

***Mejora de la planificación semanal y reducción  
de sobre estadías en el transporte desde los CD  
hacia regiones mediante un análisis de datos  
históricos y tendencias***

*Proyecto Pasantía*

**Alumna:** Fernanda Mujica Pinto

**Carrera:** Ingeniería Civil Industrial

**Profesor:** Fernando Vásquez

**Universidad:** Universidad Adolfo Ibáñez, Santiago

**Empresa:** Walmart Chile

**Área:** Distribución Omnicanal – Tráfico y transporte

**Fecha:** diciembre 2023

## **Resumen ejecutivo**

En el siguiente informe la alumna presenta su desarrollo de pasantía en el área de distribución, en el equipo de transporte, en la empresa Walmart en Chile, empresa de cadena de supermercados internacional. Se presenta el problema de pago de noches de sobre estadía que se paga a los transportistas en viajes de regiones en Chile, llegando un día y dejando la descarga para el siguiente. La principal razón de esto es que no hay un horario de despacho definido desde los distintos centros de distribución. La alumna crea un modelo de optimización matemático que minimiza las noches de sobre estadía mediante horas óptimas de despacho desde el centro de distribución Lo Aguirre en Chile, comenzando con 10 locales, los cuales son los que generan una mayor cantidad de noches. La implementación de los horarios tuvo como resultado la disminución de cantidad de noches de sobre estadías que estos locales generaban en promedio mensual. Finalmente, como conclusión se plantea que los horarios óptimos de despachos efectivamente generan un ahorro en el plan de noches de estadía mensual que la empresa tiene y finalmente se entregan algunas recomendaciones para que la continua implementación de horas.

## **Abstract**

In the internship report, the student located in the transportation team at the Walmart company in Chile, an international supermarket chain company. It presents the problem of payment of nights of overstay that is paid to carriers on regional trips in Chile, the carrier is not able to unload the merchandise at the premises on the day of arrival, leaving it until the next day. The main reason for this is that there is no defined dispatch schedule from the different distribution centers. The student creates a mathematical optimization model that minimizes overstay nights through optimal dispatch hours from the Lo Aguirre distribution center in Chile, starting with 10 locations, which are what generate the greatest number of nights. The implementation of the schedules resulted in a decrease in the number of nights of overstays. In conclusion, it is stated that the optimal dispatch schedules effectively generate savings in the monthly night stay plan that the company has and finally some recommendations are provided for the continuous implementation of hours.

## Índice

<b>1. Diagnóstico .....</b>	<b>5</b>
Historia Walmart.....	5
Área de Distribución.....	6
Síntomas del Problema.....	8
Problema:.....	9
Oportunidad: .....	10
Diagrama Ishikawa del problema: .....	10
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>10</b>
Objetivo General: .....	10
Objetivos Específicos.....	11
<b>3. Medidas de desempeño .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Planificación.....</b>	<b>13</b>
Metodologías .....	13
Carta Gantt .....	14
<b>5. Estado del Arte .....</b>	<b>15</b>
<b>6. Casos de éxito .....</b>	<b>15</b>
1. Simpliroute.....	15
2. Waze .....	16
3. Diseño de un modelo de optimización para la determinación de horarios en líneas ferroviarias de tránsito rápido con flota heterogénea y demanda variable .....	16
4. Modelación matemática del problema de ruteo de vehículos con restricciones de múltiples depósitos, flota heterogénea de vehículos y ventanas de tiempos .....	17
<b>7. Solución Escogida .....</b>	<b>18</b>
<b>8. Plan de implementación.....</b>	<b>20</b>
<b>9. Análisis de Riesgo.....</b>	<b>23</b>
Clasificación de riesgos/impactos .....	23
<b>10. Desarrollo solución .....</b>	<b>24</b>
<b>11. Resultados .....</b>	<b>27</b>
<b>12. Evaluación Económica.....</b>	<b>30</b>
<b>13. Conclusión .....</b>	<b>33</b>
<b>14. Recomendaciones .....</b>	<b>35</b>

<b>15. Bibliografía .....</b>	<b>36</b>
<b>16. Anexo.....</b>	<b>37</b>
Plan de mitigación de riesgos posibles dentro del proyecto:.....	37

## 1. Diagnóstico

### Historia Walmart

Walmart nace en el año 1962 en Arkansas, Estados Unidos por Samuel Moore Walton, con la idea de recrear los grandes supermercados ubicados en las grandes ciudades y llevarla a las ciudades con menos población, pero con menores precios, ofreciendo descuentos en los distintos productos. Actualmente Walmart es la cadena supermercadista y retail más grande del mundo y cuenta con 10.600 tiendas a nivel mundial con sus distintos formatos de supermercados como lo son Líder, Lides Express, Líder Express 400, Líder.cl, Super Bodega aCuenta y Central Mayorista, expandido a más de 25 países alrededor de los 5 continentes. (Chile, 2023)

Walmart, Inc.	
Activos	236 495 millones US\$ (2020)
Capital social	74 664 millones US\$ (2020)
Propietario	Familia Walton
Empleados	2,3 millones de empleados en todo el mundo

(Tabla 1: Participación Walmart)<sup>1</sup>

Walmart Chile es uno de los principales actores en la industria de retail del país, su principal actividad es la venta de alimentos y mercaderías en supermercados, que según el Economista tiene una cuota de mercado de aproximadamente el 20% del valor minorista total en 2022 (Financiero/Chile, 2023). Se desarrollan en sus más de 390 locales distribuidos a lo largo de Chile, desde Arica hasta Punta Arenas y estos se pueden encontrar en los seis formatos anteriormente mencionados.

En Chile, Walmart se posicionó a comienzos del 2009 con la integración de D&S (Distribución y Servicio S.A) y Walmart, teniendo como nuevo eje la

---

<sup>1</sup> : El Economista

sustentabilidad en la estrategia de negocios de las compañías teniendo como lema “Precios bajos todos los días”. (Chile, 2023)

### Área de Distribución

La alumna se integró en su práctica en el área de Distribución Omnicanal en el centro de distribución de Quilicura en la dirección Av. Pdte. Eduardo Frei Montalva 8301, Quilicura, Región Metropolitana, Chile.

Una distribución omnicanal se refiere a la integración de sistemas de venta retail, para poder estar más cerca de los clientes y adaptándose a sus nuevas costumbres, cómo lo son las compras en tiendas, compras de Pick-up, ventas a través de la aplicación y web, y kioscos de catálogo extendido dentro de la tienda.

Esta área es la encargada de distribuir y transportar la mercadería a los distintos puntos de venta en el país, teniendo como foco principal la distribución hacia los locales desde los distintos centros de distribución. En Chile existen seis centros de distribución, tres en la Región Metropolitana denominados “CD Lo Aguirre”, “CD Peñón” y “CD Quilicura”, que distribuyen a todo el país. Y tres otros centros ubicados en Antofagasta, Chillán y Temuco, y estos distribuyen a sus regiones aledañas.

En esta área existe el equipo llamado “*tráfico y transporte*” quienes son encargados de monitorear constantemente los traslados desde todos los CD a los locales, es decir, que los números de viajes y los transportistas cumplan en base a un plan. Este plan es elaborado en conjunto con área de supply, área de planificación y el área de transporte, y consiste en que los centros de distribución tienen un día de salida hacia cada local que se debe cumplir, por ejemplo, en la imagen 1, el local 95 tiene un fix de 3 veces en la semana 37, martes, miércoles y viernes desde el Centro de Distribución “Lo Aguirre” (6009). Lo que significa que el CD de “Lo Aguirre” tiene que salir con mercadería hacia el local 95 esos días y así existe un plan para todos los locales y todos los CD.

Local	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	CD	Semana
95	0	1	1	0	1	0	6009	37

(Tabla 2: Fix semanal Local 95)<sup>2</sup>

Cada local y cada centro de distribución tiene un plan para poder organizarse y cumplir con la distribución de mercadería. Y esta planificación se mide con un porcentaje de cumplimiento diario, siendo el 100% un cumplimiento total del plan y un 0% falla en el plan.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<b>FIX (Salida)</b>	100 %✓ <small>Objetivo: 97 % (+3.09 %)</small>	100 %✓ <small>Objetivo: 97 % (+3.09 %)</small>	81 %! <small>Objetivo: 97 % (-16.62 %)</small>	93 %! <small>Objetivo: 97 % (-4.49 %)</small>	91 %! <small>Objetivo: 97 % (-6 %)</small>
<b>FIX (Llegada)</b>	100 %✓ <small>Objetivo: 97 % (+3.09 %)</small>	100 %✓ <small>Objetivo: 97 % (+3.09 %)</small>	81 %! <small>Objetivo: 97 % (-16.62 %)</small>	90 %! <small>Objetivo: 97 % (-7.52 %)</small>	79 %! <small>Objetivo: 97 % (-18.13 %)</small>

(Tabla 3: Tabla de fix de cumplimiento de plan)<sup>3</sup>

En la tabla 3, se puede ver un fix de salida desde el centro de distribución hacia el local y el fix de llegada corresponde a si el transportista con la mercadería llegó el día que tenía que llegar, es decir, se demoró lo que correspondía a su ruta.

Este plan es diario y los camiones pueden ser facturados y despachados durante el horario de apertura del CD hasta su horario de cierre.

### Región Metropolitana y Zona 0

Este plan de cumplimiento favorece a la Región Metropolitana y Zona 0 que corresponde a la V, VI y VII región del país al cumplimiento de fix, el fix de salida y el fix de llegada es el mismo día, debido a que los viajes con mercadería llegan el mismo día del traslado.

### Regiones

En regiones, los locales no tienen una hora de llegada fija debido a los largos trayectos de los transportistas. Esto puede generar problemas, ya que los locales de la Región Metropolitana y Zona 0 pueden devolver los camiones si no tienen personal para descargarlos o si la bodega está llena. En cambio, en regiones,

<sup>2</sup> Walmart Chile

<sup>3</sup> Walmart Chile

los camiones tienen que esperar en los locales hasta que puedan ser descargados. Si el transportista llega en horario de recepción del local y este no decide descargarlo ese mismo día, el camión queda para el día siguiente, generando una noche de estadía que cuesta \$45.000 CLP.

### Síntomas del Problema

*Y esto es una falencia del Plan diario de Cumplimiento de Fix hacia regiones, debido a qué no existe cálculos en los tiempos de demora de las rutas desde los CD hasta los locales, generando así un cumplimiento según el plan pero no acorde a los tiempos de transporte y horario de recepción a los locales, por lo que sí se cumple el fix de salida pero falla en el fix de llegada generando sobre estadías.*

Estas sobre estadías son situaciones que pasan recurrentemente y por ello, Walmart tiene un plan de presupuesto de estadía mensual para regiones, como se puede ver en la tabla 4.

2023	PLAN
	PPTO 2023
Enero	\$ 19.350.000,00
Febrero	\$ 19.350.000,00
Marzo	\$ 19.350.000,00
Abril	\$ 18.000.000,00
Mayo	\$ 18.000.000,00
Junio	\$ 18.000.000,00
Julio	\$ 18.000.000,00
Agosto	\$ 18.000.000,00
Septiembre	\$ 20.250.000,00
Octubre	\$ 18.000.000,00
Noviembre	\$ 20.250.000,00
Diciembre	\$ 20.250.000,00
<b>Totales</b>	<b>\$ 226.800.000,00</b>

(Tabla 4: Tabla Plan Sobre estadía 2023)<sup>4</sup>

Analizando más a fondo los pagos de sobre estadía de estos pasados tres meses, es decir, de junio, julio y agosto, podemos ver que 10 locales de 40 se llevan más del 50% del plan del presupuesto mensual.

<sup>4</sup> Walmart Chile



Formato	Tienda	Promedio de Estadía	Total de Noches	Pago Estadía
Lider	425	55,28	100	\$4.500,000
Lider	78	50,95	87	\$3.915,000
Lider	120	39,48	85	\$3.825,000
Lider	988	38,5	83	\$3.735,000
Lider	121	125,34	75	\$3.375,000
Lider	945	50,01	63	\$2.835,000
Lider	459	37,66	58	\$2.610,000
Lider	33	29,37	53	\$2.385,000
Lider	126	48,47	51	\$2.295,000
Lider	679	41,47	50	\$2.250,000
Lider	608	34,37	49	\$2.205,000
Lider	655	39,55	44	\$1.980,000
Lider	929	32,43	44	\$1.980,000
Lider	670	37,82	41	\$1.845,000
Lider	618	43,65	38	\$1.710,000
Lider	606	28,63	34	\$1.530,000
Lider	635	30,34	34	\$1.530,000
Lider	93	37,32	29	\$1.305,000
Lider	426	40,2	27	\$1.215,000
Lider	81	31,49	26	\$1.170,000
Lider	91	31,63	26	\$1.170,000
Lider	94	17,34	23	\$1.035,000
Lider	99	28,65	21	\$945,000
Lider	96	32,33	18	\$810,000
Lider	631	27,91	18	\$810,000
Lider	456	23,57	15	\$675,000
Lider	98	18,09	9	\$405,000
Lider	686	44,67	9	\$405,000
Lider	53	34,35	8	\$360,000
C Mayorista	68	32,64	5	\$225,000
Lider	92	23,19	5	\$225,000
Lider	125	25,21	4	\$180,000
C Mayorista	19	16,21	3	\$135,000
Lider	89	16,39	1	\$45,000
Lider	684	42,51	1	\$45,000
SBA	766	14,17	1	\$45,000
<b>Total</b>		<b>38,68</b>	<b>1238</b>	<b>\$55.710,000</b>

(Tabla 5: Noches de sobre estadía por local)<sup>5</sup>

Analizando la tabla 5, se puede evidenciar que los locales: 425, 78, 120, 988, 945, 459, 33, 126, 679, 608 tienen en total de 679 noches de sobre estadía durante los meses de junio, julio y agosto, dando un total de \$30.555.000, ocupando así un 56,5% del plan de presupuesto mensual total.

#### Problema:

“Entre los meses de junio a agosto, los camiones encargados de transportar mercancía desde el *Centro de Distribución Lo Aguirre* hacia 10 locales de región han generado 679 noches de sobre estadía, lo que se reduce a un costo de 30,5 millones de pesos, lo que a su vez

<sup>5</sup> Walmart Chile

representa un 56,5% del plan de presupuesto de sobreestadía para esos meses"

### Oportunidad:

"La disminución de las noches de sobre estadía es una oportunidad para la empresa para optimizar sus tiempos y flotas, además de reducir los costos de transporte"

### Diagrama Ishikawa del problema:

Este diagrama demuestra las posibles oportunidades de mejora que las noches de sobre estadías de regiones genera.



(Tabla 6: Diagrama de Ishikawa Noches sobre estadía)<sup>6</sup>

## 2. Objetivos

### Objetivo General:

- Disminuir de un 56,5% a un 46,5% el peso de estos 10 locales en el plan de presupuesto noviembre y diciembre ahorrando así \$4.500.00.

<sup>6</sup> Elaboración Propia

### Objetivos Específicos

1. Disminuir 100 noches de sobre estadía de estos 10 locales en comparación con el promedio de noches de sobre estadía de estos locales generadas durante el año 2023, con el objetivo de disminuir la cantidad de noches de sobre estadía de estos 10 locales en comparación al plan.
2. Reducir \$4.500.000 CLP en pagos de sobre estadía, con el objetivo de bajar el porcentaje de peso que tienen estos 10 locales en el presupuesto de sobre estadía mensual.
3. Crear un modelo de lead time de rutas entre CD y locales, para verificar el tiempo correspondiente de viajes entre CD y locales.
4. Monitorear las salidas de los camiones desde el CD “Lo Aguirre”, se monitoreará las salidas con el objetivo de que estos 10 locales sean facturados a la hora correspondiente,

### Relación Objetivo específico y su respectiva medida de desempeño

En la siguiente tabla 7, se plantea la relación de los objetivos específicos con sus respectivas medidas de desempeño.

Objetivos Específicos	Medida de Desempeño
Disminuir 100 noches de sobre estadía	Número de noches de sobre estadía en los locales elegidos
Reducir \$4.500.000 CLP en pagos de sobre estadía	Plan de pago de presupuesto de sobreestadía mensual en pesos chilenos
Crear un modelo de lead time de transportistas	Tiempo en horas de viajes de los transportistas
Monitorear las salidas de los camiones en el CD de “Lo Aguirre”	Horas de facturación del centro de distribución hacia los 10 locales elegidos

(Tabla 7: Tabla de objetivos)<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Elaboración propia

### 3. Medidas de desempeño

#### 1. Número de noches de sobre estadía en los locales elegidos

**KPI Actual:** Según el plan de presupuesto de estadías como indica en la tabla 8, el plan por noches de octubre a diciembre es de 900 noches de sobre estadía.

	Noches
Noviembre	450
Diciembre	450
<b>Total</b>	<b>900</b>

(Tabla 8: Tabla de presupuesto noches)<sup>8</sup>

**KPI Esperado:** Las noches esperadas como resultado del proyecto son de 1200 noches de sobre estadía en total.

#### 2. Plan de Pago de presupuesto de sobre estadía mensual en pesos chilenos

**KPI Actual:** El plan de presupuesto actual consta de un total de \$40.500.000 en los dos meses objetivo, como se evidencia en la tabla 9.

	PPTO 2023
Noviembre	\$ 20.250.000,00
Diciembre	\$ 20.250.000,00
<b>Total</b>	<b>\$ 40.500.000,00</b>

(Tabla 9: Tabla presupuesto en pesos chilenos)<sup>9</sup>

**KPI Esperado:** Se espera que al reducir 100 noches de sobre estadía, se esté ahorrando \$4.500.000 en total en estos dos meses objetivo. Dando así un gasto total de noches de sobre estadía de \$54.000.000 en noviembre y diciembre.

<sup>8</sup> Elaboración Propia

<sup>9</sup> Elaboración Propia

### 3. Tiempo en horas de viajes de los transportistas

**KPI Actual:** Es el tiempo actual de viaje de los transportistas, este varía de los kilómetros que tiene que recorrer y los locales que tiene que visitar, como se evidencia en la tabla 10.

$\text{Tiempo Total de Viaje} = \text{Kilómetros} \times \text{Velocidad [Horas]} + \text{Tiempos de descanso del transportista [Horas]} + \text{Tiempo de estadía de los locales [Horas]}$
---

(Tabla 10: Fórmula de tiempo total de viaje)<sup>10</sup>

**KPI Esperado:** Se espera que el tiempo actual de viaje se acerque al leadtime calculado con la modificación de horario de salida, siendo este tiempo más bajo del actual.

### 4. Horas de facturación del centro de distribución hacia los 10 locales escogidos

**KPI Actual:** Es el día y la hora de facturación de la carga de mercadería en el día del Plan de Fix.

**KPI Esperado:** Se espera que para estos 10 locales crear un horario de salida para minimizar el tiempo de sobre estadía de los transportistas.

## 4. Planificación

### Metodologías

La metodología escogida es Scrum debido a que es necesario una implementación de solución en distintas áreas, es necesario reuniones de avance y objetivos a corto plazo a cumplir. También es debido a que la solución puede tener interacciones según las recomendaciones de las áreas involucradas.

---

<sup>10</sup> Elaboración Propia

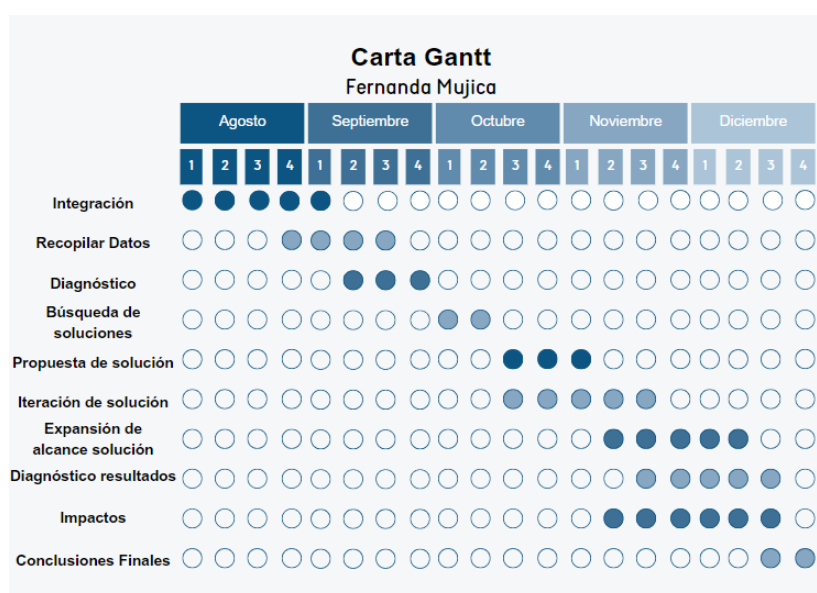
Y para realizar una correcta implementación, se especifica pasos de metodologías según objetivos específicos en la tabla 11.

1. Disminuir 100 noches de sobre estadía	1. 1 Levantamiento de los locales y noches de sobre estadía
	1.2 Estandarización de noches de sobre estadía por locales
	1.3 Recopilar la cantidad de noches que generen estos locales
2. Reducir \$4.500.000 CLP en pagos de sobre estadía	2.1 Levantamiento de locales y sus pago de noches
	2.2 Recopilación de resultados a corto plazo para medición de KPI
3. Crear un modelo de lead time de transportistas	3.1 Recopilar datos de los locales
	3.2 Crear un modelo matemático de horas de despacho minimizando las noches de sobre estadía
	3.3 Crear un script del modelo matemático de horas de despacho
4. Monitorear las salidas de los camiones en el CD de "Lo Aguirre"	4.1 Levantamiento de horas actuales de salidas
	4.2 Entregar horarios nuevos recomendados para los locales
	4.2 Recopilación de horas de salidas de los locales para medición de KPI

(Tabla 11: Metodología objetivos específicos)<sup>11</sup>

## Carta Gantt

La siguiente carta Gantt (Tabla 12) del proyecto comienza en agosto con la integración de la alumna y termina en diciembre con las conclusiones. Hay 10 actividades distribuidas en 5 meses. Se hizo un control mensual de las actividades para verificar el cumplimiento de los plazos y ajustes a la carta Gantt en base a los ajustes de tiempos.



(Tabla 12: Carta Gantt)<sup>12</sup>

La puesta en marcha del proyecto comienza la primera semana de noviembre para generar los resultados esperados.

<sup>11</sup> Elaboración Propia

<sup>12</sup> Elaboración Propia

## 5. Estado del Arte

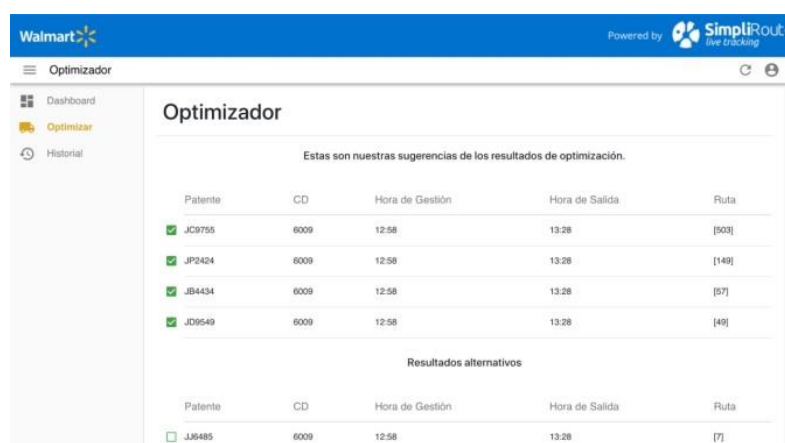
En este informe, se revisa la literatura académica sobre modelos matemáticos para optimizar procesos logísticos, incluyendo multas por atraso, sobre estadías y tiempos óptimos. También, se investiga cómo Walmart ha disminuido las devoluciones en la Región Metropolitana y Zona 0, utilizando bases de datos académicas como Google Scholar, Microsoft Academic, CiteSeerX y IEEE Xplore Digital Library.

## 6. Casos de éxito

### 1. Simpliroute

Walmart Chile implementó un sistema de ruteo minuto a minuto en 2019 para optimizar las entregas y reducir las devoluciones de camiones como se evidencia en la tabla 13. El sistema utiliza inteligencia artificial para calcular las rutas más eficientes, teniendo en cuenta los límites de carga, horarios y restricciones territoriales.

En 2020, el número de devoluciones de camiones se redujo en un 50%, de 1601 a 806. Esto ayudó a reducir la rotación de camiones en las zonas de RM y Zona 0, ahorrando \$96 millones. (SimpliRoute, 2021)



Patente	CD	Hora de Gestión	Hora de Salida	Ruta
<input checked="" type="checkbox"/> JC9755	6009	12:58	13:28	[503]
<input checked="" type="checkbox"/> JP2424	6009	12:58	13:28	[149]
<input checked="" type="checkbox"/> JB4434	6009	12:58	13:28	[57]
<input checked="" type="checkbox"/> JD9549	6009	12:58	13:28	[49]

Patente	CD	Hora de Gestión	Hora de Salida	Ruta
<input type="checkbox"/> J.85485	6009	12:58	13:28	[7]

(Tabla 13: Visualización de SimpliRoute en sistema de Despachos)<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Walmart Chile - SimpliRoute

## 2. Waze

Waze es una aplicación de tráfico y navegación que calcula un tiempo esperado de llegada (ETA) para tus viajes. El ETA se basa en la velocidad histórica de los viajes de los usuarios, así como en variables como los kilómetros y el tipo de vehículo como ve muestra en la tabla 13. Waze actualiza constantemente los datos históricos para mejorar la precisión del ETA. “Eso quiere decir que tomamos 48 muestras de la **velocidad promedio en un segmento específico del camino**. Y actualizamos constantemente esa información” (Petreanu, 2020)



(Tabla 14: Ecuación ETA Waze)<sup>14</sup>

Según Waze, los viajes realizados con su aplicación son un 30% más precisos que los realizados con otras aplicaciones. Esto se debe a que Waze toma muestras históricas de los viajes de los usuarios y las actualiza constantemente. (Waze, 2022)

## 3. Diseño de un modelo de optimización para la determinación de horarios en líneas ferroviarias de tránsito rápido con flota heterogénea y demanda variable

Autor: Pablo Sánchez Navarro

Este estudio presentó un modelo matemático para optimizar los horarios en líneas ferroviarias. El modelo tiene en cuenta la demanda, los horarios actuales, el tipo de flota de trenes, las restricciones de flota y la capacidad de los trenes.

---

<sup>14</sup> Waze México



El objetivo del estudio es minimizar el tiempo de espera promedio de los pasajeros en las estaciones. El modelo logra esto optimizando tanto el horario como la selección del tipo de tren que realizará cada servicio. (Navarro, 2021)

Para ello se utiliza un modelo matemático de programación lineal mixta MILP utilizando solver Gurobi codificado en el lenguaje de Python. El modelo se implementó en una línea de metro bidireccional con 5 estaciones. Se encontró que el modelo reduce el tiempo de espera promedio de los pasajeros en un 10%.

Los autores del estudio concluyen que el modelo es un importante avance en la investigación de horarios óptimos y tiene potencial de mejorar la calidad del servicio y la satisfacción de los pasajeros.

#### 4. Modelación matemática del problema de ruteo de vehículos con restricciones de múltiples depósitos, flota heterogénea de vehículos y ventanas de tiempos

Autor: Nilson Herazo Padilla

Se ha desarrollado un modelo matemático de programación entera mixta (MIP) para solucionar el problema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos, ventanas de tiempo y flota heterogénea de vehículos para una empresa de alimentos. Siendo un problema de tipo VRPTW (Problemas de Ruteo con Ventanas de Tiempo)

Este modelo matemático dio como resultados modelos de 5 a 10 clientes en la programación de vehículos, en la ruta, los clientes y los depósitos asignados a cada vehículo, la carga total asignada, tiempos de viajes y distancias que se recorren en la ruta, dando como conclusiones que el modelo propuesto puede ser utilizado en la mejora de rentabilidad y eficiencia dentro de las operaciones de distribución. (Padilla, 2012)

## **7. Solución Escogida**

### Soluciones por objetivos específicos:

1) Disminuir 100 noches de sobre estadía.

- 1.1) Ingreso de empresa experta en los horarios de los despachos.
- 1.2) Optimizar los carros para que haya menos viajes.
- 1.3) Creación de modelos óptimos de horarios de salida.
- 1.4) Sistema de optimización de rutas a los transportistas.
- 1.5) Aumentar horario de recepción de los locales.

2) Reducir \$4.500.000 pagos de noches sobre estadía.

- 2.1) Modificar pago por noche de sobre estadía minimizando el monto.
- 2.2) Optimizar las rutas de viaje para minimizar tiempo.
- 2.3) Implementación de monitoreo de transportistas en tiempo real para estar al tanto del viaje para cumplir con el lead time teórico.
- 2.4) Multas por atraso al transportista.

3) Crear modelo de lead time.

- 3.1) Contratar empresa encargada del monitoreo externo de los trailers externos.
- 3.2) Crear un modelo de lead time con los parámetros e los viajes históricos de la empresa.

4) Monitorear viajes desde los CD Lo Aguirre a 10 locales.

- 4.1) Contratar empresa externa con sistema de monitoreos.
- 4.2) Realizar automatización del GPS de la empresa para que en tiempo real me diga dónde se encuentra y hacia dónde debería llegar.
- 4.3) Contratar más operadores y más recursos para tener una mayor red de comunicación y trazabilidad de los viajes.

4.4) Implementar sistema software que te permita saber en tiempo real cuantos camiones despachaste y cuantos tienes por despachar incluyendo el GPS y las prioridades de carga por local

Una vez tanteado las posibles soluciones a los objetivos específicos se crea una asignación de puntaje con la escala Likert del 1 al 5 (siendo 1 bajo y 5 alto) para dar una importancia a las soluciones en relación con las necesidades de la empresa.

Criterio	Ponderación
Automatización de Procesos	40%
Costo de contratación de servicios	25%
Efectividad e Impacto	15%
Tiempo de implementación	10%
Alineación con el negocio	10%

(Tabla 15: Importancia de los criterios de mejora)<sup>15</sup>

Ahora se aplicará la escala Likert con las posibles soluciones y las cuales se alineen más a los criterios de importancia, entre mayor correlación mayor puntaje y viceversa. Dando como resultado una matriz con soluciones con alto puntaje que se traduce en una mejor idea de solución para el problema y para la empresa.

Solución	Automatización de procesos	Costo de contratación	Efectividad e Impacto	Tiempo de implementación	Alineación con el negocio	Total
%	40%	25%	15%	10%	10%	100%
1.1	5	5	3	3	2	4,2
1.2	3	3	5	3	2	3,2
1.3	5	4	4	2	5	4,3
1.4	3	4	4	4	3	3,5
1.5	1	5	5	4	4	3,2
2.1	1	5	2	1	1	2,15
2.2	5	3	5	5	5	4,5
2.3	4	5	3	1	2	3,6
2.4	1	5	3	3	1	2,5
3.1	4	5	2	2	2	3,55
3.2	5	4	5	5	2	4,45
4.1	4	3	3	3	1	3,2
4.2	4	2	2	2	3	2,9
4.3	4	4	3	4	2	3,65
4.4	4	3	5	1	3	3,5

<sup>15</sup> Elaboración Propia

(Tabla 16: Matriz de soluciones por impacto en obj, específicos)<sup>16</sup>

La solución escogida es una mezcla de las soluciones con mayor impacto que parecen destacadas en amarillo en la tabla 16, es crear un modelo de programación lineal que minimice el pago de sobre estadía de camiones en regiones dando como resultado las horas óptimas de salida de los camiones desde el CD Lo Aguirre, considerando los datos del viaje, descansos de los transportistas, kilómetros recorridos, velocidad promedio de viaje, horas de recepción de los locales, estadía promedio de los locales, etc.

Para crear este modelo se basará en todas las propuestas de solución antes mencionadas:

Simpliroute: como método de visualización en el sistema Walmart y un método de ejemplo a los equipos involucrados.

Waze: como muestra de datos de velocidad ocupando una cantidad de datos de muestra de días anteriores, tanto en la velocidad como en las estadías de los camiones en los locales.

Diseño de optimización: Esto ayudará a crear el modelo matemático, las variables, los índices, las restricciones y las funciones objetivo. Como también a la implementación del software de Gurobi en Python para los resultados de los cálculos.

Modelo matemático: Servirá como ejemplo del modelo para el modelo matemático y restricciones con ventanas horarias que ayudarán al problema planteado.

## ***8. Plan de implementación***

### Día 0:

1. Se recopilarán todos los datos de los 10 locales

---

<sup>16</sup> Elaboración Propia

- Velocidad promedio de los viajes de las últimas 3 semanas (2 de octubre al 16 de octubre)
- Estadía promedio de los 10 locales en las últimas 3 semanas.
- Kilómetros del Centro de Distribución Lo Aguirre hacia los 10 locales.
- Horarios de recepción de camiones
- Horarios de facturación de los 10 locales en los CD
- Horarios de liberación de cajas hacia estos 10 locales
- Tiempos de descansos de los transportistas por ley
- Ruteos históricos de los locales
- Fix de salida de mercadería de los 10 locales desde el CD 6009

#### Día 50:

2. Se creará el modelo matemático con las respectivas funciones objetivo y las restricciones con los datos recopilados

#### Día 100:

3. Se resolverá en Python o en otro sistema, dando como resultados horarios óptimos para los 10 locales

#### Día 120:

4. Se les presentarán a los equipos el proyecto
  - **Equipo de Transporte:** Equipo de analistas encargado de los datos de los viajes.
  - **Equipo de Tráfico:** Equipo de operaciones encargados de monitorear todos los viajes de los transportistas desde los seis centros de distribución en hasta todos los locales en Chile. A demás, se encargan la comunicación entre los transportistas y los locales.
  - **Equipo de Planificación:** Este equipo es el encargado de planificar las cargas de cajas de mercadería a los camiones. Es decir, es responsable de los movimientos de las cajas dentro de los CD y su puesta a las personas encargadas de cargar las cajas a los camiones.
  - **Equipo de Transporte Regional:** Es el equipo encargado de los centros de distribución regionales, como lo son; 6003 "Antofagasta", 6004

“Temuco”, 6010 “Chillán”. A demás, son quienes disponen de transportistas externos a los viajes desde los centros de distribución en RM hacia locales en regiones.

5. Una vez presentado el proyecto se asignarán tareas a cada equipo
  - **Equipo de Transporte:** Este equipo es dónde se encuentra la alumna en práctica y estará al tanto de las tareas asignadas a ella para este proyecto.
  - **Equipo de Tráfico:** Se encargarán del monitoreo de los viajes desde el centro de distribución Lo Aguirre hacia los 10 locales foco. Reportando cualquier inconveniente ocurrido en estos viajes, ejemplo, choques, cortes en ruta, movimientos inusuales de los transportistas.
  - **Equipo de Planificación CD Lo Aguirre:** Serán encargados de disponer a cierto horario recomendado las cajas correspondientes al día y número local de los 10 locales top para ser cargados y despachados a la hora recomendada.
  - **Equipo de Transporte Regional:** Su tarea será disponer a cierto horario recomendado los transportistas en el CD Lo Aguirre para poder ser cargados y despachados a la hora recomendada.
6. Se les presentarán en Excel a los equipos los horarios de salida del Top 10 locales según FIX semanal corresponda.
7. Actualizará horarios o se agruparán locales según feedback por equipos.

Día 125 en adelante:

8. Equipos se ponen en marcha con sus tareas correspondientes.
9. Después de una semana de prueba, se analizarán los resultados de cada equipo y de los viajes para ajustar el modelo matemático y hacerlo más preciso y corregir fallas.
10. Se publicarán nuevos horarios de despachos para estos 10 locales y se lanzarán otra semana de prueba y se generarán nuevos resultados.

El paso 9 y 10 se repetirán en un loop hasta acabar el periodo de la práctica de la alumna para presentar resultados finales.

## 9. Análisis de Riesgo

### Clasificación de riesgos/impactos

Probabilidad / Severidad	Insignificante 1	Menor 2	Significativo 3	Mayor 4	Severo 5
5 Casi seguro	Medio 5	Alto 10	Muy Alto 15	Extremo 20	Extremo 25
4 Probable	Medio 4	Medio 8	Alto 12	Muy Alto 16	Extremo 20
3 Moderado	Bajo 3	Medio 6	Medio 9	Alto 12	Muy alto 15
2 Poco probable	Muy Bajo 2	Bajo 4	Medio 6	Medio 8	Alto 10
1 Raro	Muy Bajo 1	Muy Bajo 2	Bajo 3	Medio 4	Medio 5

(Tabla 17: Tabla de Clasificación de Impactos)<sup>17</sup>

1 al 4	Aceptable
5 al 9	Adecuado
10 al 16	Tolerable
17 al 25	Inaceptable

(Tabla 18: Clasificación por colores)<sup>18</sup>

### Matriz de riesgos y mitigaciones

La tabla 19, muestra una matriz de riesgo y su plan breve de mitigación, el plan detallado por paso y por riesgo queda detallada en los anexos de este informe.

<sup>17</sup> Elaboración Propia

<sup>18</sup> Elaboración Propia

Actividad	Riesgos	Probabilidad	Severidad	Impacto	Mitigación
1	Datos erroneos en la recupeción de datos	2	3	6	Corregir datos en la base de datos original y dar doble control con el Power Bi de Datos y a la vez con Qanalitics
2	Resistencia al cambio de parte de los equipos	3	5	15	Fortalecer objetivos del proyecto y reforzar los impactos positivos por equipo y beneficio para la empresa, resaltando la importancia.
3	El tiempo de carga supera a la hora recomendada por lo que el despacho sale	3	4	12	En caso de no ser despachado el camión a la hora recomendada y el carro esta cargado, despachar a la brevedad
4	Cajas no disponibles a la hora de liberación de carga	1	4	4	Descpacho y carga de camión a la brevedad posible priorizando el FIX de Salida del CD
5	El viaje no es monitoreado por el equipo de Tráfico	2	4	8	Verificar el porqué no es monitoreado y proceder según la causa.
6	Problemas de comunicación con el camión	1	4	4	Verificar si la causa es el transportista, el gps o hay problemas con el camión y proceder según la causa.
7	Horas erróneas del modelo	2	4	8	Corregir el modelo a la brevedad y proceder con horarios antiguos de despacho
8	No hay transportistas disponibles a la hora de despacho recomendada	4	3	12	Con prioridad URGENTE se consigue transportistas con las distintas empresas externas y se despacha a la hora de conseguir uno disponible
9	Presentar problemas en la obtención de datos o en el computador	2	5	10	Almacenar todo en la nube, enviar información de respaldo y conseguirse otro computador

(Tabla 19: Matriz de Riesgo)<sup>19</sup>

## 10. Desarrollo solución

Para la solución se plantea un modelo de optimización que minimiza las noches de sobre estadía en base a las horas de salida de despacho desde los Cd hasta los locales.

### Parámetros

i: número de local  $i = 1, \dots, I$

t: periodo de tiempo  $t = 1, \dots, T$

HAI: Horario de apertura del local  $i$

<sup>19</sup> Elaboración Propia



$H_{Ci}$ : Horario de cierre del local  $i$

$E_i$ : Estadía promedio del local  $i$

$L_i$ : Leadtime de viaje desde el CD al local  $i$

### Variables auxiliares

$S_{i,t}$ : Noche de sobre estadía generada en el local  $i$  en el periodo  $t$

$$S_{i,t} \in \{0,1\}$$

$$S_{i,t} \begin{cases} 1 & ; Y_{i,t} + L_i + E_i > H_{Ci} \\ 0 & ; Y_{i,t} + L_i + E_i \leq H_{Ci} \end{cases}$$

$Y_{i,t}$ : valor en minutos de la hora de salida del camión del CD al local  $i$  en el periodo  $t$

$$Y_{i,t} = 60 \cdot X_{i,t}$$

### Restricciones

$$H_{Ai} \leq Y_{i,t} + L_i \leq H_{Ci}$$

### Variable de decisión

$X_{i,t}$ : despacho del camión al local  $i$  desde el CD en el periodo  $t$

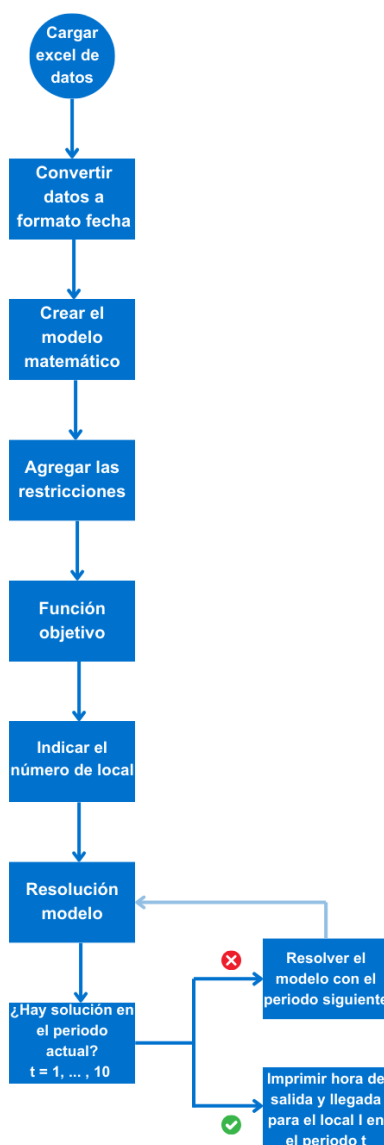
$$X_{i,t} \in \{0,1\}$$

$$X_{i,t} \begin{cases} 1 & ; \text{Se despacha el camión al local } i \text{ en el periodo } t \\ 0 & ; \text{No se despacha el camión al local } i \text{ en el periodo } t \end{cases}$$

### Función Objetivo

$$\text{Min} \sum_t \sum_i 45.000 \cdot S_{i,t}$$

Para después a través de un código en Python, resolver el modelo de optimización en la plataforma de Google Colab. Dando como resultados horas máximas de salida del CD para estos locales.



(Tabla 20: Diagrama de Flujo código Python)<sup>20</sup>

En la tabla 20 se presenta el flujo del código en Python con los siguientes pasos de la elaboración del modelo. Primero con la carga de datos de Excel con los datos de lead time, estadía, horario de cierre y horario de apertura de todos los locales. Para luego el código convierte los datos de las tablas Excel a un formato compatible con el modelo matemático. Se crea el modelo con las variables y formulas anteriormente mencionadas y se agregan las restricciones, función objetivo para minimizar la noche de sobre estadía dando como resultado la hora máxima de salida. Para luego indicar el local a considerar y resolver el modelo

<sup>20</sup> Elaboración propia

en el primer periodo, si la solución del modelo se encuentra en el primer periodo se imprimirá la hora y día de salida del local  $i$  desde el CD y la hora de llegada a este. Si el primer periodo no es la solución el código resolverá el modelo con el siguiente, encontrando así el periodo de despacho máximo para el local  $i$ .

Y debido a que despachar en una hora en específico es difícil para la operación debido a que el proceso de despacho considera varios pasos, y en conjunto con la operación del centro de distribución se crearon 3 grupos de salidas de horario para estos 10 locales como se puede ver en la tabla 21.

Grupo 1	5:00:00 - 9:00:00
608	5:00:00 - 9:00:00
126	5:00:00 - 9:00:00

Grupo 2	8:00:00 - 12:00:00
679	8:00:00 - 12:00:00

Grupo 3	12:00:00 - 20:00:00
33	12:00:00 - 20:00:00
459	12:00:00 - 20:00:00
945	12:00:00 - 20:00:00
988	12:00:00 - 20:00:00
120	12:00:00 - 20:00:00
78	12:00:00 - 20:00:00
425	12:00:00 - 20:00:00

(Tabla 21: Horarios recomendados de despacho)<sup>21</sup>

## 11. Resultados

La implementación de este modelo de horarios de despacho del CD de Lo Aguirre de estos 10 locales se realizó durante 4 semanas en el mes de noviembre y con el fin de evaluar el impacto de la propuesta de solución. Se hizo un análisis de los resultados según las medidas de desempeño propuestas.

1. Número de noches de sobre estadía en los locales elegidos, el plan de noches para el mes de noviembre eran de 450 noches, y las noches generadas por estos 10 locales fueron de 43 noches, como se puede ver en la tabla 22.

---

<sup>21</sup> Elaboración propia

Formato	Tienda	Promedio de Estadía	Total Noches	Pago Estadía
Lider	78	33,65	8	\$360,000
Lider	459	31,05	8	\$360,000
Lider	655	32,97	8	\$360,000
Lider	33	26,71	5	\$225,000
Lider	120	20,86	5	\$225,000
Lider	945	31,09	5	\$225,000
Lider	679	24,08	3	\$135,000
Lider	425	19,34	1	\$45,000
Lider	126	36,81	0	\$0,000
Lider	608	30,63	0	\$0,000
<b>Total</b>		<b>28,66</b>	<b>43</b>	<b>\$1.935,000</b>

(Tabla 22: Resultado de noches)<sup>22</sup>

Cumpliendo el objetivo específico de disminuir 100 noches, se disminuyó 183 noches respecto al promedio de noches de sobre estadía de estos 10 locales mensual en el mes de noviembre.

2. Plan de pago de presupuesto de sobre estadía mensual, el plan de pago para de sobre estadía en el mes de noviembre fue de \$20.250.000, y el pago mensual promedio de estos 10 locales es de \$12.735.000. El gasto generado este mes de noviembre fue de \$1.935.000 como se puede ver en la tabla 22.

Superando así el objetivo específico de ahorrar \$4.500.000 en tres meses, sino que se ahorró \$8.235.000 en un mes.

3. Tiempo en horas de viajes de los transportistas.

Se creo una tabla de excel con la formula indicada anteriormente con el tiempo de viaje desde el centro de distribución a cada local.

<sup>22</sup> Walmart

#### 4. Horas de facturación del centro de distribución

Se creó un modelo matemático indicando las horas de despacho óptimas para estos 10 locales, minimizando las noches de sobre estadía. Para después monitorear las horas de salidas durante el mes de prueba. En el mes de noviembre se realizaron 253 viajes, los cuales 201 viajes salieron dentro del horario recomendado, teniendo así en el mes de noviembre un cumplimiento del 79,4% de salidas en horario.

Con respecto al **objetivo general** de disminuir de un 56,5% a un 46,5% el peso de estos 10 locales en el plan de presupuesto noviembre y diciembre ahorrando así \$4.500.000. Debido a la falta de tiempo sólo se implementó en el mes de noviembre, teniendo como resultado que estos 10 locales tuvieran un peso del 9,6% del plan de presupuesto mensual de noviembre.

En la tabla 23 se pueden observar los resultados del análisis de **los objetivos específicos** del proyecto en noviembre con detalle.

Objetivos Específicos(KPI)	Resultados mes de Noviembre
Disminuir 100 noches de sobre estadía	Disminución de 183 noches de sobre estadía
Reducir \$4.500.000 CLP en pagos de sobre estadía respecto al promedio mensual de pago	Ahorro de \$8.235.000 en pago de sobre estadía respecto al pago promedio mensual de los 10 locales
Crear un modelo de lead time de transportistas	Formula con datos en tablas de excel
Monitorear las salidas de los camiones en el CD de "Lo Aguirre"	Se monitorearon 253 viajes desde el CD "Lo Aguirre" a estos 10 locales

(Tabla 23: Resultado de noches/ Objetivos específicos)<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Elaboración propia

## 12. Evaluación Económica

Se realizaron tres flujos de caja, esta herramienta fue seleccionada debido a que proporcionan una visión más completa de los beneficios/ahorros y costos de una inversión durante un periodo de 12 meses, los cuales se van a comparar con el plan mensual de gastos de sobre estadía que se tiene para estos meses. Debido a que el impacto que el proyecto tenga dependerá de la decisión de salir en la hora recomendada o no. El primer flujo de caja es el escenario pesimista, donde de todos los viajes a estos 10 locales, sólo el 20% sale a la hora recomendada, el segundo flujo de caja es el caso del 60% del total de viajes se haga bajo la hora recomendada por el modelo y el último flujo de caja es de todos los viajes a estos 10 locales, el 80% salga a la hora recomendada. Para esto, se consideraron las siguientes variables:

Variablen	Descripción
Inversión	Es el tiempo en hora hombre total de todas las personas involucradas en el proyecto para realizar el modelo.
Ahorro	Esta variable son las noches de sobre estadía que en promedio se ahorran al mes, con su respectivo porcentaje de cumplimiento de salida dependiendo del flujo.
Costos	Estos costos se refieren a el tiempo hora hombre que va a requerir el equipo en el control y monitoreo de las salidas en la hora recomendada para estos 10 locales.

(Tabla 24: Variables Flujo de Caja)<sup>24</sup>

Se hicieron los supuestos pertinentes para el cálculo de los flujos de caja:

- El modelo funciona con un 60% de efectividad, debido a que el 30% es debido a los locales y el otro 10% el tiempo en ruta, basando en el mes de experiencia que se obtuvo. Esto quiere decir que del total de noches de sobre estadía que se podrían ahorrar con el modelo, sólo se llega al 60% de las noches totales.

<sup>24</sup> Elaboración propia

- Flujo caja pesimista es un cumplimiento del 20% de salidas en horario recomendado del total de viajes, se alcanzará sólo el 20% de los viajes generados por el CD hacia estos 10 locales.
- Flujo de caja neutro es un cumplimiento del 60% de salidas en horario recomendado del total de viajes, se alcanzará sólo el 60% de los viajes generados por el CD hacia estos 10 locales.
- Flujo de caja optimista es un cumplimiento del 80% de salidas en horario recomendado del total de viajes, se alcanzará sólo el 80% de los viajes generados por el CD hacia estos 10 locales.
- El flujo de caja es considerado ahorros y costos mensuales a un año.
- Los costos implicados son horas de trabajador encargado de establecer estas nuevas configuraciones de cambio de horarios a estos 10 locales y reuniones de seguimiento de cumplimiento semanal.
- La inversión, se basan en las horas de trabajo de la alumna y su equipo para el desarrollo del proyecto junto a su equipo.

### Escenario Pesimista

Se ahorrarán en promedio 176 noches en un año, y en un mes en promedio 15 noches de sobre estadía de los viajes de estos 10 locales.

	ESCENARIO PESIMISTA												
	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Inversión	\$ -2.116.000,00												
Ahorro		\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19	\$ 660.761,19
Costos		\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00
Flujo de caja	\$ -2.116.000,00	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19	\$ 580.761,19

(Tabla 25: Flujo de caja pesimista)<sup>25</sup>

Van	\$ 1.746.041,20
TIR	26%
Payback (año)	0,304

(Tabla 26: Resultados flujo de caja pesimista)<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Elaboración propia

<sup>26</sup> Elaboración propia

## Escenario neutro

Se ahorrarán en promedio 529 noches en un año, y en un mes en promedio 44 noches de sobre estadía de los viajes de estos 10 locales.

	ESCENARIO NEUTRAL												
	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Inversión	\$ -2.116.000,00												
Ahorro		\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56	\$ 1.982.283,56
Costos		\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00
Flujo de caja	\$ -2.116.000,00	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56	\$ 1.902.283,56

(Tabla 27: Flujo de caja neutro)<sup>27</sup>

Van	\$ 10.534.117,90
TIR	90%
Payback (año)	0,09

(Tabla 28: Resultados flujo de caja neutro)<sup>28</sup>

## Escenario optimista

Se ahorrarán en promedio 705 noches en un año, y en un mes en promedio 59 noches de sobre estadía de los viajes de estos 10 locales.

	ESCENARIO OPTIMISTA												
	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Inversión	\$ -2.116.000,00												
Ahorro		\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75	\$ 2.643.044,75
Costos		\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00	\$ -80.000,00
Flujo de caja	\$ -2.116.000,00	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75	\$ 2.563.044,75

(Tabla 29: Flujo de caja optimista)<sup>29</sup>

Van	\$ 14.928.156,25
TIR	121%
Payback (año)	0,07

(Tabla 30: Resultados flujo de caja optimista)<sup>30</sup>

La evaluación económica presentada en los tres casos es positiva, podemos ver que en el caso pesimista tenemos un VAN de \$1.764.042 y una TIR de 26% y en el mejor de los casos se tiene un VAN de \$14.928.157 y una TIR de 121% en el tramo de un año. Estos números elevados se deben a que el modelo presenta

<sup>27</sup> Elaboración propia

<sup>28</sup> Elaboración propia

<sup>29</sup> Elaboración propia

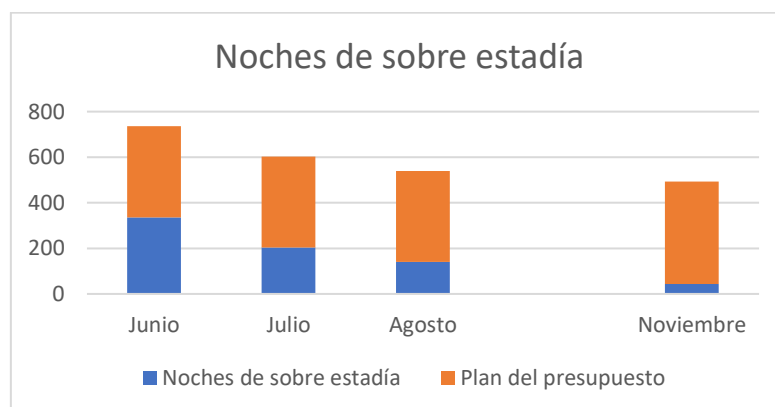
<sup>30</sup> Elaboración propia



un gran ahorro en las noches de sobre estadía y un bajo costo de implementación, por lo que entre mayor el porcentaje de cumplimiento de salidas recomendada sea, mayor será el ahorro generado. Y en todos los casos, son todos los mismos costos, que se traducen a las horas de trabajo de los equipos involucrados tendrán para poder monitorear y cumplir las horas de salida del CD hasta estos 10 locales.

### 13. Conclusión

1. En comparación con el tiempo estimado en el objetivo general, el tiempo de implementación fue acotada a un mes en vez de dos meses como se había planteado en un principio el proyecto. Por lo cual las conclusiones se hacen en base a promedios mensuales de noches de sobre estadías de los 10 locales y las cantidades de viajes promedios a estos locales.
2. Los 253 viajes desde el CD de Lo Aguirre en el mes de noviembre generaron 43 noches de sobre estadía, lo que se traduce a un gasto de \$1.935.000, que equivale a un 9,6% del plan mensual de noviembre de noches de sobre estadía que la compañía tiene estimado generados por estos 10 locales, como se puede ver en la siguiente imagen. Cumpliendo con el objetivo general planteado de dos meses a un mes de implementación.



(Tabla 31: Resultados mensual)<sup>31</sup>

3. Del total de noches sobre estadías generadas por estos locales, se ve una disminución de 136 noches en base al promedio mensual de noches de sobre estadía que generan estos locales desde el CD Lo Aguirre, 179 noches promedio.
4. De todos los viajes que salen en horario, no se puede generar un 100% de ahorro debido a que, aunque el camión llegue a la hora estimada con tiempo de descarga correcto, por diversos factores el local decide si descargarlo ese mismo día o dejar la descarga para el día siguiente o también hay casos en los cuales el transportista se demora más tiempo del lead time estimado del viaje. Esto en base al historial de 253 viajes generados en el mes de noviembre, 43 noches de sobre estadía, 27 noches generadas debido a que aun llegando en el tiempo adecuado el local decide descargarlo al día siguiente y las otras 16 noches generadas es debido que el transportista se demoró más del tiempo de lead time estimado a los locales, generando una llegada tarde al local y que este no alcance a descargarlo.

Finalmente, las salidas en el horario recomendado generan un impacto positivo en el ahorro de noches, en un mes se disminuyó 136 noches en base al promedio mensual que estos 10 locales han generado en este año, las cuales son 179 noches de sobre estadía al mes, cumpliendo los objetivos generales y específicos en un mes. Se logró superar los objetivos planteados en un menor tiempo estipulado, y esto es debido a que el impacto que tienen las horas de salidas de los CD en las noches de sobre estadía son mayores a los que principalmente se pensaba, lo que fue favorable para el proyecto, teniendo mejores resultados y ahorros esperados.

---

<sup>31</sup> Elaboración propia

## **14. Recomendaciones**

Considerando el impacto del proyecto de la alumna en la empresa, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Aumentar el porcentaje de cumplimiento de despacho de las horas recomendadas a los CD, debido a que mayor porcentaje de cumplimiento en las horas recomendadas mayor será el ahorro que se generará.
- Aumentar el número de locales a los que mayor número de sobre estadía estén generando durante el año.
- Disponer este modelo a los otros CD con los mismos locales para así disminuir el número de noches de sobre estadía que generan estos locales desde los distintos centros de distribución.
- Este modelo es recomendable para los viajes directos no ruteados a los locales, esto debido a que se prioriza minimizar la sobre estadía sólo para el primer local en el ruteo de los viajes. Si se desea aplicar este modelo a viajes ruteados, se debe considerar el modelo para el primer local en ruta.
- Además si se quiere eliminar las noches de estadía se recomienda una constante comunicación con el local para que decida descargar el camión cuando llega temprano y una constante comunicación con los transportistas para así asegurarse que se demoró de acuerdo al leadtime del viaje.

## 15. Bibliografía

- Chile, W. (2023). *Walmart Chile*. Obtenido de Walmart Chile:  
<https://www.walmartchile.cl/contenidos/nosotros/historiaylegado/>
- Financiero/Chile, D. (10 de Agosto de 2023). *El Economista*. Obtenido de El Economista: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Chile-registro-una-mayor-concentracion-del-sector-retail-durante-2022-20230810-0132.html>
- Navarro, P. S. (2021). *Diseño de un modelo de optimización para la determinación de horarios en líneas ferroviarias de tránsito rápido con flota heterogénea y demanda variable*. Sevilla: Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas I, Escuela Técnica Superior de Ingeniería.
- Padilla, N. H. (2012). *Modelación matemática del problema de ruteo de vehículos con restricciones de múltiples depósitos, flota heterogénea de vehículos y ventanas horarias*. Barranquilla: Corporación Universitaria de la Costa.
- Petreanu, Y. (7 de Octubre de 2020). *medium.com*. Obtenido de Waze:  
<https://medium.com/waze-mx/under-the-hood-tiempo-estimado-de-llegada-eta-en-tiempo-real-y-c%C3%B3mo-sabe-waze-que-est%C3%A1s-en-la-80b0647eb4b5#:~:text=Reunimos%20un%20historial%20de%20las,Y%20actualizamos%20constantemente%20esa%20informaci%C3%B3n>
- SimpliRoute. (29 de Diciembre de 2021). *Simpliroute.com*. Obtenido de SimpliRoute: <https://simpliroute.com/es/customers/walmart-chile-logro-reducir-sus-devoluciones-usando-simpliroute>
- Waze. (9 de Febrero de 2022). *Medium.com*. Obtenido de <https://medium.com/waze>

## 16. Anexo

### Plan de mitigación de riesgos posibles dentro del proyecto:

1. Datos erróneos en la recopilación de datos: Verificar de nuevos los datos y hacer doble control con los distintos Power Bi disponibles con la información necesaria y con la página de QAnalytics, verificando minuciosamente las siguientes variables:
  - Kilómetros de distancia CD – Local
  - Velocidades y estadías: filtrando número del local y el tiempo correspondiente que se quiere analizar.
  - FIX de salida: número de local y la semana correspondiente.
  - Horarios de recepción: verificar el horario de recepción distinto al horario de atención al cliente del local.
  - Tiempos de carga y descarga: verificar el número con encargados de operaciones y calcular promedio de estos en el periodo de tiempo que se quiera analizar (mismo periodo de las velocidades y estadías)
  - Ruteos de los locales: verificar que el número de Cd sea el correcto, en este caso 6009 y filtrar sólo los locales Top a analizar.
2. Resistencia al cambio por parte de los equipos: en este caso si algún equipo no coopera o está interesado, reforzarle el objetivo del proyecto y los impactos que tendrá a cada equipo y a la empresa.

### Impactos por Equipos:

Tráfico y Transporte: El número de noches de sobre estadía es equivalente a \$45.000 CLP por noche. Por lo que, al disminuir el número de noches de sobre estadía, disminuye el gasto del presupuesto del equipo. Y, en consecuencia, habría una liberación de presupuesto teniendo como oportunidad nuevos proyectos.

Equipo de Planificación: El disminuir el número de noches de sobre estadía significa que el camión y el transportista ya no estará la noche en el local esperando a ser cargado. Por lo cual, la disminución de noches para este equipo

significa tener mayor disponibilidad de número de carros a disposición para poder cargar mercadería a los locales.

Transporte Regional: El disminuir el número de noches de sobre estadía significa que el camión y el transportista ya no estará la noche en el local esperando a ser cargado. En base a esto, se tendrá mayor número de transportistas libres al momento de buscar transportistas para los viajes, facilitando la rotación de los carros y de los transportistas.

#### Impacto a la empresa:

El generarle ahorro a empresa es muy importante, ya que, generando ahorro de dinero, es una forma de mejorar la rentabilidad y las ganancias de la empresa. Y el ahorrar tiempo dónde los transportistas están contratados por Walmart permite aumentar la eficiencia de la empresa.

3. Cajas no disponibles a la hora de liberación de carga: En este caso en cuento exista la carga de ese día y local, despachar a la brevedad posible priorizando el cumplimiento del FIX de salida del CD.
4. El tiempo de carga supera a la hora recomendada por lo que el despacho sale: En el caso que no se pueda cumplir con el horario recomendado se despacha el camión a la brevedad posible priorizando el cumplimiento del FIX de salido del CD.
5. El viaje no es monitoreado por el equipo de tráfico: En este caso no es monitoreado y el viaje sigue sin inconvenientes, ver datos importantes para el análisis en la página de QAnalytics la información y corroborar resultados con el jefe de Equipo y si no es encontrada la información, dejar el viaje fuera de la muestra.
6. Problemas de comunicación con el camión: en el caso que no se pueda monitorear el viaje, verificar el por qué se está teniendo problemas, y actuar según causa:
  - Falla GPS o en el camión: comunicarse con AP (encargados de mantención de camiones) y reportar falla de GPS o en el camión, en el caso que sea transportista externo a la empresa comunicarse con el responsable de la empresa transportista.

- Falla de comunicación con el transportista: Intentar contactarlo mediante mensajes o llamadas con el número de teléfono del transportista, o con el responsable de la empresa externa de transporte y reportar incidente.
- 7. El modelo no da horarios óptimos: Corregir a la brevedad el modelo verificando a la brevedad el modelo, sus variables, restricciones y funciones y los datos. Y proceder con el horario antiguo de despacho de ese local.
- 8. No se encuentra un transportista para realizar el viaje: Con prioridad URGENTE se consigue transportistas con las distintas empresas externas y se despacha a la hora de conseguir uno disponible.
- 9. Se presenta problemas con la obtención de datos, con el internet o con el computador: se almacenará todo en la nube y se enviará información de respaldo a su respectivo jefe.

Con el fin de evaluar el impacto de la propuesta de solución. Se hizo un análisis de los resultados según las medidas de desempeño propuestas:

#### 5. Tiempo en horas de viajes de los transportistas.

Se creo una tabla de excel con la formula indicada anteriormente con el tiempo de viaje desde el centro de distribución a cada local.

#### 6. Horas de facturación del centro de distribución

Se monitorearon 235 viajes desde el centro de distribución a estos 10 locales en el mes de noviembre. De los cuales 201 viajes salieron dentro del horario recomendado, teniendo así en el mes de noviembre un cumplimiento del 79,4% de salidas en horario.