

## **Informe Final Proyecto de Pasantía**

Realizado en el área de Supply Chain de Cementos Melón, Planta La Calera

### **Rediseño del proceso de la logística de reparto de cemento envasado en la región metropolitana**

Martín Mateo Araya Santibáñez

Ingeniería Civil Industrial

10 de diciembre de 2023

## Resumen Ejecutivo

La logística de transporte es el área que se encarga de planificar, organizar y ejecutar el movimiento de bienes desde un punto a otro. Esta es sumamente importante en la cadena de suministros de las empresas y tiene un impacto significativo en calidad, eficiencia, rentabilidad, productividad y sostenibilidad de estas.

El proyecto ingenieril fue realizado en la empresa Cementos Melón, La Calera, en el área logística, sub-área envasado. La principal medida de rendimiento es la utilización de la flota (TU), la cual se mide mediante la división de total de toneladas despachadas en total de capacidad disponible para el despacho y de esta se desprende la medida de OCL por partida mínima, la cual se mide mediante el total de toneladas vacías por el precio por tonelada de la localidad más lejana de la consolidación.

Se identificó un porcentaje de utilización de la flota relativamente alto, pero reflejándose en los OCL por partidas mínimas correspondían al 10% del costo total de flete. Esto debido a que la operación realizada para el proceso de despacho poseía ineficiencias al momento de la planificación de los pedidos, sumado a una mala organización de los clientes directos y una falta de diversificación de la flota disponible para abordar mayores rangos de volúmenes cargados.

Este rediseño del proceso será llevado a cabo a través de la reorganización del volumen de pedido de los clientes directos, implementación de flota para diversificación de despacho y un rediseño del diagrama de flujo del proceso. Para un estudio acertado de estos puntos se recopiló la información de los despachos realizados durante el 1er semestre del año 2023, específicamente los realizados en la región metropolitana.

La implementación del proyecto consiguió resultados positivos para el proceso, aumentando la utilización de la flota un 5% más, desde 89% a 94% y una disminución importante en los OCL por partida mínima de un 20%.

Palabras claves: logística de transporte, utilización de la flota, OCL, partidas mínimas, despachos, Región Metropolitana, clientes, flota, diagrama de flujo.

## Abstract

Transportation logistics is the area that is responsible for planning, organizing, and executing the movement of goods from one point to another. This is extremely important in the supply chain of companies and has a significant impact on their quality, efficiency, profitability, productivity and sustainability.

The engineering project was carried out at the Cementos Melón company, La Calera, in the logistics area, packaging sub-area. The main performance measure is fleet utilization (TU), which is measured by dividing the total tons shipped into the total capacity available for dispatch and from this the OCL measure per minimum item is derived, which It is measured by the total empty tons times the price per ton of the location furthest from the consolidation.

A relatively high fleet utilization percentage was identified but reflected in the OCL for minimum items they corresponded to 10% of the total freight cost. This is because the operation carried out for the dispatch process had inefficiencies at the time of order planning, added to poor organization of direct customers and a lack of diversification of the available fleet to address greater ranges of loaded volumes.

This redesign of the process will be carried out through the reorganization of the order volume of direct customers, fleet implementation for dispatch diversification and a redesign of the process flow diagram. For an accurate study of these points, information was collected from the dispatches carried out during the 1st semester of 2023, specifically those carried out in the metropolitan region.

The implementation of the project achieved positive results for the process, increasing fleet utilization by 5% more, from 89% to 94% and a significant decrease in OCL by at least 20%.

Keywords: transportation logistics, fleet utilization, OCL, minimum items, dispatches, Metropolitan Region, customers, fleet, flow chart.

## Índice

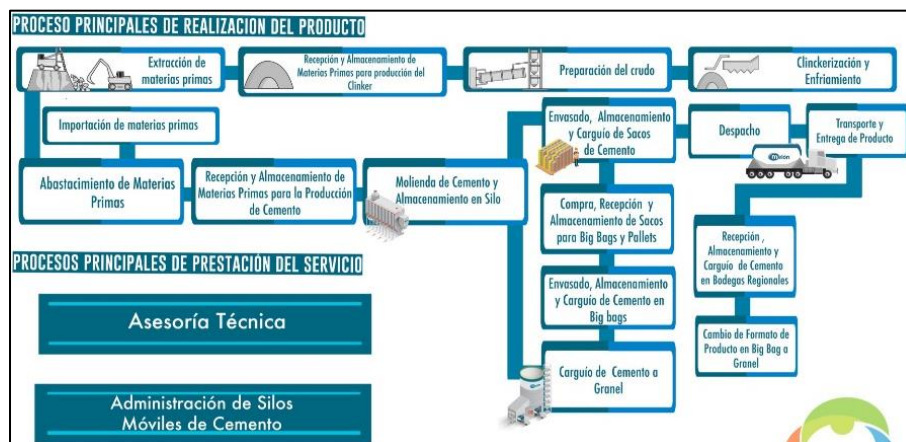
<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
1.1. Contexto de la empresa	5
1.2. Contexto del problema	7
<b>2. Objetivos</b>	<b>12</b>
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos específicos	12
2.3. Medidas de desempeño	12
<b>3. Estado del Arte</b>	<b>13</b>
<b>4. Alternativas de Solución</b>	<b>17</b>
<b>5. Desarrollo de la Solución</b>	<b>20</b>
5.1. Metodología	20
5.2. Desarrollo del proyecto	22
5.3. Matriz de Riesgo	30
5.4. Evaluación Económica	31
5.5. Plan de implementación	32
<b>6. Resultados</b>	<b>33</b>
<b>7. Conclusión</b>	<b>34</b>
7.1. Futuros impactos	35
7.2. Recomendaciones	36
<b>8. Referencias Bibliográficas</b>	<b>36</b>
<b>9. Anexo</b>	<b>38</b>

## 1. Introducción

### 1.1. Contexto de la empresa

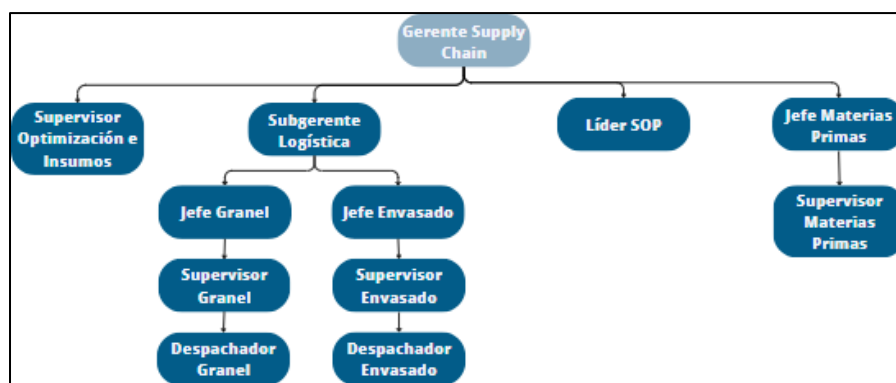
Melón S.A. es una empresa nacional controlada por Inversiones Cordillera del sur III SPA, Breca cementos SAC y Minería Latinoamericana SAC, fundada en el año 1908 en La Calera, Chile. Es una de las empresas líderes en la industria de producción de materiales de construcción, con más de 100 años de experiencia. Actualmente, posee 3 divisiones, las cuales son cementos, hormigones y áridos, las cuales se desarrollan en torno al campo de la minería asociada a la producción de cementos en base a caliza, yeso y puzolana.

La empresa tiene su sede central administrativa en el edificio Titanium, ubicado en, Las Condes, Chile. Además, hoy en día cuenta con 3 plantas de producción de cemento, 39 plantas de hormigones, 3 plantas de áridos y 3 oficinas de operaciones mineras a lo largo del país, con el objetivo de lograr una mayor cobertura a sus clientes. Ahora bien, la planta ubicada en La Calera, V región, es la más importante, ya que es ahí donde se desarrolla todo el proceso de producción de cementos, es decir, desde que llegan camiones con materias primas, hasta que salen camiones con cementos en sus distintos formatos (Figura 1.1). Es importante destacar que Melón no posee flota propia para estos procesos, por lo que trabaja directamente con empresas transportistas que prestan sus servicios.



**Figura 1.1: Esquema del proceso productivo de cemento y Clinker en Planta La Calera**  
<https://melon.simonline.cl>

En La Calera, la planta se divide en 2. Una de ellas cuenta con las áreas de operaciones, exploraciones mineras, recursos humanos y administración, mientras que la otra cuenta con las áreas comercial y Supply Chain. Sin embargo, para efectos de este proyecto se trabajará en esta última, específicamente en el sub-área de envasado, la que está compuesta por un jefe de despacho, quien se encarga de todos los temas administrativos pertenecientes al reparto de los productos envasados en sus distintos formatos, un supervisor de despachos, quien se encarga de asegurar el buen funcionamiento de todo el proceso y los despachadores quienes se encargan de gestionar las asignaciones de cargas a los camiones para el despacho y estar en contacto directo con los choferes (Diagrama 1.1).



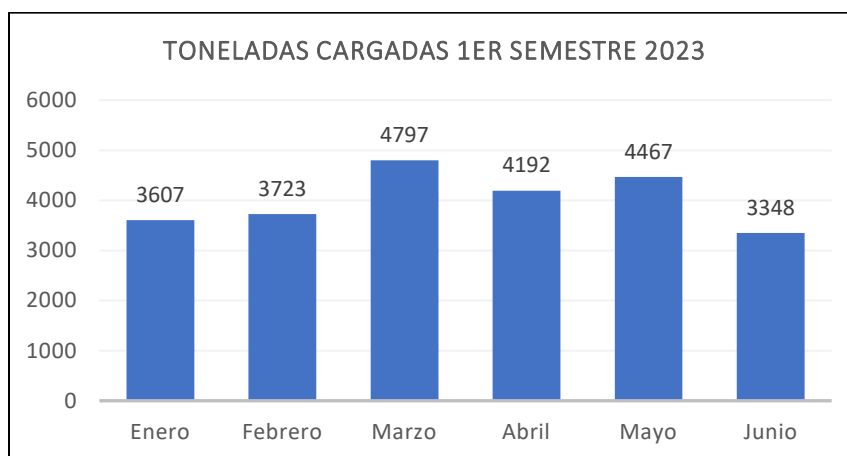
**Diagrama 1.1: Organigrama Supply Chain (Elaboración propia)**

En esta sub-área se desarrolla toda la logística de reparto en las distintas regiones del país y el despacho de cemento puede ser desde la planta La Calera o desde las distintas bodegas que se encuentran en el país, ya sea Coquimbo, Lampa, etc. Ahora bien, para efectos de esta pasantía se desarrollará en torno al funcionamiento de la bodega Lampa, ubicada en la región metropolitana. Esta se encuentra administrada por la empresa Transportes PPV Ltda., quien cumple con la prestación: “Servicio de Transporte de Cemento y la Administración de la Bodega de Región Metropolitana” <sup>1</sup>. Esto significa que todo el personal que trabaja al interior de esta pertenece a PPV, pero, deben rendir cuentas y trabajar para Melón, ya sea administrador, despachadores, choferes, peonetas, elevadores, servicios, etc. Actualmente PPV cuenta con un total de 7 camiones a disposición para el reparto, de los cuales 4 son

<sup>1</sup> Según el contrato estipulado en el año 2019 entre Melón S.A. y Transportes PPV Ltda., con vigencia hasta el día de hoy.

capaces de transportar 21,6 toneladas, 1 capaz de transportar 23,4 toneladas y 2 capaces de transportar 25,2 toneladas, ya sea cemento en saco o big bag.

Ahora bien, durante el primer semestre del 2023, Melón tuvo un total de 869 clientes distintos en las distintas localidades asociadas a la región metropolitana y, además, el promedio de toneladas despachadas durante este periodo fue aproximadamente 4000 en un periodo promedio de 25 días de trabajos al mes (Gráfico 1.1).



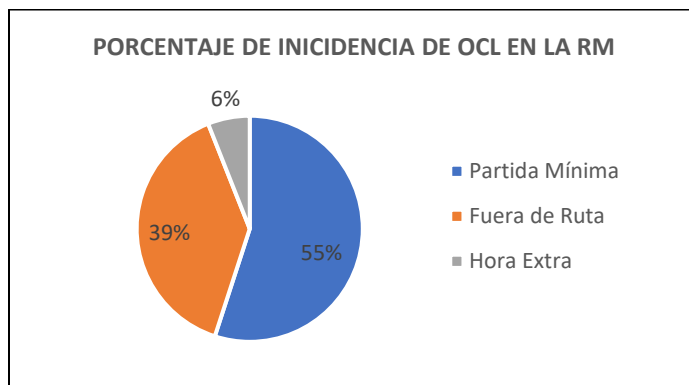
**Gráfico 1.1: Total de toneladas despachadas desde Lampa a la RM durante los meses enero y junio 2023 (Elaboración propia)**

## 1.2. Contexto del problema

En el contrato de Melón con Transportes PPV se estipularon una serie de puntos y requisitos, los cuales deben ser cumplidos. Dentro de estos puntos se encuentran costos que no están asociados a la tarifa estipulada y que son producto del acuerdo entre las partes, estos tienen por nombre Otros Costos Logísticos (OCL), los cuales al no estar considerados tienen que ser pagados de manera externa y no se reflejan en el presupuesto. Estos son:

- Partida Mínima: cuando un camión es despachado con menos de 21 toneladas.
- Fuera de Ruta: cuando se excede un 28% de kilómetros recorridos entre distancia de la municipalidad más lejana de la orden y la distancia ruta completa.
- Horas Extras: cuando se excede el horario laboral de los choferes y peonetas.

El grado de incidencia de estos OCL son altos, ya que representan un 20% más del costo total del flete, y no solo esto, sino que a nivel logístico también representan una gran problemática.



**Gráfico 1.2.1: Porcentaje de incidencia de OCL para el despacho en la RM (Elaboración propia)**

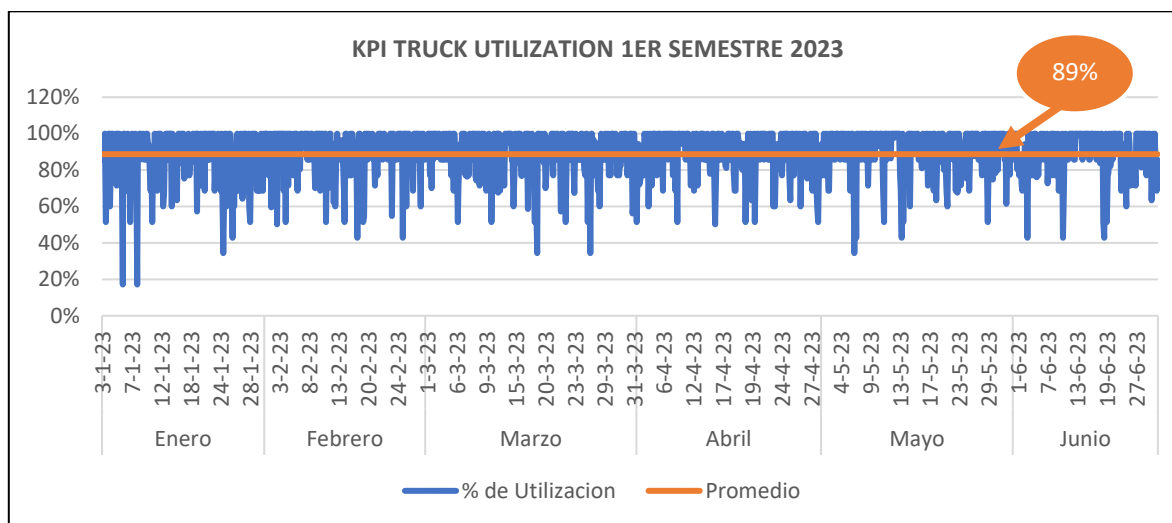
Esto permite visualizar el gran porcentaje de incidencia de partidas mínimas en los despachos de la RM con un 55% del total, donde también es posible identificar esta misma problemática en distintas bodegas, por lo que abordarla ahora sería el punto de partida para mejorar la situación en las demás.

Ahora bien, la subárea de envasado no posee indicadores claves de rendimiento (KPI), por lo que no es posible visualizar resultados de manera fácil y rápida, por lo que identificar como es el comportamiento de distintas aristas es sumamente tedioso y complejo. Para esto, se realizó un análisis de la información en la base guía, la cual posee todos los datos de transporte hasta la fecha, y se estableció como KPI que hace referencia a la eficiencia en las cargas despachadas de última milla, el indicador “Truck Utilization” (TU). Este mide la cantidad de carga despachada del día X versus la capacidad total del día X.

$$TU = \frac{\text{Total despachado día } x}{\text{Total capacidad día } x}$$



De la base analizada, se pudo obtener el siguiente registro:



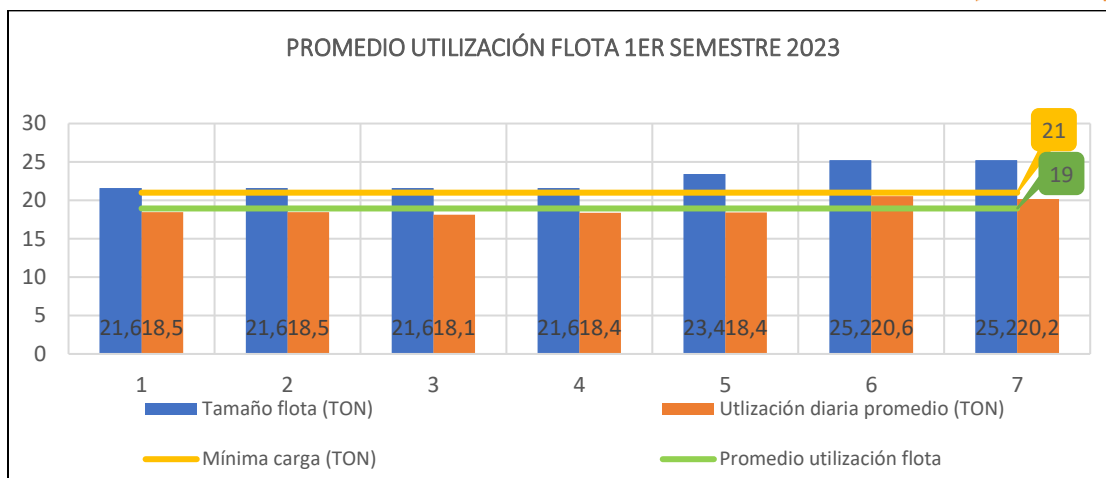
**Gráfico 1.2.2: KPI TU del 1er semestre 2023 en despachos RM (Elaboración propia)**

De este se desprende que entre los meses enero y junio del 2023, la empresa tuvo un promedio de utilización diaria de la flota en un 89%, lo que a grandes rasgos es un buen indicador, ya que visualiza que el proceso logístico de reparto es adecuado. Sin embargo, si se visualiza este análisis desde el punto de vista de costos extras asociados, el OCL por partida mínima representa el 10% del total de costo de flete (Tabla 1.2.1).

Mes	Flete guía \$ (CLP)	Partida Mínima \$ (CLP)	Suma Flete guía/Partida Mínima \$ (CLP)
Enero	\$ 42.926.493	\$ 6.550.780	\$ 49.477.273
Febrero	\$ 44.458.890	\$ 5.493.859	\$ 49.952.749
Marzo	\$ 57.312.783	\$ 7.304.419	\$ 64.617.202
Abril	\$ 42.324.100	\$ 5.203.390	\$ 47.527.490
Mayo	\$ 45.529.152	\$ 4.716.017	\$ 50.245.169
Junio	\$ 34.394.694	\$ 3.935.519	\$ 38.330.213
<b>Total</b>	<b>\$266.946.112</b>	<b>\$ 33.203.984</b>	<b>\$ 300.150.096</b>

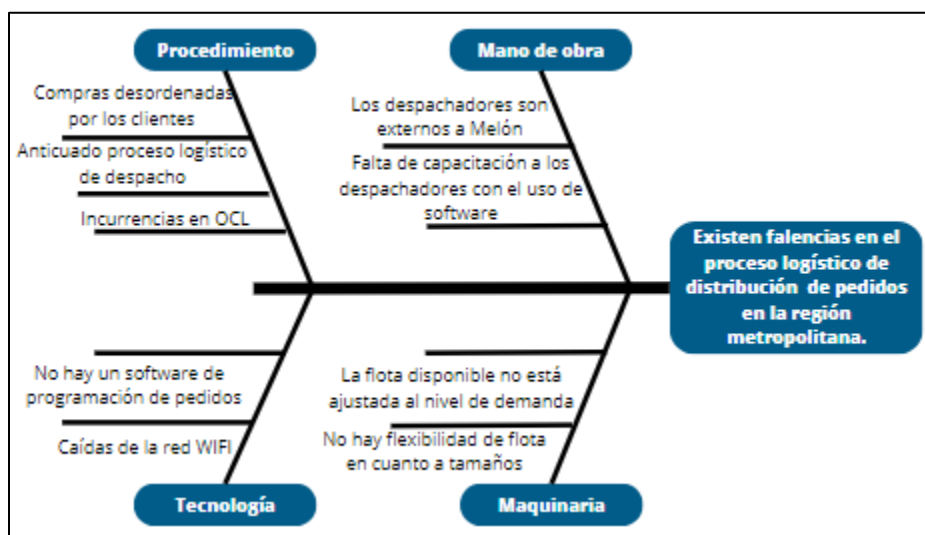
**Tabla 1.2.1: Costo flete y OCL por partida mínima (Elaboración propia)**

Estos resultados se justifican debido al rendimiento que tuvo la flota disponible para el reparto en al RM durante el 1er semestre del 2023, los cuales, en promedio, la flota movió 19 toneladas diarias, infiriendo entonces que diariamente se incurrió en OCL por partida mínima debido a que no se cumplió con el mínimo de carga que corresponde a 21 toneladas (Gráfico 1.2.4).



**Gráfico 1.2.4: Promedio de utilización diaria de la flota 1er semestre 2023 (Elaboración propia)**

Sin embargo, la explicación que se da a esta problemática es la programación de los pedidos a cargo de los despachadores, quienes en base a sus conocimientos y experiencias programan los pedidos de una manera óptima con el fin de maximizar el uso del espacio total de los camiones. Ahora bien, para analizar esto de manera profunda y fundamentada se realizó un diagrama de Ishikawa (Gráfico 1.2.3), el cual permitió identificar la raíz de la causa del problema, analizando 4 factores importantes: procedimiento, tecnología, mano de obra y maquinaria.



**Gráfico 1.2.3: Diagrama de Ishikawa (Elaboración propia)**

En cuanto al procedimiento, la mayoría de los clientes realizan sus pedidos conforme tengan poco stock para la venta y no poseen una planificación mensual de cuando realizar los pedidos ni cuanto pedir en cada uno de ellos. Con esto, se hace complicado la programación de los despachos, ya que no se tiene control sobre donde ni cuanto se despachará diariamente, por lo que los despachadores realizan las programaciones de los pedidos el día anterior al despacho de acuerdo con la cercanía de los sectores solicitados y tratar de realizar la consolidación adecuada para cada camión. Por otro lado, para realizar estas tareas, los despachadores utilizan sus conocimientos sobre la región metropolitana y poseen una simple sectorización de la zona.

En cuanto a la tecnología, el trabajo realizado por los despachadores no cuenta con el apoyo de algún software que les brinde información extra sobre la programación adecuada para el despacho de los pedidos, sumado a que no existe una red Wifi de buena calidad en la bodega.

En cuanto a la mano de obra, la externalización de la programación de los pedidos tiene un riesgo, ya que, si bien es cierto, PPV realiza toda la labor, existe la posibilidad de que se realicen despachos con partidas mínimas a propósito. Cabe destacar que no existe un seguimiento continuo sobre la programación de los pedidos por parte de Melón. Además, la poca capacitación de los despachadores sobre el uso de distintos softwares adicionales a los convencionales y la nula actualización de conocimientos ralentizan sus labores de despacho.

En cuanto a la maquinaria, la flota disponible para la realización de los despachos es estándar y no es flexible dependiendo de la demanda diaria, es decir, acorde a la cantidad de pedidos y sus volúmenes, esto se traduce en que no existe la posibilidad de ajustar el tamaño de la flota dependiendo de los resultados obtenidos mensualmente de la cantidad demanda en la región.

Finalmente, estos factores permiten identificar la raíz de la problemática, llegando a la conclusión de que existen falencias en todo el proceso logístico de reparto en la región metropolitana, desde que llega la ordenes de pedidos hasta que se despacha el producto.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Diseñar un nuevo proceso logístico para el reparto de pedidos en la región metropolitana desde la bodega ubicada en Lampa, con el fin de aumentar la utilización diaria un 5% más y así reducir el OCL por partida mínima un 10% mensual.

### 2.2. Objetivos específicos

- Identificar y clasificar a los clientes según criterios de volumen y frecuencia de pedidos.
- Analizar las variaciones de volúmenes de despachos para la implementación de camiones con distinta capacidad.
- Crear el diagrama de flujo actual y futuro.
- Desarrollar un dashboard con distintos KPIs para tener un seguimiento actualizado del proceso.

Con esto, se espera ordenar a los clientes, la flota disponible para despacho y el proceso de despacho de productos en la región metropolitana, y de esta manera alcanzar el objetivo general establecido.

### 2.3. Medidas de desempeño

Para medir el correcto funcionamiento de implementar el proyecto, se establecieron medidas de desempeño para cada uno de los objetivos presentados. Para el caso del objetivo general, será medido mediante el aumento de la eficiencia en la utilización de la flota (1) y la disminución OCL por partida mínima (2).

$$1. \text{ Utilización de la flota (TU)} = \frac{\text{Total despachado (TON)}}{\text{Total capacidad (TON)}} \times 100$$

$$2. \text{ Partida Mínima (CLP)} = \text{total vacío (TON)} * \text{Tarifa localidad más lejana (CLP)}$$

En cuanto a los objetivos específicos, el primero será medido con una matriz segmentación de clientes que integre la frecuencia de pedido y el volumen de estos. El segundo objetivo será medido a través de la eficiencia de consolidación de los camiones (3).

$$3. \text{Eficiencia de carga de camiones (ECC)} = \frac{\text{Volmen consolidado (TON)}}{\text{Mínima carga (TON)}} \times 100$$

Para el tercer objetivo, será medido mediante la diferencia entre la eficiencia de carga actual y la eficiencia de carga luego de la mejora en la consolidación del camión. (4)

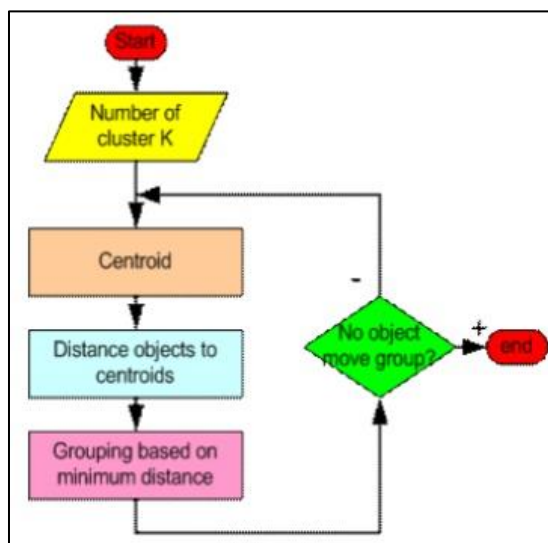
$$4. \Delta \text{Eficiencia del diagrama de flujo} = \text{ECC actual} - \text{ECC mejorada}$$

Finalmente, para el cuarto objetivo se medirá a través de una correcta visualización de los KPIs específicos para monitorear si el funcionamiento del proceso logístico es correcto.

### 3. Estado del Arte

Respecto a la literatura e investigaciones relacionadas a problemáticas similares a la que se presenta en Cementos Melón, se encontraron tres metodologías empleadas que debido a su contenido y objetivo podrían llevarse a cabo en este proyecto.

El primer caso de investigación se basa en la resolución de la variabilidad de tiempos de entrega, el cual hace referencia al despacho ineficiente debido a una mala planificación de rutas y gestión de flota, lo que se traduce en sobrecostos de transportes <sup>1</sup>. Ahora bien, para este caso se lleva a cabo la implementación de un algoritmo llamado K-Means, el cual entrega una agrupación de datos según criterios de interés, que según James MacQueen, es un método de clasificación y análisis de observaciones multivariadas. Este se clasifica como algoritmo de aprendizaje automático no supervisado, generando agrupaciones o clústeres que son resultado de la minimización de la suma de las distancias entre los datos con el centroide correspondiente a tal agrupación<sup>2</sup>.



**Figura 3.1: Diagrama de flujo del algoritmo K-Means ([www.rpubs.com](http://www.rpubs.com))**

K-Means es un algoritmo de agrupación que divide un conjunto de datos en k grupos. Este algoritmo asigna cada objeto al grupo con la media más cercana. El objetivo de K-Means es minimizar la varianza total dentro de los grupos, o la función de error al cuadrado. El número de grupos k óptimo no se conoce a priori y debe estimarse a partir de los datos<sup>3</sup>.

$$\text{objective function} \leftarrow J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \underbrace{\|x_i^{(j)} - c_j\|^2}_{\text{Distance function}}$$

Labels in the diagram:  
 - number of clusters: points to  $k$   
 - number of cases: points to  $n$   
 - case  $i$ : points to  $x_i^{(j)}$   
 - centroid for cluster  $j$ : points to  $c_j$

**Figura 3.2: Función objetivo del algoritmo K-Means ([www.saedsayad.com](http://www.saedsayad.com))**

Para el contexto de la logística, el algoritmo K-Means es útil para el diseño de rutas de despachos, a través de agrupaciones de clientes o puntos de entrega, ya sea en función de su ubicación, requisitos del servicio, tiempos de recepción, etc.

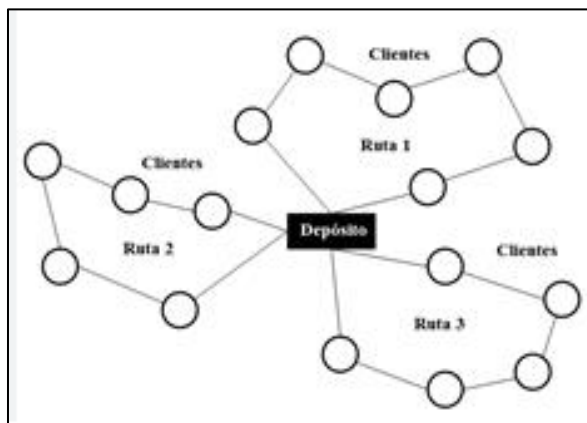
El segundo caso de investigación se basa en la resolución de elección de vehículos adecuados dependiendo de la capacidad para suplir con la demanda y la conformación de rutas establecidas al momento de despacho de los pedidos, teniendo en cuenta las

distancias entre clientes y zonas en las que se encuentren, con el fin de reducir costos logísticos y aumentar el nivel de servicio<sup>4</sup>. Ahora bien, la solución se lleva a cabo a través del concepto desarrollado por Dantzing y Ramser, quienes propusieron una formulación matemática la cual su función objetivo era minimizar los costos de transporte de gasolina hacia distintas estaciones de servicio.

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^M c_{ijk} x_{ijk} & (1) \\
 & \text{Sujeto a:} \\
 & \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ijk} \leq M & i=0 & (2) \\
 & \sum_{k=1}^M \sum_{j=0}^N x_{ijk} = 1 & \forall i \in [1, N] & (3) \\
 & \sum_{j=1}^N x_{ijk} = \sum_{i=1}^N x_{ijk} & \forall k \in [1, M], & (4) \\
 & & i=0 & \\
 & \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N p_i x_{ijk} \leq P_k & \forall k \in [1, M] & (5) \\
 & \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{ijk} \leq |S| - 1 & \forall S \subseteq (V - \{0\}), & (6) \\
 & & |S| \geq 2, & \\
 & & k \in [1, M] & \\
 & & \forall i, j \in [1, N], & \\
 & x_{ijk} \in \{0, 1\} & \forall k \in [1, M] & (7)
 \end{aligned}$$

**Figura 3.3: Modelo matemático de programación lineal del VRP ([www.redalyc.org](http://www.redalyc.org))**

El VRP es desarrollado de la premisa de tener un depósito y una flota de vehículos, con esto se debe suplir la demanda de un conjunto de clientes que se encuentran dispersos geográficamente, de manera tal que se incurra en menos costos posibles, sin exceder la capacidad de los vehículos que llevan la carga y que la flota termine su recorrido donde comenzó, es decir, en el depósito. Esto se puede modelar a través de un grafo en el que sus vértices representan al depósito y a los clientes, donde los arcos que se generan pueden ser unidireccionales como bidireccionales.



**Figura 3.4: Modelación de un grafo VRP (Kilby, Prosser, Shaw, 1998)**

El tercer caso de investigación se basa en la resolución de problemas logísticos de uno de los clientes de una empresa proveedora de servicios logísticos, la cual carece de herramientas para dimensionar las causas que generan esta problemática, con el fin de aumentar el porcentaje de entregas efectivas, disminución de errores en la documentación y la optimización de los recursos destinados a la operación logística, es decir, disminuir costos asociados a esta<sup>5</sup>. Ahora bien, para la solución se llevó a cabo con el desarrollo de la metodología BPM, la cual según Hammer y Chepy, la reingeniería de procesos trata de dar un enfoque completamente radical para la mejora eficiente y efectiva de una organización. Esto implica directamente tanto la revisión, el análisis y el rediseño completo de los procesos con el fin de lograr mejoras significativas, ya sea en costos, calidad de los servicios y velocidad del proceso. Posteriormente, según Lecovich en 2006, la reingeniería está constituida por un proceso de recreación y reconfiguración ya sea de las actividades como de los procesos de cualquier empresa de manera radical, logrando así un cambio cualitativo, es decir, crear una nueva curva de aprendizaje.

La metodología y procedimiento que se plantea para la reingeniería de procesos se puede sintetizar de la siguiente manera: definición del proyecto, análisis situación actual, diagnóstico, diseño de una nueva organización, implementación<sup>6</sup>.



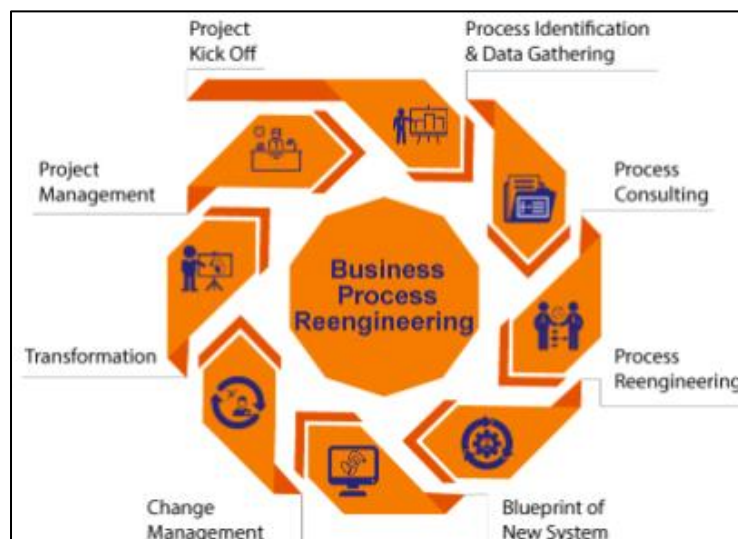


Figura 3.5: Etapas de BPM ([www.synconics.com](http://www.synconics.com))

## 4. Alternativas de Solución

De acuerdo con las investigaciones desarrollada en el estado del arte, es posible desprender distintas soluciones factibles para resolver la problemática que enfrenta Melón en el despacho de cemento en la región metropolitana. Ahora bien, para efectos del proyecto, se presentarán tres alternativas y posibles soluciones:

### 4.1. Clusterización de los clientes

Esta solución sugiere de la implementación del algoritmo K-means, el cual otorgará una solución para ordenar el despacho a los clientes de la región, es decir, se generarán clústeres de acuerdo con la cercanía entre los clientes y se establecerán días determinados para el despacho a ciertas zonas, teniendo de esta manera un control sobre la logística de despacho. Se podrá organizar con mayor tiempo las consolidaciones de los pedidos y se podrá saber la cantidad de toneladas requeridas para las distintas zonas y la flota necesaria para suplir esta demanda, pudiendo identificar con tiempo los camiones que serán despachados con falso flete. Sin embargo, Melón se destaca frente a la competencia por la rapidez en la entrega sus productos, por lo que establecer días determinados de despachos podría generar una disminución considerable de clientes y una desventaja competitiva dentro del mercado. Además, su implementación requiere

de softwares avanzados, tecnología y personal capacitado, por lo que Melón no posee los recursos necesarios para llevarla a cabo.

#### **4.2. Utilización de un VRP para la distribución**

Esta solución sugiere la implementación de un algoritmo capaz de incorporar todas las funciones y restricciones con las que trabaja Melón para el despacho de sus productos. El funcionamiento de este VRP realizaría la función de los despachadores en menos tiempo y con mayor precisión por lo que disminuiría considerablemente los costos por transporte, además de que existiría un mayor ordenar los pedidos. Sin embargo, el desarrollo de un VRP requiere de mucho estudio para su modelación, personal que tenga mucho conocimiento sobre algoritmos y el tiempo empleado para desarrollarlo es harto, por lo que no es viable para Melón ya que, al encontrarse en una situación difícil económicamente, es de vital importancia realizar cambios a bajo costo y en el menor tiempo posible.

#### **4.3. Rediseñar el proceso de despacho**

Esta solución tiene sustento en el rediseño de los distintos procesos que engloba el reparto de cemento, es decir, la logística que hay detrás de que el cemento se encuentre listo para ser utilizado. Este requiere de un análisis de todas las etapas y tareas que se deben cumplir, y lo más importante identificar las causas principales del problema relacionado a los sobrecostos por transporte. Esta alternativa entrega un modelo simple de realización, rápido en ejecución y menos costoso, mediante el cual se lograría mejorar las tres partes importantes del proceso, es decir, los clientes, la flota y el diagrama de flujo. Ahora bien, al igual que las demás alternativas posee ciertos riesgos de realización, como lo es posible rechazo de la propuesta por parte de los clientes o del área en sí.

Finalmente, para determinar la alternativa más factible para el problema, se elaboró una tabla con distintos criterios, asignándose puntajes a cada una las alternativas presentadas (Tabla 4):

- Tiempo: el tiempo requerido para la implementación, siendo 1 mucho tiempo y 7 poco tiempo.

- Impacto cliente: el impacto que traería consigo a los clientes, siendo 1 impacto negativo y 7 impacto positivo.
- Costo: monto a pagar por implementar la solución, siendo 1 alto costo y 7 bajo costo.
- Factibilidad: la compatibilidad entre la solución y la infraestructura de la empresa, siendo 1 baja factibilidad y 7 alta factibilidad.
- Cumplimiento normativo: se cumple con las políticas de despacho de la empresa, siendo 1 no cumple nada y 7 cumple con todas.

Tablas alternativas de solución		Solución		
		Clusterización de clientes	VRP para la distribución	Rediseño el proceso de despacho
Criterios	Tiempo	6	3	6
	Impacto cliente	2	6	5
	Costo	5	4	6
	Factibilidad	5	2	7
Puntaje Total		18	15	24

**Tabla 4: Alternativas de solución según criterios (Elaboración propia)**

En base a los resultados de la tabla, se ha identificado que la alternativa con mayor puntaje es “Rediseño del proceso de despacho”, esto quiere decir, que es compatible con las directrices más importantes para la empresa en la implementación de una solución a alguna problemática. Ahora bien, en cuanto a las otras dos alternativas hubo criterios críticos que las dejaron. Para la primera, el impacto en los clientes es sumamente alto, ya que el despacho de cemento envasado está disponible de lunes a sábado, por lo que los clientes tienen la facilidad de comprar y ser despachados el día siguiente, sin la necesidad de esperar hasta el día en el que se despache a la zona en la que se encuentre. Para la segunda alternativa, el tiempo que se requiere para desarrollar un algoritmo que contenga todas las funciones y restricciones de despacho, posteriormente implementar y monitorear si está bien desarrollada, es alto, por lo que se ve en peligro el término de esta. Además, no existe un desarrollo tecnológico adecuado en la empresa para trabajar con este tipo de soluciones ni los despachadores poseen las capacidades técnicas para utilizar de buena manera este algoritmo. Cabe destacar también, que la empresa tiene en sus planes implementar un

software que permita realizar la planificación de los despachos, pero no poseen ni el personal para desarrollarlo ni presupuesto para su realización.

## 5. Desarrollo de la Solución

El foco principal del problema identificado está en la deficiencia de los despachos realizados en la región metropolitana desde la bodega de Lampa, la cual se mide a través del porcentaje de utilización de la capacidad de los camiones. Ahora bien, para un correcto desarrollo se tomarán los datos del primer semestre del 2023 (enero a junio), datos recogidos desde el software ERP utilizado en Melón conocido como JD Edwards. Este software almacena todos los movimientos de la flota, ordenes de compras y sus detalles.

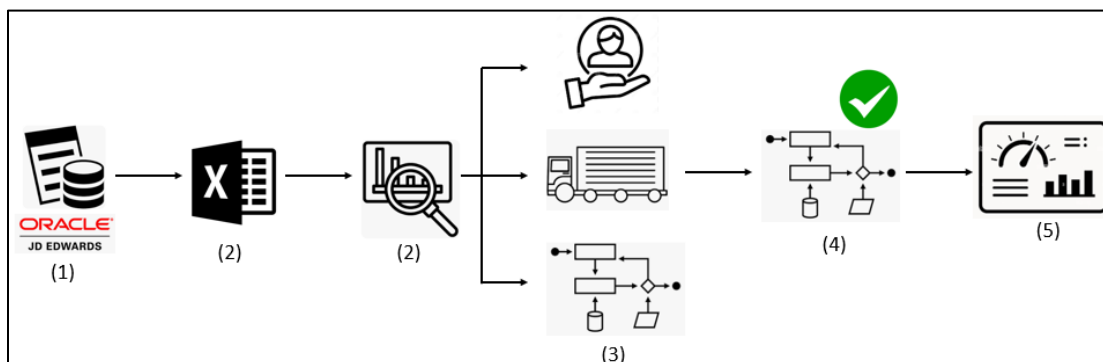
### 5.1. Metodología

Se utilizará la metodología de rediseño de procesos conocida como BPM (Business Process Management), la cual realiza una revisión completa de todo el proceso, tarea por tarea, con el objetivo de mejorar las medidas de desempeño en estudio. Para este proyecto el BPM se utilizará con la finalidad mejorar la productividad de transporte y disminuir costos asociados a esto.

Este consta de 5 fases:

1. Identificación: define y analiza el proceso de negocio actual con el fin de identificar las áreas a mejorar. Se crea el modelo para visualizar el proceso.
2. Modelado: descripción del proceso actual y sus tareas, la manera en como se llevan a cabo, los tiempos y recursos empleados.
3. Ejecución: implementación del nuevo modelo del proceso con las mejoras realizadas en un software BPM y se monitorea el rendimiento de este.
4. Control: supervisa continuamente el proceso, aplicando correcciones respectivas y se realizan cambios si es necesario.
5. Optimización: mejora continua del proceso en base al análisis de los datos arrojados post ejecución y se utilizan métricas de rendimiento para lograr un funcionamiento completo del proceso.

Ahora bien, para una correcta implementación y desarrollo del proyecto ingenieril, se proponen 4 etapas principales (Figura 4.1.2):



**Figura 4.1.2: Diagrama de flujo del proyecto (Elaboración propia)**

- 1) Levantamiento de la data desde JD Edwards de los despachos realizados durante el 1er semestre.
- 2) Identifican las áreas críticas que engloban el proceso de despacho: clientes, flota y diagrama de flujo.
- 3) Generan los cambios en las tres áreas mencionadas a través de tres etapas.
- 4) Diseña el nuevo proceso de logística de reparto.
- 5) Aprobación del nuevo diseño y mejora continua al proceso.

De acuerdo con esto, en la primera etapa se realiza la extracción de la data correspondiente al 1er semestre del 2023, desde JD Edwards para luego analizarla y comenzar de lleno en el proyecto.

Para la segunda etapa, una vez extraída la información necesaria e importante para el proyecto, se espera calcular la utilización de la flota durante ese periodo y los costos que se generan de esta situación, la que posteriormente servirá para hallar las áreas críticas en el proceso y enfocarse en estos.

Una vez halladas estas áreas, comienza la etapa tres, la cual es modificar el volumen de pedido de los clientes, a través de incentivos, implementación de nueva flota, guiándose en el comportamiento de los despachos realizados y finalmente, rediseño del diagrama de flujo

del proceso de despacho, en el que se modifiquen y agreguen tareas para mejorar el rendimiento tanto de la eficiencia de carga de los camiones como de la utilización de la flota.

Concretada la modificación en estas áreas, se inicia la etapa cuatro, el diseño del nuevo proceso logístico de reparto, el cual tenga considerado las modificaciones descritas. Finalmente, en esta etapa, se desarrolla una interfaz gráfica, la cual ayudará a visualizar el desempeño del proceso, con la finalidad de poder monitorear el desarrollo del proyecto. Esta interfaz constará de un “dashboard” desarrollado en LookerStudio.

Por último, en la quinta etapa se presentará el funcionamiento completo del proyecto al área logística para posteriormente, en conjunto, presentarla al área comercial, con la finalidad de complementar las tareas y trabajar con los mismos objetivos. Luego de esto, se espera un “feedback” con la finalidad de ir realizando mejoras al proyecto y poder desarrollar un proceso de despacho de calidad y con buen rendimiento. Cabe destacar que esta etapa no tendrá término ya que, servirá como etapa de mejora continua al proyecto.

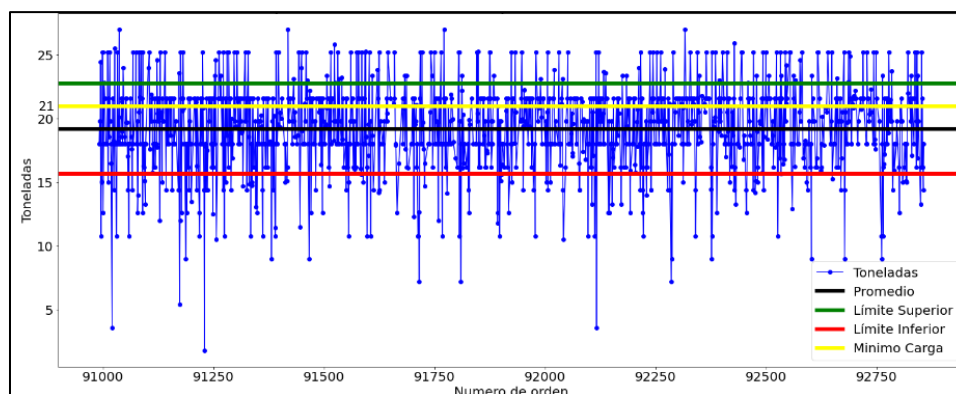
## 5.2. Desarrollo del proyecto

La fase inicial del proyecto comenzó con la extracción de la data disponible en el ERP JD Edwards, la cual comprende de toda la data relacionada con el movimiento de la flota en el país. Debido a esto, se realizó un análisis exhaustivo, eliminando toda aquella que no tenga relación al despacho de cemento envasado desde la bodega Lampa hacia las comunas de la región metropolitana (Tabla 5.2.1).

NÚMERO_GUÍA_DESPACHO	FECHA_GUÍA_DESPACHO	HORA_DESPACHO	CODIGO_TIPO_DOCUMENTO	NÚMERO_DOCUMENTO	CONDICION_ENTREGA_ENV	UNIDAD_ORIGINAL_DESPACHO	NÚMERO_ORDEN_CARGA	CANTIDAD	Preco \$ T
473071	2023-01-03	10:15:17	SF	22873800	DESCARGA CLIENTE	BB	90396	15,00	11.041,00
473063	2023-01-03	08:15:57	SF	22898894	DESCARGA CLIENTE	SN	90394	1,80	11.041,11
473072	2023-01-03	08:17:02	SF	22896885	DESCARGA CLIENTE	SN	90397	10,78	10.160,00
473070	2023-01-03	08:17:02	SF	22896165	DESCARGA CLIENTE	SN	90397	2,50	10.160,00
473069	2023-01-03	08:16:26	SF	22893344	DESCARGA CLIENTE	SN	90396	3,60	13.451,11
473064	2023-01-03	08:15:57	SF	22898027	DESCARGA CLIENTE	SN	90394	10,80	11.041,02
473065	2023-01-03	08:15:57	SF	22893638	DESCARGA CLIENTE	SN	90394	5,40	11.040,30
473068	2023-01-03	08:16:26	SF	22898688	DESCARGA CLIENTE	SN	90396	3,60	13.451,11
473067	2023-01-03	08:16:26	SF	22897008	DESCARGA CLIENTE	SN	90396	1,80	13.451,11
473071	2023-01-03	08:17:02	SF	22898421	DESCARGA CLIENTE	SN	90397	1,80	10.160,00
473062	2023-01-03	08:15:06	SF	22893466	DESCARGA CLIENTE	SN	90393	19,80	10.160,00
473066	2023-01-03	08:16:26	SF	22898841	DESCARGA CLIENTE	SN	90396	1,80	13.451,11
473474	2023-01-04	07:45:09	SF	23006322	DESCARGA CLIENTE	SN	91002	1,80	11.041,11
473483	2023-01-04	07:47:50	SF	23006163	DESCARGA CLIENTE	SN	91005	3,60	10.533,69
473482	2023-01-04	07:47:50	SF	23006103	DESCARGA CLIENTE	SN	91005	9,00	10.534,00
473831	2023-01-04	18:43:31	SF	23006595	DESCARGA CLIENTE	BB	91012	15,00	11.041,00
473471	2023-01-04	07:43:59	SF	23006586	DESCARGA CLIENTE	SN	91001	1,80	12.258,89
473469	2023-01-04	07:43:59	SF	23006199	DESCARGA CLIENTE	SN	91001	3,60	12.258,89
473475	2023-01-04	07:45:09	SF	23006937	DESCARGA CLIENTE	SN	91002	1,80	11.041,11
473472	2023-01-04	07:43:59	SF	23006603	DESCARGA CLIENTE	SN	91001	3,60	12.258,89
473832	2023-01-04	18:49:52	SF	23008438	DESCARGA CLIENTE	SN	91013	21,60	11.041,02
473957	2023-01-04	09:27:38	SF	22896770	DESCARGA CLIENTE	BB	91007	18,00	11.041,00
473470	2023-01-04	07:43:59	SF	23006655	DESCARGA CLIENTE	SN	91001	1,80	12.258,89
473486	2023-01-04	07:47:50	SF	23006451	DESCARGA CLIENTE	SN	91005	5,40	10.534,07
473473	2023-01-04	07:45:09	SF	23006744	DESCARGA CLIENTE	SN	91002	3,60	11.041,11
473476	2023-01-04	07:45:09	SF	23006382	DESCARGA CLIENTE	SN	91002	3,60	11.041,11
473485	2023-01-04	07:47:50	SF	23006076	DESCARGA CLIENTE	SN	91005	1,80	10.533,69
473484	2023-01-04	07:47:50	SF	23006323	DESCARGA CLIENTE	SN	91005	1,80	10.533,69
473469	2023-01-04	07:43:59	SF	23006971	DESCARGA CLIENTE	SN	91001	1,80	12.258,89
473473	2023-01-04	07:45:09	SF	23006040	DESCARGA CLIENTE	SN	91003	7,20	11.040,83

**Tabla 5.2.1: Extracto base guía modificada de despachos desde Lampa hacia la RM (Elaboración propia)**

Luego de esto, con la ayuda de Python, se realizó un análisis gráfico del comportamiento de la data durante el 1er semestre, con la finalidad de buscar los puntos críticos presentes en el despacho de Lampa hacia la región metropolitana para posteriormente identificar las áreas críticas en donde se encontraba el origen de la problemática (Gráfico 5.2.1).



**Gráfico 5.2.1: Comportamiento de los despachos 1er semestre 2023 (Elaboración propia)**

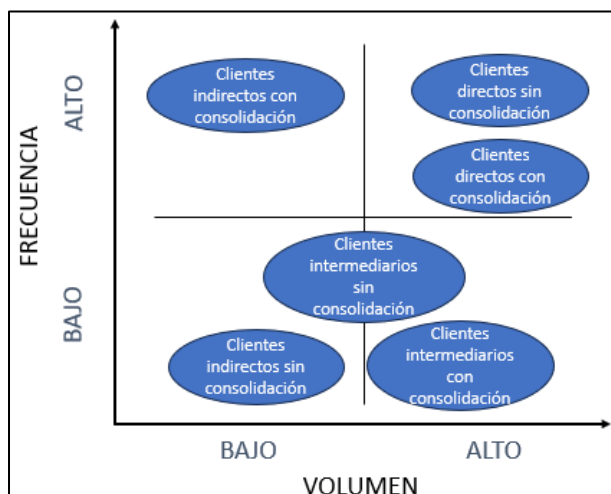
De este gráfico, se desprende que en promedio diariamente se despachan 19 toneladas por camión, lo que corresponde a una utilización de la flota de un 89%, considerando 21 toneladas como el 100%, lo cual corresponde al mínimo de carga aceptado para no incurrir en OCL por partida mínima. Entonces, en relación con esto, el foco principal se encuentra en todos volúmenes despachados que se encuentran bajo este mínimo, por lo que la búsqueda de los puntos críticos se basará completamente en estos.

Luego de este análisis se concluyó que las áreas críticas relacionadas a estos puntos son: el comportamiento de los clientes, los volúmenes despachados y la manera en como es llevado a cabo el proceso de despacho. Ahora bien, se desarrollarán tres fases, con el objetivo de trabajar de manera separada estas áreas críticas y luego obtener resultados en conjunto:

- I. Fase 1: Reorganización de los clientes.
- II. Fase 2: Diversificación de la flota.
- III. Fase 3: Rediseño del diagrama de flujo.

Para la primera fase, se dividieron los clientes en 2 grandes grupos, directos e indirectos, es decir, clientes que realizan pedidos directamente con Melón y clientes que realizan pedidos

a través de intermediarios, respectivamente. Luego, el enfoque estaba en aquellos que son directos, ya que existe una mayor relación y dentro de estos, se identificaron aquellos que poseían el mismo comportamiento de pedido, es decir, tenían grandes volúmenes de pedidos, los realizaban de manera periódica, es decir, mínimo 1 o 2 veces mensuales, el despacho de estos siempre sean sin consolidación, es decir, que hayan sido siempre con su pedido solamente y aquellos clientes que sí era posible consolidación pero sus pedidos eran de gran volumen. Para esto, se realizó una matriz de segmentación de clientes para identificar a los clientes objetivos (Tabla 5.2.2).



**Tabla 5.2.2: Matriz segmentación de clientes RM (Elaboración propia)**

De acuerdo con esta matriz, fue posible encontrar los clientes objetivos para realizar cambios en sus volúmenes de pedidos, ya que, dentro de los clientes directos, eran los que más generaban tanto problemas de consolidación como OCL por partidas mínimas (Tabla 5.2.3).

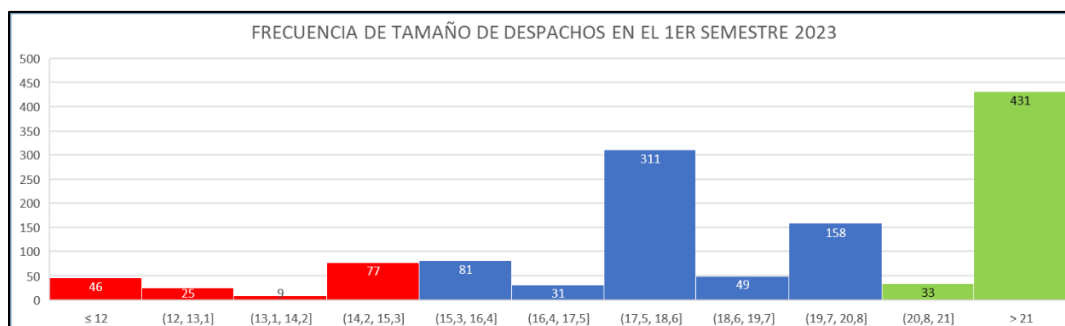
Cliente	Frecuencia pedido semestral	Frecuencia mensual ( $\bar{x}$ )	Volumen pedido ( $\bar{x}$ )	Consolidación
(12) SODIMAC S.A.	10	2	16,6	No
(63) SODIMAC S.A.	10	2	18,0	No
(66) SODIMAC S.A.	11	2	18,0	No
(70) SODIMAC S.A.	7	1	18,0	No
(723) SUC QUILICURA SODIMAC S.A.	10	2	18,0	No
(726) SUC TOBALABA SODIMAC S.A.	6	1	18,0	No
(746) SODIMAC S.A.	10	2	18,0	No
(95) SODIMAC S.A.	9	2	18,0	No
COMER. JOSE MIGUEL ABAD WETZIG EIRL	8	1	18,0	Si/No
IMPORTADORA Y COMER SOLMETALFA SPA	5	1	18,0	Si/No
MATERIALES Y SERV. PARA CONST.CROM.S.A	15	3	15,4	Si/No
OSCAR VILLALOBOS TORRES	20	3	17,6	Si/No
PRODUCTOS CAVE S A	19	3	19,8	No
SIKA SA CHILE	9	2	18,0	No



**Tabla 5.2.3: Clientes objetivos RM (Elaboración propia)**

Tal como se observa en la tabla el volumen promedio de pedidos es cercano al mínimo de carga, ya que se encuentran entre 18 y 19,8 toneladas, por lo que la cantidad a aumentar no es significativa para el tipo de cliente. Posteriormente, se notificó al área comercial sobre este análisis para que se pusieran en contacto con los clientes objetivos con la finalidad de que se llegue a un acuerdo para aumentar el volumen de sus pedidos con un incentivo económico, la cual no tuvo complicaciones y fue bien recibida por los clientes, por lo que sus pedidos comenzarán a realizarse con el mínimo de carga.

Para la segunda fase, gracias a la data disponible del 1er semestre, se realizó un histograma con el fin de visualizar el comportamiento de los volúmenes despachados durante este periodo y poder establecer los porcentajes de eficiencias de carga según volumen (Gráfico 5.2.2).



**Gráfico 5.2.2: Frecuencia de volúmenes despachados durante 1er semestre (Elaboración propia)**

Gracias este histograma, es posible identificar la cantidad de despachos realizados con los distintos volúmenes a través de intervalos. Esto permite visualizar su comportamiento siendo las barras color verde los despachos que se realizaron al 100% de eficiencia de carga, luego las barras azules que son despachos realizados entre el 99% y el 70% de eficiencia de carga y las barras rojas que son despachos realizados con el 69% o menos eficiencia de carga. Ahora bien, teniendo esto en cuenta, se realizaron 11 iteraciones de distintos tamaños de camiones y así determinar cual es óptimo que aumenta el porcentaje de utilización de la flota y aumenta la cantidad de pedidos que se realizan al 100% de eficiencia de carga. Cabe

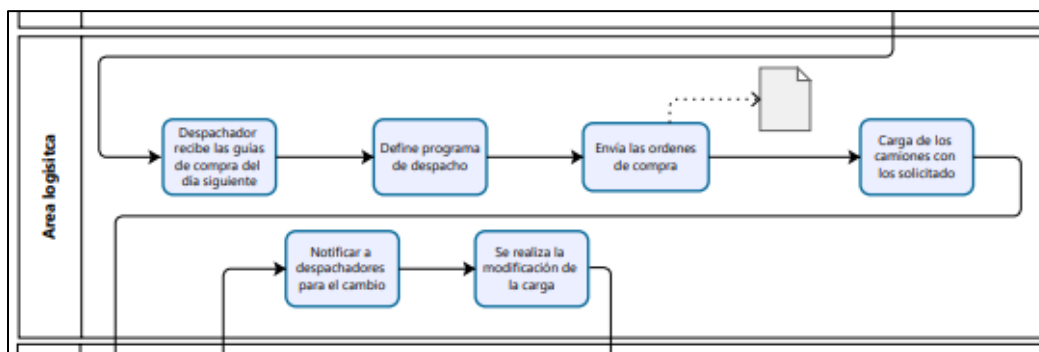
destacar que esta fase se considera un promedio de 1,5 vueltas de la flota a incorporar (Tabla 5.2.4).

Tamaño (Tn)	Iteración	Eficiencia de carga (%)	Despachos al 100% eficiencia de carga
10	1	89%	462
11	2	90%	462
12	3	90%	465
13	4	90%	462
14	5	90%	463
15	6	91%	476
16	7	91%	462
17	8	90%	462
18	9	90%	462
19	10	89%	462
20	11	89%	462

**Tabla 5.2.4: Iteración de tamaños de camiones en toneladas (Elaboración propia)**

Luego de la iteración, el tamaño óptimo que cumplía con los parámetros antes mencionados es la incorporación de flota de 15 toneladas, lo que consecuentemente aumentará la utilización de carga y disminuiría el OCL por partida mínima.

Para la tercera fase, es donde más se pone énfasis en la metodología BPM, ya que tiene directa relación con rediseño del diagrama de flujo. Las dos fases anteriores sirvieron para la primera y segunda etapa de esta metodología, con el fin de que exista un orden completo en todo lo que compete proceso logístico de reparto en la región metropolitana. Para esto, se creó el diagrama de flujo actual de la empresa, el cual se utilizó el software de modelación, Bizagi Modeler (Anexo 9.1), ya que no existía, identificando el modelo AS IS. Ahora bien, se centró solamente en la parte del área logística y se identificaron las tareas que se desarrollan para el despacho de los pedidos en la región metropolitana (Gráfico 5.2.3) ya que, es el área de interés para generar mejoras.



**Gráfico 5.2.3: Modelo AS IS del área logística del proceso actual (Elaboración propia)**

A modo de explicación, el proceso es el siguiente: el día anterior al día de despacho, el área comercial envía los pedidos del día siguiente a las 17 horas, lo que posteriormente el despachador realiza la planificación de los pedidos para el día siguiente, demorándose en promedio 1 hora. Posterior a esto, el despachador envía las ordenes de compra y quedan listas para entregárselas a los conductores y carguen los camiones para el despacho del día siguiente.

Esto permitió un análisis del diagrama actual y las falencias que tiene respecto a la eficiencia de carga, ya que no existe una retroalimentación sobre las tareas que se realizan en el proceso y no se hacía nada al respecto para aumentar la eficiencia de carga, la que se ve reflejada en la utilización de la flota y en los OCL por partida mínima. Además, una de las consideraciones que debe tener esta fase del proyecto, es establecer una comunicación constante entre el área logística y comercial de la empresa, para establecer mismos objetivos y que exista un feedback entre ellas. Para esto, se realizó una iteración de 9 porcentajes mínimos de eficiencia de carga, de los cuales en conjunto con el área comercial se llegó a un acuerdo con que el porcentaje mínimo de eficiencia es del 75% ya que no es un valor difícil de llegar, es decir, es logable para las condiciones actuales de demanda. Esto, de acuerdo con la data del 1er semestre aumentaría 1000 toneladas anuales aproximadas en el total despachado (Tabla 5.2.5).

Iteración	Eficiencia de carga %	Toneladas cargadas
1	60%	24.184
2	65%	24.259
3	70%	24.356
4	75%	24.513
5	80%	24.732
6	85%	25.010
7	90%	25.568
8	95%	26.229
9	100%	27.029

**Tabla 5.2.5: Iteración de eficiencias de carga mínimas (Elaboración propia)**

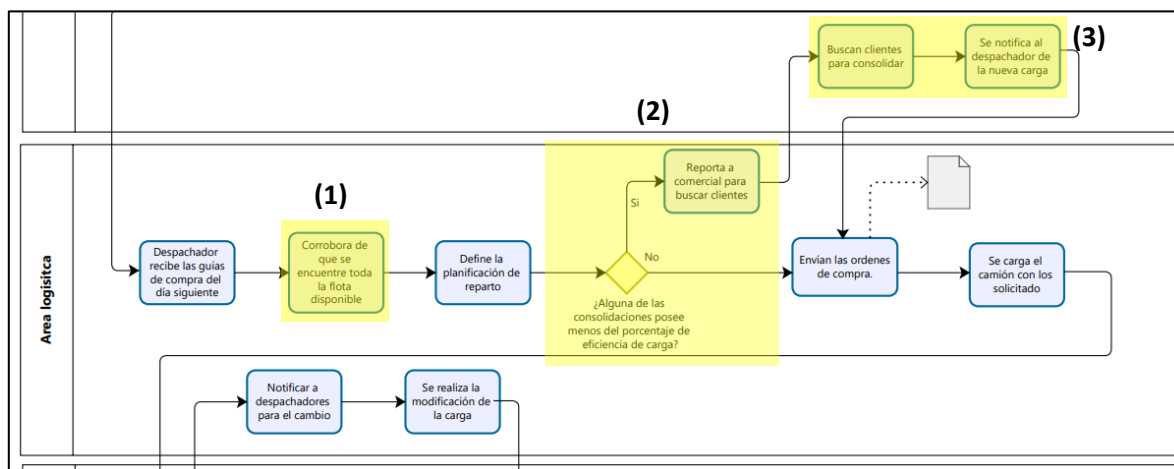
Ahora bien, una vez establecido el porcentaje mínimo, se empiezan a agregar las nuevas tareas en el diagrama de flujo. Primero el área comercial debe entregar el listado con los

pedidos del día siguiente a las 14 horas para así adelantar el proceso de planificación del despachador y que lo entregue al área comercial a las 15 horas. En esta planificación debe ir detallada la fecha, tipo de entrega, número de pedido, sacos, toneladas, total toneladas, eficiencia de carga, comuna, dirección envío y zona, indicando en rojo cuales son las consolidaciones que se encuentran bajo el 75% de eficiencia de carga (Tabla 5.2.6).

Fecha	Tipo de entrega	Número pedido	Sacos	Toneladas	Total Toneladas	% Eficiencia	Comuna	Dirección entrega	Zona
22-10-2023	DC	1	720	18	18	86%	HUECHURABA	SODIMAC S.A	285
22-10-2023	DC	2	720	18	15	71%	PUENTE ALTO	SUC TOBALABA SODIMAC S.A	285
22-10-2023	PP	3	576	7,2	10,8	51%	SAN JOAQUIN	CONCRETOS E INGENIERIA VIPRET S.A.	285
22-10-2023	PP	3	72	1,8			LA GRANJA	CAROLYN CORNEJO FUENTES	285
22-10-2023	PP	3	72	1,8			SAN RAMON	FERRETERIA JB LIMITADA	285
22-10-2023	PP	4	144	3,6	25,2	100%	SAN JOSE DE MAIPO	TRONGEMEN SPA	321
22-10-2023	PP	4	576	14,4			SAN JOSE DE MAIPO	CASA AHORRO MATERIALES DE CONST	321
22-10-2023	PP	4	144	3,6			PUENTE ALTO	COMERCIALIZADORA GEMINIS LTDA	285
22-10-2023	PP	4	144	3,6			QUILICURA	MARIO PIZARRO	285
22-10-2023	PP	5	480	12	24,6	100%	EL MONTE	GEXA CONSTRUCCION SPA	335
22-10-2023	PP	5	72	1,8			CALERA DE TANGO	NIVALICS GESTION INMOBILIARIA Y CONSTRUC	326
22-10-2023	PP	5	216	5,4			PADRE HURTADO	FERRETERIA LAS CRUCES SPA	285
22-10-2023	PP	5	72	1,8			PADRE HURTADO	MANUEL GUTIERREZ DIAZ	542
22-10-2023	PP	5	72	1,8			PENAFLO	RUT GAETE	333
22-10-2023	PP	5	72	1,8			PENAFLO	BRAULIO RAMIREZ	285

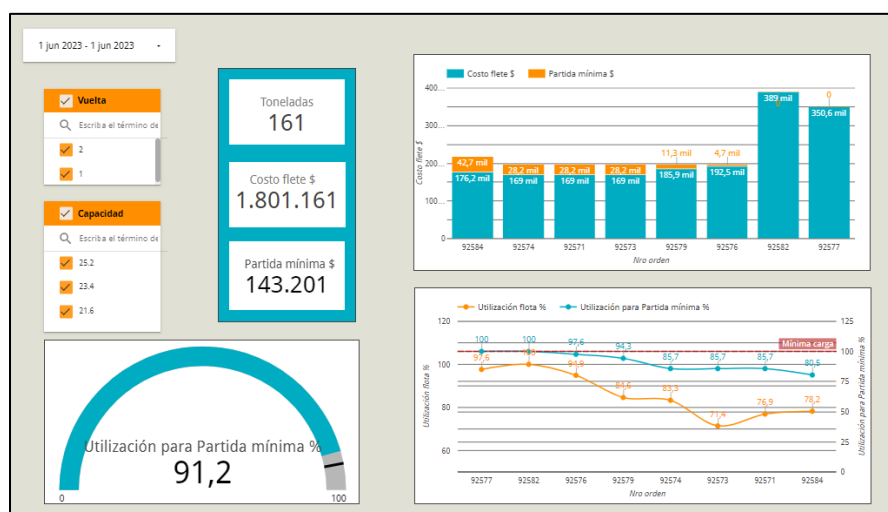
**Tabla 5.2.5: Extracto de una planificación (Elaboración propia)**

Una vez recibida la planificación, los comerciales deben centrarse en la búsqueda de clientes en las comunas que se encuentra tal consolidación y que no exista un desvío considerable del camión al momento del despacho con el fin llegar por lo menos al 75% de eficiencia. Una vez conseguido esto, se notifica al despachador del nuevo pedido para que lo agregue a la consolidación y pueda generar las ordenes de compra para posteriormente entregarlas a los conductores y puedan cargar sus camiones para el despacho del día siguiente. Teniendo el nuevo proceso descrito, se realizaron modificaciones a las tareas actuales y se agregaron las tareas descritas en el diagrama de flujo, lo que permitió el rediseño del proceso de despacho, visualizado a través del modelo TO BE (Anexo 9.2), del área logística y comercial (Gráfico 5.2.4).

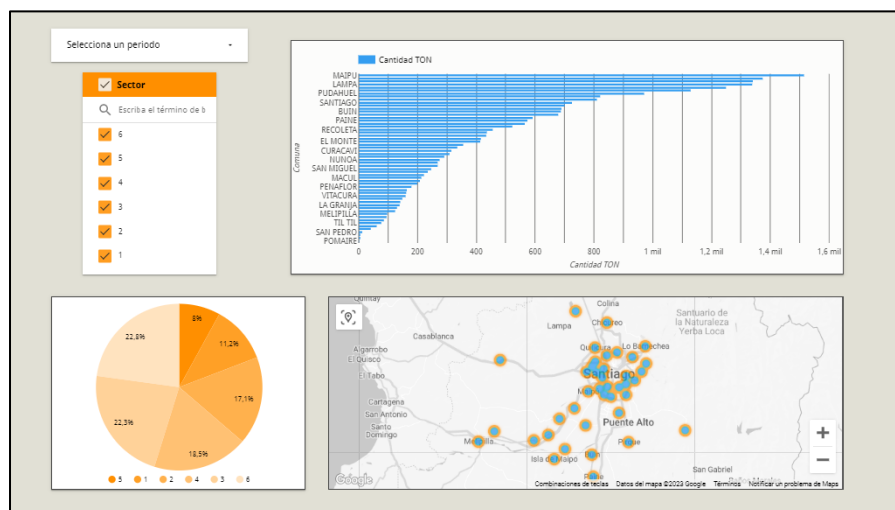


**Gráfico 5.2.4: Modelo TO BE del área logística del proceso actual (Elaboración propia)**

Con la ejecución de las tres fases anteriores, fue posible la implementación de una herramienta de seguimiento con la finalidad de corroborar la ejecución del proyecto. Este es un “dashboard” creado mediante la aplicación “Looker Studio” y contiene las métricas desarrolladas durante el proyecto, el porcentaje de utilización de la flota, el OCL por partida mínima, la cantidad de toneladas despachadas y el costo del flete. Además, se desarrolló otro “dashboard” con la sectorización de la región metropolitana, con la finalidad de identificar el comportamiento que tienen las comunas en cuanto a la demanda de cemento. Esta herramienta cuenta con filtros para realizar seguimientos más específicos como fechas, vueltas, comunas, camión, etc. (Gráfico 5.2.5-Gráfico 5.2.6).



**Gráfico 5.2.5: Dashboard Utilización de la flota RM (Elaboración propia)**



**Gráfico 5.2.6: Dashboard Sectorización RM (Elaboración propia)**

### 5.3. Matriz de Riesgo

Es importante proyectar las probabilidades de riesgos o impactos negativos que se pueden generar luego de su implementación y ejecución. Esto permite establecer las acciones a realizar para una mitigación en caso de que se presenten situaciones que pongan en peligro el éxito del proyecto (Tabla 5.3.1).

Riesgo	Descripción	Plan de mitigación	Impacto	Gravedad	Probabilidad
Resistencia al cambio por parte de los clientes	Los clientes podrían no aceptar el aumento de sus pedidos, optando por seguir pidiendo la misma cantidad de toneladas.	El área comercial negociará directamente con estos clientes, teniendo mayor seguridad de que estos accedan, sumado que son clientes fieles a la empresa.	10	4	3
Baja adaptación del conductor de la nueva flota de despacho	El conductor nuevo camión podría no ejecutar de una manera efectiva el despacho en la RM, ya sea por no conocer bien la zona o sentir incomodidad por el método.	Se aplicará lo estipulado por contrato, por lo que si algún conductor no quiere realizar esta labor, el transportista asociado debe reemplazarlo.	2	1	1
Falta de tiempo de implementación	Existe la posibilidad de que falte tiempo para implementar todos los cambios, generando que se apuren los procesos y se cometan errores que perjudiquen el éxito del proyecto.	Gracias a la metodología utilizada en el proyecto, las etapas están programadas con anterioridad, por lo que a la fecha ya se encuentra un 80% del proyecto realizado.	20	5	2
Resistencia al cambio por parte del área comercial ante el rediseño del proceso de despacho	Debido a que el área comercial y logístico no trabajan en conjunto, sus objetivos son distintos, lo que podría generar una nula aceptación sobre el nuevo diagrama de flujo y las nuevas tareas que se les serán asignadas.	Se establecerá un plan detallado sobre el procedimiento, las tareas a realizar y los datos asociados al impacto positivo que generaría para ambas áreas, independiente de que tengan objetivos distintos.	20	5	4
Resistencia al cambio por parte de los despachadores	Luego de presentado el piloto del diagrama de flujo, existe la posibilidad de que los despachadores no estén de acuerdo con este nuevo proceso y sigan realizando las tareas de manera normal.	Existirá un seguimiento exhaustivo sobre si los despachadores están siguiendo de manera correcta el procedimiento.	5	3	3

**Tabla 5.3.1: Factores de riesgos y plan de mitigación (Elaboración propia)**

A continuación, se presenta la matriz de riesgo asociada al proyecto:

		Gravedad				
		Insignificante (1)	Menor (2)	Significativo (3)	Mayor (4)	Grave (5)
Probabilidad	Muy alta (5)					
	Alta (4)					Resistencia al cambio por parte del área comercial
	Media (3)				Resistencia al cambio por parte de los clientes	
	Baja (2)		Resistencia al cambio por parte de los despachadores			Falta de tiempo de implementación
	Muy baja (1)	Baja adaptación del conductor de la nueva flota				

**Tabla 5.3.2: Matriz de riesgo del proyecto (Elaboración propia)**

#### 5.4. Evaluación Económica

De acuerdo con uno de los objetivos establecidos para el proyecto, la disminución de costos logísticos se basa en modificaciones respecto al proceso sin incurrir en otros costos necesarios para el desarrollo de la solución. Debido a esto, no es necesaria la realización de un flujo de caja, ya que se necesitan datos que para el proyecto no son relevantes y, además, no existen costos asociados a la compra de algún servicio o producto para el proyecto. Por otro lado, como la función principal del área logística es el transporte de materias primas hacia la planta y el despacho de cemento en sus formatos desde la planta y bodegas hacia los clientes, su premisa principal es realizar esta función al menor costo logístico de transporte. Con esto en consideración, para efectos del proyecto, la evaluación económica se fundamenta en las mejoras de OCL por partida mínima para cada una de las fases de desarrollo del proyecto para visualizar el impacto que tiene cada una de manera individualizada y en conjunto con la data real del 1er semestre 2023 anualizada linealmente (Tabla 5.4.1 – Tabla 5.4.2).

	OCL Partida mínima	Ahorro individualizado	Nuevo OCL Partida mínima
Fase 1	\$ 66.473.870	\$ 8.552.002	\$ 57.921.868
Fase 2	\$ 66.473.870	\$ 26.518.608	\$ 39.955.262
Fase 3	\$ 66.473.870	\$ 10.171.368	\$ 56.302.502

**Tabla 5.4.1: Ahorro anualizado por fase (Elaboración propia)**

	Semestral	Anual
Situación OCL PM sin proyecto	\$33.236.935	\$ 66.473.870
Situación OCL PM con proyecto	\$10.615.946	\$ 21.231.892
<b>Ahorro Total</b>	<b>\$22.620.989</b>	<b>\$ 45.241.978</b>

**Tabla 5.4.1: Ahorro semestral anualizado linealmente del proyecto (Elaboración propia)**

### 5.5. Plan de implementación

Siguiendo la planificación de manera detallada de las actividades y la carta Gantt (Anexo 9.3) que se deben desarrollar durante el proyecto y de acuerdo con la metodología establecida para abordarlo, se avanzó de acuerdo con las fases descritas en el desarrollo. Primero que todo, se comprendió el contexto en el que está inserto Melón y cuáles son sus desafíos con mayor urgencia hoy en día. Posteriormente se realizó el análisis de la data recopilada y se comenzó de lleno en el proyecto con sus distintas fases. Ahora bien, dado a que el proyecto se estableció bajo un buen plan, la propuesta de implementación no tuvo mayores cambios ni desafíos (Tabla 5.5.1).

Mejora	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Término	Duración	Estado
Identificación de mejoras en el proceso	Alumno	20-09-2023	29-09-2023	9	100%
<b>Reorganización de los clientes</b>	Alumno	02-10-2023	06-10-2023	5	100%
Establecer acuerdo con los clientes objetivo	Alumno con apoyo área logística y comercial	10-10-2023	13-10-2023	4	100%
Implementación	Alumno con apoyo área logística y comercial	16-10-2023	20-10-2023	5	100%
<b>Dimensionamiento de la flota</b>	Alumno	16-10-2023	20-10-2023	5	100%
Presentar propuesta para su implementación	Alumno	23-10-2023	23-10-2023	0	100%
Establecer acuerdo con transportista e implementar la flota	Alumno con apoyo área logística	24-10-2023	26-10-2023	3	100%
Implementación	Alumno con apoyo área logística y comercial	30-10-2023	10-11-2023	5	100%
<b>Rediseño del diagrama de flujo</b>	Alumno	30-10-2023	10-11-2023	10	100%
Presentar propuesta del rediseño	Alumno	13-11-2023	13-11-2023	0	100%
Analizar viabilidad y factibilidad del rediseño	Alumno con apoyo área logística y comercial	14-11-2023	17-11-2023	4	100%
Implementación	Alumno con apoyo área logística y comercial	20-11-2023	24-11-2023	5	100%

**Tabla 5.5.1: Plan de implementación del proyecto (Elaboración propia)**

Tal como se ve en la tabla, la última semana de septiembre se identificaron las mejoras en el proceso logístico de despacho, donde se determinaron las 3 fases a desarrollar. Estas, fueron jerarquizadas con el fin de atacar desde lo macro hasta lo micro, pasando por todos los niveles que influyen en el despacho de cemento envasado. Una vez terminada cada fase,

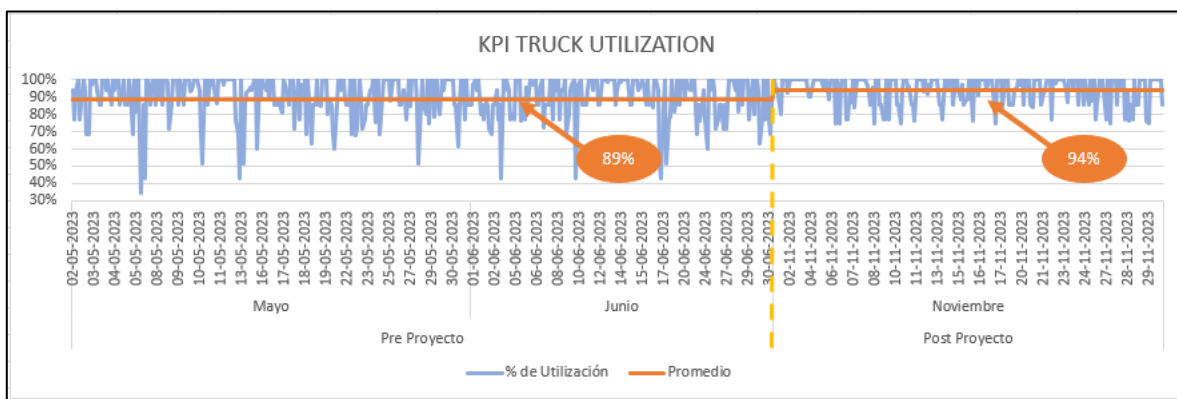


su implementación venía inmediatamente, con el fin de llegar a la última fase y tener todo el proceso ordenado y listo para realizar un rediseño completo del diagrama de flujo.

## 6. Resultados

A medida que iban desarrollándose las fases del proyecto, las mejoras comenzaron a visualizarse de manera notoria en los KPIs relacionados al objetivo general de este, el porcentaje de utilización de la flota y el OCL por partida mínima. Tal como se mencionó en el inciso anterior, la implementación de las fases tuvo una efectividad en la utilización de la flota, logrando una mejora notable en el área.

Como los primeros meses fueron completamente de entender y analizar el proceso actual (agosto y septiembre), por lo que los resultados comenzaron a verse desde el tercer mes en adelante. Ahora bien, para que se vean de manera clara los resultados del proyecto, se utilizó como comparación los meses de mayo y junio, como data pre-proyecto y el mes de noviembre, como data post-proyecto. Se utilizó esta data, ya que según el plan de implementación es el mes en donde ya están implementadas las tres fases del proyecto, por lo que posee data real de los despachos realizados (Gráfico 6.1).



**Gráfico 6.1: KPI Truck Utilization Pre y Post proyecto (Elaboración propia)**

De acuerdo con esto, hubo un aumento del 5% en la utilización de la flota, pasando de 89% a 94% lo que indica que se cumplió con una parte del objetivo general del proyecto. Además, la cantidad de despachos con partidas mínimas disminuyó casi un 20% en relación con el promedio del primer semestre, lo que indica que existe una mayor consolidación y se está

respetando el nuevo proceso logístico de despacho para la RM, pasando de 63% a 45% de despachos con partidas mínimas.

Ahora bien, estas mejoras generaron grandes ahorros en OCL por partida mínima, los cuales fueron identificados en un comienzo en la etapa de evaluación. Tomando los resultados obtenidos durante el 1er semestre 2023, se concluye que el promedio mensual de OCL por partida mínima fue de \$ 5.533.997 y para el mes de noviembre, luego de la implementación del proyecto, se obtuvo que el OCL por partida mínima fue de \$ 1.735.672, lo que representan una disminución del 31% mensual (Tabla 6.2).

Mes	Despachos con PM	Despacho sin PM	Total despachos	% Despachos con PM	OCL por Partida mínima
Enero	127	65	192	66%	\$ 6.550.780
Febrero	116	75	191	61%	\$ 5.493.859
Marzo	165	85	250	66%	\$ 7.304.419
Abril	142	77	219	65%	\$ 5.203.390
Mayo	129	98	227	57%	\$ 4.716.017
Junio	110	62	172	64%	\$ 3.935.519
<b>Noviembre</b>	<b>101</b>	<b>121</b>	<b>222</b>	<b>45%</b>	<b>\$ 1.735.672</b>

*Tabla 6.2: Despachos y OCL por Partida Mínima (Elaboración propia)*

## 7. Conclusión

El proyecto de rediseño del proceso logístico de despacho permite abarcar la utilización de la flota fijado por la empresa, y disminuye otros costos logísticos asociados a partidas mínimas identificados en la etapa de análisis de las áreas protagonistas del proceso actual, además de las tareas internas que posibilitan el flujo de este. Ahora bien, cada una de las fases implementadas tuvieron un impacto importante en utilización de la flota, que es la causa principal asociada a los otros costos logísticos por partida mínima, logrando el 100% de su implementación a través de plazos definidos y lo más importante sin incurrir en otros costos asociados a la implementación de este. De tal manera, el proyecto:

- Eliminó los OCL por partidas mínimas para todos aquellos clientes directos que sus despachos se realizaban sin consolidaciones.

- Disminuyó los OCL por partidas mínimas para aquellos clientes directos que sus despachos se realizaban con consolidaciones.
- Diversificó la flota disponible para el despacho diario en la región metropolitana.
- Aumento de la eficiencia de carga de las planificaciones semanales de los despachos, como también el control del proceso de planificación.
- Mejoró la comunicación entre área logística y comercial, favoreciendo a un proceso de despacho más eficiente y productivo.
- Aumentó la utilización de la flota lo que conlleva a una disminución considerable de los otros costos logísticos por partidas mínimas, las cuales corresponden a una gran parte de los OCL actuales.

De esta manera, se logra el objetivo SMART propuesto para el proyecto, donde los objetivos específicos fueron abarcados a cabalidad, traduciéndose en un aumento del 5% de la utilización de la flota, pasando de un 89% a un 94% mensual y una disminución del 31% en OCL por partidas mínimas, es decir, un 21% más sobre lo estipulado en el objetivo general.

#### 7.1. Futuros impactos

Se espera que los resultados obtenidos del proyecto se mantengan durante lo que resta del año, con esto ser una justificación y una guía para la implementación del mismo procedimiento en las demás bodegas de despacho de cemento envasado a lo largo del país. Esto a través del aumento del volumen de pedidos para clientes objetivos, diversificando la flota acorde al volumen demandado en cada bodega e implementar el rediseño del diagrama de flujo, con la finalidad de aumentar la utilización de la flota y consecuentemente, disminuir más OCL por partidas mínimas.

Esto es un buen indicador para la empresa ya que, para el momento económico que está atravesando el sector de la construcción, debido a la baja considerable de la demanda, alrededor de un 20%, la empresa está buscando todas las maneras en donde se pueda disminuir costos asociados al proceso general de producción de cemento. Debido a esto, la

proyección de Melón en cuanto a demanda esperada para el próximo año es positiva, por lo que cualquier ajuste en costos de producción son importantes.

## 7.2. Recomendaciones

En primer lugar, es necesario mantener el control sobre las métricas desarrolladas y evaluadas en el proyecto, con el fin de realizar mejoras continuas y con esto poder detectar nuevas problemáticas que se puedan ir presentando en el proceso.

Por otro lado, a medida que avanzaba el proyecto, fueron surgiendo nuevas ideas de mejoras no al proceso, sino a la eficiencia en cuanto a tiempo y recursos necesarios para su cumplimiento y de esta manera tener mejoras en calidad de visualización de la data, mayor seguimiento del proceso y mejora en la calidad del servicio, tales como:

- Implementar el servicio de Gestión Integral de Distribución y Transporte de la plataforma TMS UNIGIS, para una integración del proceso de negocios y visibilidad y trazabilidad de toda la información relacionada al estado de los pedidos
- Implementar el servicio de Planeación Inteligente de la Distribución de la plataforma TMS UNIGIS, para generar las mejores rutas de despacho considerando el menor tiempo de viaje, ruta más corta y maximizar la utilización de flota.
- Afianzar la comunicación entre el área logística y comercial, con el fin de desarrollar los objetivos en conjunto y trabajar para vender mayor cantidad de cemento a un menor costo de transporte posible.

## 8. Referencias Bibliográficas

<sup>1</sup> Ruiz, K. (2021) REDISEÑO DEL PROCESO CREACIÓN DE RUTAS UTILIZANDO MODELO DE CLUSTERS Y PREDICTIVO PARA OBTENER NIVEL DE SERIVICIO SOBRE EL 95% EN SPREAD, LOGISTIC SOLUTIONS. Repositorio Universidad de Chile.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/183940/Rediseno-del-proceso-creacion-de-rutas-utilizando-modelo-de-clusters-y-predictivo-para-obtener.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>2</sup> MacQueen, J. B. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability (pp. 281-297). Berkeley, CA: University of California Press.

<sup>3</sup> Sayad, S. (2010). An Introduction to Data Science, [https://www.saedsayad.com/clustering\\_kmeans.htm](https://www.saedsayad.com/clustering_kmeans.htm)

<sup>4</sup> Cabrera, J., Sánchez, J., Vega, V. (2013) Dimensionamiento de flota y diseño de rutas de distribución de productos alimenticios refrigerados y secos para un operador logístico. Repositorio de ESPOL, [dspace.espol.edu.ec. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24557/1/Dimensionamiento%20de%20flota%20y%20dise%C3%B1o%20de%20rutas%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20productos%20alimenticios.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24557/1/Dimensionamiento%20de%20flota%20y%20dise%C3%B1o%20de%20rutas%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20productos%20alimenticios.pdf)

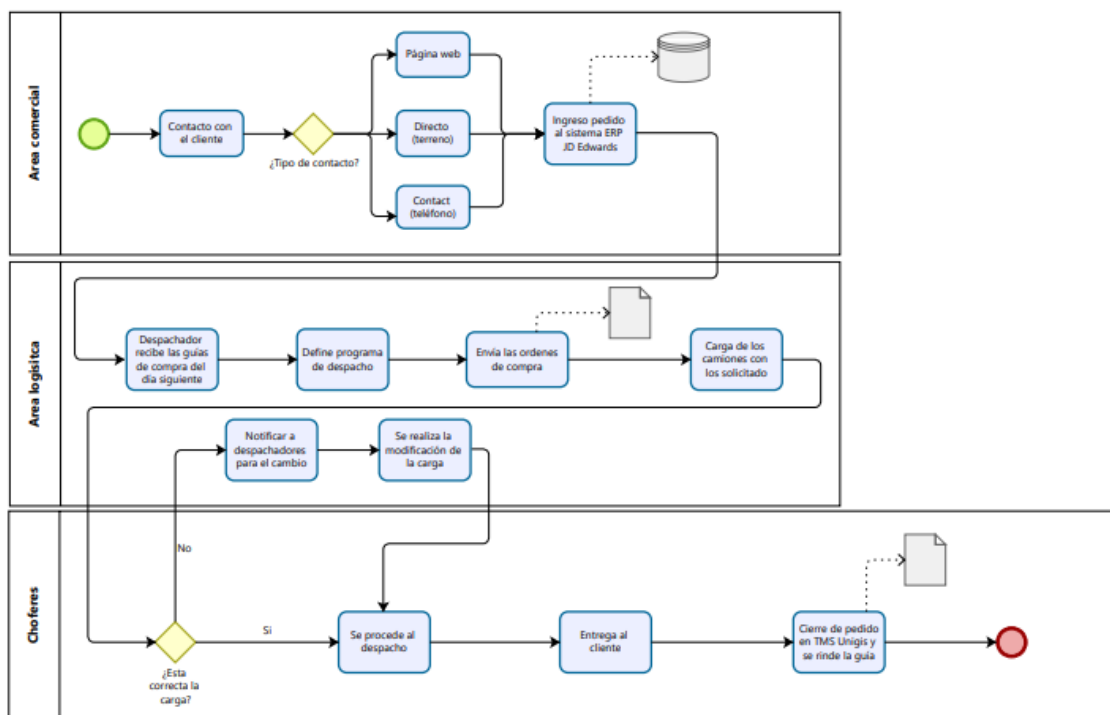
<sup>5</sup> Enciso, M., Arteaga, W., Guarín, N. (2018) MODELO DE RUTEO DE VEHÍCULOS COMO ALTERNATIVA DE TRANSPORTE, ESTUDIO DE CASO: UMNG SEDE CAMPUS. Revista Politécnica, vol. 14, num.27, pp.45-56. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/journal/6078/607866319006/html/#:~:text=El%20origen%20del%20VRP%20viene,generalizaci%C3%B3n%20del%20problema%20cl%C3%A1sico%20el>

<sup>6</sup> Zenteno, E. (2017) PROPUESTA DE REDISEÑO DEL PROCESO DE PEDIDOS Y DESPACHO DE ALIMENTOS DEL CLIENTE COMPASS, PARA MEJORAR LA CALIDAD DE SERVICIO Y OPTIMIZAR RECURSOS UTILIZADOS EN EL PROCESO. Repositorio Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145402/Propuesta-de-redise%C3%B1o-del-proceso-de-pedidos-y-despacho-de-alimentos-del-cliente-Compass-para.pdf?sequence=1>

<sup>7</sup> Ospina, R. (2006) LA REINGENIERÍA DE PROCESOS: UNA HERRAMIENTA GERENCIAL PARA LA INNOVACIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES. Cuadernos Latinoamericanos de

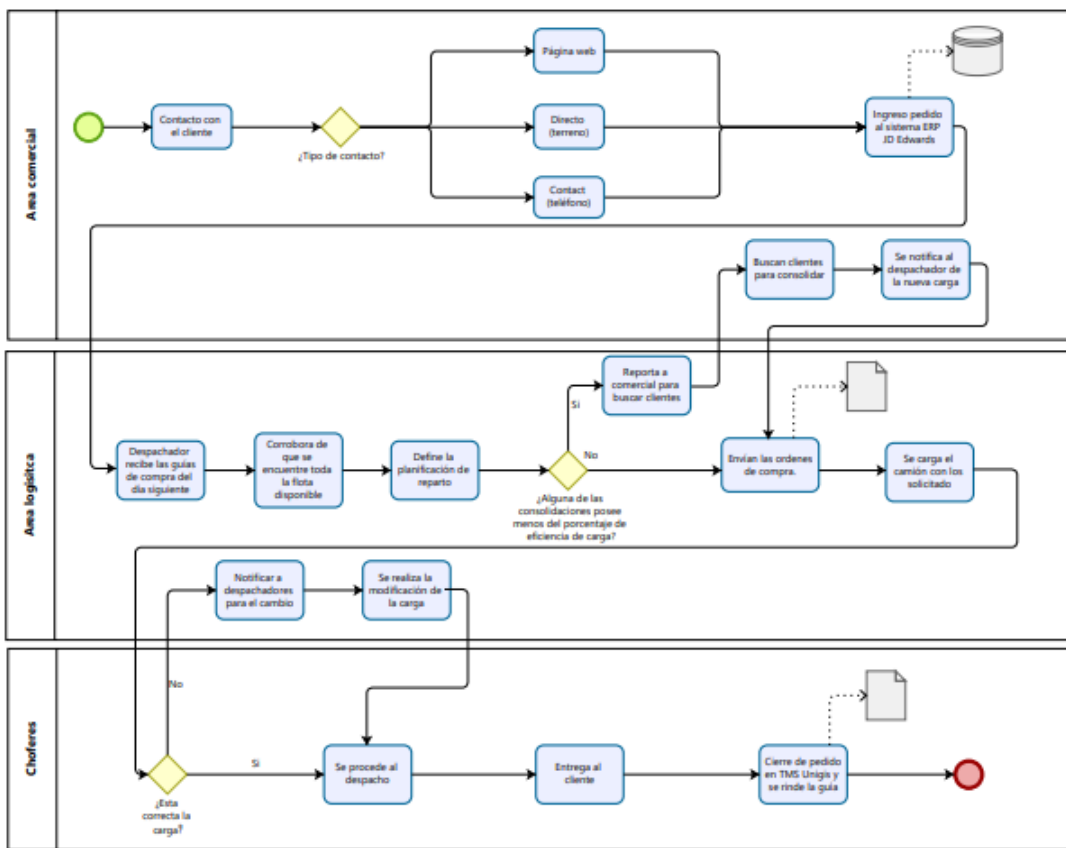
## 9. Anexo

### 9.1. Diagrama de flujo actual del proceso de despacho en la RM de Melón desarrollado en Bizagi Modeler.



Powered by  
 **Modeler**

### 9.2. Diagrama de flujo futuro del proceso de despacho en la RM de Melón desarrollado en Bizagi Modeler.



Powered by  
**Modeler**

### 9.3. Carta Gantt del proyecto.

ACTIVIDAD / SEMANA	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16
Capacitación de la logística de despacho																
Estudio de los datos históricos de los despachos																
Definición y análisis de casuísticas del problema																
1era salida a terreno para entender el funcionamiento de la bodega Lampa																
Recopilación de datos importantes de las bases de datos																
Realización de distintos estudios de problema																
Entrega, Presentación 1																
Cambios de acuerdo al feedback de la P1																
Estudio de estado del arte																
2da salida a terreno trabajando con el despachador bodega Lampa																
Simular el funcionamiento de flota más pequeña																
Pilotear nuevo proceso de despacho																
Análisis de los datos recopilados																
Análisis de posibles soluciones																
Entregable, Presentación 2																
Analizar resultados y generar ajustes necesarios																
Revisar si concuerdan con los objetivos																
Conclusiones																
Entregable, Informe Final																