de transporte de CEDIS *i* a población *j*

p_j = Porcentaje de demanda total perteneciente a la población *j*

Figura 32. Parámetros

Formulación del modelo

$$\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{144} d_{ij} * t_{ij} * p_j * x_{ij}$$

St:

$$\text{Dem)}\ x_{1j} + x_{2j} = 1 \quad \forall j \in J$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J$$

Figura 33. Formulación del modelo

Este modelo de asignación se escribió en GAMS y se generó un listado de resultados los cuales nos arrojaron la combinación óptima entre CEDIS, cliente y camión que se debía a utilizar para lograr obtener el menor costo de transporte posible (*Ver anexo 1*).

A continuación, en la *tabla 1* se muestra un resumen de los resultados obtenidos del GAMS, mostrando como ejemplo un grupo de los clientes totales, en donde se puede ver la respectiva asignación del CEDIS que indicó el software, especificando si se eligió el CEDIS de SJR o Monterrey para ese cliente. En la tabla también se puede ver el tipo de transporte a través del cual era más factible abastecer al cliente según el factor de costos de cada tipo de camión.

Resumen de asignación de clientes a los CEDIS

Num. cliente	Cliente	CEDIS	Camión a utiliza
80	LOCAL 24, SAN PABLO, QUER	SJ	Mudanza
2	ABASOLO	MTY	torton
46	COL. SALITRE	SJ	Mudanza
17	CELAYA	SJ	Mudanza
5	APODACA	MTY	Mudanza
18	CELAYA CENTRO, CELAYA	SJ	Mudanza
48	COL. SAN PABLOE	SJ	Mudanza
133	Tultitlan	SJ	Mudanza
102	PACHUCA	SJ	Mudanza
10	CADEREYTA JIMENEZ	MTY	torton
127	TLANEPANTLA	SJ	Mudanza
129	TOLUCA	SJ	Mudanza
130	TOLUCA,	SJ	Mudanza
94	MONCLOVA	MTY	Mudanza
72	HUEJUTLA	SJ	Mudanza
100	OAXACA	SJ	Mudanza
19	central de abastos A.F. I	SJ	Mudanza
21	CENTRO	SJ	Mudanza
32	COL. CENTRO AREA 6, MEXIC	SJ	Mudanza
108	REYNOSA	MTY	Mudanza
33	COL. CENTRO, DISTRITO FED	SJ	Mudanza
37	COL. CLAVERIA , CD DE MEX	SJ	Mudanza
109	REYNOSA,	MTY	Mudanza
45	COL. ROMA DELEGACION CUAU	SJ	Mudanza
23	CHEFF DIPO	MTY	Mudanza
50	CUAUHTEMOC	SJ	Mudanza
52	CUCHILLA DEL TESORO, MEXI	SJ	Mudanza
20	CENTRAL DE ABASTOS GOMEZ	MTY	Mudanza
55	DELEGACION CUAUHTEMOC	SJ	Mudanza
131	TORREON	MTY	Mudanza
59	DURANGO	MTY	Mudanza
56	DELEGACION IZTAPALAPA	SJ	Mudanza
57	DELG.CUAUHTEMOC	SJ	Mudanza
58	DISTRITO FEDERAL	SJ	Mudanza
30	COL. CENTRO	MTY	Mudanza
79	LERDO,	MTY	Mudanza

Tabla 1

Como se mencionó anteriormente, uno de los parámetros del modelo fueron las tarifas de transporte por camión. Para esto se hizo una relación de distancia de clientes y transporte utilizado, haciendo una analogía con la operación actual en el CEDIS Monterrey.

Para poder generar las tarifas de transporte primeramente se realizó una regresión lineal entre las distancias en km del CEDIS al cliente y del costo del flete de acuerdo al tarifario de los transportistas y el tipo de camión.

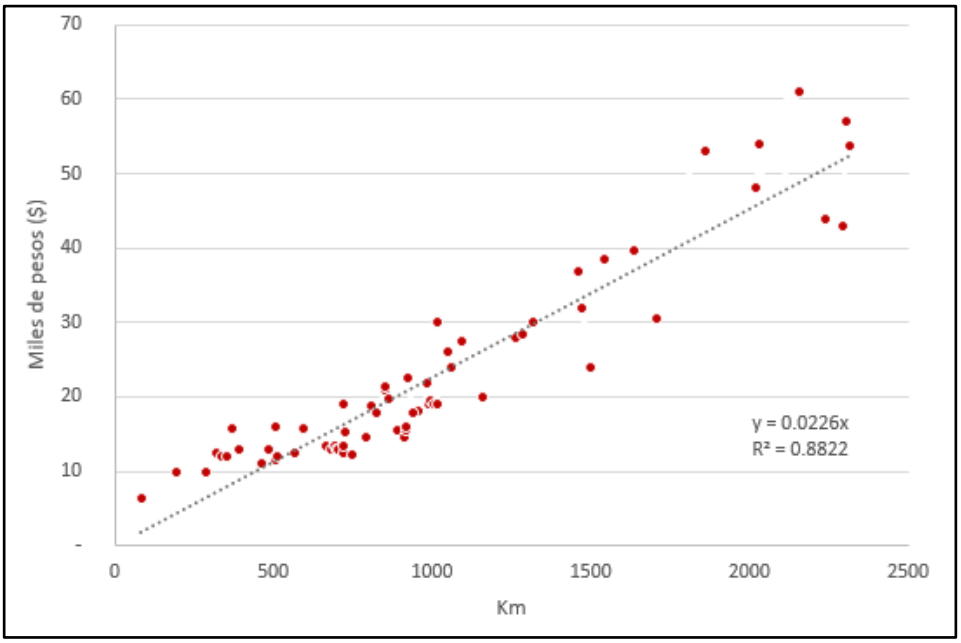


Figura 34. km vs $

La *figura 34* ejemplifica el ejercicio de regresión para el tarifario de la caja de 53 pies. La R^2 determina la calidad del modelo para replicar y explicar comportamientos futuros, mientras más cercano este el valor a 1 absoluto, mejor será la correlación entre ambas variables comparadas. Los valores de R^2 para los tres tipos de camiones fueron:

- Caja de 53: 0.8822
- Mudanza: 0.8755
- Caja de 3.5: 0.8158

Dados estos valores podemos asumir que para los tres diferentes tipos de camión el costo del flete va en función de los kilómetros recorridos. Bajo este supuesto se obtuvo un costo de flete por km recorrido para cada tipo de camión de $22.62 para la caja de 53, $20.54 para la mudanza y $16.75 para la caja de 3.5.

Para que estos costos pudieran ser utilizados de manera más práctica dentro del estudio, donde en su mayoría se manejan dimensiones por SKU´s y familias, se decidió obtener el costo de transporte del m^3 /km recorrido. Para esto se dividió la tarifa del camión por km indicada anteriormente entre el volumen en capacidad de cada tipo de camión. Las tarifas finales obtenidas fueron las siguientes:

- Caja de 53: $.231
- Mudanza: $.256
- Caja de 3.5: $1.39

Para el siguiente paso que fue determinar el tipo de camión que tendría el CEDIS de SJR según la distancia hacia su cliente. Primero se observó la asignación que tenía el CEDIS de Monterrey, para esto se obtuvo el número de viajes hacia cada región por tipo de camión. La región de la zona norte se dividió en 2, separando el estado de Nuevo León de los demás estados de la región para poder resaltar los rangos de km que recorren los camiones más pequeños.

En la *tabla 2* se puede ver como los camiones con dimensiones más pequeñas que son el torton y la caja de 3.5 tiene mayor frecuencia en viajes dentro de Nuevo León. La mudanza tiene mayor presencia en la zona centro debido a todos los clientes ubicados en la CDMX y moderadamente en la región del pacífico. La caja de 53 pies es el tipo de transporte más utilizado y podemos ver que también tiene mucha presencia en el centro y en el pacífico. Esto se debe a que la caja de 53 recorre las distancias más grandes y es este un escenario común de acuerdo a la posición del CEDIS de Monterrey en la parte Noreste del País. Esto significa que pasando la distancia de 950 km, que es la distancia entre Monterrey y CDMX, la mejor opción es utilizar la caja de 53. Para distancias menores a 950 km, el camión más utilizado es la mudanza; y para todos los viajes en el área metropolitana se utiliza el camión de 3.5 y torton estableciendo un rango de 40 km. Sin embargo, se tomó la decisión de dejar fuera del estudio el torton ya que se utiliza en las mismas situaciones que la caja de 3.5 y el costo de m^3 /km recorrido es mayor.

Número de viajes por tipo de camión por región

Regiones/Tipo de camión	Torton	3.5	53	Mudanza	Total
Nuevo Leon	86	121	20	1	228
Norte	2	8	71	39	120
Centro	0	0	213	260	473
Sureste	0	2	56	38	96
Pacifico	0	1	357	126	484
Total	88	132	717	464	1401

Tabla 2

Para el almacén de SJR se tomó la misma distribución de rango por km por tipo de transporte que hay en el CEDIS de Monterrey, esto se observa en la *figura 35*.

Rango de tipo de camión por longitud de viaje

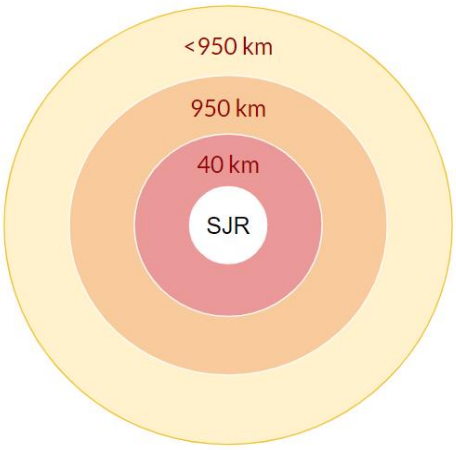


Figura 35. Factor de costo

El resultado final del modelo de asignación lo podemos ver en la *figura 36,* plasmado en un mapa la distribución de los clientes por CEDIS. Aterrizando este mapa a las cuatro regiones de Torrey, es evidente que SJR abastecería la región centro, sureste y parte del pacífico, incluso los estados de zacatecas y San Luis Potosí, los cuales pertenecen a la región Norte. El CEDIS de Monterrey se quedará con la mayor parte de la región norte y una fracción del pacífico.

Con esta división del territorio SJR se quedó aproximadamente con el 70% de los clientes de la empresa y con el 76% de la proporción de la demanda, mientras que Monterrey se quedó únicamente con el 30% de los clientes y con 24% de la proporción de la demanda.

Figura 36. Mapa de distribución de demanda

6.1.2. Análisis ABC

Una vez distribuida la demanda para la operación de los CEDIS, el siguiente paso para el dimensionamiento requería definir las máximos en inventario de acuerdo a una política de inventario. Para esto se decidió realizar un análisis ABC de la demanda correspondiente al CEDIS de SJR, con el propósito de determinar las políticas de inventario adecuadas para los distintos grupos de productos y su respectivo comportamiento.

El grupo A del análisis se trató a nivel SKU, productos que representan el 80% de los ingresos del grupo. Se muestra a continuación (*Figura 37*) una fracción de los productos, a manera de ejemplificación gráfica de su comportamiento.

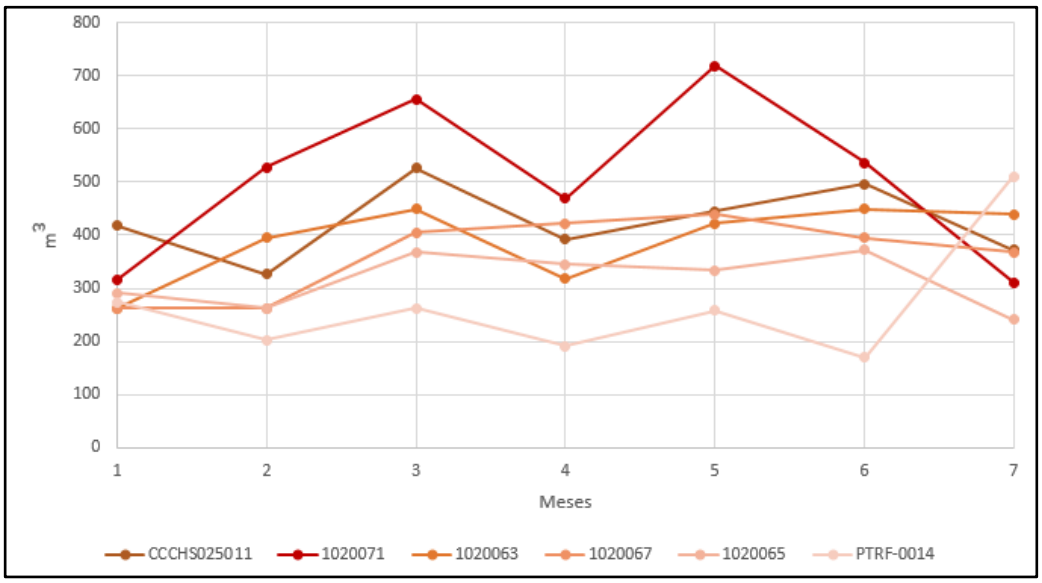
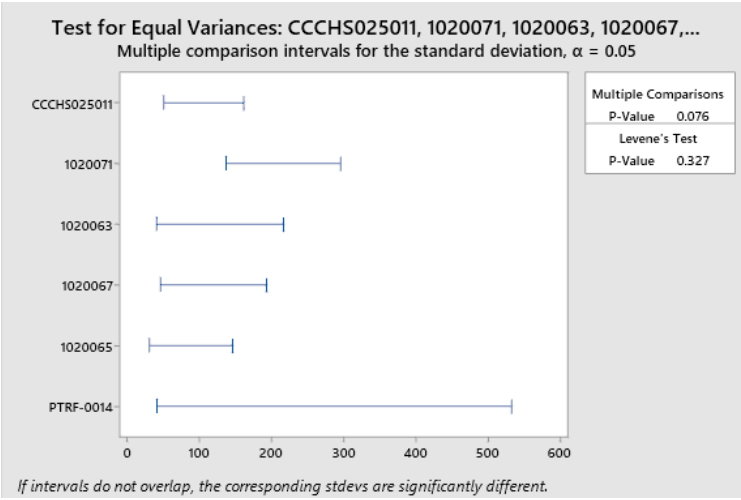


Figura 37. Grupo A

Para cada grupo se realizaron dos pruebas estadísticas: Prueba de varianzas iguales, y prueba de correlación. Esto con el fin de entender su comportamiento, y de acuerdo a este definir un supuesto genérico de comportamiento de demanda para determinar la política de inventario adecuada. Los resultados de dichas pruebas para el grupo A se presentan en las *figuras 38 y 39*.



Ho no se rechaza

Figura 38. Prueba varianzas

Pairwise Spearman Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
CCCHS255016	C1	7	-0.071	(-0.783, 0.721)	0.879
CCCHS025011	C1	7	0.071	(-0.721, 0.783)	0.879
1020071	C1	7	0.000	(-0.753, 0.753)	1.000
1020063	C1	7	0.536	(-0.422, 0.928)	0.215
1020067	C1	7	0.414	(-0.523, 0.898)	0.355
1020065	C1	7	0.071	(-0.721, 0.783)	0.879

Ho no se rechaza

Figura 39. Prueba correlación

De estos resultados puede concluirse que el comportamiento de los SKU´s del grupo A tienen varianzas similares, y que además no existe tendencia ni correlación significativa en el comportamiento de los datos. Por ello, se decidió trabajar bajo un supuesto de demanda estable, utilizando la política de inventario EOQ para demanda estable.

El grupo B del análisis se trabajó por familias, constituidas por los SKU´s que representan el 15% de los ingresos de ventas. Se presenta en la *figura 40* el comportamiento del grupo B (una fracción ilustrativa) así como los resultados de las pruebas estadísticas (*Figuras 41 y 41*).

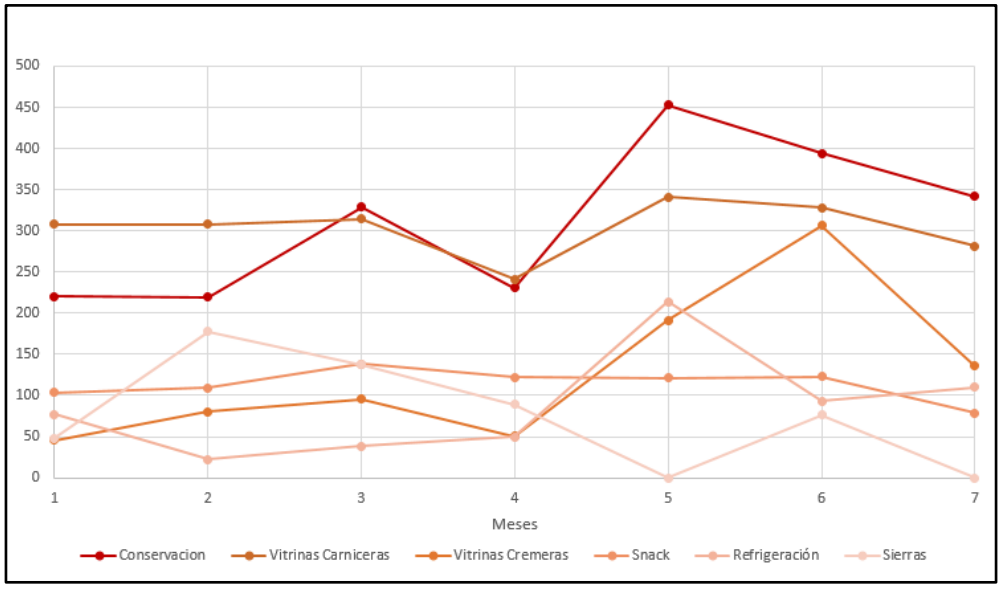
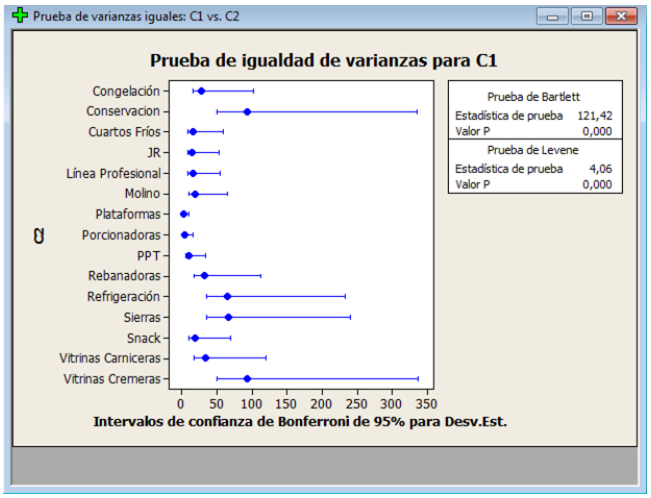


Figura 40. Grupo B



Se rechaza Ho

Figura 41. Prueba varianzas 2

Pairwise Spearman Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Conservacion	C1	7	0.786	(-0.061, 0.975)	0.036
Vitrinas Carniceras	C1	7	0.071	(-0.721, 0.783)	0.879
Vitrinas Cremeras	C1	7	0.786	(-0.061, 0.975)	0.036
Snack	C1	7	0.000	(-0.753, 0.753)	1.000
Refrigeración	C1	7	0.679	(-0.255, 0.957)	0.094
Sierras	C1	7	-0.541	(-0.929, 0.417)	0.210
Congelación	C1	7	-0.464	(-0.911, 0.484)	0.294
PPT	C1	7	-0.929	(-0.993, -0.443)	0.003
Cuartos Fríos	C1	7	0.143	(-0.686, 0.811)	0.760
Línea Profesional	C1	7	-0.036	(-0.768, 0.737)	0.939
Rebanadoras	C1	7	-0.721	(-0.965, 0.188)	0.068
Molino	C1	7	-0.613	(-0.945, 0.341)	0.144
JR	C1	7	0.414	(-0.523, 0.898)	0.355
Plataformas	C1	7	0.036	(-0.737, 0.768)	0.939
Porcionadoras	C1	7	-0.643	(-0.951, 0.304)	0.119

Se rechaza y/o se acepta Ho dependiendo de la familia

Figura 42. Prueba correlación 2

De las pruebas estadísticas se concluye que las familias presentan comportamientos diversos entre ellas, no podemos concluir que tienen varianzas similares, y además existen familias con correlación y tendencia significativa, así como otras con correlación y tendencia despreciables. Ante ello se decidió trabajar para este grupo bajo un supuesto de demanda variable.

El autor Edward A. Silver (1998) propone que bajo un supuesto de demanda variable se puede elegir entre dos políticas de inventario: EOQ y Silver meal. La decisión se constituye con base en el coeficiente de variación de los distintos elementos en estudio. Silver propone que para un coeficiente de variación menor o igual 0.2 se utilice el método de EOQ para demanda variable, en caso contrario, para coeficientes mayores a 0.2 se utilice la política de inventario Silver meal. Ante esto, para el grupo B se utilizaron estas dos políticas de inventario diferentes, de acuerdo al coeficiente de variación respectivo de cada familia.

Para el grupo C se utilizó la política de EOQ para demanda estable. Silver propone que dentro de un análisis ABC, los elementos pertenecientes al grupo C son elementos de baja dinámica y baja aportación económica, por lo que es indiferente el método o política de inventario que se utilice. Se presenta a continuación la gráfica del comportamiento del grupo C (Figura 43).

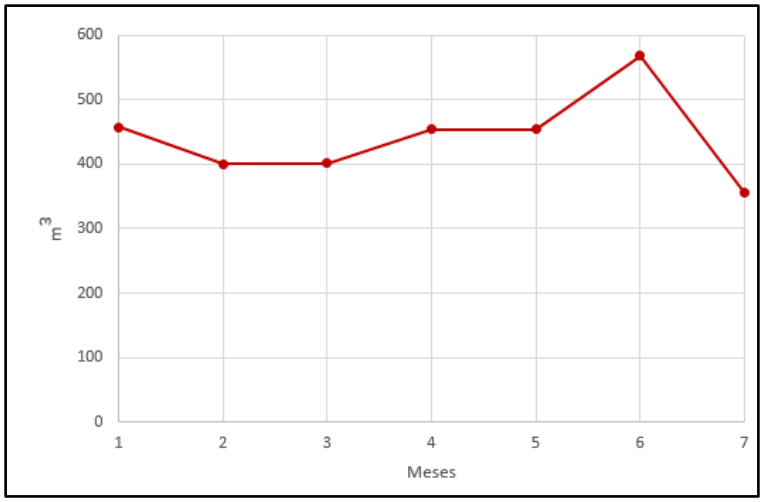


Figura 43. Grupo C

6.1.3. Estimaciones de costos

Una vez definidas las políticas de inventario, el siguiente paso fue el de definir estimaciones de dos costos: costo de mantener (h por su denominación en inglés) y costo de ordenar (A). Estos dos costos constituyen el fundamento para los cálculos y determinación de las respectivas políticas de inventario.

Para el HC se consideraron los siguientes elementos:

- Inventario promedio mensual en m^3
- Renta de bodega
- Vigilancia
- Energía eléctrica
- Sueldos
- Varios

Resultando en un costo estimado de $215.57 por m^3 almacenado al año.

Para el OC se consideró la cantidad de personas necesarias, así como el tiempo estimado requerido para la realización y operación de las siguientes actividades:

- Computación del pedido
- Autorización
- Recibo
- Descarga
- Almacenamiento
- Seguimiento a situaciones inesperadas
- Entre otros

Resultando en un costo estimado de $303.91 por camión.

6.1.4. Horizonte de planeación

El siguiente paso consistió en definir el horizonte de planeación y diseño. Esto se consultó directamente con el cliente, el cual comentó que el grupo espera que las condiciones cambien en 5 años, con un crecimiento global del 100%. Esto supone el diseño de un almacén con capacidad a 5 años, con un crecimiento supuesto aproximado del 19% anual. Sin embargo, investigaciones sobre la industria señalan que el sector ha tenido en los últimos tres años un crecimiento anual del 1.4%, lo que supone un crecimiento aproximado del 5.7% a 5 años (INEGI, 2015). Ante esto, se le llamó escenario optimista al comentado por el cliente como horizonte de diseño.

6.1.5. Políticas de inventario

El siguiente paso fue el cálculo de las políticas de inventario, en donde se definió para cada elemento de cada uno de los grupos del análisis ABC las políticas de: Punto de re-orden, cantidad de re-orden, safety stock, así como el cálculo de los máximos de inventario. Las distintas fórmulas utilizadas de acuerdo al método (EOQ variable, EOQ estable, Silver meal) se muestran en las *figuras 44 y 45*.

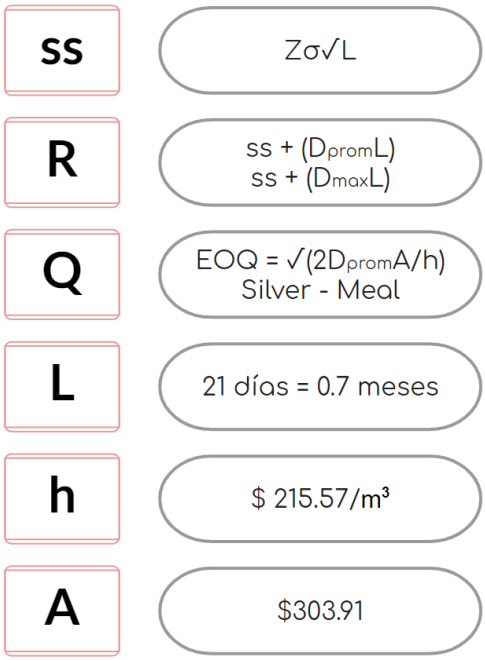


Figura 44. Fórmulas

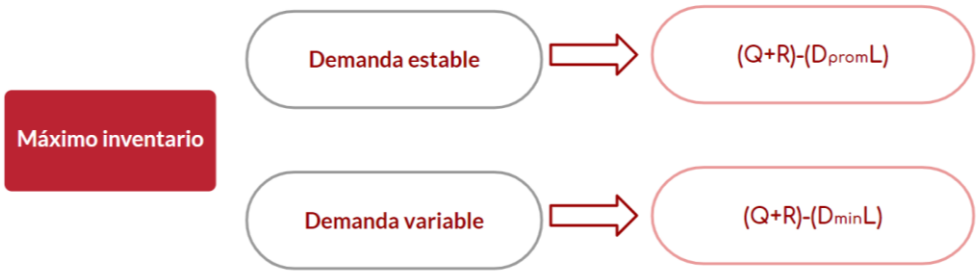


Figura 45. Máximos

6.1.6. Necesidades de dimensionamiento

Una vez obtenidos los máximos de inventario se determinaron las dimensiones generales en racks y piso necesarios para el almacenamiento de los distintos productos. Para esto, se clasificaron los productos en tres categorías dado su almacenamiento: Productos que van en rack, productos en tarima, y productos que se estiban en piso. Para cada una de estas tres categorías, y de acuerdo a las dimensiones de los productos estrella se obtuvo por familia de producto un porcentaje de ocupación de rack, ocupación de tarima, fracción o porcentaje de pila. De estos porcentajes y del máximo de inventario obtenido, se tradujo a requerimientos en número de racks y m^2 de piso. Se presenta a continuación un ejemplo de la operación,

ejemplificado con una familia para cada categoría por tipo de almacenamiento (*Figura 46*).

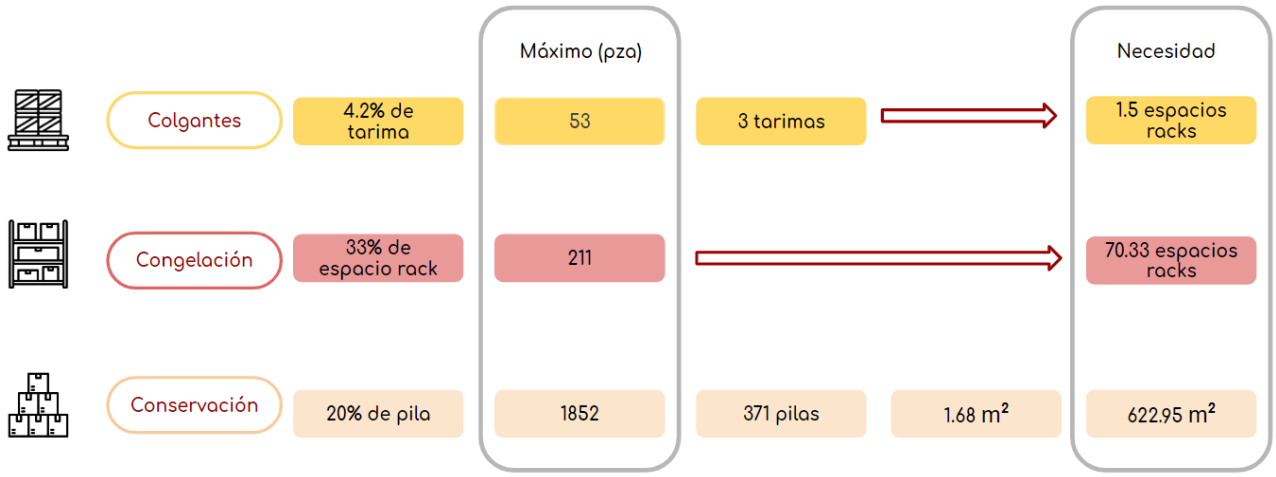


Figura 46. Cálculo de necesidades de dimensión

Como se observa el número obtenido de tarimas se dividió entre dos para obtener los requerimientos en espacios rack, esto debido a que cada posición rack tiene capacidad espacial para dos posiciones pallet.

El resultado final del análisis arrojó que se necesitaban 2,125 espacios rack y 623 m² de piso para una capacidad a 5 años con un crecimiento anual aproximado del 14%.

6.2. Estructura general

La estructura general sentó las bases para el resto del diseño del almacén. Este tema cubre el flujo del material, el organigrama y las áreas que existirán en el almacén. Esta es una etapa necesaria para poder avanzar hacia el diseño del *layout*, ya que determina cuestiones del acomodo y fija las áreas que se deberán diseñar.

Para llevar a cabo esta etapa se tuvo que recurrir a un *benchmarking* con el almacén de Torrey en Monterrey y una investigación teórica para determinar qué flujo de material es el óptimo para, con base en él, diseñar el *layout* del almacén.

6.2.1. Flujo del material

Para determinar qué flujo debe tener el material se investigó en fuentes como el artículo de investigación "*Layout evaluation of large capacity warehouses*" (Díaz, Huertas & Trigos, 2007), entre otros artículos diversos que hablaban de diferentes acomodos para el layout y cómo cada uno permite el flujo de material óptimo según las características del inventario.

El flujo en forma de U se recomienda ante una fuerte clasificación ABC, debido a que los artículos A pueden tener una posición preferencial en el almacén, se ahorra tiempo de *picking* y se puede compartir el equipo de trabajo entre el área de carga y descarga. Además de ahorrar un muy importante espacio de estacionamiento.

El inventario que se espera trabajar en el CEDIS de SJR tiene una clasificación ABC realmente marcada y fuerte. Esto se puede ver respaldado por los valores de la clasificación ABC del inventario que a continuación se presentarán.

Primero es necesario definir cuál sería la perfecta relación de ventas y productos en una fuerte clasificación ABC. Esta, la relación de ventas-productos ideal, se presenta en la *figura 47*.

Figura 47. ABC

Conociendo ya la clasificación ideal de ABC, resta compararla con la clasificación ABC del inventario del CEDIS de SJR. Para eso se utilizaron los mismos términos de porcentajes de ventas y productos. Los datos se presentan a continuación (*Figura 48*) según el análisis realizado por el equipo.

Figura 48. ABC Torrey

Debido a esto, el equipo optó por una propuesta que utiliza el flujo de material en forma de U. Es decir, el mismo flujo de material del almacén actual ubicado en Apodaca, N.L.

6.2.2. Organigrama

Parte del diseño de la estructura general del nuevo almacén es el diseño de organigrama de puestos. En el caso de este proyecto, el equipo soportó el diseño del nuevo organigrama mediante un *benchmarking* con el organigrama del CEDIS de Monterrey.

A continuación se presenta el organigrama del CEDIS Monterrey al día de hoy (*Figura 49*).

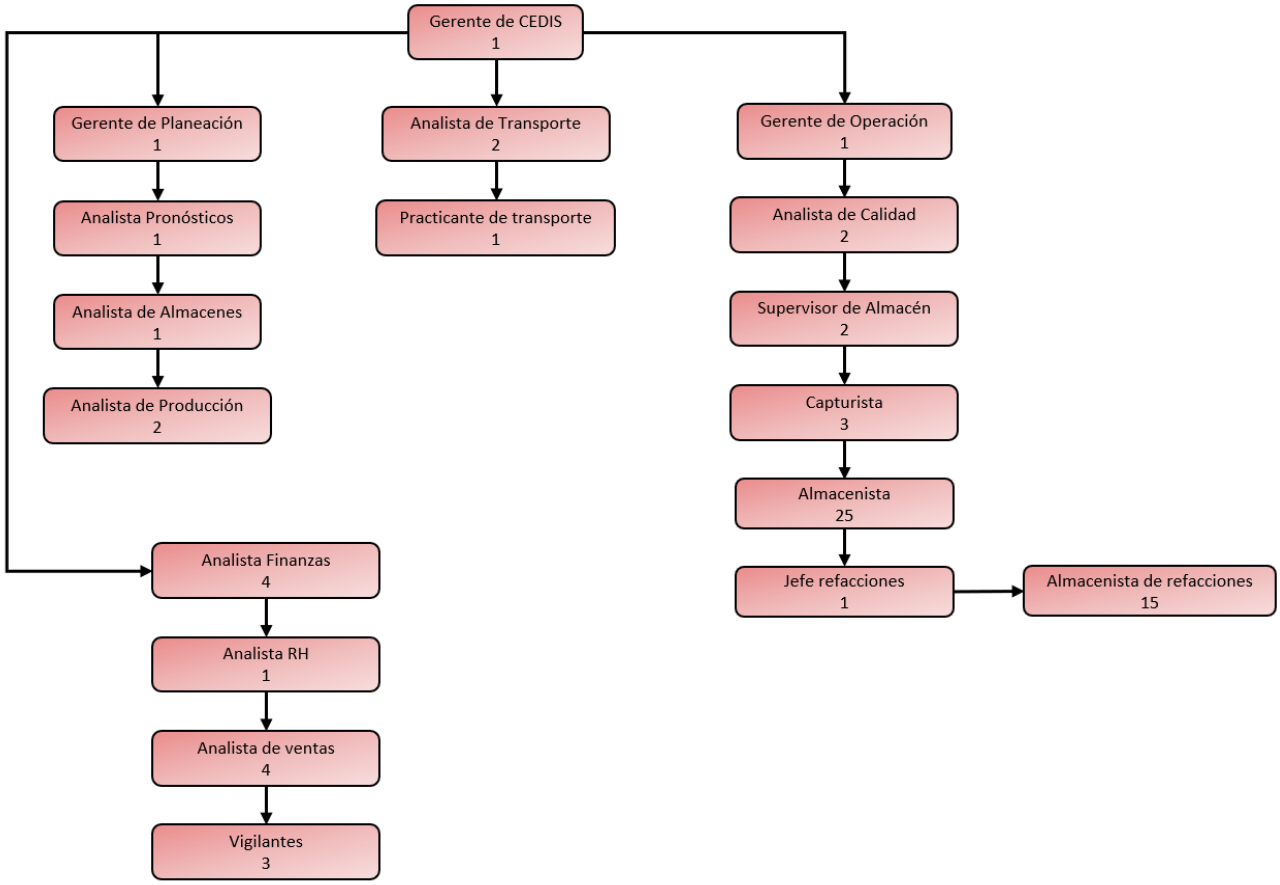


Figura 49. Organigrama Monterrey

El organigrama presentado cuenta con 69 trabajadores, con base en el fue que se llevó a cabo el diseño del nuevo organigrama, y se realizó primero que nada, quitando los puestos que no serían necesarios en el nuevo CEDIS. Como por ejemplo, puestos de empleados dedicados al área de refacciones. Después de esta limpia inicial, se copiaron todos los puestos, y las cantidades de personal por cada puesto se manejaron de la siguiente manera: si en el puesto solo había una persona en el CEDIS de Monterrey, entonces se pasaba el puesto contemplando un solo empleado. Sin embargo, si en el puesto había más de un trabajador, entonces se llevaba el 70% de los empleados de Monterrey al organigrama de SJR. El producto de este análisis fue el siguiente organigrama (Figura).

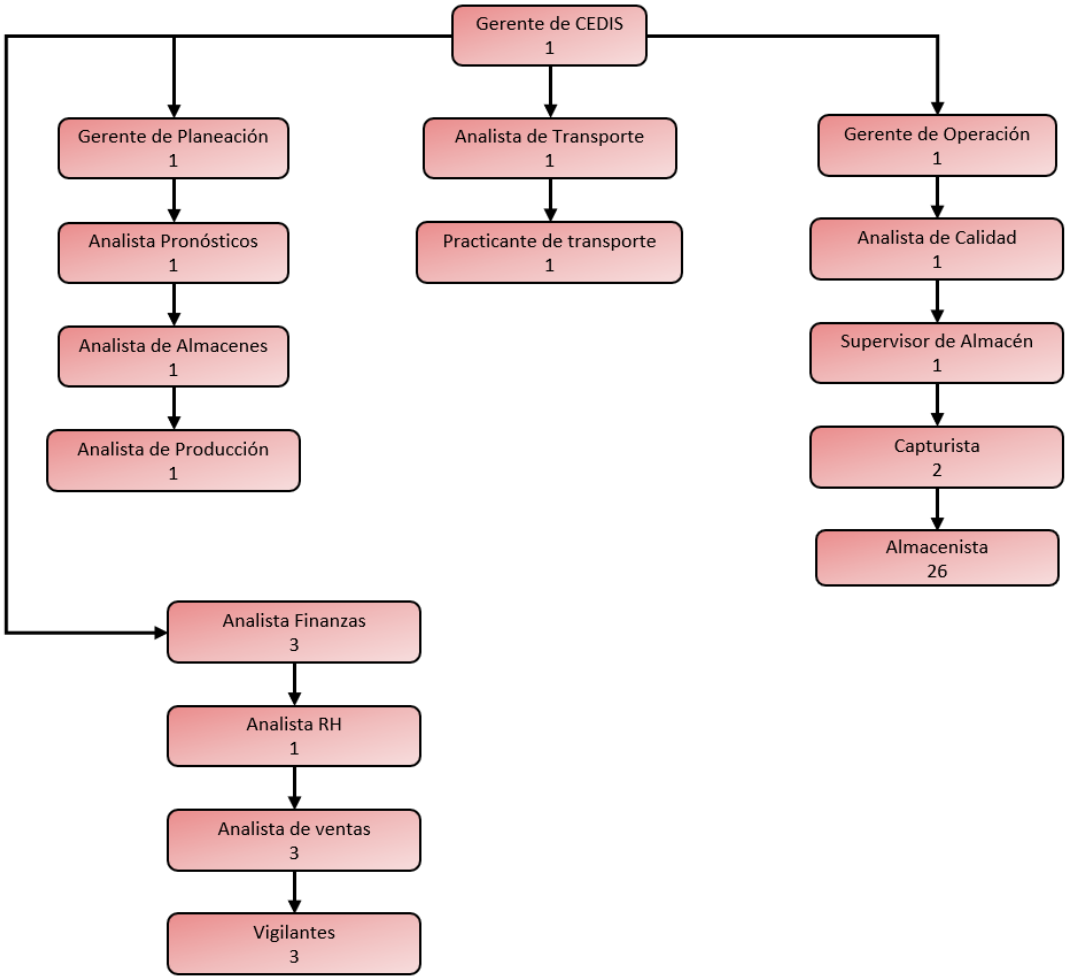


Figura 50. Organigrama de CEDIS SJR

El total de trabajadores pensado para el CEDIS de SJR es de 48. Las tres grandes áreas se mantienen en el nuevo organigrama, que cuenta con una gerencia para cada área y un gerente general del CEDIS. Al calcular la proporción de empleados para el nuevo almacén se redondeó hacia arriba el número de empleados que resultó del análisis cuando era necesario.

6.2.3. Áreas del almacén

- Oficinas principales: Las oficinas principales son en las que se ubican la vasta mayoría de los empleados administrativos del almacén. Consta con las oficinas de los gerentes, escritorios para los empleados de las diferentes áreas, un área de cocina, entre otras cosas.

- Oficinas de almacén: Las llamadas “oficinas de almacén” son el lugar donde laboran los empleados enfocados a las áreas de operaciones, carga y descarga. Estas se encuentran ubicadas de manera cercana a las puertas de carga y descarga.

- Calidad: El área de calidad es semejante a una oficina situada de manera adyacente al piso del almacén. Ahí se encuentra el analista de calidad, que procura el buen estado de los productos y supervisa los aspectos relacionados al control de calidad.

- Cuarentena: Esta área es necesaria hoy en día para Grupo Torrey, debido a que en la actualidad una muy importante cantidad de productos dañados son devueltos al CEDIS.

- Estacionamiento principal: Este estacionamiento está diseñado para recibir autos de los empleados y operadores del almacén, así como también vehículos de proveedores o clientes que vengan de visita, a recoger algún papel, o a realizar algún trámite similar.

- Almacenaje en rack: El área de almacenaje en rack consta de 19 filas de racks con cuatro niveles cada una. Esta área es necesaria debido a que permite optimizar el uso de espacio de manera muy importante, y los productos que Grupo Torrey maneja en su mayoría pueden almacenarse en estos estantes de productos.

- Almacenaje en piso: El área de almacenaje en piso es donde se albergan los productos que son estibables. Es decir, los productos que se pueden apilar uno sobre otro. En este caso, suelen ser pocos SKU´s los que se asignan a esta área, pero son de alta importancia cuando se trata de volumen de ventas. Por lo tanto, esta área tiene un tamaño relevante para el diseño del CEDIS.

- Recibo y embarques: El área de recibo y embarques es parte fundamental del almacén, ya que aquí es donde ocurre la mayor parte del movimiento del almacén. La sobreutilización o subutilización de las puertas de esta área definirán los posibles cambios al diseño del almacén.

6.3. Layout

El *layout* realizado contiene los resultados de una serie de análisis requeridos para llegar a las necesidades generales, de dimensiones, orientación, y ubicación de cada uno de los elementos del almacén.

Para cada uno de estos elementos se realizó un proceso previo, que se presentará de manera más detallada en las subsecciones de este apartado relacionado al *layout*.

6.3.1. Estructura General y Dimensionamiento Interno

A continuación se presenta el diseño del *layout* con las áreas del nuevo almacén (*Figura 51*).

1. Almacenaje en rack
2. Almacenaje en piso
3. Pasillos
4. Patio para camiones
5. Patio para autos
6. Oficinas Almacén
7. Oficinas principales
8. Área de cuarentena y calidad
9. Recibo y embarques
10. Baños

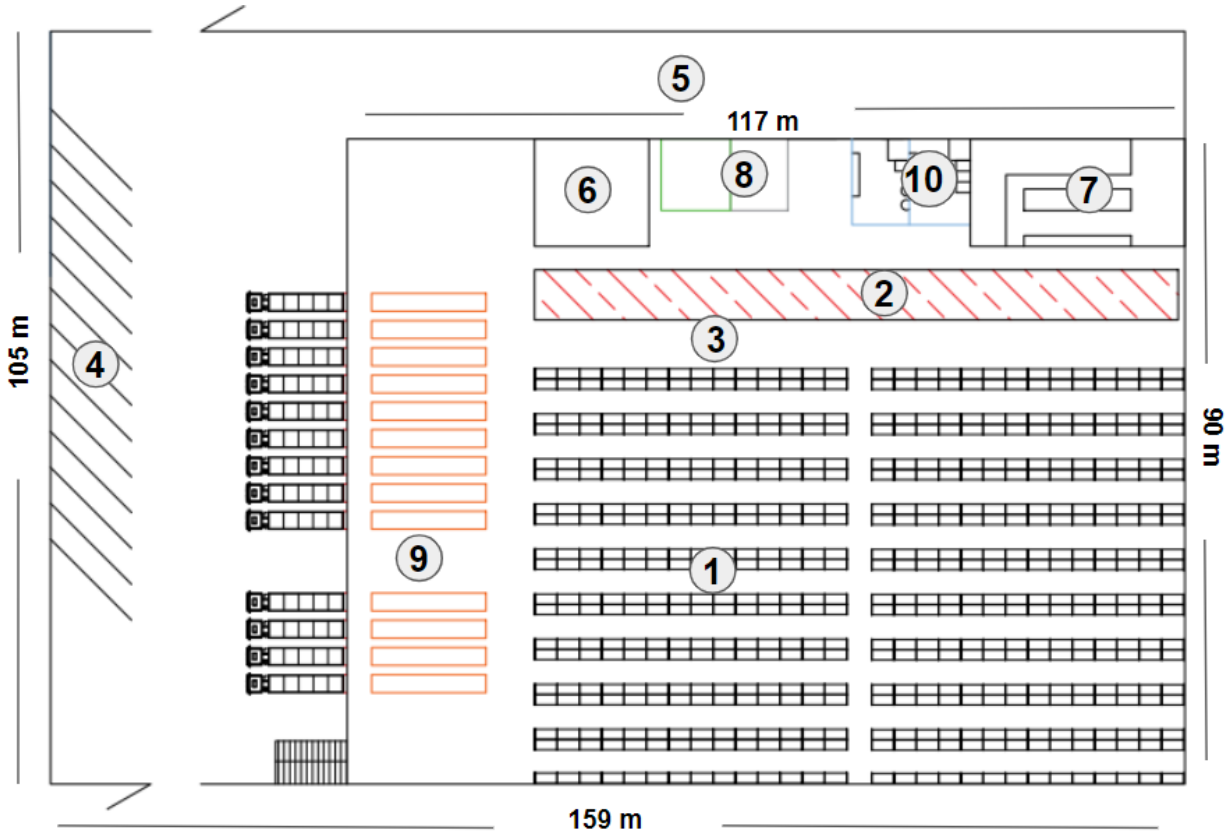


Figura 51. Layout SJR

6.3.2. Almacenaje en racks y piso

Esta propuesta de layout presenta dos diferentes zonas de almacenaje. Una de ellas está distribuida en niveles de *rack* y la segunda zona es a nivel de piso.

Los racks están orientados de manera paralela a los camiones que descargan y cargan material, ya que esta orientación facilita el tránsito de los montacargas y el flujo de material. A partir de la fase de dimensionamiento, específicamente con el cálculo de los niveles máximos de inventario derivados de la política de inventario, se determinó el número requerido de rack para poder almacenar todos los *SKU's* con el horizonte de planeación a cinco años. El resultado de este análisis el CEDIS necesita almacenar 4250 pallets una vez combinados todos los productos en general. Dado que cada posición *rack* está compuesta por dos *pallets*, podemos concluir que se necesitan 2125 racks en total para el almacén de SJR. En cuanto al diseño de estos racks, es bastante difícil ajustar el almacén a un nuevo diseño al que se tiene actualmente debido a las dimensiones tan voluminosas de la mayoría de sus productos. Bajo este criterio también se decidió que cada fila deberá tener como máximo 4 niveles de altura. Si se hubiera optado por aumentar un nivel más, se hubiera requerido un montacargas con otras características para poder alcanzar el material y este traería consigo complicaciones en el sentido de que sería más grande y lento disminuyendo el flujo de los montacargas en general.

Para poder determinar el largo de las filas de los racks se tomó la medida más larga de la dimensión total del layout y se le resto el área que ocuparía la zona de *picking* para el proceso de desembarque, el cual se encontraría ubicado justamente enfrente de los racks. Posteriormente se restó también la dimensión del pasillo entre ambas zonas, a través de la cual pasan los montacargas y a la medida final disponible se dividió en términos de las medidas de cada rack como se muestra en la *figura 52*. Como resultado se obtuvo que cada fila tiene 28 espacios rack por nivel, siendo divididos por un pasillo intermedio, por lo que quedan dos mitades de 14. Cada fila, como se mencionó anteriormente, está a cuatro niveles, lo que significa que cada fila es de 112 espacios dando un resultado final de 9 filas y media, que son las que se pueden ver en el layout.

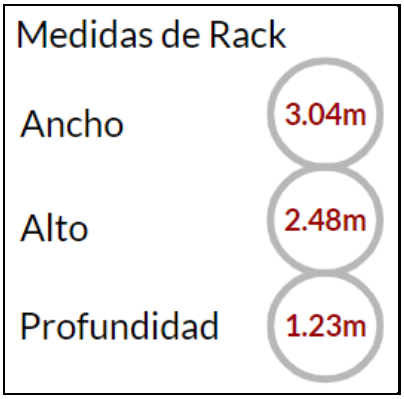


Figura 52. Rack

Para la zona de piso se determinó que son necesarios 623m^2 de suelo libre para almacenar. Esta zona está ocupada prácticamente al 100% por la familia de conservación, que son refrigeradores empacados en cartón y que pueden apilarse uno sobre el otro hasta 5 niveles. Dada la poca variación en producto de esta área, fue más sencillo diseñar la forma ya que se podía ajustar a casi cualquier dimensión de ancho y largo. Por lo que para efectos del layout se decidió acomodar en la misma orientación que las filas de rack y todo el CEDIS en general.

6.3.3. Pasillos

Dentro de las partes fundamentales del layout se encuentra toda la combinación de pasillos que conforman la estructura del almacén, es una parte muy importante a la hora de diseñar ya que muchos autores reconocidos en este ramo sugieren que la proporción del *layout* que es ocupada por pasillos juega un rol fundamental para determinar la eficiencia operativa del almacén.

A continuación se revisarán todos los tipos diferentes de almacén que se pueden encontrar en el layout así como de la función principal de los mismos y la razón de las medidas que se le asignaron. Para este *layout* únicamente se utilizaron pasillos verticales y horizontales.

Dentro de los pasillos verticales, los cuales se pueden observar en la *figura 53*, se encuentran 3 diferentes pasillos en donde a pesar de que la medida de longitud es la misma, el ancho del pasillo es el genera la diferencia entre cada tipo de pasillo. En primer lugar se tienen 9 pasillos con una dimensión de ancho de 3.4 m. Estos pasillos se ubican dentro del layout como los espacios que están entre cada rack y están diseñados para que dos montacargas puedan pasar a través de ellos al mismo tiempo. La dimensión considerada para los montacargas fue en el escenario del montacargas más grande, hablando de dimensiones, y considerando que está cargando el SKU´s

que ocupa más espacio de modo que el montacargas puede rotar sin ningún problema.

Después se encuentra el pasillo ubicado entre la fila 1 de racks y el área de almacenamiento en piso. Este pasillo tiene un ancho de 6.8m lo que permite el paso de hasta 3 montacargas sin que hagan colisión. Se incurrió en esta medida debido a que ese es el único lado para poder recoger los materiales almacenados en suelo por lo que se pensó bajo el escenario de que pueda haber montacargas tanto de pinza como de tenedor haciendo sus funciones con el espacio suficiente.

Por último se encuentra el pasillo de 5.1m de ancho, el cual va ubicado entre la zona de almacenaje en piso y las oficinas. La naturaleza de esa área no es que sea transitada por montacargas, sino que en va a ser transitada en su mayoría por los empleados del almacén. Sin embargo existen entre las áreas de las oficinas, se encuentra la zona de calidad y cuarentena. En esa área va a haber tarimas que se van a estar revisando constantemente por lo que si se va a requerir que ese pasillo tengo las dimensiones necesarias para que pueda entrar un montacargas y al mismo tiempo exista el espacio para que las personas puedan caminar por un pasillo seguro.

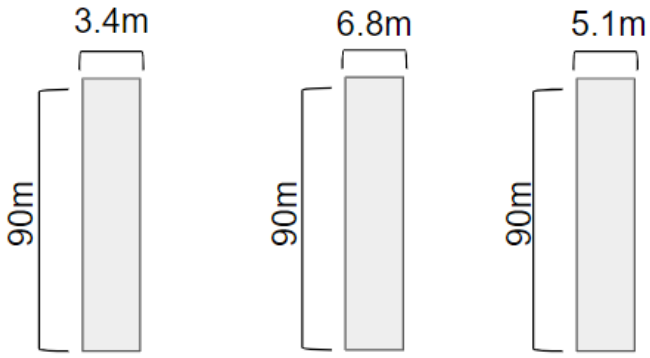


Figura 53. Pasillos

Existen solamente dos tipos de pasillos horizontales plasmados en el layout y por el contrario de los pasillos verticales, quienes compartían la característica de tener la misma dimensión de longitud, estos pasillos tienen todas las dimensiones diferentes.

Primeramente, como se puede ver en la *figura 54*, está el pasillo horizontal que tiene 57 m de longitud y 3.4m de ancho. Este pasillo representa la zona intermedia que se ubica en la mitad de todas las filas de rack, fungiendo el rol principal de conectar todos los pasillos de racks facilitando el movimiento del montacargas dentro de los mismos de manera que exista menos tráfico en las entradas principales de dichas filas.

El segundo pasillo horizontal tiene una dimensión de 90m de largo y 6.8m de ancho. Este se encuentra ubicado en entre la zona de embarque y desembarque y la entrada principal de los racks. Este entre sus funciones más importantes, el comunicar a las zonas de desembarque y embarque, razón por la cual se espera que existe un flujo bidireccional en los recorridos de los montacargas así que para esto se necesita que el pasillo tenga espacio para que transiten varios vehículos a la vez. Otra característica fundamental de este pasillo es que tiene la entrada principal hacia los racks, esto le agrega una mayor carga de montacargas transitando al pasillo por lo que la dimensión asignada debería de ser suficiente, siempre y cuando exista un orden definido en cuanto al flujo de los carriles en este mismo pasillo.

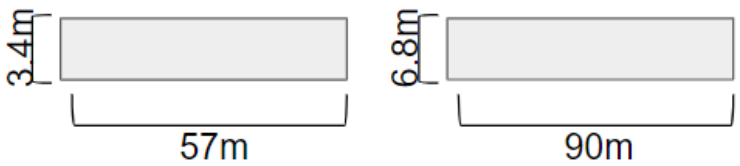


Figura 54. Pasillos 2

6.3.4 Patio para camiones y automóviles

Primero que nada, para determinar las dimensiones del estacionamiento o patio y el número de cajones necesarios, se tuvo que trabajar de manera dividida.

En cuanto al patio de camiones, primero se calculó el número de puertas necesarias con los tiempos de carga registrados por el equipo. Los resultados fueron 9 puertas de carga y 4 puertas de descarga (véase la siguiente sección para el proceso con el que se calcularon). Con este número de puertas calculado, y conociendo el número promedio de camiones que llegan a cargar o descargar material, se determinó el número de cajones necesarios de la siguiente manera: ya que llegarían 9 camiones a descargar cada día en promedio, y a que se determinó que se tendrían 4 puertas de descarga, se determinó el número de puertas con base en la suposición de que todos los camiones del día llegaran al mismo tiempo. Es decir, 9 camiones llegan, 4 de ellos pasan a las puertas de descarga, y el resto va al estacionamiento. Por lo tanto, se definió que se requerían 5 cajones para camiones de descarga. De la misma manera se realizó para los camiones de carga. En promedio, llegan 16 camiones de carga al día, y según los cálculos realizados, se necesitan 9 puertas para carga de material en camiones. Esto resulta en que si se llegan a presentar todos los camiones de un día al mismo tiempo, 9 de ellos irían directo a las puertas, y 7 irían al patio de camiones.

Por lo tanto, se requieren 7 cajones para camiones de carga. Esto significa que el número total de cajones necesarios resultó en **un total de 12 cajones para camión**.

Para calcular el número de cajones necesarios para autos, se utilizó el número total de trabajadores del almacén. En este caso, como ya se mencionó anteriormente, se planea emplear a 48 trabajadores. Por lo tanto, serán **48 cajones de automóviles** disponibles en el estacionamiento.

6.3.5 Andenes de carga y descarga

Este apartado consiste básicamente en calcular la cantidad de andenes tanto como de carga como para descarga que debería haber habilitados dentro del nuevo CEDIS en SJR para este sea capaz de soportar los incrementos en la demanda dentro del horizonte de planeación del almacén. Este CEDIS como se mencionó anteriormente está planeado para 5 años y se estima que duplique su demanda actual en ese periodo, por lo que la cantidad de compuertas a diseñar para el almacén deben de estar calculadas para una demanda al doble de la que presenta actualmente Torrey.

Para realizar este cálculo se partió de la demanda de los clientes que abastece SJR. Primeramente se obtuvo la cantidad de SKU's por familia que serían transportados en los tres tipos de camiones que el CEDIS tendrá disponible, los cuales son: Caja de 53, Mudanza y Torton (*Tabla 3*).

No. SKU´s por familia por tipo de camión

Sector	53	Mudanza	torton
Coccion	105	474	17
Colgantes	12	519	11
Congelación	32	199	24
Conservacion	1018	12430	787
Contadoras	15	208	7
Cortadoras de Pollo	0	10	0
Cuartos Fríos	102	2001	136
De Cocina	23	302	0
Embutidores	0	11	0
Enfriadores	91	1550	94
Etiquetadoras	60	413	16
Ganadera	0	-11	0
JR	464	9444	319
Licuadoras	23	171	7
Línea Prof Priceline	34	185	12
Línea Profesional	20	204	22
Marinadora	5	29	0
Molino	90	1282	30
NPPT	260	4250	161
Plataformas	19	472	10
Porcionadoras	312	5838	184
PPT	770	19878	884
Proc. de Vegetales	0	5	0
Procesamiento	260	3157	156
Rebanadoras	113	1057	57
Refrigeración	88	1757	185
Sierras	29	432	16
Snack	222	1344	80
Sólidos Nuevos	14	99	7
Suavizador	2	8	1
Vitrinas Carniceras	26	292	23
Vitrinas Cremeras	105	2233	256

Tabla 3

Otra actividad fue determinar el porcentaje de ocupación de cada familia dentro de los tres tipos de camión. Con este valor se logró saber específicamente con cuantos SKU's de cualquier familia se puede llenar cualquier tipo de camión. Para obtener estos datos se obtuvieron las medidas de alto, ancho y profundidad de los productos estrella de cada familia. Con estas medidas se determinó el volumen que ocupa cada familia, y se dividió entre el volumen total de cada tipo de camión, considerando a

demás si los productos eran estibables o no. Estos porcentajes de ocupación se muestran a continuación en la *tabla 4*.

Porcentaje de ocupación por familia por tipo de camión

Sector	53	Mudanza	torton
Coccion	0.17%	0.22%	0.50%
Colgantes	0.00%	0.00%	0.01%
Congelación	1.67%	2.22%	4.17%
Conservacion	2.08%	4.17%	8.33%
Contadoras	0.04%	0.05%	0.11%
Cortadoras de Pollo	0.36%	0.57%	0.95%
Cuartos Fríos	3.03%	3.85%	7.69%
De Cocina	0.06%	0.08%	0.19%
Embutidores	1.19%	1.52%	3.03%
Enfriadores	1.96%	2.56%	4.76%
Etiquetadoras	0.15%	0.23%	0.46%
Ganadera	8.33%	12.50%	25.00%
JR	0.02%	0.03%	0.05%
Licuadoras	0.01%	0.02%	0.04%
Línea Prof Priceline	2.94%	3.85%	8.33%
Línea Profesional	2.94%	3.85%	8.33%
Marinadora	0.50%	0.58%	1.67%
Molino	0.35%	0.44%	0.95%
NPPT	0.04%	0.05%	0.11%
Plataformas	0.64%	0.45%	2.00%
Porcionadoras	0.02%	0.02%	0.06%
PPT	0.03%	0.03%	0.07%
Proc. de Vegetales	0.16%	0.21%	0.52%
Procesamiento	0.01%	0.02%	0.04%
Rebanadoras	0.35%	0.58%	1.23%
Refrigeración	2.08%	2.78%	5.56%
Sierras	1.75%	2.22%	4.76%
Snack	0.56%	0.62%	1.39%
Sólidos Nuevos	0.43%	0.48%	1.14%
Suavizador	0.38%	0.48%	1.28%
Vitrinas Carniceras	7.69%	10.00%	20.00%
Vitrinas Cremeras	6.25%	7.69%	16.67%

Tabla 4

Para poder seguir con el cálculo de las puertas de carga y descarga, la cantidad transportada de productos por cada familia se multiplicó por el porcentaje de ocupación que representa cada una de las familias según sea el camión que se haya utilizado para transportar la mercancía. Cabe aclarar que la información que la información de las piezas facturadas por familia en la tabla # es un acumulado de 7

meses por lo que el resultado de la operación antes mencionada arrojó como resultado el número total de camiones a utilizar por familia y por tipo de camión en un periodo acumulado de 7 meses. Posteriormente se obtuvo el número final de camiones que se necesitan y se dividieron primero por mes, después por semana y por último se obtuvieron los datos al detalle de cada día. El número de camiones obtenido que llegan a cargar a SJR serían:

- Caja de 53: 1
- Mudanza: 13
- Torton: 1

Es importante resaltar que como el CEDIS se diseñó para un incremento doble de demanda, se estimó que las llegadas promedio de estos camiones serian proporcionales a ese aumento en la demanda por lo que el valor final de las llegadas de camiones se duplicó.

Con el cálculo de las llegadas promedio que se acaban de mencionar se obtuvo el número total de horas necesarias para cargar cada tipo de camión. Para poder obtener ese dato se realizó una toma de tiempos de carga y descarga, como se muestra en la *tabla 5*. Ahí se pueden observar los tiempos promedios obtenidos de una muestra de 30 camiones, así como la desviación estándar de cada promedio. Es evidente que existe mucha variación en el promedio dada su desviación estándar por lo que para poder realizar el cálculo de las horas totales necesarias para carga, a los tiempos utilizados se le agrego 2 veces su desviación estándar para poder asegurarnos de que el tiempo de carga por camión cumpla en un 95% de las veces. El resultado de la operación indicó que se necesitan 65 horas al día para poder cargar todos los camiones que llegarán a SJR. Posteriormente se dividieron las horas totales entre el turno laboral bajo el que funcionaria el CEDIS, que es de 8 horas al día, y así es como se obtuvo que se necesitan mínimo 9 puertas para poder resistir los arribos de los camiones que llegan a cargar en el día.

Tiempos de Carga		
Tipo camion	Tiempo promedio	Desviación estándar
Caja 53	02:18:00	00:57:20
Mudanza	01:53:00	01:16:00
3.5 ton	00:54:00	00:33:42
Torton	00:53:32	00:31:48

Tabla 5

El proceso para calcular el número de andenes de descarga fue muy similar al que se siguió para el cálculo de los andenes de carga. Para este proceso primeramente se dividió el volumen total de demanda que abastece SJR y se multiplicó de igual manera con sus respectivos porcentajes de ocupación, solo que esta vez, únicamente se utilizó el porcentaje de ocupación de la caja de 53 ya que es el único medio de transporte que se utiliza para transportar equipos de las fábricas de Grupo Torrey a los CEDIS. De esta manera se obtuvo el número de camiones acumulados a 7 meses que llegaron a descargar a SJR; después, se simplificó este número hasta llegar al detalle del día tal y como en los andenes de carga, y también se duplicó dado el crecimiento estimado de la demanda. Así mismo fue como se obtuvo que al día llegarían 9 camiones para descargar a SJR. El tiempo promedio de descarga para este camión se puede visualizar en la *tabla 6*. La razón por la que este tiempo es más pequeño, y la desviación estándar también es menor, es porque los camiones llegan con producto únicamente de la misma empresa, lo que facilita el proceso de descarga, volviéndose mucho más sencillo controlar las variables de cambio.

Tiempos de Descarga		
Tipo camion	Tiempo promedio	Desviación estándar
Caja 53	00:49:23	00:17:49

Tabla 6

6.3.6 Oficinas y otras áreas

Las áreas que componen esta sección se decidieron reunir debido a la simplicidad de las explicaciones detrás de cada una y debido al origen similar en común que tienen todas: todas provienen en mayor parte de un *benchmarking* con el CEDIS de Monterrey.

Las oficinas generales y del almacén, así como el área de calidad se diseñaron con dimensiones similares a las oficinas y el área de calidad del almacén de Monterrey, debido a que la cantidad de empleados administrativos es bastante similar, y las tareas que se realizan en Monterrey se realizarán en su mayoría en SJR también. Además de que se le dio un nivel de holgura al área de oficinas previniendo un posible incremento en el personal.

El área de cuarentena se dimensionó conforme a las especificaciones del cliente, quien solicitó que esta no excediera los 80 m^2. Además, se ubicó adyacente al área de calidad en el *layout*.

El tamaño y cantidad de sanitarios se realizó conforme al Reglamento de Construcción de Querétaro (Gobierno del Estado de Querétaro, s.f.), y su ubicación fue pensada para que estuviera alejada del área de almacenamiento, pero que al mismo tiempo fuera céntrica entre las áreas administrativas y operativas, para facilitar su acceso a esta área.

6.4. Requerimiento de equipos

Para determinar la necesidad de equipos, se hizo un *benchmarking* con el almacén de Monterrey. Se investigó qué tipos de maquinaria y equipo se utilizan para transportar mercancía dentro del CEDIS. Los tipos de equipo utilizados son los siguientes:

Montacargas de hombre sentado

Este montacargas se utiliza para transportar todo tipo de materiales almacenados en tarimas y que se requieren guardar en alguno de los primeros dos niveles de *racks* que hay en el área de almacenamiento.

Figura 55. Forklift

Montacargas tipo reach truck

Este montacargas se utiliza para transportar todo tipo de productos que se almacenan en tarimas, y es necesario para el almacenamiento de todos los productos que se ubican arriba del segundo nivel de *racks*.

Figura 56. Reach truck

Montacargas tipo *clamp*

Este montacargas es utilizado de manera particular al manejar material estibable que se almacena en piso, principalmente congeladores.

Figura 57. Clamp

Patín montacargas

Estos patines se utilizan en el almacén de manera exclusiva en el área de descarga. Es decir, su única función es bajar material de los camiones que llegan cargados.

Figura 58. Pallet Jack

Computadora Handheld

Estos dispositivos se utilizan en cada una de las puertas de carga y descarga. Por lo tanto, cada equipo de almacenistas al que se le asigna una puerta, trabaja con uno.

Figura 59. Handheld

Se determinó el número de equipos existentes en el almacén de Monterrey. Y para calcular el número de montacargas necesarios, se tomó la cantidad actual de equipos y se llevó el 70% al almacén de SJR. Si era necesario redondear, se redondeó hacia arriba. En cuanto a los patines, se decidió replicar la práctica del CEDIS actual y se asignó un patín a cada puerta de descarga. Además, se cuantificó una computadora handheld por cada puerta de carga o descarga. Los resultados finales fueron los siguientes:

- Montacargas de hombre sentado: 3
- Montacargas tipo *reach truck*: 3
- Montacargas tipo *clamp*: 3
- Patín montacargas: 4
- Computadora handheld: 13

6.5. Estrategia de operación

Son dos las principales decisiones que conciernen a esta etapa:

- Selección de la estrategia de operación (dedicada vs aleatoria)

  Se decidió por una estrategia de operación dedicada, esto debido al fuerte comportamiento en clasificación ABC de los productos del grupo, donde productos estrella (10%) representan el 80% de los ingresos.

- Selección del método de picking

  Esta decisión fue tomada considerando el nivel de automatización del CEDIS actual, así como también la decisión previa sobre el flujo del material con layout de tipo U. Se optó entonces por el método de *order picking*, considerado que una de las ventajas del layout tipo U es el uso compartido de los recursos en personal y maquinaria, ventaja que se perdería bajo otro método de picking como el *zone picking*, *batch picking*, entre otros.

6.6. Almacenamiento

Una vez seleccionada la estrategia de operación, se tenía que definir el espacio específico de almacenamiento de cada producto. Para ello se decidió trabajar bajo el mismo análisis ABC utilizado en las políticas de inventario. Se decidió entonces que los productos A estarían colocados en mayor cercanía con las áreas de carga y descarga, seguidos por los del grupo B acomodados por familias y en orden de aportación económica, finalizando con los productos tipo C al final de la bodega. Para los tipos A se decidió una ubicación basada en la frecuencia conjunta de los productos, es decir, que sin importar de qué familia sean, dado que la característica principal que comparten es que son los productos más vendidos, se pueden acomodar uno a lado del otro. Esto significa que todos los productos A serian a los primeros que se tendría acceso en el acomodo de los racks.

Por otro lado el grupo B, si se acomodará por familia, lo que representa aglomeraciones más grandes de producto bajo la misma familia lo que simplifica el proceso de reconocer la ubicación del *SKU* y dejaría más claro cuál es la zona de esos productos en el almacén. Estas familias estarían ubicadas solamente después de la zona que se ocupe por los productos A ocupando la parte intermedia del área de los racks.

Por último se encuentra el grupo C. Este grupo está conformado por los *SKU´s* que menos se venden de toda la gama de productos de Grupo Torrey. La zona designada para estos productos dado el acomodo ABC es al final del almacén en la esquina

inferior del mismo. Para el personal de carga es despreciable el tiempo que tardarían en llegar hasta la zona C debido a que no significa muchos viajes para allá por la baja demanda de los mismos.

7. Simulación de escenarios

Lo que se deseaba realizar en esta etapa era una simulación de diferentes escenarios que evaluaran el diseño del nuevo centro de distribución en diferentes niveles de demanda y a diferentes plazos de tiempo.

Originalmente, se pensaba realizar la simulación de escenarios de manera más simple, con un software no muy complejo y que manejara menos variables. Sin embargo, mientras se acercaba la etapa, el equipo se percató del potencial que tenía el realizar los ejercicios de simulación en un software con mayor nivel de detalle, mayor capacidad analítica y que pudiera soportar el uso de un mayor número de variables. Debido a esto, el equipo decidió desarrollar las simulaciones necesarias en el software de ProModel.

ProModel es una herramienta que tiene como fin simular sistemas, y además analizar y optimizar procesos que le introduzcas. Es un software muy completo, y los alumnos tenían ya cierto nivel de dominio sobre él gracias al curso de Simulación que forma parte del plan de estudios de la carrera.

7.1 Datos de entrada

Al momento de desarrollar la simulación, es necesario introducir al software diversos valores de entrada que permitirían que el proceso deseado se reproduzca. Estos datos de entrada son de diferentes tipos. Algunos son entradas que se introdujeron en el software de manera directa, y otros se introdujeron mediante archivos externos. A continuación se presentan los datos utilizados de manera desglosada:

7.1.1 Archivo de arribos

Se podría decir que los arribos es la parte inicial de la simulación ya que estos se utilizan cuándo se va a entrar al sistema cualquier tipo de material u objeto que se esté utilizando para la simulación. Por lo que ningún tipo de proceso, sea del ramo que sea, refiriendo al sentido de que no importa que materia prima o con qué material se arranque la simulación, puede comenzar a funcionar si no se define la llegada de la materia prima del modelo.

Para esta simulación se elaboró un archivo de arribos externo, en vez de que se programen directamente en el software. Esto se realizó debido a que se utilizó una base de datos con los pedidos reales de la empresa en todo el mes de octubre y de esta manera tener resultados lo más parecidos a la situación real. De esta manera se podría partir de un punto en el que se puedan modificar condiciones de la simulación teniendo la seguridad de que los datos son correctos.

Como se puede ver en la *tabla 7* este archivo de arribos se compone de los siguientes elementos:

- Entidad: Es el nombre que se le dará al registro completo dentro de la simulación, de forma que para el software cada renglón es un pedido de un cliente.
- Locación: Es a la ubicación que llega el pedido una vez que se comienza a correr la simulación
- Cantidad: Este es el número de pedidos que llegan a la ubicación indicada
- Tiempo: es el minuto en el que llega ese pedido al sistema. El tiempo parte del minuto cero y se puede indicar cualquier momento a partir del cual se desee que el pedido llegue siempre y cuando se especifique en minutos.
- Ocurrencia: Esta categoría mide cuántas veces ocurre ese suceso, que en este caso es la llegada del pedido.
- Frecuencia: Significa que tan rápido llega el pedido, sin embargo este y el punto anterior se anulan ya que la categoría de tiempo indica en que momento llegaría el pedido.

ENTIDAD	LOCACION	CANTIDAD	TIEMPO	OCURRENCIA	FRECUENCIA	at_1	at_2	at_3	at_4	at_5
Pedido	Tablero_de_ordenes	1	**0**	1	1	0	0	0	1	0
Pedido	Tablero_de_ordenes	1	**480**	1	1	1	0	0	0	0
Pedido	Tablero_de_ordenes	1	**960**	1	1	0	1	0	0	0
Pedido	Tablero_de_ordenes	1	**1440**	1	1	0	0	0	0	3
Pedido	Tablero_de_ordenes	1	**1440**	1	1	0	0	0	0	0
Pedido	Tablero_de_ordenes	1	**1920**	1	1	0	2	0	0	0

Tabla 7

7.1.2 Locaciones

Elementos fundamentales para la ejecución de la simulación son las locaciones en las cuales se llevará a cabo el proceso. Estas se crean con base en la necesidad del proceso y se les dan propiedades como “capacidad”, “nombre”, entre otras.

Locaciones

Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	Puerta_Descarga	1	4	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo, Primera
	Puerta_Descarga.1	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Descarga.2	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Descarga.3	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Descarga.4	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga	1	9	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo, Primera
	Puerta_Carga.1	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga.2	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga.3	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga.4	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga.5	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga.6	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga.7	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga.8	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Puerta_Carga.9	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Anden_de_descarga	1	4	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo, Primera
	Anden_de_descarga.1	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Anden_de_descarga.2	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Anden_de_descarga.3	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	Anden_de_descarga.4	1	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo
	loc_fantasma	inf	1	Ninguna	Series de ti	Más Tiempo

Figura 60

En este caso, la simulación cuenta con una buena variedad de locaciones. Cuenta con locaciones para las puertas de carga y descarga, para los andenes de carga y descarga, para las zonas de almacenamiento, para posibles filas que se generen en el sistema, para la entrada al estacionamiento del CEDIS, para los cajones de camiones de carga y los de descarga, entre algunas otras (*Figura 60*).

7.1.3 Entidades

Para que la simulación ocurra, necesita haber entidades que sigan un proceso. En este caso, las entidades fueron en su mayoría materiales diversos del almacén. A continuación se presentan parte de ellas a manera de ejemplo (*Figura 61*).

Entidades

Icono	Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadist
	camion_descarga	150	Series de tiempo
	Camion_carga	150	Series de tiempo
	Material_1	150	Series de tiempo
	Material_2	150	Series de tiempo
	Material_3	150	Series de tiempo
	Material_4	150	Series de tiempo
	Material_5	150	Series de tiempo
	Material_6	150	Series de tiempo
	Material_7	150	Series de tiempo
	Material_8	150	Series de tiempo
	Material_9	150	Series de tiempo
	Material_10	150	Series de tiempo
	Material_11	150	Series de tiempo
	Material_12	150	Series de tiempo
	Material_13	150	Series de tiempo
	Material_14	150	Series de tiempo
	Material_15	150	Series de tiempo
	Material_16	150	Series de tiempo
	Material_17	150	Series de tiempo

Figura 61. Entidades

Para simular el sistema se crearon como entidades los SKU's A, las familias de los productos B y una entidad general para los productos C. Además se crearon entidades para los camiones de carga y descarga, de manera que se puedan diferenciar unos de otros.

7.1.4 Recursos y redes de ruta

Es necesario también que existan recursos que ayuden a movilizar a las entidades, que representen a los trabajadores y a la maquinaria. Es por esto que se generaron recursos con sus respectivas redes de ruta, las cuales conforman las vías que los recursos son capaces de seguir y transitar. A continuación se presentan los recursos utilizados para la modelación (*Figura 62*).

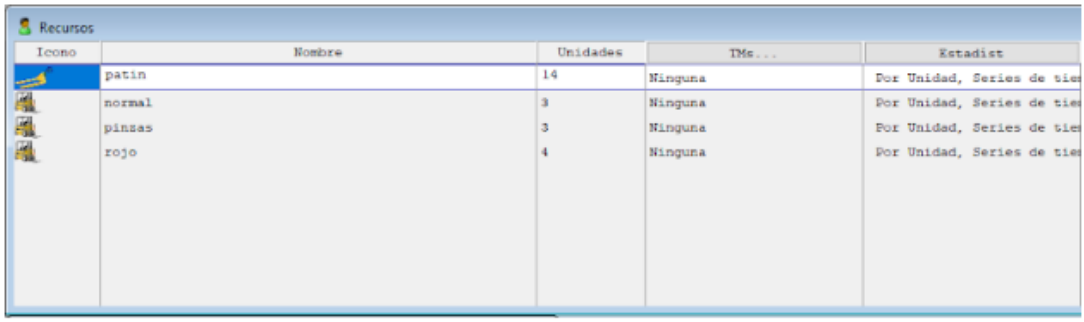


Figura 62. Recursos

Para la simulación se utilizaron 14 patines montacargas, 3 montacargas de hombre sentado, 3 montacargas de tipo *clamp* y 4 montacargas de alto alcance. Estos fueron los equipos utilizados para transportar el material dentro del CEDIS.

Hablando un poco más acerca de las redes de ruta, estas se tratan de los caminos que se trazaron para que los recursos viajen. A las rutas las unen nodos que se pueden ligar mediante una interfaz a alguna locación. En el caso de esta simulación, los pasillos entre los *racks*, los andenes de carga y descarga y el área de inventario en piso, fueron los caminos donde se trazaron las redes de ruta para los montacargas y patines (*Figura 63*).

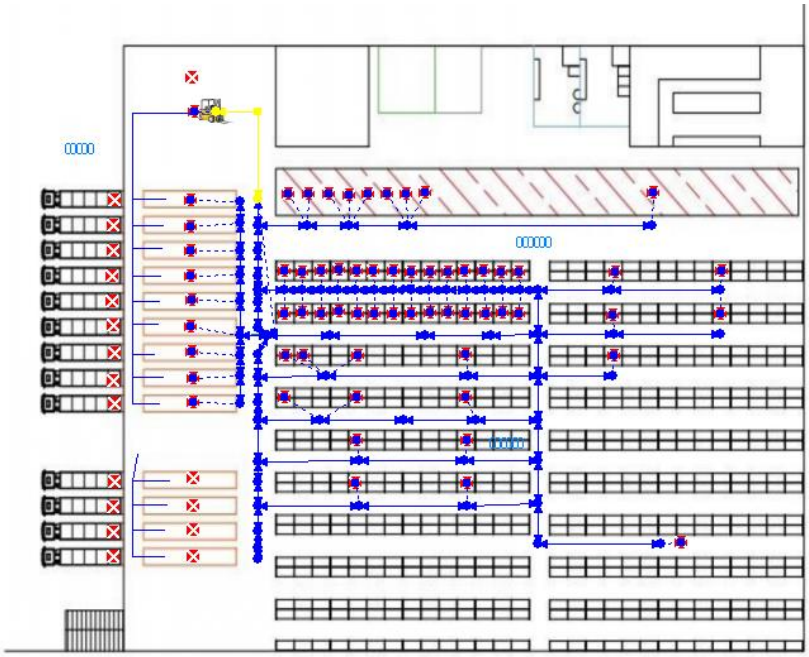


Figura 63. Simulación

7.2 Proceso y construcción

El proceso dentro de la simulación consiste básicamente en toda la serie de comandos que se establecieron para que el modelo pudiera realizar las mismas funciones que se realizan dentro del proceso real actual. *La figura 64* muestra de manera resumida el proceso que se siguió. en primera instancia podría parecer que hay diferencias del proceso de la simulación contra el proceso real, pero esto no es así ya que esas diferencias solamente son una manera de poner lo mismo pero escrito programado diferente ya que no todas las actividades de los proceso reales se pueden programar tal cual son.

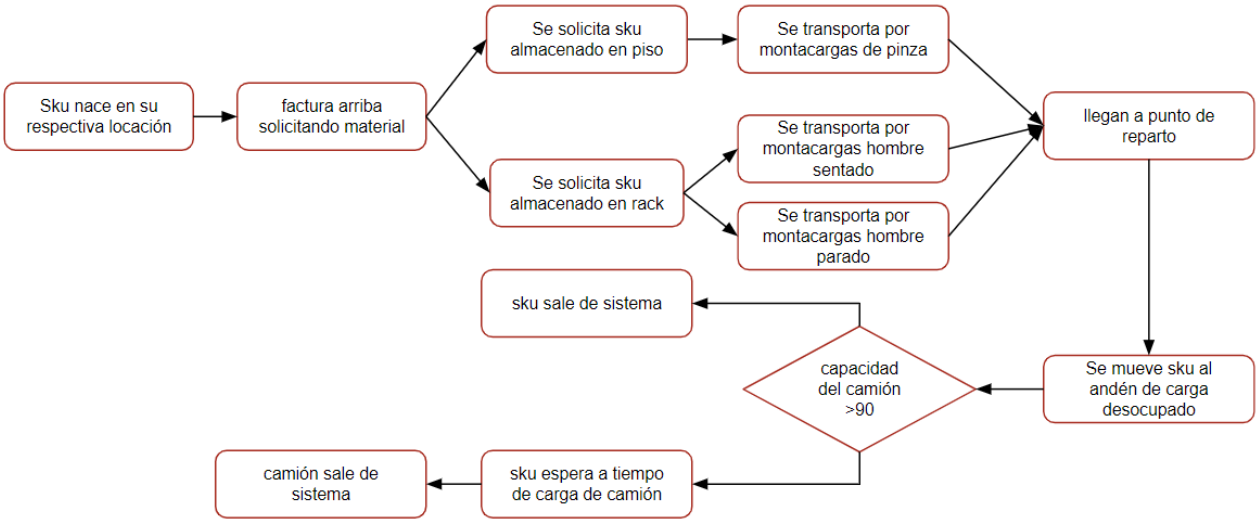


Figura 64. Proceso

7.3 Resultados finales

Los resultados de la simulación es la manera en la que se plasma el comportamiento final de todas las variables que tuvieron un rol dentro del funcionamiento del modelo. En este resumen de resultados se muestra básicamente que fue lo que paso con capada participantes. Se presenta información importante como los porcentajes de ocupación que tuvieron tus locaciones y recursos dentro del modelo, así se puede comprobar si se está desperdiciando el recurso o no y es donde el modelo empieza a dar el poder al usuario para la toma de decisiones. También pueden ver otros resultados como el tiempo promedio que duran en sistema tus materiales o los valores de las variables indicadas entre la programación.

En el modelo realizado se obtuvieron datos interesantes, sobre todo en los porcentajes de ocupación de los andenes de carga y de los recursos del sistema que en este caso son los montacargas. Como se pudo ver en el modelo existen nueve andenes de carga que están en funcionamiento. El software dio como resultado que el andén más utilizado es el No.3 y solamente tiene una ocupación total del 35%. Con este valor podemos estar seguros que el proceso de carga del CEDIS está muy desocupado, por lo que en caso de que Grupo Torrey se enfrente a un incremento en la demanda, no cabría duda de que no se saturaría el almacén.

Se indicó que en total se cargaron 107 camiones, representando un promedio diario de poco más de 8 camiones cargados al día, dato que fue el mismo obtenido desde que se calcularon las dimensiones iniciales del almacén. Esto significa que el proceso simulado salió de acuerdo a los cálculos realizados y podemos estar seguros sobre los resultados de cualquier ajuste a las variables simuladas.

Por último, se obtuvieron los porcentajes de ocupación de los recursos, que en este caso son los 3 tipos de montacargas. Para los montacargas que son dedicados a los SKU que van en rack, se obtuvieron porcentajes muy similares rondando el 25% de utilización. Sin embargo el montacargas de pinza, el cual se utiliza únicamente para cargar los materiales de piso, obtuvo un porcentaje de utilización de 3%. Estos valores nos indican que están siendo desaprovechados ya que se demuestra que tienen la capacidad para absorber mayor demanda. En caso contrario, se tomaría decisiones de prescindir temporalmente de algunos de ellos para reducir costos de renta de los mismos.

La simulación nos dio la oportunidad de tomar decisiones importantes sobre temas que conciernen e impactan a la empresa tanto como en procesos operativos, dinero y tiempo. Por esta razón es elemental seguir explorando escenarios simulados junto con el cliente para obtener más hallazgos y tomar mejores decisiones.

8. Conclusión

La realización de este proyecto requería de metodologías que no existían y de procesos que eran desconocidos para el equipo. El haber llevado a cabo un proyecto tan diferente a los antes realizados ayudó a que todo el equipo se viera forzado a aprender constantemente y a retarse a sí mismo y a sus expectativas de lo que debía ser un proyecto de PEF. Constantemente aparecía una nube de incertidumbre, sin embargo, conforme se avanzaba con el proyecto, la certidumbre llegaba, los siguientes pasos se realizaban, y muchos aprendizajes se adquirían.

Es importante mencionar que los factores críticos de éxito establecidos a un inicio del proyecto pueden traerse al frente de nuevo para concluir lo realizado con ellos a lo largo del proyecto. Estos eran la reducción del lead time promedio de transporte en un 25%, el diseño funcional del nuevo CEDIS y el desarrollo de un estudio de pre-factibilidad. Tomando estos en cuenta, puede asumirse que se logró cumplir con ellos y procurar su eficaz realización de manera satisfactoria. Gracias a esto, el proyecto cierra de manera exitosa esta etapa, y a pesar de no haber realizado una implementación, se sentaron las bases para un exitoso inicio de operaciones para el siguiente año en el nuevo CEDIS de San Juan del Río.

Referencias

Aklson, A. (2019). Modeling concepts. Recuperado de: https://www.coursera.org/lecture/data-science-methodology/modeling-concepts-CC8mt

Averkamp (2019). What is safety stock. Recuperado de: https://www.accountingcoach.com/blog/what-is-safety-stock

Banco Interamericano de desarrollo. (Septiembre de 2015). Indicadores de Riesgo de Desastre. Obtenido de BID: EZSHARE-1728116555-5735.PDF

Brown, T. (2019). Warehousing Operations. Recuperado de:https://www.coursera.org/lecture/supply-chain-principles/warehousing-operations-28i0g

Caldeira, R. (2016). A system dynamics approach to logistics outsourcing policies and decisions. Recuperado de: http://www.scielo.br/pdf/prod/v26n2/0103-6513-prod-0103-6513131413.pdf

Cavana, R. (2000). A Methodological Framework For Systems Thinking and Modelling Interventions. Recuperado de: http://ceur-ws.org/Vol-72/019%20Cavana%20Methodological.pdf

Díaz, J., Ignacio, J., & Trigos, F. (2007). Layout evaluation of large capacity warehouses. Emeraldinsight, 259-270.

EAE (2018). El control más sencillo para los inventarios. Recuperado de: https://retos-operaciones-logistica.eae.es/modelo-eoq-el-control-mas-sencillo-para-los-inventarios/

ESUMER. (2011). El tiempo de ciclo de pedido. Medellín: Calaméo.

GAMS (2019). Cutting edge modelling. Recuperado de: https://www.gams.com/

Gobierno del Estado de Querétaro. (s.f.). REGLAMENTO GENERAL DE CONSTRUCCIONES DEL ESTADO DE QUERÉTARO. Obtenido de http://www.smie.org.mx/layout/reglamentos-construccion/queretaro-reglamento-construccion-estatal-queretaro-1988.pdf

Jinxiang, G., Goetschlackx, M., & McGinnis, L. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 1-21.

Lokad (2013). Temas de cadena de suministro. Recuperado de: https://www.lokad.com/es/definicion-punto-de-reorden

One (2019). Qué es un SKU. Recuperado de: https://help.one.com/hc/es/articles/115005585169--Qu%C3%A9-es-un-SKU-Referencia-de-Almac%C3%A9n-

Qiu, Y. (2015). A System Dynamics Model for Simulating the Logistics Demand Dynamics of Metropolitans: A Case Study of Beijing, China. Recuperado de: http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1325/693

Rodríguez, R. (2005). Soft System Dynamics Methodology (SSDM): Combining Soft Systems Methodology (SSM) and System Dynamics (SD). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/27400256_Soft_System_Dynamics_Methodology_SSDM_Combining_Soft_Systems_Methodology_SSM_and_System_Dynamics_SD

Secretaría de Economía. (2016). Apoyos e incentivos a la inversión en México. Obtenido de GUÍA PARA FACILITAR EL ESTABLECIMIENTO DE NEGOCIOS EN MÉXICO: destino-estrategico-para-la-inversion.pdf

Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Nueva York: Wiley.

Shmula (2011). Center of Gravity Method in Distribution Center Location. Recuperado de: https://www.shmula.com/distribution-center-location-optimizing-your-logistics-network/9312/

TOYOTA. (s.f.). Forklifts [Figura]. Recuperado de Toyota Forklifts: https://www.toyotaforklift.com/lifts

ZEBRA. (s.f.). Computadoras de mano [Figura]. Recuperado de https://www.zebra.com/la/es/products/mobile-computers/handheld.html

Anexos

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1.1	.	.	1.000	351.749
1.2	.	1.000	1.000	.
1.3	.	.	1.000	592.472
1.4	.	.	1.000	182.759
1.5	.	1.000	1.000	.
1.6	.	.	1.000	327.268
1.7	.	.	1.000	473.226
1.8	.	.	1.000	376.319
1.9	.	.	1.000	21.149
1.10	.	1.000	1.000	.
1.11	.	.	1.000	198.937
1.12	.	.	1.000	86.690
1.13	.	.	1.000	73.613
1.14	.	1.000	1.000	.
1.15	.	.	1.000	212.398
1.16	.	.	1.000	582.448
1.17	.	.	1.000	495.181
1.18	.	.	1.000	495.181
1.19	.	.	1.000	568.373
1.20	.	1.000	1.000	.
1.21	.	.	1.000	568.373
1.22	.	.	1.000	560.952
1.23	.	1.000	1.000	.
1.24	.	.	1.000	222.598
1.25	.	1.000	1.000	.
1.26	.	.	1.000	295.373
1.27	.	.	1.000	395.834
1.28	.	1.000	1.000	.
1.29	.	.	1.000	212.398
1.30	.	1.000	1.000	.
1.31	.	1.000	1.000	.
1.32	.	.	1.000	568.373
1.33	.	.	1.000	568.373
1.34	.	.	1.000	295.373
1.35	.	1.000	1.000	.
1.36	.	1.000	1.000	.
1.37	.	.	1.000	568.373
1.38	.	.	1.000	295.373
1.39	.	.	1.000	527.924
1.40	.	.	1.000	295.373
1.41	.	.	1.000	295.373
1.42	.	.	1.000	295.373

Anexo 1