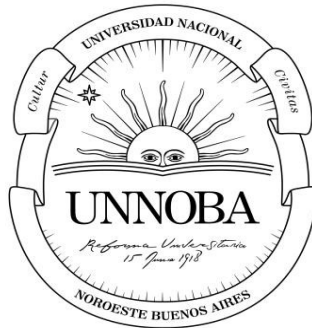




Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

Título: Ingeniero Industrial

Carrera: Ingeniería Industrial

Práctica Profesional Supervisada

Estudiante: Carlisi, Juan Ignacio

Tutor Docente: Romani, Bruno

Tutor de Empresa/Institución/Organización: Milena, Molina

Fecha de presentación: 14/01/2025

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Objetivos	2
2.1 Objetivo General	2
2.2 Objetivos Específicos	2
3. Plan de trabajo y carga horaria	3
4. Descripción de la práctica profesional efectuada	3
4.1. Conceptos fundamentales e información relevante	4
4.2. Primera instancia: Conocimiento del área y relevamiento de procesos claves	4
4.2.1 Planificación semanal de traslados	5
4.2.2. Programación diaria de traslados	5
4.2.3. Generación Diagrama de Flujo operatoria actual - optimizada	6
4.2.4. Documentación para traslados (Remitos y COTS)	6
4.2.5. Comunicación con choferes	6
4.2.6. Registro de horas	6
4.2.7. Registro de Métricas	6
4.2.8. Análisis llenado aplicación trazabilidad	6
4.2.9. Revisión de políticas actuales	7
4.2.10. Asignación vehículos para preentrega	7
4.2.11. Gestión con proveedores externos.	7
4.2.12. Envíos internos	7
4.2.12. Actualización de stock - evaluación de campañas	7
4.2.13. Política de modificación de solicitudes	8
4.2.14. Resumen.	8
4.3. Segunda instancia: Medición de variables y restricciones	8
4.3.1. Tiempos	8
4.3.2. Capacidades	10
4.3.3. Jornada laboral	11
4.3.4. Depósito	13
4.3.5. Lead Time	14
4.3.6. Capacidad diaria estimada	14
4.3.7. Velocidad de desplazamiento	16
4.3.8. Recorridos máximos	16
4.3.9. Enumeración de Restricciones, Variables y Condiciones	17
4.4. Tercera instancia: Definiciones respecto la solución de optimización	18
4.4.1. Misión del Proyecto	19
4.4.2. Visión del Proyecto	20
4.4.3. Objetivo general del proyecto	20
4.4.4. Objetivos específicos	20
4.4.5. Bondades de la optimización	20
4.4.6. Justificación del Desarrollo Interno del Software	21

4.4.7. Inputs y outputs requeridos por la herramienta	22
4.5. Abordaje de la solución: Proceso de Investigación del Algoritmo de Optimización	24
4.5.1. Identificación y explicación del tipo de problema generalizado	24
4.5.2. Métodos generales para abordar la problemática	25
A. Heurísticas	25
B. Metaheurísticas	26
4.5.3. Algoritmos específicos para la resolución	26
A. Algoritmos y Métodos Estudiados para el Desarrollo.	26
A.1. Algoritmo Genético	27
A.2. Algoritmo de Enfriamiento Simulado	27
A.3. Algoritmo de Maximización/Optimización Lineal	28
4.5.4. Métodos de control	29
4.6. Definición y desarrollo de algoritmo de optimización	29
4.6.1 Abordaje final del pseudocódigo desarrollado	30
A. Alimentación	30
B. Definición de restricciones	30
C. Definición de datos y decisiones	31
D. Ejecución de optimización	31
E. Selección y asignación	33
F. Resultados	33
4.7. Resultados	34
A. Cualitativamente: Maximización de la satisfacción del cliente y cumplimiento	34
B. Cuantitativamente: Reducción de la carga operativa en la planificación	34
C. Cualitativamente: Mejora en el servicio del chofer	35
D. Cualitativamente: Impacto en el servicio al cliente	35
E. Cuantitativamente: Reducción de tiempos de traslado	35
5. Conclusiones	36
6. Bibliografía	36
7. Anexos	37
8. Agradecimientos	37

1. Introducción

Opencars es una empresa con más de 20 años de trayectoria en el rubro automotriz, especializada en la venta de autos certificados con garantía oficial. Distribuye marcas de renombre como Chevrolet, Volkswagen y Peugeot, lo que asegura variedad y alto estándar en su oferta.

La compañía se enfoca en brindar servicio con atención personalizada y un compromiso fuerte hacia la seguridad y satisfacción del cliente. Sus estándares de calidad y responsabilidad la convierten en una opción confiable para la compra de vehículos. Además, Opencars protege los datos de sus clientes con certificado SSL, garantizando seguridad y confidencialidad en las transacciones en línea.

La finalidad central del presente trabajo en Opencars SA es colaborar con actividades relacionadas a la gestión eficiente del departamento de logística, incluyendo planificación, gestión de costos, métricas e informes, y trabajar en la elaboración de una solución a la necesidad de optimización de traslados de vehículos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Colaborar en actividades relacionadas a la gestión en el “Departamento de Logística” de Opencars SA, y desarrollar una solución integral para la optimización de los traslados de vehículos, a través de un análisis detallado de las operaciones actuales, la implementación de métricas clave y la investigación de herramientas tecnológicas, con el fin de mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos.

2.2 Objetivos Específicos

- Colaborar en la planificación semanal y programación diaria de los traslados de vehículos, garantizando un flujo logístico eficiente.

- Generar métricas para medir la información clave del área, facilitando la toma de decisiones y el seguimiento de resultados.
- Relevar el funcionamiento actual del departamento de logística, identificando los procesos existentes.
- Analizar y medir las variables clave que afectan los traslados, como tiempos, costos, rutas y recursos disponibles.
- Elaborar un proyecto de optimización de traslados, basado en el análisis de variables y el rendimiento actual del departamento.
- Realizar un estudio de mercado sobre softwares existentes que puedan ser aplicados al proceso de optimización de traslados, evaluando sus ventajas y limitaciones.
- Crear un algoritmo base para la optimización de traslados, con el objetivo de desarrollar un software interno que automatice y mejore la eficiencia de las operaciones.

3. Plan de trabajo y carga horaria

N°	ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACIÓN																							
		SEMANAS																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Inducción en la empresa y conocimiento de procesos																								
2	Relevamiento de sistemas actuales																								
3	Trabajo en la gestión logística																								
4	Estudio de mercados sobre softwares de optimización																								
5	Comparativo softwares y definiciones																								
6	Desarrollo de algoritmo																								
7	Ajustes algoritmo y pruebas manuales																								
8	Búsqueda de proveedores para desarrollo / reuniones																								
9	Consolidación de máster de proyecto																								

4. Descripción de la práctica profesional efectuada

En el marco de esta Práctica Profesional, se trabajó en diversas actividades dentro del *Departamento de Logística*, todas ellas orientadas a **colaborar** en la gestión eficiente de procesos logísticos, y en perspectiva de lograr un mayor entendimiento para abordar el **proyecto de**

optimización de la distribución de vehículos. Estas actividades incluyeron tanto la investigación y análisis de los sistemas actuales como la búsqueda de una solución a medida.

4.1. Conceptos fundamentales e información relevante

Existen algunas consideraciones necesarias para abordar los siguientes puntos. Las mismas responden tanto a conceptos que se utilizan a lo largo del trabajo, como a información básica sobre la infraestructura fundamental de la compañía. Se describen a continuación:

- Unidades: equivalencia a “vehículos”.
- La compañía cuenta con flota interna para el traslado de vehículos, así como con choferes bajo contrato permanente.
- La flota interna está compuesta por dos camiones y dos bateas, una batea mosquito o semi-remolque, y una plancha o camilla de capacidad media.
- Pick-up & Delivery. A fin de lograr el máximo aprovechamiento posible, la metodología de traslados responde a esta categorización, en la cual se pueden descargar y cargar unidades en cada una de las sucursales que se visitan, de acuerdo a las necesidades.

4.2. Primera instancia: Conocimiento del área y relevamiento de procesos claves

En esta etapa, se trabajó en conocer el funcionamiento fundamental de las operaciones diarias, abordando esta dinámica desde diferentes actividades. Este punto responde a la actividad planteada en el diagrama de Gantt descrita como “*Trabajo en la gestión logística*”. Se describe como el primer punto, porque fue la primera actividad que se comenzó a desempeñar, en donde se aplicaron algunos conceptos de ingeniería, y también porque fue la base fundamental para el desarrollo del proyecto de optimización. Sin embargo, al ingresar en próximas instancias, la actual no finalizó, sino que se desempeñó hasta el final del tiempo de pasantía.

De este modo, se generaliza que el abordaje del proyecto en sus etapas no responde a un orden estrictamente cronológico (salvo que así se detalle), sino más bien a una categorización y conceptualización de actividades que tuvieron el fin que se describe en cada sección.

Algunas las actividades de este ítem abordadas fueron las que se detallan a continuación:

4.2.1 Planificación semanal de traslados

Hacia finales de la semana, específicamente los días viernes, se trabajó en la planificación de los traslados a efectuar la semana próxima. Esto se hacía descargando los listados de solicitudes desde el software de gestión, y realizando un análisis minucioso de las necesidades, en cuanto a fechas, priorización por urgencia, y tipos de vehículos y destinos.

Luego de relevar y analizar el listado, se configuraba de forma manual el cronograma semanal de traslados. Esto, por supuesto, proporcionaba un margen de error elevado, debido a que el criterio y cantidad de variables analizadas sólo se podían procesar a grandes rasgos, y según el entendimiento del planificador. En síntesis, en este punto se definían los recorridos y destinos a visitar para cada día de la semana.

4.2.2. Programación diaria de traslados

En el día a día, otra de las tareas efectuadas fue la programación “inmediata” de los traslados. Con esto nos referimos a los envíos de vehículos que se realizarían el día siguiente al corriente. En este sentido, la técnica empleada era similar a la de planificación. Se procedía a evaluar las solicitudes para el destino pautado, y, mediante selección por prioridad, se conforman los diferentes traslados planificados.

Esta actividad incluía la supervisión sobre todo aquello que el vehículo requería para ser trasladado, tal como la colocación de accesorios, la realización de la preentrega, y otros puntos claves.

4.2.3. Generación Diagrama de Flujo operatoria actual - optimizada

Luego de la participación en diferentes procesos, se comenzó a generar diagramas de flujo básicos para entender y estandarizar la operatoria, en algunos de los aspectos fundamentales de la organización, tal como en la *programación de traslados*.

4.2.4. Documentación para traslados (Remitos y COTS)

Otra de las actividades diarias abordadas fue la elaboración de diferente tipo de documentación, con el fin de autorizar, validar y legalizar los diferentes tipos de traslados, además de garantizar la correcta trazabilidad y flujo de información a través del software de gestión.

4.2.5. Comunicación con choferes

Para una correcta ejecución de lo planificado, a diario se establecía comunicación con los choferes responsables de la flota de camiones propios de la empresa.

4.2.6. Registro de horas

A través del sistema de seguimiento satelital, se corroboraba el tiempo y correcto desplazamiento de los choferes hacia los destinos previamente pautados. Esta información relevada permitió también efectuar diferentes tipos de análisis, detallados más adelante.

4.2.7. Registro de Métricas

Algunas de las métricas claves en las que se trabajó en el área fueron: cantidad de unidades entregadas, solicitadas vs. entregadas, Lead Time de entrega, entre otros.

4.2.8. Análisis llenado aplicación trazabilidad

Las preguntas planteadas en este punto fueron: ¿Los choferes están completando la aplicación de trazabilidad? ¿Lo están haciendo correctamente? El relevamiento de esta información permitió conocer la realidad de situación actual, a fin de reducir los desvíos, disminuir la cantidad de retrabajo, y mejorar la eficiencia del área.

4.2.9. Revisión de políticas actuales

Algunas preguntas que ayudaron a abordar este punto fueron: ¿El chofer puede hacer noche en algún destino? ¿Puede viajar más tiempo los primeros tres días y dejar libre el resto, si ya cumple el máximo semanal?

A fin de comprender mejor las restricciones sobre este punto, se procedió a indagar y analizar la legislación vigente respecto el tema, así como las prácticas y normativas sindicales que afectan a la actividad desempeñada por los choferes.

4.2.10. Asignación vehículos para preentrega

Con el fin de optimizar tiempo y trabajar en una gestión eficiente, las unidades nuevas que arribaban a la sucursal debían ser preparadas en la actividad de “*preentrega*”, a fin de que, al momento de ser trasladadas hacia otras sucursales, estuvieran disponibles de forma inmediata.

4.2.11. Gestión con proveedores externos.

Mediante evaluación de solicitud en porcentaje de los viajes a efectuar para con la flota propia, se determinó en algunas ocasiones la necesidad de emplear flota tercerizada para el traslado de vehículos. De esta manera, se trabajó en la gestión, coordinación y negociación con proveedores externos, a fin de lograr eficiencia en los traslados, garantizar condiciones mínimas, y obtener tarifas rentables para la compañía.

4.2.12. Envíos internos

Otra de las necesidades de la compañía, a la cual el departamento proporciona soluciones, es el envío de paquetería o documentación interna. Para tal caso, se gestionó el envío a través de flota interna y mediante proveedor externo, en aquellos casos en que la primera opción fuera inviable.

4.2.12. Actualización de stock - evaluación de campañas

Cuando nuevos vehículos abordaban a la sucursal, se requería actualizar el stock de disponibilidades, para que el resto de las concesionarias pudieran visualizar y solicitar, en caso de ser necesario, los modelos ingresantes. En este sentido, antes de colocar en stock en el sistema de gestión,

se realizaban las “*evaluaciones de campaña*” mediante comunicación interna, a fin de asegurar que el stock llegado sea trasladable en próximos viajes.

4.2.13. Política de modificación de solicitudes

Una de las problemáticas detectadas fue el volumen de retrabajo demandado hacia el área, debido a ventas de último momento, o ingreso de urgencias de última hora.

Para garantizar un flujo eficiente de trabajo, y reducir los desperdicios de calidad por retrabajo, se implementó una política de intervención mínima en la planificación y programación por parte de agentes externos al área, una vez que los traslados ya estuvieran definidos. De este modo, sólo un grupo selecto de personas fue habilitado para solicitar modificaciones, las cuales debieran estar correctamente justificadas.

4.2.14. Resumen.

Estas actividades permitieron poner en práctica diferentes habilidades y conocimientos adquiridos a lo largo de la formación universitaria en Ingeniería Industrial, tal como el análisis de datos, generación de diagramas de procesos, evaluación y búsquedas de mejora en diferentes “*estaciones de trabajo*”.

4.3. Segunda instancia: Medición de variables y restricciones

En vistas de mejorar algunos procesos, considerando la frase “*lo que no se mide no se puede mejorar*”, y a fin de *establecer valores claros como datos de entrada para el potencial software de optimización*, se trabajó en el relevamiento de algunas de las variables claves del área, las cuales se describen a continuación.

4.3.1. Tiempos

Este recurso fue discriminado en dos tipos: fijo y variable. El **tiempo fijo** es aquel que es demandado en cada parada en sucursal, y que se mantiene relativamente constante a efecto de los cálculos a realizar. El mismo incluye tiempo de firma de remitos, operación con batea para

carga/descarga, descansos parciales, entre otros. El **tiempo variable** refiere al tiempo que depende de la cantidad de unidades transportadas y, lógicamente, crece cuanto más vehículos se deben cargar/descargar.

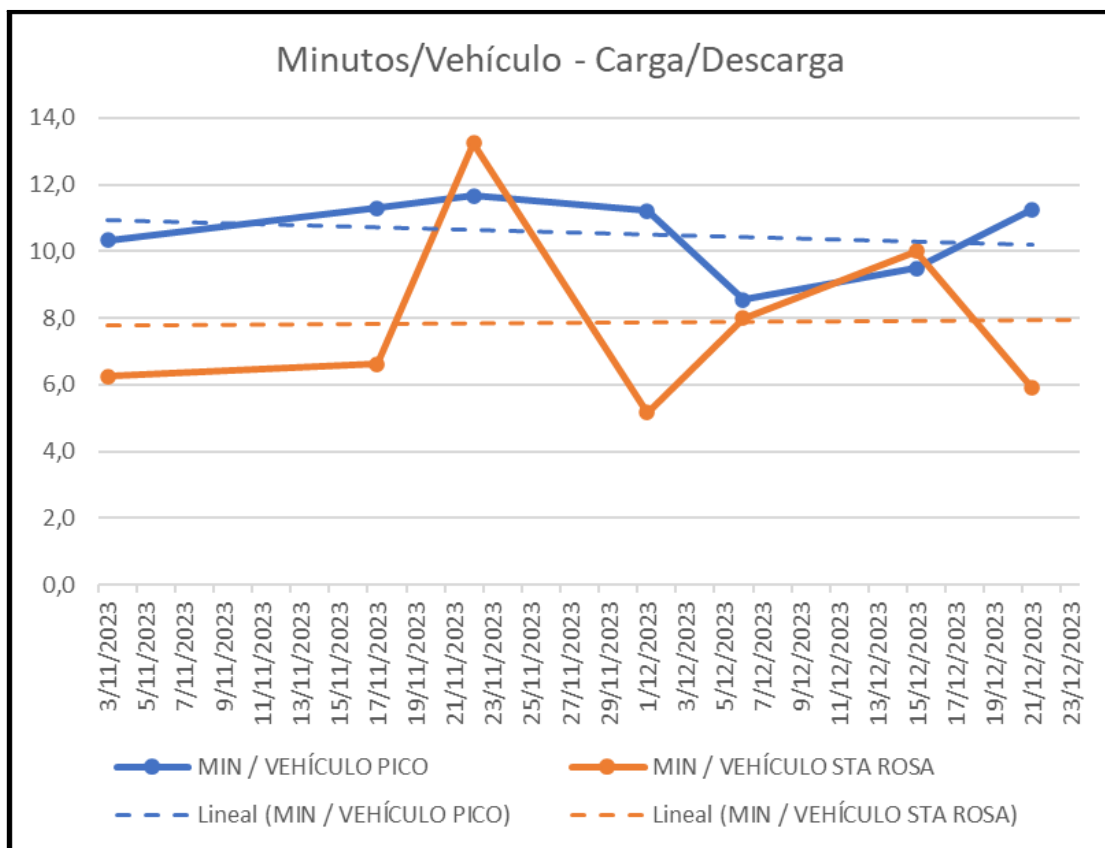
Para determinar estos valores, primeramente se consultó con los choferes encargados de efectuar los traslados, quienes proporcionaron los siguientes valores aproximados:

- Tiempo fijo: 20 minutos
- Tiempo variable: 9 minutos/vehículo

También se estudió a través del rastreo satelital, arrojando un valor aproximado de entre 8 y 11 minutos/vehículo para la carga y descarga, añadiendo el valor de tiempo fijo.

Figura 1

Gráfico basado en datos de relevamiento satelital



4.3.2. Capacidades

Las unidades a trasladar no poseen una ocupación homogénea. Si la carga de la flota se va a combinar entre camionetas y vehículos, las relaciones de carga máxima a transportar son las siguientes:

- 6 camionetas y 1 automóvil
- 5 camionetas y 2 automóviles
- 4 camionetas y 4 automóviles
- 3 camionetas y 5 automóviles
- 2 camionetas y 6 automóviles
- 1 camioneta y 7 automóviles

Para una estandarización general, previa corroboración, se establece a modo general que los automóviles tienen una ocupación de 1.0 de espacio en batea, mientras que las camionetas consumen 1.1 de ese mismo recurso.

Para tal caso, la ocupación de la batea grande, de manera ficticia, se debe elevar a 8.4. De esta manera, aunque la capacidad máxima real es de 8 unidades, esto permite que se establezcan de manera correcta las relaciones previamente establecidas.

Para la batea de 3 unidades, se eleva el máximo a 3.3, debido a que, de manera indistinta (en general), siempre se pueden trasladar como máximo 3 unidades.

Aclaración: Capacidades por tramos. La restricción de capacidades máximas, teniendo en cuenta el sistema carga-descarga, no se establece “por viaje”, sino “por tramo”. Esto quiere decir que en ningún momento un tramo de viaje puede superar la capacidad de la batea correspondiente.

Como el resto de las variables del sistema, este valor debe ser fácilmente modificable en la consola de parámetros de evaluación, por posibles cambios en la infraestructura o políticas de la organización.

4.3.3. Jornada laboral

Dentro de este punto, se buscó la estandarización de máximas horas de conducción y descansos necesarios, según regulaciones y normativas, y a través de un estudio del desarrollo actual de las operaciones.

Se presenta a continuación un estudio de la normativa local, y diferentes datos de regulaciones extranjeras, que se pueden tomar como referencia a la hora de estandarizar los procesos propios, debido a la similitud de las operaciones que se describen.

Referencia: Unión Europea. En 2020, entró en vigor el Reglamento 2020/1054 de la Unión Europea (UE), el llamado Paquete de Movilidad, que afectó a los tiempos de conducción y descanso en el transporte profesional por carretera. Al tratarse de una medida europea, se aplica en todos los Estados miembros de la UE. Según la ley, los conductores de camiones no deben conducir más de 9 horas al día, excepto dos días a la semana en los que puede llegarse a las 10 horas. El máximo es de 56 horas a la semana (tanto este como el anterior pueden superarse en una o dos horas en determinados casos), y 90 horas por quincena.

Además, un conductor no puede conducir más de 4 horas y media seguidas, momento en el que deberá hacer una pausa de, al menos, 45 minutos. Como alternativa, también puede realizarse una pausa de al menos 15 minutos y otra pausa de al menos 30 minutos dentro del periodo de 4 horas y media de conducción.

Referencia: Brasil (Ley 13.103/2015). Carga de trabajo diaria: La legislación establece un límite de 8 horas por día para la jornada laboral. Sin embargo, son admitidos 2 horas extra por día (si existe convenio colectivo, este número podrá aumentar a 4 horas). Esto representa un máximo de *12 horas diarias de conducción diarias para determinados casos*. No establece horas fijas de inicio y finalización del viaje del camionero. Con esto, es posible configurar la carga de trabajo de acuerdo con las particularidades de la ruta y las recomendaciones de cada empresa o conductor.

Descansos en viaje: Para garantizar la seguridad del obrero y otros usuarios de la vía, la ley determina que el conductor nunca conduzca durante 6 horas seguidas. Un mandatario tiene 30 minutos de descanso cada período de 5 horas y media. Periodos de descanso: Por cada día de trabajo, el conductor necesita un total de 11 horas de descanso, siendo al menos 8 de ellas seguidas. En otras palabras, se utiliza un período más largo para dormir y el resto se puede dividir en lo que mencionamos en el tema anterior.

Argentina - Sindicato camioneros - Convenio colectivo de trabajo. El *punto 4.2* habla sobre “*Condiciones de trabajo del personal de Larga Distancia (+100 km)*”, y aclara:

4.2.12 - Descansos parciales: Sin perjuicio de los descansos parciales establecidos en las Leyes pertinentes, el Trabajador a la finalización de cada viaje que supere o iguale la jornada de trabajo, tendrá un descanso como mínimo de doce (12) horas continuadas.

4.2.13 - Descansos compensatorios: A los efectos de establecer el descanso compensatorio en el lugar de residencia a los Conductores de Larga Distancia, se establece que los mismos deberán gozar de un descanso compensatorio de treinta y seis (36) horas continuadas por cada cinco días y medio (5 1/2) de trabajo. Estos descansos compensatorios serán acumulativos cuando el o los viajes se prolonguen más allá de los cinco días y medio (5 1/2) de trabajo mencionados, en proporción a los días trabajados en exceso. Estos descansos se tomarán indefectiblemente a la llegada del trabajador a su residencia habitual.

Los choferes no deben exceder las 12 horas de labor, mientras que el descanso obligatorio estipulado por ley no debe ser inferior a las 12 horas.

Resumen General - Legislación conducción. Las restricciones establecidas, luego del análisis, son las siguientes:

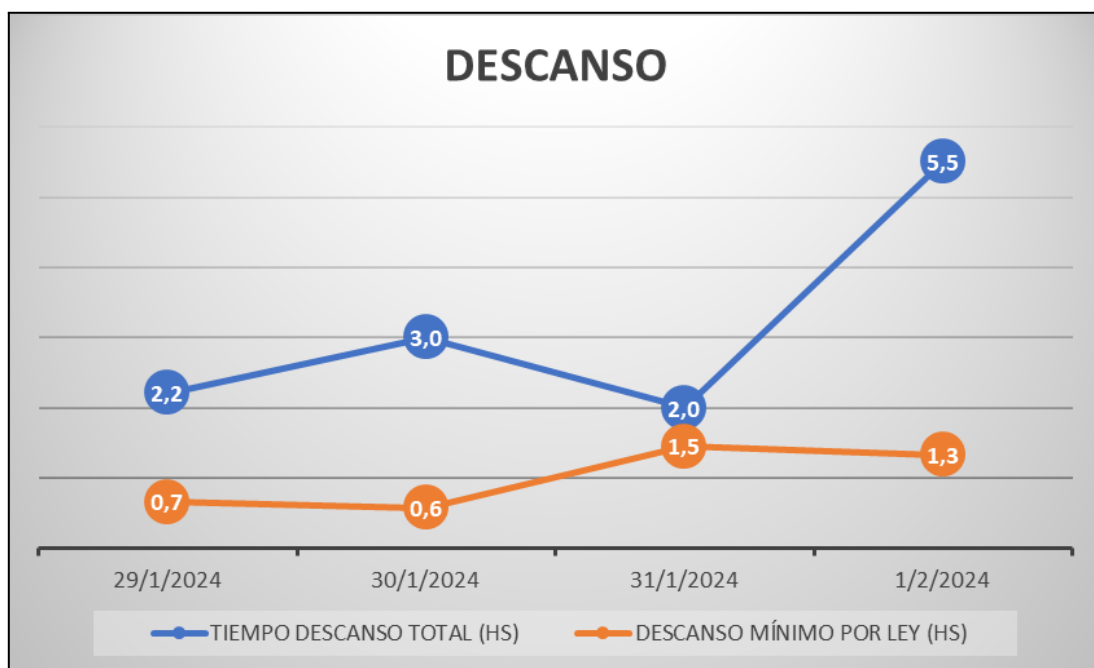
- 12 horas de conducción (trabajo) por día (Argentina) como máximo.
- 12 horas de descanso por jornada de trabajo (Convenio colectivo Sindicato Camioneros Argentina).

- 36 horas de descanso cada 5,5 días de trabajo. Acumulativo cuando un viaje supera 5.5 días de descanso (Convenio colectivo Sindicato Camioneros Argentina).
- Cada 6 horas, media hora de descanso de conducción (Ley 13.103/2015 Brasil).
- Entre 50 y 56 horas de conducción máximas por semana.

Los valores hallados se toman como referencia para la evaluación desarrollada. Se expone a continuación la medición del cumplimiento de las horas de descanso durante la conducción para la situación actual.

Figura 2

Medición de tiempos de conducción y trabajo actuales.



4.3.4. Depósito

Se tomó como referencia a “Junín” para el depósito. Este dato puede variar en el futuro, si se modificara eventualmente el sitio desde donde partieran los vehículos de flota para los traslados.

4.3.5. Lead Time

Consiste en el valor promedio de espera para el arribo de la unidad solicitada a la sucursal, una vez efectuada la solicitud. Se extrae de las métricas desarrolladas por el área, la cual exhibe un valor de 5.58 promedio para los 12 meses del año 2023, y pudiera redondearse a 5.

Figura 3

Lead time de entrega de vehículos.

LEAD TIME	PROMEDIO EN DÍAS
ENERO	6,25
FEBRERO	5,65
MARZO	5,08
ABRIL	6,00
MAYO	5,50
JUNIO	6,63
JULIO	6,02
AGOSTO	6,19
SEPTIEMBRE	4,99
OCTUBRE	5,22
NOVIEMBRE	4,55
DICIEMBRE	4,92
PROMEDIO MENSUAL	5,58

Este valor será útil para establecer una línea a partir de la cual, en el potencial software a desarrollar, se generen alertas de próximos vencimientos y, en términos generales, se respete el Lead Time previamente establecido, otorgando una mayor previsibilidad y menor tiempo de espera a las sucursales solicitantes.

4.3.6. Capacidad diaria estimada

El máximo actual diario de viajes a efectuar es de *un viaje por día con la batea de 8 unidades, y dos por día con la batea de 3 unidades*. Esto representa un total aproximado de 28 unidades/día a trasladar como máximo, contabilizando viaje a destino y banda negativa. Este es un caso hipotético,

que pocas ocasiones puede alcanzarse, debido al flujo de solicitudes y combinaciones de destinos existentes.

Para obtener un dato más realista, se realiza un relevamiento de los viajes anteriormente realizados y la ocupación que se logró alcanzar. El *máximo encontrado es de 22 unidades trasladadas en un mismo día*, valor que se toma como referencia para la estandarización.

Figura 4

Capacidades máximas.

FECHA	CANT TRANSPORTAD	VV	MER
10/4/2024	14	0	1
9/4/2024	14	0	1
8/4/2024	7	0	1
5/4/2024	9	0	1
4/4/2024	10	0	1
3/4/2024	11	1	1
28/3/2024	15	1	1
27/3/2024	0	0	1
26/3/2024	20	2	1
25/3/2024	22	2	1
22/3/2024	16	0	1
21/3/2024	13	0	1
20/3/2024	6	1	0
19/3/2024	18	0	1
14/3/2024	15	0	1
13/3/2024	12	2	1
12/3/2024	15	0	1
11/3/2024	9	2	1
9/3/2024	8	0	1
8/3/2024	11	2	0
7/3/2024	9	0	1
5/3/2024	6	1	0
4/3/2024	7	2	0
28/2/2024	6	2	0
26/2/2024	3	1	0
23/2/2024	11	3	0
22/2/2024	8	2	0
21/2/2024	11	2	0
20/2/2024	6	1	0

El objetivo de la normalización de este dato, es a efecto de los indicadores a desarrollar como dato de salida del software y la correspondiente evaluación de eficiencia en la operatividad.

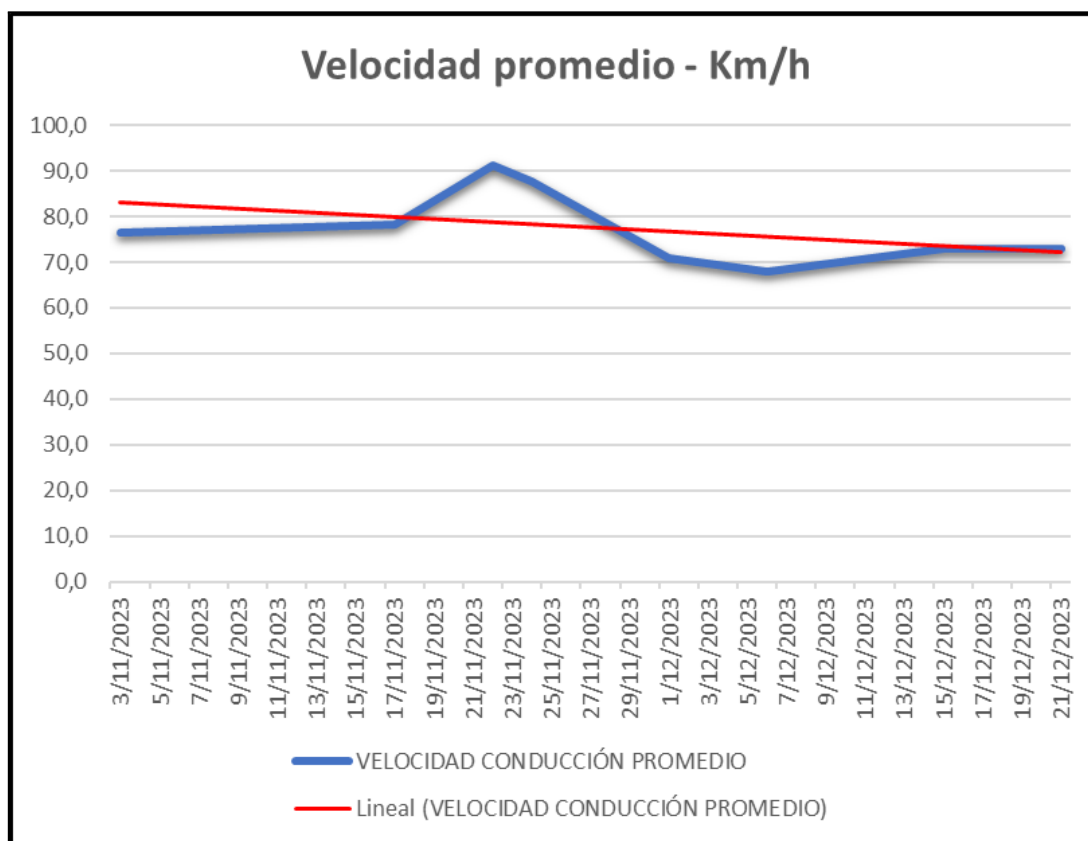
4.3.7. Velocidad de desplazamiento

Esta variable se determina en dos categorizaciones: *velocidad máxima* y *velocidad promedio* de desplazamiento.

La velocidad máxima está establecida por normalización interna, y es de **85 km/h**. La velocidad promedio se obtiene a partir de la evaluación de viajes realizada, resultando el valor determinado en **75 km/h**.

Figura 5

Relevamiento de velocidades de desplazamiento.



4.3.8. Recorridos máximos

Los recorridos máximos son estandarizados mediante relevamiento de viajes, y datos empíricos. La distancia máxima alcanzada por el camión Mercedes para traslados es de **950 km/día**.

La distancia máxima que se permite para el camión Volkswagen es de **550 km/día**.

4.3.9. Enumeración de Restricciones, Variables y Condiciones

Se enumeran a continuación las conclusiones alcanzadas para cada uno de los análisis, valores que serán datos de entrada para el procesamiento del algoritmo de optimización.

- Máximo de conducción diaria: 12 horas (*respetando horas semanales máximas*).
- Máximo de trabajo diario: 13.5 horas (*respetando horas semanales máximas*).
- Máximo recorrido diario para Mercedes Benz: 950 km.
- Máximo recorrido diario para Volkswagen: 550 km.
- Velocidad máxima de camión: 85 km/h.
- Velocidad promedio de camión: 75 km/h.
- Capacidad Batea 1: 8.4 unidades (8 reales)
- Capacidad Batea 2: 3.3 unidades (3 reales).
- Tiempo de servicio fijo: 20 minutos.
- Tiempo de servicio variable: 9 minutos.
- Tamaño de vehículo: 1.0 Automóvil; 1.1 Camioneta.
- Máximo trabajo semanal para choferes: 50-55 hs.
- Lead Time de entrega: 5-6 días hábiles
- Disponibilidad (choferes y vehículos).
- Prioridad: Urgente o No Urgente
- El camión sale y regresa al depósito, con posibilidad de extender hasta dos días el viaje.
- Máxima cantidad de paradas para cada día: 3
- La utilización mínima para un viaje se establece en 71%. Esta es la capacidad mínima que debe tener un tramo para que el viaje se realice con ese vehículo.

- Todos los pedidos pueden pasar por Junín (depósito) como destino intermedio, salvo solicitudes Santa Rosa-General Pico, San Nicolás-Pergamino, Puerto Madryn-Trelew-Comodoro Rivadavia. En caso de que un viaje tenga como “observación” un destino incluido en el mismo viaje a realizar, se puede generar el permiso para que la unidad se descargue en la visita correspondiente, sin pasar necesariamente por el depósito.
- En casos eventuales, las bateas pueden ser intercambiadas entre los camiones.

4.4. Tercera instancia: Definiciones respecto la solución de optimización

Frente a un contexto de constante cambio en el mercado, hacer las cosas de una manera eficiente, a través de la mejora de procesos, puede resultar en una gran ventaja competitiva. La capacidad de prestar mejores servicios, más rápidos, más eficientes y económicos, de mejor calidad, decanta en una alta capacidad de competencia en los mercados volátiles. Esto es posible de desarrollar a través de la innovación.

Figura 6

Desarrollo de productos en la innovación.

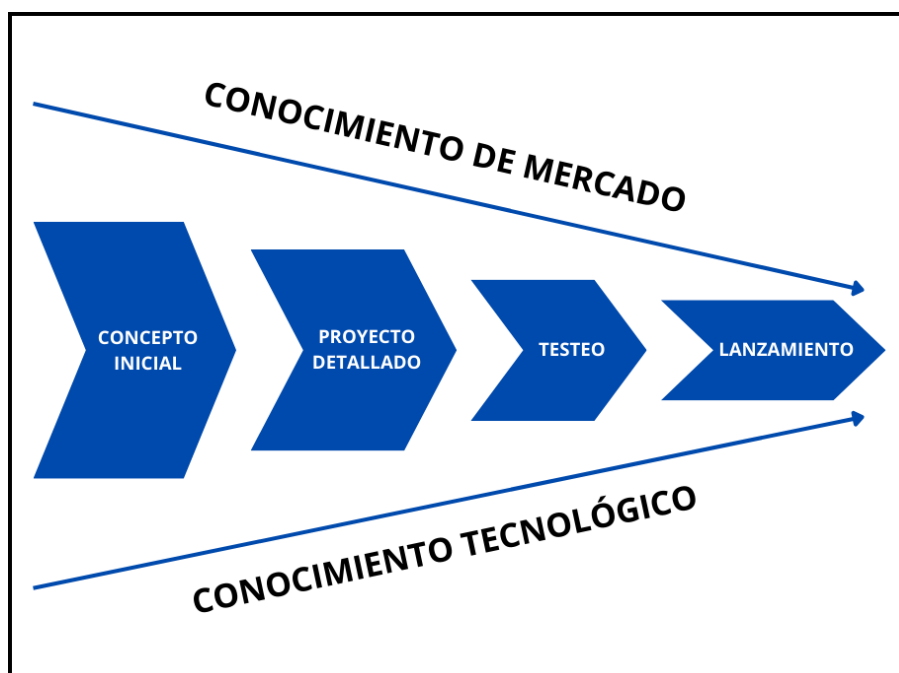
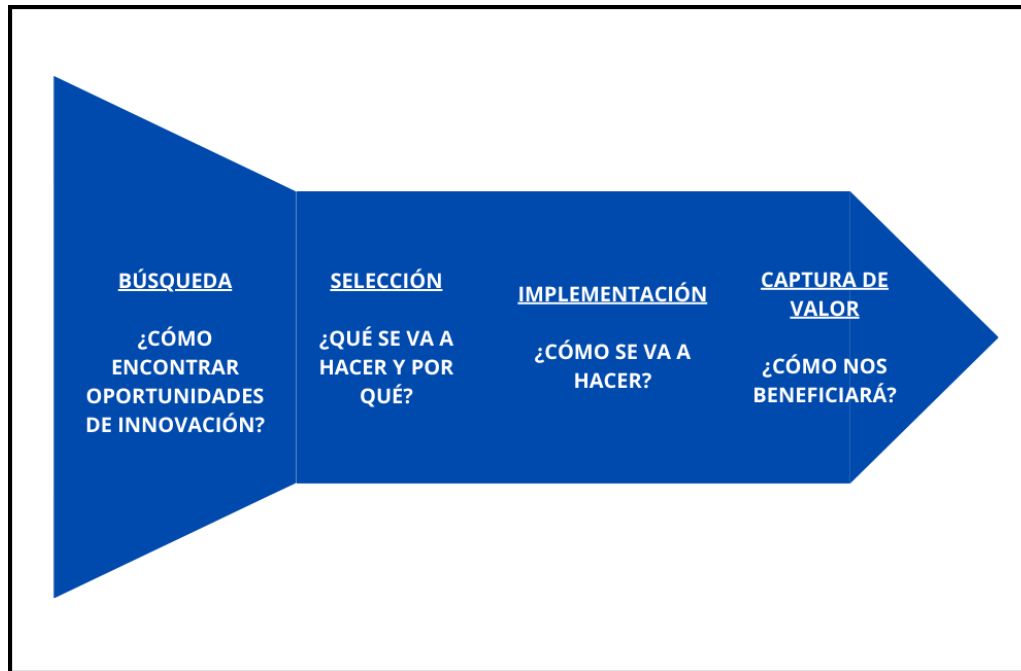


Figura 7

Las cuatro etapas de la estrategia y gestión de la innovación.



Por ello, una vez comprendidas las operaciones y necesidades del Departamento de Logística, se procedió con el *desarrollo del proyecto de optimización*, estructurado en diferentes etapas y con objetivos claramente definidos. Durante este período, se continuó trabajando en diferentes operaciones logísticas diarias, a fin de contar con información clara y actualizada para el diseño del algoritmo, y con el objetivo de realizar pruebas durante el proceso de creación del mismo.

4.4.1. Misión del Proyecto

La misión del proyecto es mejorar el sistema de aprovisionamiento y distribución de vehículos mediante la identificación de condiciones y restricciones operativas, el desarrollo de un algoritmo de optimización personalizado y la implementación de un software que permita automatizar procesos y reducir tiempos y costos.

4.4.2. Visión del Proyecto

La visión del proyecto es lograr que el Departamento de Logística opere de manera óptima en la distribución de unidades, con una reducción significativa en los tiempos de entrega y en los costos asociados. Con esta optimización, no solo se incrementa el rendimiento y aprovechamiento de los recursos actuales, sino que también se mejora la satisfacción del cliente, un valor fundamental para la sostenibilidad de las operaciones.

4.4.3. Objetivo general del proyecto

Optimizar los recorridos y la distribución de unidades para reducir la cantidad de kilómetros recorridos y maximizar la capacidad de transporte, cumpliendo con las restricciones operativas.

4.4.4. Objetivos específicos

- Transportar la mayor cantidad de unidades posibles en cada viaje.
- Recorrer la menor cantidad de kilómetros posible sin afectar la eficiencia.
- Maximizar la utilización de la capacidad de carga en cada unidad de transporte.
- Priorizar los traslados según criterios de urgencia y fecha de solicitud.
- Asignar choferes de manera eficiente según disponibilidad y criterios de seguridad.
- Establecer una planificación detallada que incluya datos críticos para la toma de decisiones.
- Implementar indicadores clave de rendimiento (KPIs) para evaluar la eficiencia del proceso.

4.4.5. Bondades de la optimización

La innovación que se buscó desarrollar en el área de logística, orientada a la optimización del traslado de unidades, responde principal pero no exclusivamente a:

- Maximización del aprovechamiento de los recursos disponibles
- Reducción de costos unitarios

- Estandarización de diferentes parámetros y variables
- Aumento de cantidad de solicitudes completadas
- Disminución kilómetros recorridos
- Reducción de tiempos de entrega
- Mayor aprovechamiento de la jornada laboral
- Aumento de la satisfacción del cliente
- Aumento de la rentabilidad de operaciones
- Reducción de la huella de carbono
- Mejora en el flujo de comunicación y la trazabilidad.
- Aumentar la calidad y servicio
- Maximización de la explotación de los recursos actuales

4.4.6. Justificación del Desarrollo Interno del Software

Durante el proceso de búsqueda de soluciones, se realizó un estudio de mercado proveedor respecto softwares TMS para soluciones de optimización en la logística. Los softwares evaluados fueron los siguientes:

- Hedyla
- Quadminds
- Drivin
- Route4me
- Simpliroute
- Excel Optimizador VRP
- Sitrack
- Antsroute

- Onerbox
- Workwave route manager
- Routific
- Onerbox
- Jelp Delivery

Durante el análisis de software comerciales, se identificaron limitaciones en cuanto a la adaptabilidad de estas herramientas a las necesidades específicas del departamento de logística. Algunos de estos sistemas presentaban restricciones para gestionar variables propias de la operativa y complejidades que no se ajustaban bien a la estructura interna. Se enumeran algunas de ellas a continuación:

- Imposibilidad de planificación extendida, siendo esto indispensable para el tipo de proyecto determinado.
- Problemas en la carga y descarga, cuando este ítem es clave en el funcionamiento del sistema.
- Velocidad de desplazamiento difícil de variar, con una flota que opera a 85 km/h máximo, siendo esto un factor fundamental para determinar si un viaje puede o no realizarse.
- Cierta homogeneidad en la diferenciación de los productos a entregar.

Se concluyó, de este modo, que un software a medida, mediante desarrollo interno, permitiría una *mayor flexibilidad, control y adecuación*, además de facilitar futuras actualizaciones. Esta decisión también respalda el objetivo de mejorar la integración con otros sistemas internos de la empresa, como el sistema de trazabilidad de vehículos y el sistema de documentación.

4.4.7. Inputs y outputs requeridos por la herramienta

Se requiere extraer una planificación extendida que exprese como dato de salida cuáles son las unidades que deben ser trasladadas en los días planificados, con todas las identificaciones que se requieran, tal como qué chofer realizará el viaje, en qué batea, qué día, entre otros relativos al

vehículo. Debe existir una interfaz de entrada, desde donde puedan ser modificadas las variables relativas al procesamiento. Se enumeran a continuación:

Inputs:

- Selección: Planificación reducida/extendida
- Choferes y bateas disponibles
- Horas semanales de chofer restantes (guardado en software)
- Cuantas paradas como máximo se van a evaluar
- Horas máximas de trabajo
- Sucursales existentes
- Kilómetros máximos a evaluar por batea.
- “Destino” o “IDV” Obligatorio
- Selección: Posibilidad de hacer noche

Outputs:

- Asignación para recurso de choferes.
- Asignación para recurso de bateas.
- Planificación extendida con las sucursales a visitar incluidas en cada viaje.
- Emisión de notificaciones de “planificación” e inicio y traslado de viajes.
- Km recorridos.
- Tiempo de carga y descarga y conducción.
- Obtención de KPI’s de rendimiento.
- Costo del viaje
- Beneficio de viaje
- Unidades por vencer
- Restante disponible del tiempo semanal, a partir del ya consumido para choferes.

4.5. Abordaje de la solución: Proceso de Investigación del Algoritmo de Optimización

4.5.1. Identificación y explicación del tipo de problema generalizado

El problema de enrutamiento de vehículos (VRP, por su siglas en inglés) es un problema de optimización combinatoria y de programación de entero, que básicamente pregunta "¿Cuál es el conjunto óptimo de rutas para una flota de vehículos que debe satisfacer las demandas de un conjunto dado de clientes?". Se puede considerar una generalización del conocido Problema del Viajante (TSP, por sus siglas en inglés).

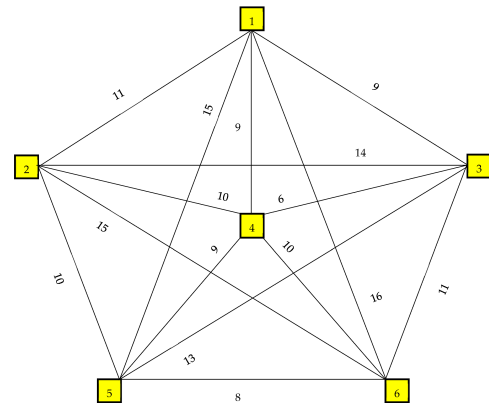
El problema requiere la entrega de cierto producto, almacenado en un único local, a los clientes que poseen cierta demanda. El objetivo fundamental es minimizar el coste total de las rutas trazadas y maximizar el aprovechamiento de recursos.

Determinar la solución óptima es un problema NP-duro de optimización combinatoria. Las implementaciones más utilizadas para resolver el problema se basan en heurísticas debido a que para grandes instancias del problema, que como sucede en ejemplos reales, producen buenos resultados. El VRP tiene muchas aplicaciones obvias en industrias.

Existen principalmente tres elementos involucrados en el VRP, que son los clientes, las bodegas o depósitos y la flota de vehículos. En los problemas reales de VRP aparecen muchas restricciones, entre las que cabe citar:

- Cada vehículo tiene una capacidad limitada.
- Cada cliente tiene que ser visitado dentro de una determinada franja horaria (problema VRP con ventanas de tiempo)
- Varios puntos de suministro (problema VRP con múltiples depósitos)
- Los clientes pueden ser atendidos por varios vehículos (problema VRP con suministro dividido)
- Las entregas se deben realizar en determinados días (problema VRP periódico)

La red de carretera puede ser descrita utilizando un grafo donde los arcos son las carreteras y los nodos representan la localización de los clientes y del depósito. Los arcos pueden ser dirigidos o no, debido a costes diferentes en cada dirección o alguna variante del problema. Cada arco tiene un coste asociado (matriz de tiempos).



4.5.2. Métodos generales para abordar la problemática

A. Heurísticas

Dentro, podemos encontrar los métodos exactos, ligados por lo general a la formulación de problemas de *programación lineal* o similar, llegando a soluciones factibles gracias a *algoritmos de acotamiento de soluciones factibles*. Por otra parte, tenemos las heurísticas como procedimientos de exploración del espacio de búsqueda de una forma limitada, generando soluciones aceptables, por lo regular en tiempos cortos de ejecución. Existen diferentes clasificaciones para estas heurísticas:

- Constructivas: no parten de una solución factible, sino que la van elaborando a medida que progresan.
- De mejora: trabajan sobre una solución factible.
- Técnicas de relajación: son métodos asociados a la programación lineal entera. La más conocida es la llamada Relajación Lagrangeana, que consiste en descomponer un modelo lineal entero en un conjunto de restricciones difíciles y otras más fáciles.

Algunas de las heurísticas utilizadas para resolver el VRP son las siguientes:

- El Algoritmo de Ahorros
- Heurísticas de Inserción
- Métodos de asignación elemental
- Métodos Asignar Primero – Rutear Después

- Método Rutear Primero – Asignar Después
- Procedimientos de Búsqueda Local

B. Metaheurísticas

A pesar de que se ha demostrado las ventajas de utilizar las heurísticas en problemas relacionados con el ruteo de vehículos, en muchas ocasiones estos procedimientos generan *óptimos locales que pueden estar muy alejados de las soluciones óptimas globales*, para problemas demasiado grandes, en heurísticas no exactas. Para resolver este inconveniente se han desarrollado las denominadas "metaheurísticas", que son "*estrategias maestras que permiten resolver de manera inteligente un problema*". Las metaheurísticas modifican a otras heurísticas combinando diferentes conceptos para producir mejores soluciones que las encontradas por ellas.

Con la utilización de las metaheurísticas no se asegura la exploración completa del espacio de soluciones; sin embargo, estos procedimientos exploran aquellas regiones en las que es factible *encontrar buenas soluciones*. Una metaheurística puede evitar los problemas de óptimos locales y secuencias repetitivas de soluciones. Las metaheurísticas incluyen métodos populares como:

- Optimización por colonia de hormigas (ACO)
- Algoritmos genéticos (GA)
- Recocido simulado (SA)
- Búsqueda dispersa (SS)

4.5.3. Algoritmos específicos para la resolución

A. Algoritmos y Métodos Estudiados para el Desarrollo.

El TSP tiene diversas aplicaciones aún en su formulación más simple, tales como: la planificación, la logística y la fabricación de circuitos electrónicos. En la teoría de la complejidad computacional, la versión de decisión del TSP pertenece a la clase de los problemas NP-duros. Por

tanto, es probable que en el peor caso, el tiempo de ejecución para cualquier algoritmo que resuelva el TSP aumente de forma exponencial con respecto al número de ciudades.

De acuerdo a las condiciones, variables y restricciones determinadas en el problema, se evaluaron los siguientes métodos y herramientas para determinar el más eficiente a la hora de desarrollar el algoritmo. A continuación, un estudio resumido de cada uno de ellos.

A.1. Algoritmo Genético

Aunque representa una buena aproximación, hay cierta limitante en el establecimiento de las restricciones. Por esta situación, no sería útil para la optimización de las rutas a nivel diario/individual.

Su aplicación podría aprovecharse para hallar óptimos en la planificación semanal, luego de algunas adaptaciones, en donde la función maximización tendría que estar dada por la cantidad total de unidades que se trasladarían en la extensión total previamente establecida para la planificación.

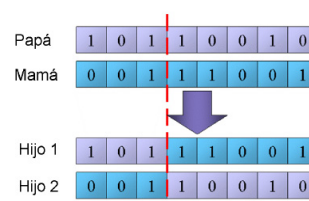


Figura 1. Intercambio de información genética entre dos individuos.

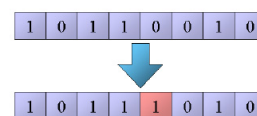
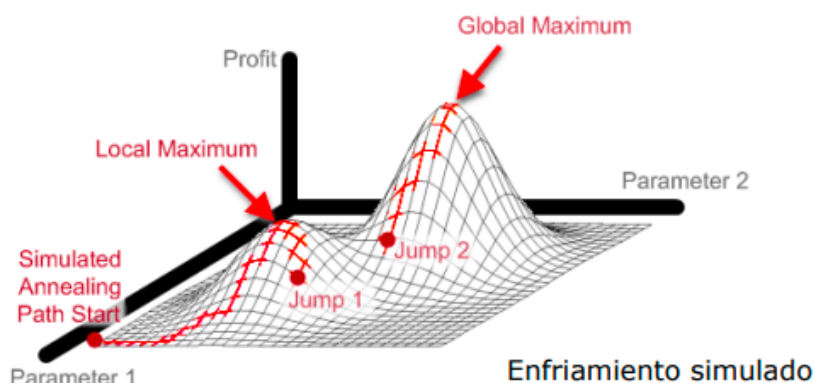


Figura 2. Una mutación modifica al azar parte del cromosoma de los individuos.

A.2. Algoritmo de Enfriamiento Simulado

Como en el caso anterior, al tratarse de un algoritmo de meta-heurística, podría ser útil en contexto de evaluación de posibilidades que aumentan de manera exponencial, con el objetivo de detectar la mejor combinación en una evaluación simultánea de todos los viajes que podrían realizarse para la planificación extendida.



Se podrían aplicar las restricciones en las vecindades que se buscan durante la corrida del algoritmo, pero, otra vez, quizás el establecimiento de restricciones podría resultar dificultoso.

A.3. Algoritmo de Maximización/Optimización Lineal

Se estudia particularmente el Problema del Transporte - Programación Entera. ¿Cómo convertir el problema en una optimización por programación, incluyendo todas las restricciones? Previo establecimiento de ruta y posterior asignación (Método Rutear Primero – Asignar Después), generando cuellos que eviten que las soluciones no factibles continúen en el flujo de alternativas.

La decisión de visitar un destino implica modificación de las condiciones de optimización. Por ello, como es variable, *en lugar de primero evaluar el recorrido progresivamente, ya iniciamos con el recorrido establecido, y luego asignamos las solicitudes que existirían en ese recorrido.*

La metodología consiste básicamente en elevar todas las restricciones del sistema, y luego generar filtros pasa/no pasa en donde exista descarte de alternativas, y vayan sobreviviendo las que podrían ser una solución óptima. *En lugar de variar el recorrido, variamos las solicitudes que ingresan.* Tomamos el recorrido como fijo, y asignamos solicitudes en base a las restricciones existentes para las capacidades por tramos, ligado a una función de maximización que prioriza la entrega por urgencia y fechas de vencimiento para ese recorrido.

Luego de que la iteración en evaluación pasa, es enviada al solucionador, en donde se realiza un proceso a través del método de “programación lineal” para que, con las restricciones de capacidad de la batea, se establezca la mejor combinación posible que podría efectuarse en ese viaje, priorizando las unidades catalogadas como “urgentes” y estableciendo un sistema de gestión de stock “FIFO” (first in, first out).

Se desarrollaría así, un fraccionamiento del problema y optimización posterior, sumando las opciones hasta encontrar la mejor combinación (reducción del problema). El algoritmo desarrollado en cuestión puede encontrarse en el [punto 4.6.1](#), en donde se describe específicamente la generación del mismo.

Para convertir esta optimización de recorrido reducida en extendida (actual semanal), se utiliza un método acumulativo, en el cual el progreso de carga para las bateas es desde la mayor hasta la menor, recorriendo todos los días disponibles, consiguiendo con esto no utilizar bateas de menor capacidad en viajes que podrían efectuarse sin fraccionamientos con las bateas mayores.

Se desarrolló a través de programas tanto la matriz de nodos, como el listado general de solicitudes que se pudiera usar para la importación de datos de las mismas, dejando los mismos adjuntos en la carpeta de desarrollo para la organización.

4.5.4. Métodos de control

Algunos de los métodos de control seleccionados para verificar el correcto desempeño del software potencial de desarrollo, son los siguientes:

- Realización de pruebas para corroborar si la optimización alcanzada es eficiente, contrastando con anteriores solicitudes semanales y su correspondiente planificación.
- Planificación extendida manual vs automática.
- Prototipo de funcionamiento.

4.6. Definición y desarrollo de algoritmo de optimización

Como se ha mencionado anteriormente en los objetivos, desde que se optó por el desarrollo del software interno, el objetivo final del presente proyecto fue la generación del algoritmo como entregable a la organización, finalizando aquí las responsabilidades, y quedando el mismo a disposición de Opencars SA para su posterior desarrollo como software.

Debido a que el algoritmo desarrollado tiene a Opencars SA como propietario intelectual, y su divulgación no está permitida ni autorizada, este punto tiene por objetivo confirmar que el mismo ha sido desarrollado durante el período de pasantía, y entregado como trabajo final a la organización.

A fin de exponer resultados sobre el algoritmo, se detalla a continuación cómo ha sido desarrollado y cuáles han sido algunas de las decisiones finales, sin presentar el desarrollo en pseudocódigo del mismo.

4.6.1 Abordaje final del pseudocódigo desarrollado

El tipo de algoritmo de procesamiento seleccionado ha sido el de *Maximización por Programación Lineal*. Para ello se trabajó en la definición del problema, a través de las variables de decisión, restricciones y función de maximización. Los pasos y secuencia del algoritmo se describen a continuación.

A. Alimentación

Toma la información requerida desde el sistema de gestión, o bien desde el archivo *xlsx* descargado, tal como IDV, N° de Bastidor, Origen y Destino, entre otros.

B. Definición de restricciones

Se definen diversas restricciones en la interfaz de ingreso de datos, tal como:

- Cantidad de bateas disponibles
- Cantidad de choferes disponibles
- Kms máximos a recorrer por cada batea
- Tiempo máximo de conducción
- Tiempo máximo de trabajo
- Capacidad de las bateas
- Cantidad máximas de paradas a evaluar
- Tiempo de trabajo semanal disponible para cada conductor
- Velocidad de desplazamiento de vehículos

Estas variables definidas se convocan luego en el código para el procesamiento y hallazgo de la mejor solución. Que estos valores estén definidos como variables permite, justamente, efectuar variaciones en caso de ser necesario durante el ejercicio de la operatoria del software. Da flexibilidad.

C. Definición de datos y decisiones

Al igual que el punto anterior, son parámetros variables. Sin embargo, no se trata de restricciones, sino de datos necesarios para procesar la información. Ellos son:

- Matriz de distancias entre nodos
- Matriz de tiempos entre nodos
- Tiempo fijo de carga y descarga
- Tiempo variable de carga y descarga
- Lead time de entrega
- Ciudad de depósito
- Cantidad de sucursales existentes
- Utilización mínima de flota para efectuar traslado
- Factor de prioridad por urgencia
- Factor de prioridad por fecha
- Cantidad de días a planificar hacia delante
- Factor de noche
- Tipo de procesamiento (automático/manual)

Luego tenemos:

D. Ejecución de optimización

Aquí nos encontramos con el algoritmo de optimización propiamente dicho. Una vez definidas las variables, parámetros y datos de entrada, procedemos a la optimización en sí misma, que podemos dividirla en los siguientes conceptos:

- Aplicación de filtros: nos permite decidir cómo se va a mostrar el resultado final, aplicando un filtro y seleccionando la variable que se va a priorizar en la muestra de resultados. Ejemplo: trasladar sin excepción el vehículo con IDV “X”.
- Ingreso en algoritmo de repetición, que se va a ejecutar tantas veces como cantidad de sucursales existan. Esta fase del algoritmo dice sobre qué sucursales vamos a trabajar en el algoritmo. Es decir, seleccionamos los destinos a visitar y los almacenamos.
- Ingreso en algoritmo de iteración: iteramos $m(\text{cantidad de sucursales})^n(\text{cantidad de paradas a evaluar})$. ¿Por qué utilizamos esta fórmula? Porque la cantidad de iteraciones a efectuar responde a la combinación con repetición de “cantidad de puntos m a visitar, tomados en grupos de n , según cantidad de paradas que se pueden efectuar”.
- Dentro de esta fase, eliminamos la repetición de destinos adyacentes equivalentes, ya que no aportan a la solución
- Luego, ingresamos en una especie de filtro en donde las soluciones inviables se estancan y no son capaces de avanzar. Entre ellas, se incluyen las que exceden los kilómetros posibles de recorrer, tiempo de conducción o trabajo, o excede el tiempo semanal restante, entre otros.
- Posteriormente, fase de limpieza de IDVs repetidos, según destino intermedio o final.
- Antes de ingresar a la fase de optimización, se define cuál va a ser la ocupación del vehículo, según sea automóvil o camioneta
- Optimizador: Definición de función programación lineal de maximización (binario):
 - Variables: Solicitudes
 - Restricción 1: capacidad por tramo de bateas o camiones
 - Restricción 2: tiempo de trabajo disponible diario y semanal para conducción / trabajo
 - Definición de función fitness: multiplicación de factor de priorización por urgencia y aquel de priorización por lead time de entrega, multiplicando en la función por cada

una de las variables binarias (ceros o uno, es decir, asignado para el traslado o no). En resumen:

$$\sum_{i=1}^t s_i * X_i$$

- Guardado de combinación de viaje - siguiente iteración.

E. Selección y asignación

Posterior al desarrollo y guardado de mejores alternativas, se interviene manualmente o se avanza de forma automática, según previamente esté definido. Esta fase funciona a fin de asignar chofer y batea para los diferentes días, según la mejor opción posible o aquella que se prefiera a criterio.

Luego de esto se hace un barrido de las solicitudes ya asignadas, y se repite hasta completar bateas y días predefinidos, actualizando los recursos según disponibilidad. Si estaba considerada la posibilidad de que el chofer hiciera noche, el algoritmo se extiende evaluando algunas alternativas más.

F. Resultados

Se espera que el software presente la siguiente información:

- Diagrama de recorrido
- Unidades trasladadas en viaje, con los datos requeridos
- Kilómetros recorridos por la alternativa
- Vehículo usado para el traslado
- Chofer asignado
- Día en que se hará el traslado

Datos alternativos a almacenar:

- Tiempo de conducción y trabajo de alternativa, diario y semanal

4.7. Resultados

A. Cualitativamente: Maximización de la satisfacción del cliente y cumplimiento

El software optimiza el proceso de planificación y ejecución de los viajes de la siguiente manera:

- **Diseña los itinerarios** considerando todas las solicitudes vigentes, lo que permite una programación más precisa y eficiente.
- **Procesa las alternativas** en función de urgencias y priorización por fecha, asegurando que las entregas críticas se realicen a tiempo.

Este enfoque no solo mejora significativamente el cumplimiento de los plazos con el cliente, sino que también maximiza la eficiencia de la flota interna, optimizando los traslados y garantizando el mejor uso posible de los recursos disponibles.

B. Cuantitativamente: Reducción de la carga operativa en la planificación

Actualmente, el tiempo dedicado a la programación y planificación diaria es de 2 horas, y los días viernes, cuando se planifica la semana, este tiempo asciende a 4 horas. Al mensualizar estos tiempos, se obtiene un total acumulado de 52 horas al mes. Sin embargo, con la implementación de un software de planificación, el proceso podría reducirse a solo 20 o 30 minutos por día, lo que resultaría en un total mensual de aproximadamente 11 horas dedicadas a estas tareas.

Esta mejora supone una reducción drástica de la carga operativa de planificación, con una disminución de casi el **80%** en el tiempo invertido para este concepto. En términos de la carga total de trabajo del empleado, se produciría una liberación de horas-hombre aproximadamente de **24%**. Así, la carga de trabajo en cuanto a Planificación y Programación, respecto del total, pasa a ser de **29.5% a 6.3%**.

¿Qué beneficios genera esta optimización? Principalmente, libera al analista de las tareas operativas repetitivas, permitiéndole centrarse en **cuestiones estratégicas**, de mayor valor añadido, que pueden contribuir al crecimiento y mejora continua de la empresa.

C. Cualitativamente: Mejora en el servicio del chofer

La optimización del proceso beneficia considerablemente al chofer, ya que **elimina la necesidad de seleccionar de manera aleatoria las rutas y el cronograma de los viajes**, lo cual anteriormente podría generar errores, como olvidos de vehículos, omisión de cargas o descargas, o paradas realizadas en el orden incorrecto.

Con el software, el chofer recibe instrucciones claras y detalladas, que guían paso a paso las decisiones a tomar y los recorridos a seguir. Esto asegura un mejor control del proceso y reduce significativamente los posibles errores, mejorando la eficiencia y confiabilidad del servicio.

D. Cualitativamente: Impacto en el servicio al cliente

La implementación del software tiene un impacto directo y significativo en la **calidad del servicio al cliente**. Al optimizar la planificación de rutas y la programación de viajes, se asegura una mayor puntualidad y precisión en las entregas, lo que incrementa la satisfacción del cliente. Además, la automatización de decisiones reduce la probabilidad de errores humanos, como retrasos o omisiones, garantizando un servicio más confiable.

E. Cuantitativamente: Reducción de tiempos de traslado

Luego de simulaciones a través del *solver excel*, y según estudios de mercado sobre otras aplicaciones similares, se observa que la optimización que se podría efectuar oscila entre el **25% y 30%** de mejora en eficiencia sobre el sistema actual. Tomando un valor de **30%**, obtendremos que, por cada **10** autos trasladados actualmente, con la planificación ofrecida por el software se podrán trasladar **13** (*se reserva la presentación de datos por política de confidencialidad de la empresa*).

Teniendo en cuenta el **costo** de la implementación (desarrollo), la mejora producida en cuanto a las horas dedicadas por el analista (reducción de horas-hombre), y la eficiencia aportada en los

traslados (reducción de costo unitario de traslado de vehículo), considerando además la curva de aprendizaje standard de tres meses (70-80-90%), el **período de recupero de la inversión sería de 5 meses**. Proyectado a 5 años, la ganancia total, teniendo en cuenta sólo valores cuantitativos (no se contempla aumento de ventas por mejora en la calidad y satisfacción de cliente, por ejemplo), resultaría en un VAN de **11.5 Millones de Pesos Argentinos**.

Más allá del rédito económico neto, se entiende, en base a ventajas mencionadas anteriormente, que el proyecto es viable, y altamente favorable para el crecimiento del departamento de logística, y consecuente desarrollo de la organización.

5. Conclusiones

Durante la práctica profesional desarrollada, se cumplió con los objetivos previamente detallados. Ellos resultaron en colaborar con las operaciones del área, buscar oportunidades de mejora, y alcanzar el desarrollo de la solución de optimización.

Se logró, además de alcanzar los diversos objetivos, adquirir una mayor y mejor comprensión sobre el funcionamiento general de las organizaciones, fusionando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera con las problemáticas diarias y fundamentales de las operaciones y servicios del mercado. Para ello, la aplicación de metodologías y estrategias de análisis y resolución fue fundamental.

6. Bibliografía

Material bibliográfico:

- *Introducción a la investigación de operaciones, 9na Edición - Frederick S. Hillier & Gerald J. Lieberman*
- *Talbi, E. G. (2009). Metaheuristics: from design to implementation (vol. 74). John Wiley & Sons.*

Links web:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054819303004>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Problema_de_enrutamiento_de_veh%C3%ADculos
- <https://web.archive.org/web/20151119092618/http://verolog.deis.unibo.it/vrp-spreadsheet-solver>
- <https://dachser.com.ar/ley-de-camioneros-conozca-sus-derechos/>
- <https://www.camioneros-ba.org.ar/index.php/gremiales/otros/cct-40-89>
- https://www.gba.gob.ar/trabajo/noticias/trabajo_controla_jornada_laboral_y_horas_de_descanso_de_choferes

7. Anexos

N/A

8. Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, quien me ha dado la fortaleza y las oportunidades necesarias para alcanzar cada meta en este camino. Su guía y apoyo han sido constantes en todo momento, y sin Él, nada de esto habría sido posible.

Agradezco profundamente a Ani, mi novia, y a su familia, quienes me han brindado su amor, compañía y apoyo incondicional. Su aliento y comprensión han sido fundamentales durante los momentos más intensos de este proceso.

A mi propia familia, a mis padres y a mi hermano, que han estado a mi lado en cada paso del camino. Gracias por su paciencia, consejos, ayuda, y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación.

También quiero expresar mi gratitud a mis docentes y compañeros de carrera, quienes compartieron sus conocimientos y su tiempo, permitiéndome crecer tanto en el ámbito académico como personal.

A Fortecar, la empresa donde realicé mi pasantía, por darme la oportunidad de aplicar mis conocimientos en un contexto profesional y aprender de sus excelentes profesionales. También a OCASA, mi actual empleo, por darme el tiempo y recursos necesarios para finalizar esta etapa.

Finalmente, a quienes ya no están con nosotros pero han sido parte de mi vida y me han dejado valiosas enseñanzas.

Gracias a todos ustedes por formar parte de este proyecto y por su apoyo en este camino.