

SCT: SISTEMA COGNITIVO DE TRANSPORTE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Universitat Politècnica de València

Alumno: **Óliver Pérez Parada**

Director(es): Dra. María Francisca Sempere, Dr. Alejandro Rodríguez Villalobos

Fecha de entrega: Julio del 2019

Resumen

A rasgos generales en este TFM veremos una pequeña parte de un proyecto en desarrollo enfocado en sistemas de gestión con IA para elevar los márgenes de rentabilidad en empresas del sector de transportes. Esta tecnología la hemos llamado SCT (Sistema Cognitivo de Transporte) y está enfocada en reducir el error en la toma de decisiones en base a los resultados de algoritmos entrenados con machine learning. Concretamente se plantea el desarrollo de un cuadro de mando en un TMS para la toma de decisiones estratégicas con Big Data recogida de cuatro empresas logísticas operando desde 2011.

Palabras clave

Dashboard BI, Cuadro de mando, Big Data, Toma de decisiones, Productividad en transporte de mercancías, Machine learning, TMS, ERP Transporte.

Resum

A trets generals, en aquest TFM veurem una xicoteta part d'un projecte en desenrotllament enfocat en sistemes de gestió amb IA per a elevar els marges de rendibilitat en empreses del sector de transports. Esta tecnologia l'hem cridat SCT (Sistema Cognitiu de Transport) i està enfocada a reduir l'error en la presa de decisions basant-se en els resultats d'algoritmes entrenats amb machine learning. Concretament es planteja el desenrotllament d'un quadre de comandament en un TMS per a la presa de decisions estratègiques amb Big Data arreplegada de quatre empreses logístiques operant des de 2011.

Paraules clau

Dashboard BI, Quadro de comandament, Big Data, Presa de decisions, Productivitat en transport de mercaderies, Machine learning, TMS, ERP Transport

Abstract

Generally, in this TFM we will see a small part of a project in development focused on management systems with IA to increase profitability margins in companies in the logistics sector. This technology is called SCT (Cognitive Transport System) and is focused on reducing the error in decision-making based on the results of algorithms trained with machine learning. Specifically, the development of a control panel in a TMS for strategic decision making with Big Data collected from four logistics companies operating since 2011.

Keywords clave

Dashboard BI, Dashboard, Big Data, Decision making, Productivity in transport, Machine learning, TMS, ERP Transport.

Motivación

A la hora de desarrollar este proyecto se plantea desde dos puntos de vistas clave: punto de vista profesional y personal.

Motivación profesional del proyecto

A nivel profesional, se busca algo relacionado con el puesto laboral donde ejerzo actualmente, COO en Conwork.io, empresa de software empresarial con cargos sobretodo a nivel estratégico. Actualmente se innova con modelos de negocio enfocados en soluciones sectoriales y para colectivos de empresas mediante plataformas digitales, donde los profesionales de un sector comparten y mejoran un único sistema de gestión a medida para sus necesidades. En la empresa se desarrollan estrategias y soluciones de aplicaciones web apostando por la parte pública y por la parte interna de los negocios, como por ejemplo: Transferencia24.com, una solución en la que en su parte pública se está enfocando en una solución para el usuario de internet que busca hacer trámites de vehículos vía online, y en su parte interna, una solución para los gestores administrativos con un software a medida para ahorrar tiempos, fidelizar a sus clientes profesionales y conseguir más clientes por medio de la automatización de tareas y conexión con organismos públicos de la DGT.

Esta empresa nace de la necesidad de digitalizar una empresa OT de transporte de mercancías con el fin de centralizar toda la información, controlar mejor los procesos y administrar eficientemente las cuentas de resultados. En 2011 se apostó por el desarrollo propio del software en nube para reducir el coste de oportunidad que suponía no implantar un sistema de gestión debido al alto presupuesto que ofrecían las grandes compañías. En base a las mejoras en resultados obtenidos en la empresa, se decidió apostar por un modelo de negocio de software como servicio (SAAS) de plataformas digitales con la finalidad de ayudar a colectivos de empresas que podían presentar problemáticas similares.

Motivación personal del proyecto

En el presente documento, sobretodo se decide plantear un proyecto motivador y de utilidad para la empresa. Este proyecto se pretende englobar y aplicar tanto los conocimientos adquiridos en mi formación de administración industrial y logística, como los aprendidos en mi background profesional relacionado con el mundo startups y soluciones SAAS. Después de finalizar la carrera en 2012, me decanté por ofrecer estos servicios de visibilidad en buscadores para mobile a empresas y start-ups con productos específicos de aplicaciones móviles.

La experiencia de adquirir una gran perspectiva a los principales problemas de visibilidad que presentan las empresas de hoy en día cuando pretenden escalar y ser rápidos en un sector tecnológico, tan rápido y competitivo. Tras una larga etapa de desarrollo de varios productos tecnológicos, gestión de altos presupuestos, retomé la curiosidad por el mundo de la fabricación que en su día me inició a estudiar la ingeniería y que actualmente percibía que las soluciones que podía aportar gracias a las nuevas posibilidades que ofrecía la industria 4.0 y la inteligencia artificial. La suma de estos factores ha dado lugar al presente proyecto abordando una problemática en una empresa de transporte por medio del software en nube y la inteligencia artificial.

Contenido

1	Introducción	12
1.1	Objetivos del proyecto:	13
1.2	Problemática:	13
1.3	Estructura del proyecto:	14
2	Estado del Arte	15
2.1	Introducción	15
2.2	Software empresarial	16
2.3	Metodología Agile: Desarrollo y diseño de software empresarial	16
2.4	Procesos de mejora Lean en las empresas	17
2.5	Transformación digital: Digitalización en empresas de Transporte	17
2.6	Algoritmos y problemas en el transporte	18
2.7	Big Data: la mejora de los procesos industriales gracias a los datos	18
2.8	¿Que beneficios aportan los datos en las empresas?.....	19
2.9	Introducción a la IA y el software cognitivo	19
2.10	Machine learning: el aprendizaje de las maquinas.....	20
2.11	Economías colaborativas: Información distribuida y la mejora de procesos	21
3	Antecedentes	22
3.1	Consulta de Bibliografía	22
4	Propuesta y estrategia.....	23
5	Metodología	25
5.1	Fase 1: Análisis de la metodología para resolver la problemática actualmente.	25
5.2	Fase 2: Datos necesarios definición de indicadores clave y variable aleatorias.	27
5.3	Fase 3: Diseño de algoritmo para el cálculo y optimización de resultados	27
5.4	Fase cuatro: Diseño del software de la aplicación.....	31
5.5	Fase cinco: Algoritmo en base a datos Big data Internet y variables en tiempo real	33
5.6	Fase seis: Creación de algoritmo machine learning y asistente IA	35
6	Aplicación de la metodología	37
6.1	Problemática planteada.	37
6.2	Fase 1: Análisis de la metodología para resolver la problemática actualmente.	38
6.3	Fase 2: definición de indicadores clave y variable aleatorias.	40
6.4	Fase 3: Diseño de algoritmo para el cálculo y optimización de resultados	41
6.5	Corrección de los datos para obtener previsión de ventas del canal online:	43
6.5.1	Cálculo de dato 1: Número de búsquedas mensuales del producto:	44
6.5.2	Cálculo de dato 2: estacionalidad y corrección de ventas online.	45
6.5.3	Cálculo de dato 3: Tasa de conversión datos obtenidos de producción.....	46
6.5.4	Conclusiones y obtención de factores de corrección.	47
6.6	Fase cuatro: Diseño del software de la aplicación.....	51
6.7	Fase cinco: Algoritmo en base a datos Big data Internet y variables en tiempo real	52
7	Comparativa de metodologías de optimización, indicadores y resultados	54
7.1	Introducción	54
7.2	Cálculo del problema del viajante de comercio tradicional vs optimizado.	54
7.3	Lectura de los resultados.....	54
8	Conclusiones.....	55



8.1	Mejoras propuestas.....	55
9	Líneas futuras de investigación	57
9.1	Introducción	57
9.2	Propuestas de líneas futuras de investigación y mejoras.....	57
	Referencias bibliográficas.....	59

Anexos

ANEXO I: Primera parte: Creación de la aplicación y funcionalidades	62
9.2.1 Diseño del área para la sección de research.....	62
9.2.2 Diseño del área para la sección de cálculo	69
9.2.3 Diseño del área para la sección de analítica	73
ANEXO II: Segunda parte: Cálculo de la previsión de la demanda y rutas	76
9.2.1 Cálculo de la previsión de la demanda optimizada	76
9.2.2 Conclusiones y obtención de factores de corrección.	76
9.3 Corrección de los datos OFFLINE	77
9.3.1 Análisis de datos históricos en base a las ventas OFFLINE	77
9.3.2 Estimación de la demanda para un horizonte de 12 meses	78
10 Conclusiones	81
11 Cálculo de rutas	82
11.1.2 Optimización del cálculo de las rutas escalando a la realidad:.....	83

Figuras

Figura 1. Software ERP empresa Levante	12
Figura 2. Histórico de portes de la empresa Levante	13
Figura 3. Reparto de costes en empresa Levante.....	14
Figura 4. Industria 4.0.....	15
Figura 5. Metodología de resolución de problema	23
Figura 6. Fases de implementación	24
Figura 7. Tipos de problemas en el cálculo de rutas	26
Figura 8. Metodología Holt-Winters, suavizado de series temporales.....	29
Figura 9. Metodología Regresión Múltiple	29
Figura 10. Variables aleatorias toma de decisiones	31
Figura 11. Áreas de desarrollo para software	32
Figura 12. Crecimiento E-commerce Mobile 2018	34
Figura 13. Ejemplo de resultados de entrenamiento de una IA aplicado con Tensorflow	35
Figura 14. Algoritmo genético antagónico	36
Figura 15. Histórico de portes de Metaltex.....	37
Figura 16. Planificación de ruta	38
Figura 17. Flujo actual del proceso de transporte.....	39
Figura 18. Histórico de ventas de Metaltex.....	41
Figura 19. Toma de decisiones	42
Figura 20. Resultados gráficos de la previsión de la demanda.....	43
Figura 21. Resultados numéricos de la previsión de la demanda.....	43
Figura 22. Búsquedas orgánicas de una palabra clave	44
Figura 23. Cantidad de búsquedas orgánicas de una palabra clave	44
Figura 24. Búsquedas orgánicas dentro del propio Amazon	44
Figura 25. Histórico de la tendencia de búsquedas a lo largo de 5 años.....	45
Figura 26. Histórico de la tendencia de búsquedas en 12 meses.....	45
Figura 27. Histórico de la tendencia de precios Online con software Minderest.....	46
Figura 28. Histórico de la tendencia de ventas en Amazon con software Unicorn Smasher	46
Figura 29. Resultados de PresGIP.....	48
Figura 30. Listado de resultados de PresGIP	48
Figura 31. Resultado gráfico de previsión de ventas	49
Figura 32. Tablas de resultados de todas las pruebas en base al método seleccionado.....	49
Figura 33. Problema de grafos propuesto	50
Figura 34. Matriz de la ruta en kilómetros	50
Figura 35. Funcionamiento App Tracking	51
Figura 36. Tablas de optimización para IA.....	52
Figura 37. Imagen funcionamiento algoritmo genético	53
Figura 38. Resultados del problema sin optimizar	54
Figura 39. Resultados del problema optimizado	54
Figura 40. Tabla de cálculos optimizados	54
Figura 41. Carta de porte digital	57
Figura 42. Software truckfill	57
Figura 43. Bolsa de cargas online	58

Figura 44. Ramas de la IA	58
Figura 45. Anexo I, diagrama flujo toma decisión	63
Figura 46. Anexo I, sistema de gestión SCT	64
Figura 47. Anexo I, ejemplo de Software de transporte.....	64
Figura 48. Anexo I, gráfica de google trends	66
Figura 49. Anexo I, evolución de tendencias	67
Figura 50. Anexo I, sección de KPI's.....	68
Figura 51. Anexo I, modelo alisado de series temporales	70
Figura 52. Anexo I, sección gráfica de previsiones y calendarios de ruta.....	70
Figura 53. Anexo I, mockup de la sección de calendario del software	70
Figura 54. Anexo I, diagrama de flujo clasificación ruta	71
Figura 55. Anexo I, sección de peticiones de TTE	72
Figura 56. Anexo I, grafo para el cálculo de rutas con IA.....	72
Figura 57. Anexo I, sección de tráfico en tiempo real	73
Figura 58. Anexo I, sugerencias del asistente de TTE	74
Figura 59. Anexo II, histórico de ventas de Metaltex	78
Figura 60. Anexo II, histórico ventas 2016.....	78
Figura 61. Anexo II, estudio MAPE	78
Figura 62. Anexo II, tabla de resultados test 1	79
Figura 63. Anexo II, tabla de resultados test 2	79
Figura 64. Anexo II, gráfica de resultados primer test.....	79
Figura 65. Anexo II, gráfica y resultados test 2	80
Figura 66. Anexo II, gráfico de los tres análisis	80
Figura 67. Anexo II, gráfico de resultados finales	81
Figura 68. Anexo II, tabla de resultados finales	81
Figura 69. Anexo II, cálculos para la ruta de transporte	82
Figura 70. Anexo II, imagen viajante de comercio con datos sin aplicar variables.....	84
Figura 71. Anexo II, imagen viajante de comercio con datos sin aplicar variables.....	88

Tablas

Tabla 1. KPI's para el cálculo de rutas.....	27
Tabla 2. KPI's Previsión de la demanda: Valores del error de pronóstico	30
Tabla 3. Definición del modelo TSP	31
Tabla 4. Factores de corrección.....	52
Tabla 5. Anexo I, Clasificación del tipo de cliente.....	65
Tabla 6. Anexo I, estadísticas de consumo	67
Tabla 7. Anexo II, tabla de análisis de problema - solicitud	76
Tabla 8. Anexo II, tendencias de búsquedas del producto	77
Tabla 9. Anexo II, tabla de ajustes en base a variables aleatorias.....	83
Tabla 10. Anexo II, kilómetros totales en base a los ajustes de variables	83

1 Introducción

Vivimos en un mundo conectado donde parece que cualquier solución está al alcance de la mano en cualquier momento del día. Este mundo, aparentemente con casi doce millones de años de evolución del ser humano, una vez más nos enseña el poder de la conexión nos ha permitido llegar a donde estamos, un mundo tecnológico. Se ha comprobado que en los últimos 50 años se ha evolucionado más que en los casi 12 millones que llevamos evolucionando en el planeta (Jose Cordeiro, “La muerte de la muerte” charla TEDx 2017). Esta conexión cambia el punto de vista para casi cualquier paradigma, ya que la rapidez de la información ofrece soluciones instantáneas, factor clave sobretodo empresas.

El presente proyecto se centra en la propuesta de una solución por medio de un sistema de información (software de gestión) a un problema de reducción de costes en una agencia de transporte transitario del sector de mercancías. Para la resolución de la problemática se propone un algoritmo para la optimización en la toma de decisiones (jefe de tráfico, gerente) dentro de la agencia de transporte. Este algoritmo opera en base a los resultados de: datos de stock (palets) en base a previsión de la demanda de las empresas, optimización de las rutas de transporte de mercancías y las variables aleatorias que afectan a la operativa de transporte.

La toma de decisiones en la empresa se realiza mediante un erp de transportes, en el proyecto se propone el desarrollo de panel de control (business intelligence) complementario donde interactuar para gestionar las diferentes áreas del estudio de la solución óptima. Estas áreas son: área de búsqueda de información(research), área de cálculo (previsión y rutas) y un área analítica para monitorizar el kpi's y márgenes de beneficio. Para el diseño y desarrollo del algoritmo y del interfaz del software se propone utilizar una metodología Lean-Startup por medio del aprendizaje validado en la propia empresa de transporte.

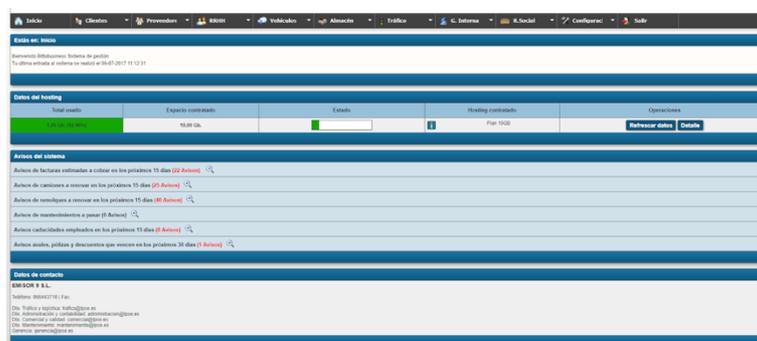


Figura 1. Software ERP empresa Levante

Con el fin de encontrar un modelo escalable, óptimo bajo una filosofía de mejora continua (Kaizen) se propone una optimización de los resultados por medio del Big Data y la Inteligencia Artificial. Los datos introducidos en el software también se utilizarán para entrenar el algoritmo en su predicción de resultados. Este entrenamiento se hará por medio de un modelo de machine learning de aprendizaje supervisado. Se plantea una solución en un marco teórico que a efectos de un marco práctico como hemos podido contrastar con la empresa Gantabi, experta en soluciones de IA para el transporte, puede aportar una metodología económica y flexible para el sector.

1.1 Objetivos del proyecto:

Aumentar el margen de rentabilidad de los portes que realiza la agencia. Para llevar a cabo este objetivo se plantea una metodología que pretende reducir el margen de perdidas debido al número de vehículos parados. La solución parte de un algoritmo con el que predecir los portes que realizarán en el futuro los clientes combinando predicciones de tendencias de mercado junto a estudios de históricos de portes para un resultado de optimización del cálculo de las rutas.

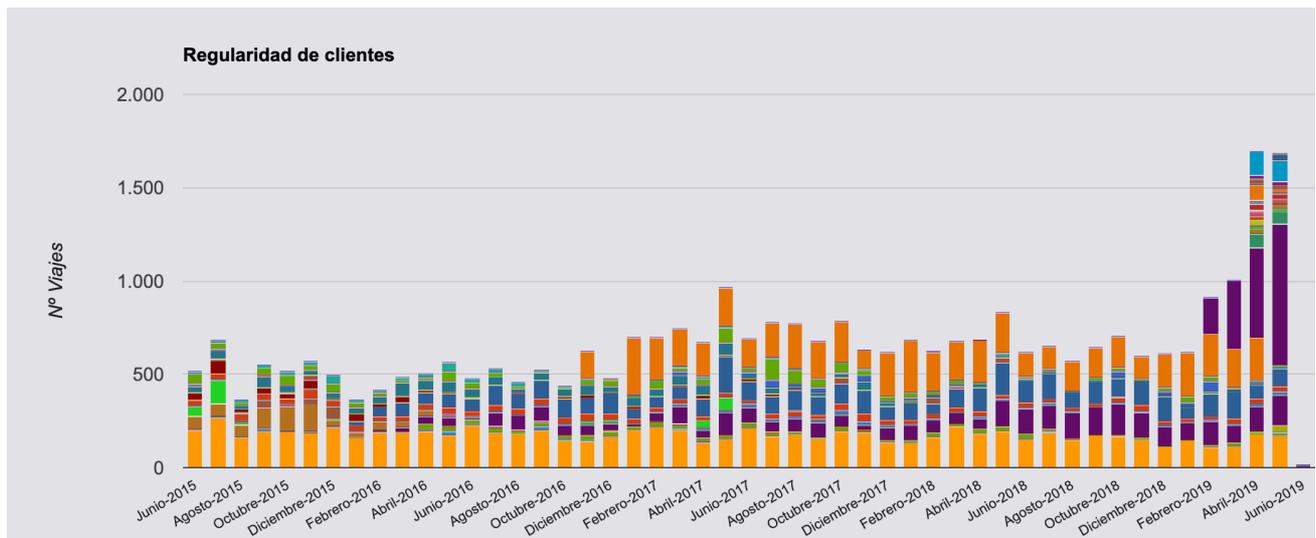


Figura 2. Histórico de portes de la empresa Levante

1.1.1 Objetivos específicos

- Reducir el número de vehículos parados a lo largo del mes, los cuales generan unos costes de 210€ aproximadamente cada vez que el camión no sale de la base.
- Anticiparse a la demanda de los clientes por medio de un calendario de rutas en base a la previsión de demanda logística.
- Generar una filosofía colaborativa con los clientes para compartir previsiones de demanda con sus proveedores.
- Optimizar los márgenes de beneficio gracias a un cálculo de rutas por medio de algoritmos de grafos.
- Identificar las variables aleatorias que afectan a la solución y optimizar los resultados en base al Big Data.
- Conexión con bolsas de cargas y aplicaciones para intentar conseguir portes en el momento que sea necesario y reducir el tiempo de paro de un camión.
- Control en tiempo real del estado de la empresa por medio de un software de business intelligence.
- Implementar un algoritmo de entrenamiento IA para aproximación de resultados y reducción de errores.

1.2 Problemática:

En la base central situada en el puerto de Alicante, se encuentra alojado el centro de operaciones donde se establece toda la estructura empresarial y se gestionan los diferentes departamentos como administración, rrhh, choferes o gestión de tráfico, entre otros. El aplicativo y problemática del proyecto gira alrededor de las decisiones que toma el responsable de la sección del jefe de tráfico.

Según información del gerente de la empresa, y datos obtenidos del ERP, los indicadores clave para la empresa giran principalmente entorno a los costes generados por los tiempos (estructura, personal, de espera, de carga, limitaciones por ley) y también a los costes por kilometraje donde repercute la distancia y velocidad en km/h donde también afectan factores como el peso de la carga, la ruta escogida, distancia de la ruta, o costes de gasóleo. Dentro de estos costes entraría el personal, el mantenimiento del camión o ruedas. En el siguiente grafico podemos entender un poco como está repartido el coste de un porte en una empresa de OT logístico:

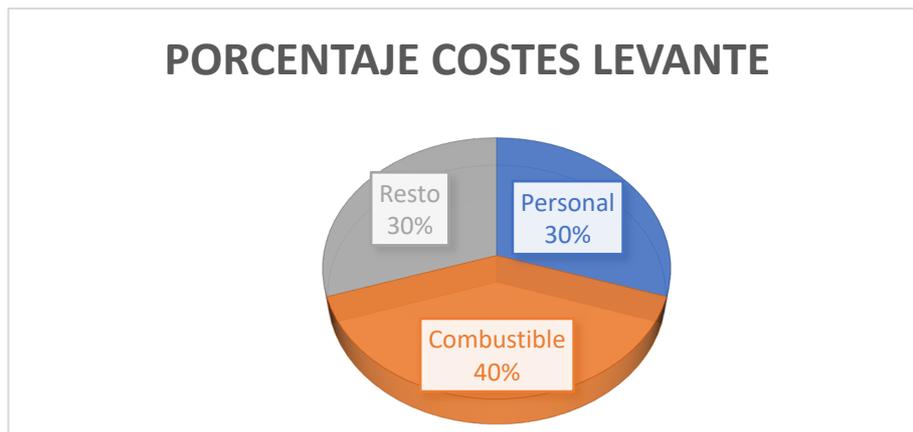


Figura 3. Reparto de costes en empresa Levante

1.3 Estructura del proyecto:

El documento contempla una parte teórica para facilitar la comprensión de los conceptos necesarios para el entendimiento de la problemática, una sección para la aplicación del método a un caso real de la empresa, un apartado de comparativa de resultados y finalmente líneas futuras de investigación para mejorar el método propuesto. Además, se adjuntan dos anexos, uno que hace referencia al prototipo de la solución y otro para el detalle de los cálculos.

2 Estado del Arte

2.1 Introducción

Desde hace unos años se observa una tendencia en las empresas en cuanto a la implantación de metodologías y filosofías Lean o Kaizen. Conducta motivada la mejora continua, en la cual se quita foco en aquello que no aporta valor (ya sea reduciéndolo o despreciándolo) y si se le presta a mejorar aquello que si que lo aporta. Podemos observarlo en diferentes ámbitos del ecosistema empresarial desde fabricas o cadenas de alimentación hasta agencias de diseño o incluso panaderías. Gracias al aumento de producticividad y en ocasiones fácil implantación, se ha popularizado alrededor de todo el mundo y está aportando grandes cambios de ideologías y opiniones basadas en una economía colaborativa, sostenible y sobretodo centrada en el cliente final (user centric). Para llevar a cabo este proyecto de transformación digital de este proceso en la empresa de transporte, se propone una metodología de diseño del software empresarial en base a Lean UX y una metodología Agile para su posterior desarrollo.

La automatización de procesos e implementación de nuevas tecnologías ha conseguido mejoras significativas en grandes campos gracias a la que ayudan a la toma de decisión en las empresas reduciendo riesgos y perdidas. Un gran ejemplo de ello es la revolución industrial tal y como demostraron las fabricas de automóviles en el 1900. Después de tantos años de mejora es complejo conseguir a día de hoy un resultado de mejora que demuestre mejoras drásticas, sin embargo, es más fácil conseguir un margen de mejora mínimo en cada uno de los procesos para que en cuanto a un resultado global se consiga un margen de mejora más elevado en todo el proceso.

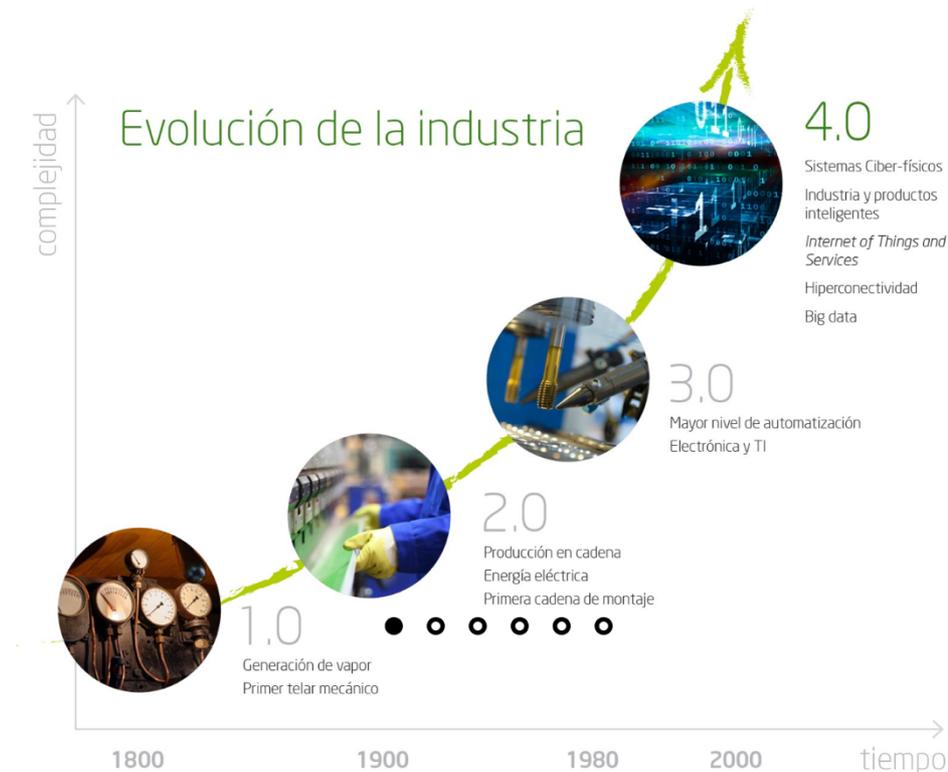


Figura 4. Industria 4.0

2.2 Software empresarial

Antes de hablar sobre el motivo del presente proyecto. Repasamos la historia de como el software cambio el rumbo de la humanidad. El software pasó por varias décadas de evolución hasta lo que conocemos como Android o Iphone, hoy en día. Partiendo de una base muy primitiva en 1950 donde apenas se hacia hincapié en las nuevas tecnologías y el software no se distribuía, solo se desarrollaba por las instituciones para uso propio, pasando por las computadoras de tarjetas que ofrecía IBM, con las que más tarde Microsoft creó su imperio en el ámbito de software empresarial, mientras que Steve Jobs llegaba a nuestros hogares con su sistema operativo Macintosh y su llegada a los hogares de miles de personas. Con la llegada de internet en el 1990 el mundo que conocíamos empezó a transformarse en un lugar conectado, donde las fronteras comenzaban a desaparecer y las barreras de las oportunidades cada vez eran menores. La tecnología cada vez era más presente en grandes factorías y empresas, pero las pymes también requerían de estos servicios. Servicios diseñados a medida para cada sector, y el sector logístico no iba a ser menos. Esta gran oportunidad dio lugar a sistemas de gestión de flotas, logísticos y sistemas de cálculos de rutas que ibas a revolucionar el sector logístico. La transformación de las empresas al mundo digital dio lugar a una nueva era, que ha hecho que la sociedad avance hasta día de hoy.

2.3 Metodología Agile: Desarrollo y diseño de software empresarial

Los modelos de desarrollo de software son una representación abstracta de una forma en particular. Verdaderamente no representa de qué manera se debe desarrollar el software, sino más bien una metodología de un enfoque común para todos los integrantes. Puede ser modificado y amoldado de acuerdo con las necesidades del software en proceso de desarrollo. Existen tres paradigmas de los modelos de desarrollo de software:

1. Paradigma Tradicional: Se trata de uno de los paradigmas más antiguo, se inventó durante la creación del método estructurado. Si se elige un proyecto, el método variará en etapas. Es un modelo útil, pero anticuado y como todo modelo, existen sus inconvenientes y ventajas al emplear este paradigma.

2. Paradigma Orientado a Objetos: Estos modelos se basan en la Programación orientada a objetos; por lo tanto, se refiere al concepto de clase, el análisis de requisitos y el diseño. El modelo o paradigma orientado a objetos posee dos características principales, las cuales son:

- Permite la reutilización de software.
- Facilita el desarrollo de herramientas informáticas de apoyo al desarrollo, el cual es simple al implementarla en una notación orientado a objetos.

3. Paradigma de Desarrollo Ágil (Agile): Es un paradigma de las metodologías de desarrollo basado en procesos ágiles. Estos intentan evitar los tediosos caminos de las metodologías tradicionales enfocándose en las personas y los resultados. Usa un enfoque basado en el Valor para construir software, colaborando con el cliente e incorporando los cambios continuamente.

2.4 Procesos de mejora Lean en las empresas

Actualmente existen cientos de técnicas y metodologías centradas en el aumento de la productividad mediante la reducción de aquello que no aporta valor, conocido también como “waste”, muda o desperdicio (Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, 1970).

Esta filosofía, es conocida como Lean y a dado lugar a que otros sectores adapten esta mentalidad de trabajo creando nuevos modelos de gestión más eficientes, el fundador de Productivity Press lo define como “el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas innovadoras y eficientes” (Norman Bodek, 1980)

Como se cita en el párrafo anterior, esta mentalidad Lean a dado lugar a la adaptación y nacimiento de nuevas metodologías en otros sectores, por ejemplo, en empresas de base tecnológica tenemos el Lean Startup, centrada acortar los ciclos de desarrollo y reducir el riesgo por medio del aprendizaje validado (Eric Ries, 2008).

Para abordar la principal problemática del presente documento se plantea una solución software creada bajo una visión Lean Startup por medio de su lienzo Canvas y diseñada bajo una metodología Lean UX, que nos ofrece una perspectiva completa de como enfocar la solución en base a la experiencia del usuario final del aplicativo (Gothelf Jeff, Seiden Josh, Ries Eric, 2014)

2.5 Transformación digital: Digitalización en empresas de Transporte

El presente proyecto se centra en la solución de un problema en la empresa Levante, donde actualmente se aborda y se intenta solucionar este proceso de forma manual. Se propone una solución por medio de la automatización gracias a un software para el transporte terrestre. La transformación de un proceso manual a un proceso digital se conoce como digitalización. La digitalización es una parte del proceso conocido como transformación digital, tal y como nos explica Mark Baker en su Digital Transformation de 2014.

Tal y como se comenta en el párrafo anterior, esta transformación digital no es ni mas ni menos, que una solución Lean, a pesar de que los conceptos no coincidan en cuanto a épocas temporales, si que lo hacen en cuanto a filosofía. Ya que por medio de la computación resolvemos un problema manual, que a pesar de que si que aporte valor, supone una gran carga de tiempo para el responsable de realizarla. Por lo que siguiendo la filosofía Lean, eliminamos el cálculo manual por el calculo automático realizado por una maquina.

Las novedades tecnológicas han disrumpido en todos los sectores, el sector de la logistica de transporte reflejó un gran benefició gracias a el software para la gestión de flotas. Software conectado a los GPS y Cambus del camión que permiten conocer en tiempo real la ubicación de cualquier mercancía, vehículo, su conductor e incluso su forma de conducir. (Orjuela Castro, Javier Arturo (2005). [Operadores y plataformas logísticas](#))

La solución digital planteada para abordar la problemática se trata de un software, el cual engloba una solución que conecta los diferentes componentes con métodos de calculo diseñados para la optimización de rutas buscando la solución más flexible y económica. Según el articulo se nos plantea una hipótesis muy buena, donde nos habla acerca de cual es el verdadero problema que se intenta solucionar con el software, si un sistema de gestión y control de flotas (TMS) o por el contrario, sólo es necesario implementar un sistema para el cálculo e rutas.

2.6 Algoritmos y problemas en el transporte

En la actualidad existen varios métodos para la optimización de redes logísticas centradas en el transporte urbano de personas y mercancías: TSP (Traveling salesman problem), CPP (Chinese postman problem) y finalmente el VRP (Vehicle routing problem).

Cada uno de ellos permite diseñar rutas de transporte para varios vehículos, que visiten varios puntos específicos, y para entregas que se encuentran dispersas geográficamente. Sus características más importantes son la posibilidad de conocer con anticipación el tipo de vehículo a utilizar, sus dimensiones, peso máximo a cargar, topología de las cajas, horario de atención a cada uno de los clientes, etc. La metodología (VRP) es poco usada por los operadores logísticos en el país, quienes utilizan su experticia para programar cada una de las entregas de sus vehículos a los clientes.

Algoritmos de transporte

- Problema del Viajante de Comercio (distancia total mínima)
- Problema de los m-Viajantes de Comercio (distancia total mínima)
- Algoritmo de Rutas (paso por nodos seleccionados a coste mínimo)
- Problema de los m-Rutas (distancia total mínima)
- Problema Rutas con Vehículos Capacitados (CVRP)

Referencias: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3686917>
https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE001031.pdf

2.7 Big Data: la mejora de los procesos industriales gracias a los datos

Big data, **macrodatos**, **datos masivos**, **inteligencia de datos** o **datos a gran escala** es un concepto que hace referencia a un conjunto de datos tan grandes que aplicaciones informáticas tradicionales de procesamiento de datos no son suficientes para tratar con ellos y los procedimientos usados para encontrar patrones repetitivos dentro de esos datos. Los textos científicos en español con frecuencia se usa directamente el término en inglés *big data*, tal como aparece en el ensayo de Viktor Schönberger: *La revolución de los datos masivos*.

La disciplina dedicada a los datos masivos se enmarca en el sector de las tecnologías de la información y la comunicación. Esta disciplina se ocupa de todas las actividades relacionadas con los sistemas que manipulan grandes conjuntos de datos. Las dificultades más habituales vinculadas a la gestión de estas cantidades de datos se centran en la recolección y el almacenamiento, búsqueda, compartición, análisis y visualización. La tendencia a manipular enormes cantidades de datos se debe a la necesidad en muchos casos de incluir dicha información para la creación de informes estadísticos y modelos predictivos utilizados en diversas materias, como los análisis de negocio, publicitarios, los datos de enfermedades infecciosas, el espionaje y seguimiento a la población o la lucha contra el crimen organizado.

Los macrodatos se pueden describir por las siguientes características:

- **Volumen:** la cantidad de datos generados y guardado. El tamaño de los datos determina el valor y entendimiento potencial, y si los puede considerar como auténticos macrodatos.
- **Variedad:** el tipo y naturaleza de los datos para ayudar a las personas a analizar los datos y usar los resultados de forma eficaz. Los macrodatos usan textos imágenes, audio y vídeo. También completan pedazos pedidos a través de la fusión de datos.
- **Velocidad:** en este contexto, la velocidad a la cual se generan y procesan los datos para cumplir las exigencias y desafíos de su análisis.

- Veracidad: la calidad de los datos capturados puede variar mucho y así afectar a los resultados del análisis.

2.8 ¿Que beneficios aportan los datos en las empresas?

Teniendo los datos necesarios almacenados según diferentes tecnologías de almacenamiento, nos daremos cuenta de que necesitaremos diferentes técnicas de análisis de datos como las siguientes:

- Asociación: permite encontrar relaciones entre diferentes variables. Bajo la premisa de causalidad, se pretende encontrar una predicción en el comportamiento de otras variables. Estas relaciones pueden ser los sistemas de ventas cruzadas en los comercios electrónicos.
- Minería de datos (*data mining*): tiene como objetivo encontrar comportamientos predictivos. Engloba el conjunto de técnicas que combina métodos estadísticos y de aprendizaje automático con almacenamiento en bases de datos. Está estrechamente relacionada con los modelos utilizados para descubrir patrones en grandes cantidades de datos.
- Agrupación (*clustering*): el análisis de clústeres es un tipo de minería de datos que divide grandes grupos de individuos en grupos más pequeños de los cuales no conocíamos su parecido antes del análisis. El propósito es encontrar similitudes entre estos grupos, y el descubrimiento de nuevos, conociendo cuáles son las cualidades que lo definen. Es una metodología apropiada para encontrar relaciones entre resultados y hacer una evaluación preliminar de la estructura de los datos analizados. Existen diferentes técnicas y algoritmos de clusterización.
- Análisis de texto (*text analytics*): gran parte de los datos generados por las personas son textos, como correos, búsquedas web o contenidos. Esta metodología permite extraer información de estos datos y así modelar temas y asuntos o predecir palabras.

2.9 Introducción a la IA y el software cognitivo

Los objetivos principales de la IA incluyen la deducción y el razonamiento, la representación del conocimiento, la planificación, el procesamiento del lenguaje natural (NLP), el aprendizaje, la percepción y la capacidad de manipular y mover objetos. Los objetivos a largo plazo incluyen el logro de la Creatividad, la Inteligencia Social y la Inteligencia General (a nivel Humano).

Cuatro enfoques distintos

Podemos distinguir cuatro enfoques distintos de abordar el problema de la Inteligencia Artificial.

1. **Sistemas que se comportan como humanos:** Aquí la idea es desarrollar máquinas capaces de realizar funciones para las cuales se requeriría un humano inteligente. Dentro de este enfoque podemos encontrar la famosa Prueba de Turing. Para poder superar esta prueba, la máquina debería poseer las siguientes capacidades:
 - **Procesamiento de lenguaje natural**, que le permita comunicarse satisfactoriamente.
 - **Representación del conocimiento**, para almacenar lo que se conoce o se siente.
 - **Razonamiento automático**, para utilizar la información almacenada para responder a preguntas y extraer nuevas conclusiones.
 - **Aprendizaje automático**, para adaptarse a nuevas circunstancias y para detectar y extrapolar patrones.
 - **Visión computacional**, para percibir objetos.
 - **Robótica**, para manipular y mover objetos.
2. **Sistemas que piensan como humanos:** Aquí la idea es hacer que las máquinas piensen como humanos en el sentido más literal; es decir, que tengan capacidades cognitivas de toma de

decisiones, resolución de problemas, aprendizaje, etc. Dentro de este enfoque podemos encontrar al campo interdisciplinario de la ciencia cognitiva, en el cual convergen modelos computacionales de IA y técnicas experimentales de psicología intentando elaborar teorías precisas y verificables sobre el funcionamiento de la mente humana.

3. **Sistemas que piensan racionalmente:** Aquí la idea es descubrir los cálculos que hacen posible percibir, razonar y actuar; es decir, encontrar las *leyes* que rigen el pensamiento racional. Dentro de este enfoque podemos encontrar a la Lógica, que intenta expresar las *leyes* que gobiernan la manera de operar de la mente.
4. **Sistemas que se comportan racionalmente:** Aquí la idea es diseñar *agentes* inteligentes. Dentro de este enfoque un **agente racional** es aquel que actúa con la intención de alcanzar el mejor resultado o, cuando hay incertidumbre, el mejor resultado esperado. Un elemento importante a tener en cuenta es que tarde o temprano uno se dará cuenta de que obtener una racionalidad perfecta (hacer siempre lo correcto) no es del todo posible en entornos complejos. La demanda computacional que esto implica es demasiado grande, por lo que debemos conformarnos con una racionalidad limitada. Como lo que se busca en este enfoque es realizar inferencias correctas, se necesitan las mismas habilidades que para la Prueba de Turing, es decir, es necesario contar con la *capacidad para representar el conocimiento y razonar basándonos en él*, porque ello permitirá alcanzar decisiones correctas en una amplia gama de situaciones. Es necesario *ser capaz de generar sentencias comprensibles en lenguaje natural*, ya que el enunciado de tales oraciones permite a los agentes desenvolverse en una sociedad compleja. El *aprendizaje* no se lleva a cabo por erudición exclusivamente, sino que *profundizar en el conocimiento* de cómo funciona el mundo facilita la concepción de estrategias mejores para manejarse en él.

2.10 Machine learning: el aprendizaje de las máquinas

El *machine learning*, conocido en español como aprendizaje automático o aprendizaje de máquina, nació como una idea ambiciosa de la IA en la década de los 60. Para ser más exactos, fue **una subdisciplina de la IA, producto de las ciencias de la computación y las neurociencias**.

Lo que esta rama pretendía estudiar era el reconocimiento de patrones (en los procesos de ingeniería, matemáticas, computación, etc.) y el aprendizaje por parte de las computadoras. En los albores de la IA, los investigadores estaban ávidos por encontrar una forma en la cual las computadoras pudieran aprender únicamente basándose en datos. Como establecimos previamente, **es un campo de las ciencias de la computación que, de acuerdo a Arthur Samuel en 1959, les da a las computadoras la habilidad de aprender sin ser explícitamente programadas**

- ***Supervised learning***

Depende de datos previamente etiquetados, como podría ser el que una computadora logró distinguir imágenes de coches, de las de aviones. Para esto, lo normal es que estas etiquetas o rótulos sean colocadas por seres humanos para asegurar la efectividad y calidad de los datos.

En otras palabras, son problemas que ya hemos resuelto, pero que seguirán surgiendo en un futuro. La idea es que las computadoras aprendan de una multitud de ejemplos, y a partir de ahí puedan hacer el resto de los cálculos necesarios para que nosotros no tengamos que volver a ingresar ninguna información.

Ejemplos: reconocimiento de voz, detección de spam, reconocimiento de escritura, entre otros.

- ***Unsupervised learning***

En esta categoría lo que sucede es que al algoritmo se le despoja de cualquier etiqueta, de modo que no cuenta con ninguna indicación previa. En cambio, se le provee de una enorme cantidad de datos con las características propias de un objeto (aspectos o partes que conforman a un avión o a un coche, por ej.), para que pueda determinar qué es, a partir de la información recopilada.

Ejemplos: detectar morfología en oraciones, clasificar información, etc.

- **Reinforcement learning**

En este caso particular, la base del aprendizaje es el refuerzo. **La máquina es capaz de aprender con base a pruebas y errores** en un número de diversas situaciones.

Aunque conoce los resultados desde el principio, no sabe cuáles son las mejores decisiones para llegar a obtenerlos. Lo que sucede es que el algoritmo progresivamente va asociando los patrones de éxito, para repetirlos una y otra vez hasta perfeccionarlos y volverse infalible. Ejemplos: navegación de un vehículo en automático, toma de decisiones, etc.

Existen otros enfoques más complejos para tareas más específicas, pero no vale la pena ahondar en éstos. De momento no queremos complicar las cosas. De cualquier forma, si estuvieras interesado en conocer más acerca de éstos, refenciado en este [listado de ejemplos](#).

2.11 Economías colaborativas: El poder de la información distribuida y su influencia en la mejora de procesos

En los últimos años las actividades y plataformas del campo de las economías colaborativas están creciendo a una velocidad enorme, generando importantes beneficios y dando lugar a espectaculares rondas de inversión y financiación. Pero su desarrollo no está exento de conflicto, y cada vez es mayor el malestar que están generando entre la población. En ese sentido, los casos de Airbnb y Uber son paradigmáticos, ya que cada vez son mayores las movilizaciones a lo largo del globo contra ambas plataformas.

El factor principal sería que las economías colaborativas permiten a los particulares obtener ingresos extra. Esto se debe a que los avances tecnológicos reducen los costes de transacción, lo que facilita que sean los particulares los que ofrezcan servicios y se elimine a los intermediarios. Las posibilidades de obtener ingresos extra a través de las economías colaborativas generan nuevas oportunidades para las personas en peor situación económica, y ahora pueden recuperar parte de la capacidad adquisitiva perdida en el contexto de la crisis. Por lo tanto, las economías colaborativas estarían generando un mayor reparto de los beneficios.

Otra característica que se suele señalar es que estas economías generan procesos económicos muy eficientes, debido a que hacen un uso más eficaz de los recursos. Al mismo tiempo, generan nuevos servicios, amplían la oferta y reducen el precio de los servicios. En general, se plantea que estas economías contribuyen de manera positiva al empleo, a la competitividad, al crecimiento e impulsan la innovación. También es frecuente que se señalen los efectos positivos que tienen desde la perspectiva del medio ambiente, reduciendo la huella ecológica del consumo. También se suele señalar que tienen importantes efectos sociales, al generar vínculos entre desconocidos.

- Gerhard Fischer, *"The Software Technology of the 21st Century: From Software Reuse to Collaborative Software Design"*, 2001

3 Antecedentes

La investigación se ha centrado en dos patas claras: como resolver problemas de cálculo de rutas y previsiones de demanda, y de que manera diseñar un software intuitivo orientado a la toma de decisiones y monitorización de resultados.

En el siguiente apartado se detallan las obras más relevantes que han influenciado en el proyecto acerca de la optimización de resultados por medio del big data, modelos de machine learning para la toma de decisiones dentro de las empresas y marcos teóricos acerca de problemas rutas, así como un caso concreto acerca de la optimización de rutas en una empresa de vending.

3.1 Consulta de Bibliografía

- Faulí, A., Ruano, L., Latorre, M.E. & Ballestar, M.L. (2013). Implantación del sistema de calidad 5s en un centro integrado público de formación profesional. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 16 (2), 147-161. Esta publicación usa unas directrices para implantar las 5s en un centro de formación profesional, en concreto en un laboratorio de Hematología..
- Ing. José Ricardo DORBESSAN - Editorial Universitaria de la U.T.N. (2006). Es un manual de cómo implementar las 5s. Se encuentra mucho material aprovechable, sobre todo en materia de palabras clave: comunicación efectiva, separación de innecesarios, eliminación de desperdicios, coordinación y control visual. En este proyecto no se ha aplicado directamente la metodología propuesta por el Ingeniero Jose Ricardo, pero sí se han utilizado partes de las propuestas para emplear una metodología de implantación en la empresa en cuestión, ya que las 5s proponen una metodología extrapolable y estandarizada para casi cualquier sector.
- Li F., Golden B., Wasil E. (2004) Very large-scale vehicle routing: new test problems, algorithms, and results. *Computers & Operations Research*, in press. Se trata de una publicación donde relaciona problemas de algoritmos de rutas con modelos de computación. Se ha empleado para el modelado de los algoritmos planteados en el prototipo de software.
- Rhoton, J., y Haukioja, R. (2011). *Cloud computing, architected (Handbook.)*. United Kingdom: Recursive, Limited. Un libro basado en las diferentes técnicas para la programación en nube, esta publicación se ha empleado a nivel de arquitectura de la información para plantear una posible escalabilidad y también como uso de referencias en el diseño del SAAS
- REINELT, G. (1994) *The Traveling Salesman. Computational Solutions for TSP Applications*. Springer-Verlag. El modelo del problema planteado para realizar el cálculo de rutas de transporte por Carretera empleado en el proyecto con el fin de aproximar a la realidad las rutas optimas y el margen de rentabilidad de los camiones y rutas

4 Propuesta y estrategia

Las investigaciones consultadas no proponen una estrategia que combine ambas metodologías de cálculo. Se observa que se detallan ejemplos como a nivel logístico de almacenamiento, en base a la estacionalidad o previsiones obtenidas de los productos se puede plantear un diseño diferente de almacén para cada mes o época del año.

a. Propuesta de metodología

Se ha buscado un método fácil de implementar en base a las metodologías citadas por los diferentes autores en los que se ha apoyado. Abordar la problemática de mejorar el margen de rentabilidad no es tarea fácil, para la resolución del problema se plantea el desarrollo de un software que emplea metodologías de previsión de la demanda de productos con el fin de obtener una aproximación de la cantidad de stock y fecha para cuando se prevé su transporte, junto a una posterior optimización del cálculo de rutas con grafos y variables. En la parte del proceso para la toma de decisiones y optimización de rutas se engloba el proceso desde la petición para un porte hasta el cálculo de rutas.

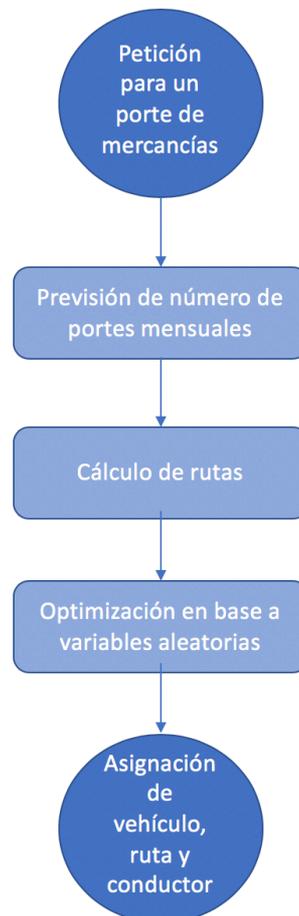


Figura 5. Metodología de resolución de problema

a. Estrategia de implantación

En la elaboración de este TFM se propone una estrategia alternativa para llevar a cabo con éxito la solución por medio del software, a continuación, se detallan las fases y sus correspondientes requerimientos para la implantación de esta solución:

- Primera fase: Estudio de como se aborda la problemática actualmente. Se recopila toda la información, se definen los problemas y se crean diagramas de flujo para identificar el modelo de actuación en cada proceso.
- Segunda fase: Definición de indicadores clave para mejorar y variables aleatorias que afectan al proceso provocando perdidas de rentabilidad.
- Tercera fase: Diseño de algoritmo para la optimización de los procesos y cálculo de rutas
- Cuarta fase: Diseñar el prototipo del BI para introducir datos por medio de una interfaz visual en cada una de las secciones y áreas de actuación
- Quinta Fase: optimización del algoritmo en base a datos Big data obtenidos de forma automática de internet y variables en tiempo real.
- Sexta fase: Testeo de resultados y propuestas de mejora de metodología en base a algoritmo de machine learning.

Tal y como se puede observa en la Figura 1, cada fase se compone por un conjunto de pasos para obtener una solución realista aplicada al problema. En la siguiente sección, se detalla la metodología propuesta.



Figura 6. Fases de implementación

5 Metodología

5.1 Fase uno: Análisis de la metodología para resolver la problemática actualmente.

En esta fase vamos a intentar recoger el máximo número de datos posibles para dos de las áreas donde se aplicarán los cálculos de la metodología, por un lado, tenemos el área de previsión de la demanda (producción) y por otro el área de cálculo de rutas (logística). Cabe distinguir estos dos apartados porque para cada una de estas secciones se diferenciarán entre diferentes indicadores. Las diferentes acciones planteadas para esta fase son:

b. Actividades clave realizadas en la empresa

En primer lugar, se identifican y clasifican las actividades clave que realiza la empresa Levante. A continuación, se detallan las diferentes tipologías de actividades (portes de mercancía) que aborda la empresa:

- Transporte Multimodal: El transporte multimodal es aquel en el que es necesario emplear más de un tipo de vehículo para transportar la mercancía desde su lugar de origen hasta su destino final. Según las casuísticas de la empresa, este tipo de transporte suele ser dedicado en exclusiva a un cliente por porte.
- Transporte a Granel: la carga a granel es aquella que se transporta en grandes cantidades (líquido o sólido) sin empaquetar ni embalar, en donde el propio medio de transporte ejerce a modo de recipiente. Además, para cuantificar la carga en estos casos se emplean medidas de volumen o de masa. Dependiendo del tipo de carga puede ser un reparto a varios clientes de un mismo material, caso que sólo se da para el transporte de betún.
- Transporte Convencional: Transporte por carretera enfocado normalmente para el transporte paletizado de productos. Normalmente suele darse en que el reparto comparte diferentes tipos de palets, dirigidos a diferentes clientes para poder cargar al máximo el camión y maximizar los beneficios. Se suele dar un único viaje cuando el cliente compra consigue abordar toda la capacidad del camión.

c. Evaluación del origen y destino de las rutas

Desde el punto de vista de una naviera de transporte, tenemos los siguientes puntos de transporte empleados en el proceso:

- Punto de Origen: Es el cliente de Levante, se trata del encargado de solicitar un transporte de su mercancía. La flota de camiones de la empresa tiene como origen los almacenes logísticos del cliente. El vehículo recoge las cargas en las naves del cliente y sitúa como destino los almacenes logísticos de sus clientes.
- Cliente Destino: Se trata del cliente de la empresa que solicita los servicios a Levante, en base a sus necesidades el proveedor aprovisionará con más o menos frecuencia, por lo que es clave contar con una previsión de la demanda.

d. Diagrama de flujo del problema actual

Se diseña un diagrama de flujo del proceso con la intención de facilitar la comprensión de los diferentes pasos seguidos para llevar a cabo el porte.

e. Definición e identificación del tipo de problema logístico:

Según la investigación llevada a cabo dentro de los procesos logísticos se desprecian las nuevas tecnologías por falta de cultura en las empresas. Esto genera una serie de paradigmas que junto con las diferentes problemáticas que se presentan en el ámbito del transporte, complican la toma de decisiones en las empresas. A continuación:

Tipo de VRP	Objetivo	Formulación
Capacitado	Minimizar la flota de vehículos y la suma total del tiempo de transporte, y la demanda total de artículos para una flota mixta de vehículos de entrega con una capacidad uniforme que debe atender una demanda de clientes conocida para un solo artículo, con un mismo depósito y un costo de transporte mínimo.	$Q =$ Capacidad del vehículo Demanda total de la ruta = $Q : \sum_{i=1}^m d_i \leq Q$
Multidépósito	Minimizar la flota de vehículos, la suma total del tiempo de transporte, y la demanda total de artículos que deben ser entregados desde varios depósitos.	Se denotan el conjunto de depósitos como: $V_0 = \{v_{01}, \dots, v_{0d}\}$ Una ruta i es definida por $R_i = \{d, v_1, \dots, v_m, d\}$, con $d \in V_0$.
Periódico	Minimizar la flota de vehículos y la suma total del tiempo de transporte necesario para suplir todos los clientes. La planeación se hace para determinado periodo.	Cada cliente en el PVRP debe ser visitado k veces, donde $1 \leq k \leq M$. En el modelo clásico del PVRP, La demanda Diaria de un cliente siempre es fija.
Estocástico	Minimizar la flota de vehículos y la suma total del tiempo de transporte necesario para atender a todos los clientes en cada recorrido, se consideran aleatorios sus demandas, tiempo de servicio y/o transporte.	Clientes estocásticos: cada cliente v_i esta presente con una probabilidad p_i y esta ausente $1-p_i$. Demandas estocásticas: La demanda d_i de cada cliente es aleatoriamente variable. Tiempos estocásticos: Los tiempos de servicio δ_i y los tiempos de transporte t_i son aleatoriamente variables.
Backhauls (Retornos fuera de ruta)	El objetivo es encontrar un conjunto de rutas que minimice la distancia total transportada, los clientes pueden demandar o regresar algunos artículos. Así que se debe tener en cuenta que el vehículo no sobrepase su capacidad.	El costo de cada ruta es como en el caso de VRP, con restricciones adicionales. Una ruta es factible si solamente es de entrega, recogida y/o carga.
Entrega y Reparto	Minimizar la flota de vehículos y la suma total del tiempo de transporte, con la restricción de que cada vehículo debe tener la capacidad suficiente para transportar artículos que vayan a ser repartidos y unos de ellos recogidos en los clientes para regresarlos al deposito.	Dada una ruta $R_i = \{v_0, v_1, \dots, v_{m+1}\}$ y el vehículo asignado con una capacidad C donde: $C_p(v_k) \leq C$ y $C_d(v_{k+1}) > C$; $C_d(v_k)$ es la cantidad total de artículos entregados a todos los clientes del a todos los clientes del camino de una ruta que empieza en v_0 (deposito) y que terminan en v_k : $C_d(v_k) = \sum_{v_i \in P(1, v_k)} d_i$. $P(1, v_k)$ denota los clientes junto al camino desde el deposito hasta $C_d(v_k) = \sum_{v_i \in P(1, v_k)} d_i$, Incluyendo a este cliente.
Ventanas de tiempo	Minimizar la flota de vehículos, la suma total del tiempo de transporte y el tiempo de espera necesitado para atender los clientes en una hora determinada.	Una ruta será factible si $e_{0i} \leq b_{0i} \leq l_{0i}, 1 \leq i \leq m$ y $b_{0m} + \delta_{0m} + c_{0m,0} \leq l_0$ El costo de la ruta esta dado por $C_{VRPTW} = \sum_{i=0}^m c_{i,i+1} + \sum_{i=0}^m \delta_i + \sum_{i=0}^m w_{0i}$

Figura 7. Tipos de problemas en el cálculo de rutas

5.2 Fase dos: planteamiento de solución, datos necesarios definición de indicadores clave y variable aleatorias.

En el siguiente apartado se definen los indicadores clave para cada cálculo de forma que tengamos una noción clara de que vamos a calcular, porque y que se debe optimizar.

a. Planteamiento de solución:

Una vez identificado el problema que engloba la clasificación de los diferentes problemas que abordan la planificación del itinerario de las rutas. Se propone desarrollar un diagrama de flujo en comparativa con el problema inicial para identificar de manera visual los problemas encontrados y su solución.

a. Definición de indicadores clave para la optimización de rutas

Tal y como se indica en el documento, se plantea una metodología para encontrar el mínimo coste entre rutas, sin tener en cuenta ventanas de tiempo. La siguiente tabla recoge los dos indicadores principales en los que se centra el estudio:

Kilómetros por hora	<i>km/h</i>
Coste combustible por km	€ x km

Tabla 1. KPI's para el cálculo de rutas

b. Definición de variables aleatorias:

Si ya existen muchos factores que acomplejan la función de la gestión de las rutas por parte del departamento de tráfico en empresas transporte dentro de las empresas, sumamos los diferentes factores externos que acomplejan más aún la posibilidad de implantar nuevos procesos de mejora. Entendemos como variables fijas aquellas que afectan siempre al cálculo total de la ruta como son:

- Desnivel del pavimento, afecta al consumo medio de combustible del vehículo.
- Precio del combustible, que, a pesar de ser un precio variable, sabemos que se trata de un coste fijo.
- Tipo de camión y cilindrada que se utiliza para realizar el porte

Entendemos como variables aleatorias aquellas que de forma externa ocasionan reducciones de beneficio debido a los problemas que causan:

- Meteorología, las precipitaciones por lluvia o nieve pueden generar retrasos en la entrega de mercancías.
- Accidentes y obras generan atascos y retrasos en las carreteras
- Tiempos de espera en los diferentes puntos de carga o descarga

5.3 Fase tres: Diseño de algoritmo para el cálculo y optimización de resultados

Tal y como se concluye en la sección anterior, se detecta que la manera actual de trabajar de los clientes con la empresa como proveedora de transporte es demasiado aleatoria, sin previa planificación y, en consecuencia, sin posibilidad de anticiparse al mercado. A continuación, detallamos los cálculos de los procesos dentro del proceso para optimizar cada uno de los procesos en los que participan las diferentes partes.

f. Identificación de los datos necesarios para realizar los cálculos

Se requieren de datos que más adelante se utilizarán para estimar el calendario de rutas en base a la previsión de la demanda y la optimización de rutas en función a las variables aleatorias que minimizan la rentabilidad de las rutas. Los datos requeridos son los siguientes:

- Identificación de la tipología del porte, origen de la ruta y destino final y vehículo utilizado para realizar el transporte.
- Asignación de las variables aleatorias: El modelo para hacer el cálculo de las rutas no tiene en cuenta variables aleatorias que afectan directamente al coste del porte. Mediante conexión con servicios web de terceros y un previo análisis de la situación obtendremos estas variables y las aplicaremos en función a cada ruta obtenida.
- Históricos de demanda o de ventas: Estos datos son necesarios para obtener una previsión de la demanda con la que anticiparse a las peticiones de los clientes y crear un calendario de itinerarios en las rutas. Los datos se pueden obtener del ERP. En ocasiones la propia empresa para la que se trabaja no dispondrá del histórico por cualquier motivo, entonces lo que se plantea es hacer una previsión en base al Big Data de internet, la metodología de este proceso se detalla más adelante.

b. Cálculo de Previsión demanda

Lo que se pretende con esta metodología es intentar aproximar al mercado actual según sus tendencias del mercado. Esta metodología nos dará el número de ventas reales de un producto en función a su demanda global, o geolocalizada. Para ello debemos ir obteniendo diferentes datos e ir ajustándolos para finalmente obtener un número de ítem que podremos sumar a nuestra previsión de la demanda.

Según el tipo de producto, deberemos identificar el tipo de demanda en el que basar el modelo de predicción, con la finalidad de detectar patrones vamos a centrar nuestros modelos en pronósticos cuantitativos.

- Métodos de previsión de series temporales: El tipo de pronóstico utilizado es el método Holt – Winters, centrado en pronósticos con tendencias y estacionalidad.
- Métodos causales: El tipo de pronóstico es de regresiones múltiples, método con el que también trabaja nuestro modelo de aprendizaje para la IA.

Inicialmente partiremos de un modelo de tipo de pronósticos objetivos obtenido por parte del cliente, que en caso de no disponerlo podemos hacerlo en base a la información que nos facilite el research. Para pronósticos subjetivos utilizaremos el big data y la herramienta de research con el fin de identificar patrones.

En caso de no disponer de datos, podemos basar nuestras predicciones según el entorno para estimar micro pronósticos con márgenes anuales o mensuales.

Como comentamos con anterioridad, es necesario disponer para esta fase una amplia gama de datos, ya que esto nos permitirá cuantificar todo tipo de variables aleatorias como, por ejemplo, localizar meses de campañas de marketing,

Para el análisis de previsión de la demanda es muy importante tener en cuenta las tendencias de mercado y estacionalidades del producto según el tipo de negocio (local, nacional o internacional) de esta manera nos va a permitir apurar los datos en base a ciertas localizaciones. Interés o número de compras del producto mensual. Precio medio para calcular unos márgenes adecuados al mercado.

El método que vamos a utilizar es el método de Suavizado Holt-Winters centrándonos en que las variables solo se explican por el tiempo, ya que se presenta una tendencia y una estacionalidad.

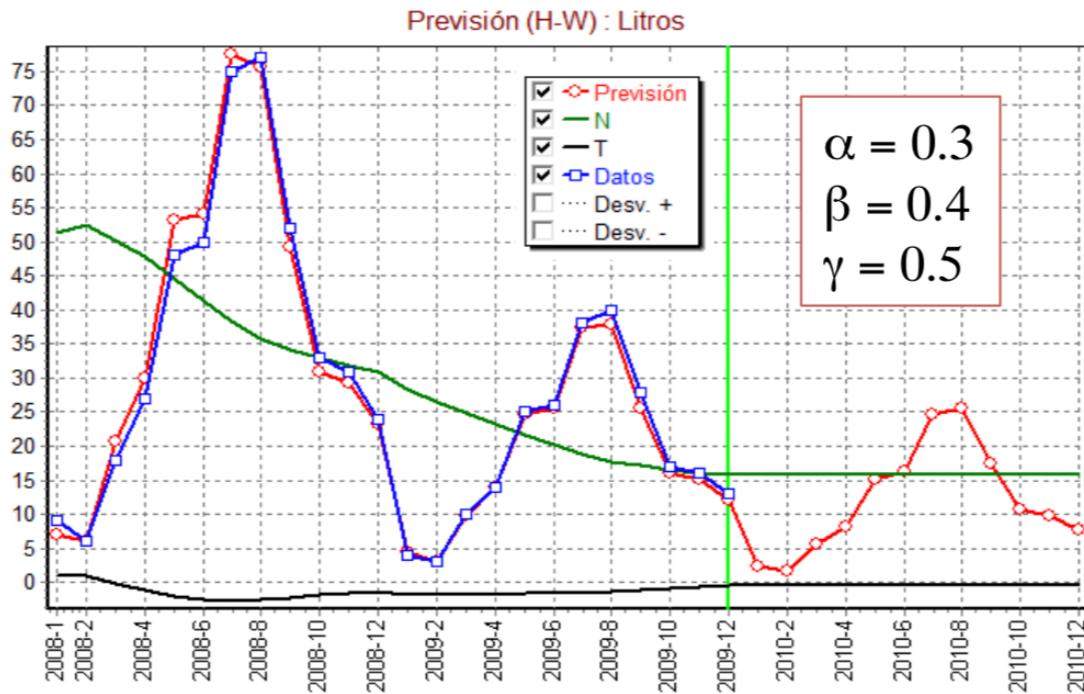


Figura 8. Metodología Holt-Winters, suavizado de series temporales

Si disponemos de suficientes datos, se debe aplicar un el método causal, ya que dispondremos de variables como el tiempo, la tendencia de mercado que nos permitirá aproximarnos más a la realidad además de implementarlos en nuestro sistema de aprendizaje automático.

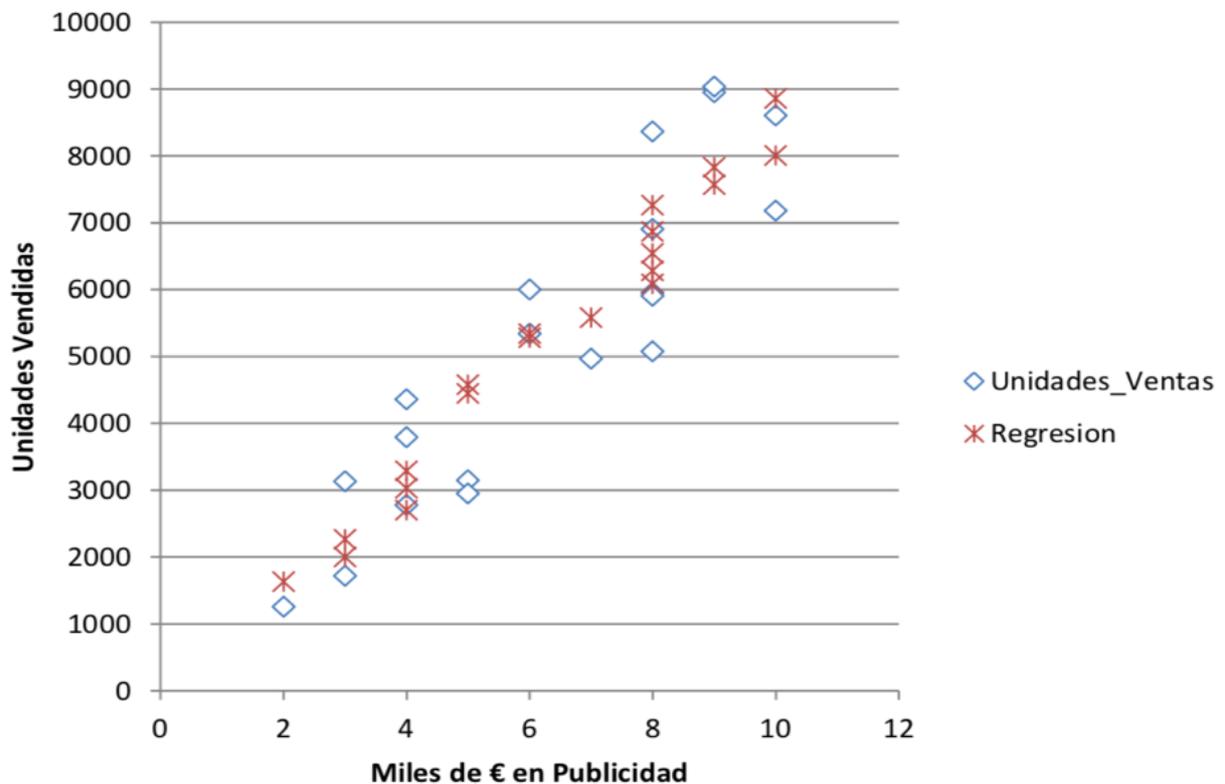


Figura 9. Metodología Regresión Múltiple

Para la previsión de la demanda estimamos que los indicadores finales serán el número de ítems que se van a transportar, ya que nos ayudará a calcular la disponibilidad del camión que ocupará y nos ayudará a poder llenar el contenedor con otros viajes y así poder aumentar la rentabilidad del viaje. También se calculará el MAPE, MAE, WAPE en base al error del pronóstico, que nos dirá el % de error y podremos sumarlo al número de ítems para no calcular por debajo el número de camiones necesarios para el transporte.

El error de pronóstico se interpreta como el porcentaje de error que se desvía del resultado de la realidad. Evidentemente, siempre que se realice un pronóstico va a existir un error, por lo que estos indicadores nos guiarán en cuanto al grado de acierto con el resultado real y a los resultados entre las diferentes comparativas entre sí de los métodos de previsión.

$e_t = Y_t - X_t$ <p>Formal $\rightarrow e_t = X_t - Y_t$</p>	[1]
$MSE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n e_t^2$	[2]
$MAD = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n e_t $	[3]
$MAPE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \frac{ e_t }{X_t} \cdot 100$	[4]

Tabla 2. KPI's Previsión de la demanda: Valores del error de pronóstico

c. Cálculo de rutas y optimización

En función al tipo de transporte que se realiza en la empresa vamos a elegir un modelo de cálculo u otro. Se va a aplicar una clasificación entre el tipo de porte que se va a realizar, esto nos dará unas restricciones que delimitarán el problema de cálculo.

La metodología seleccionada para la resolución del problema es del camino mínimo, aquel que busca el camino mínimo entre un punto de origen y un punto de destino en una red. Este problema también permite modelar otras situaciones como por ejemplo minimizar el coste total de una secuencia de actividades. Además, tiene en cuenta las probabilidades de que ocurra o no un suceso. Estos problemas se resuelven a través del algoritmo de Ford (1956) y el algoritmo de Bellman and Kalaba (1960), indicado especialmente para cuando en el grafo existan arcos hacia atrás. Se aclara a continuación un concepto básico de que es un nodo:

Un grafo, es un par $G = (V, A)$ donde V es un conjunto finito de elementos llamados vértices y A es un conjunto de pares de vértices a los que llamaremos aristas o arcos. Un ciclo, es una sucesión de vértices $u_1, u_2, u_3, \dots, u_p \in V$ tales que $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{p-1}$ son distintos, $u_p = u_1$ y $(u_i, u_{i+1}) \in A$. Si el ciclo contiene a todos los vértices de V , entonces se llama ciclo hamiltoniano².

Para la resolución del siguiente problema se ha decidido hacerlo mediante el algoritmo del problema de viajante de comercio por el hecho de que los vehículos deben volver a la base. Antes de pasar a definir en detalle en que consiste el problema del viajante de comercio.

<p>Comenzando por:</p> $\min \sum_{i \neq j} c_{ij} x_{ij} \quad [1]$	
<p>Sujeto a las siguientes condiciones:</p> $\sum_{j \in \delta^-(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V,$ $\sum_{j \in \delta^+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V,$	[2]
<p>Donde:</p> $\delta^-(i) = \{a = (j, i) \in A\},$ $\delta^+(i) = \{a = (i, j) \in A\}.$	[3]

Tabla 3. Definición del modelo TSP

d. Optimización del resultado en base a variables aleatorias.

Este aplicativo sobre todo está enfocado en poder asumir las variables externas con un mínimo margen de error. De esta manera si se provocan accidentes o repentinamente se producen eventos meteorológicos, podremos rectificar las rutas.

También este proceso está pensado para que el sistema se vaya retroalimentando de los sucesos como retrasos en las descargas, para poder ir ajustando el flujo de trabajo en función a las diferentes casuísticas. También esto nos va a permitir siempre saber la disponibilidad de los camiones en tiempo real. Además, gracias a los GPS del camión y a que se conocen los tiempos de cargas y descargas, se pueden estimar horarios de llegada y de recogidas.

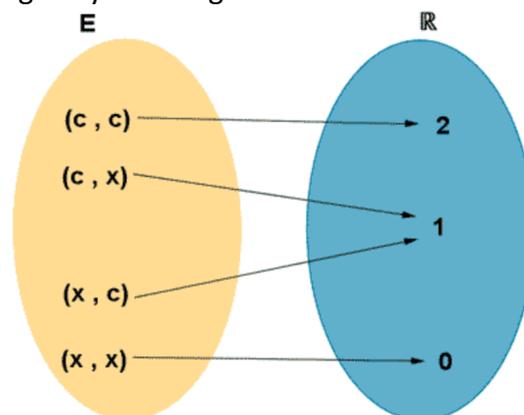


Figura 10. Variables aleatorias toma de decisiones

5.4 Fase cuatro: Diseño del software de la aplicación

Tal y como se menciona en el estado del arte, se plantea el diseño de una aplicación web con un dashboard para una fácil comprensión de los resultados. La propuesta como solución es un cuadro de

mando de business intelligence centrado en tres diferentes áreas que se realimentan entre sí. En el Anexo 1: Documento de estudio y diseño Lean UX del software se encuentra detallada la metodología y los wireframes seguidos para el prototipado del software.:

En el siguiente esquema observamos de color naranja las diferentes áreas dónde más adelante se detallan las metodologías detrás de cada área. De color azul encontramos las diferentes funcionalidades que se desarrollan en cada área. A raíz de este esquema se plantea una aplicación donde se engloben las funcionalidades y las diferentes secciones que se desarrollen para interactuar con el sistema.



Figura 11. Áreas de desarrollo para software

a. Definición de las diferentes áreas en base a las que se ha diseñado el software

- b. Área de research de datos: centrada en la clasificación y entrada de datos. Sus funcionalidades son cualificación de cliente, porte e investigación de mercado.
- c. Área de cálculo: centrada en el cálculo de previsiones y rutas. La ia del sistema aconseja en base a resultados entrenados.
- d. Área de analítica en tiempo real: dashboard de kpi's y monitorización de vehículos y variables aleatorias

e. Secciones y funcionalidades

Cada sección esta centrada en resolver un problema en concreto. Se proponen cinco vistas o secciones, a las que se accederán desde la barra lateral de la aplicación. Las secciones son las siguientes:

- Dashboard principal (Área analítica): Es un resumen de toda la actividad con los indicadores más importantes. Esta sección se alimenta de los resultados del resto de secciones.
- Sección de calificación/cliente (Área research): Esta sección es muy similar a un formulario de contacto donde se añaden clientes. Cada vez que se creé un nuevo porte el sistema lo clasifica en función a la reiteración de esta y si es una ruta que ya se ha trabajado. La metodología asociada a este paso es la del cuadrante de decisión.
- Sección de calendario de viajes (Área analítica): Esta sección es parecida a un calendario con graficas de resultados. Básicamente en función a los datos introducidos, a los datos del research y a las predicciones de la IA del sistema. Se crean patrones de ajuste donde reserva camiones o portes en función a la demanda. Es necesario una recolección de datos en función a las tendencias de mercado y el cálculo de rutas.

- Sección de tendencias mercado (Área research): Esta sección es una herramienta de research que utiliza APIs de terceros para alimentarse en función a una búsqueda (query). Este modelo generará un modelo predictivo el cual se alimenta de los datos de históricos de demanda/ventas para ajustarla al mercado.
- Sección de cálculo de rutas (Área de cálculo): Es una sección creada para el diseño de rutas y cálculos de los diferentes resultados. Tira de los datos de APIs como Mapbox y Google Maps, que además de permitirnos conocer las distancias y ciertos eventos como obras, climatología... también nos permitirá añadir nuestros propios eventos aleatorios a las rutas. En función a la IA nos recomendará una u otra.
- Sección de Tráfico en vivo (Área de analítica): Esta sección es un panel en vivo de la situación actual de la planificación de rutas del día y la localización de vehículos. Además es donde podremos detectar las alertas y modificar las rutas. Esta directamente se alimenta de los Tacografos y GPS de los camiones, el calculo de las rutas y el calendario de previsiones.
- Asistente de TTE (Inteligencia Artificial): Básicamente es un chatbot con IA, que en función a datos entrenados va haciéndote recomendaciones y proponiéndote ajustes en tus decisiones como viajes, previsiones, ajustes de rutas, planificación del calendario.

5.5 Fase cinco: Optimización del algoritmo en base a datos Big data Internet y variables en tiempo real

Las técnicas de previsión de la demanda nos ayudan a resolver varios problemas relacionados con problemas de sobrestock, o apoyo a la planificación de la parte logística en función a la demanda o ventas. Personalmente me inclino por las predicciones en base a ventas ya que, de la demanda de mercado, este es el valor real que nosotros cubrimos dentro de la capacidad de absorber dicha demanda. En ocasiones se cuentan con históricos de datos donde no se segmentan las ventas en función a cada canal u acción específica contemplan la totalidad de las ventas de cierto canal (como puede ser el online, por ejemplo). Lo cual nos genera un coste de oportunidad ya que no estamos afinando a la hora de detectar los canales más beneficiosos para nuestro producto o estrategia específica.

Actualmente las telecomunicaciones aportan una gran ventaja competitiva para las empresas con departamentos TIC mentalizados de la importancia de los datos en una era de la información instantánea. Por lo tanto, una buena estrategia es utilizar toda información posible para optimizar la producción, ventas, logística... Teniendo en cuenta el crecimiento exponencial de las ventas por canales online, no aprovechar esta oportunidad genera un gran coste de oportunidad en las empresas.

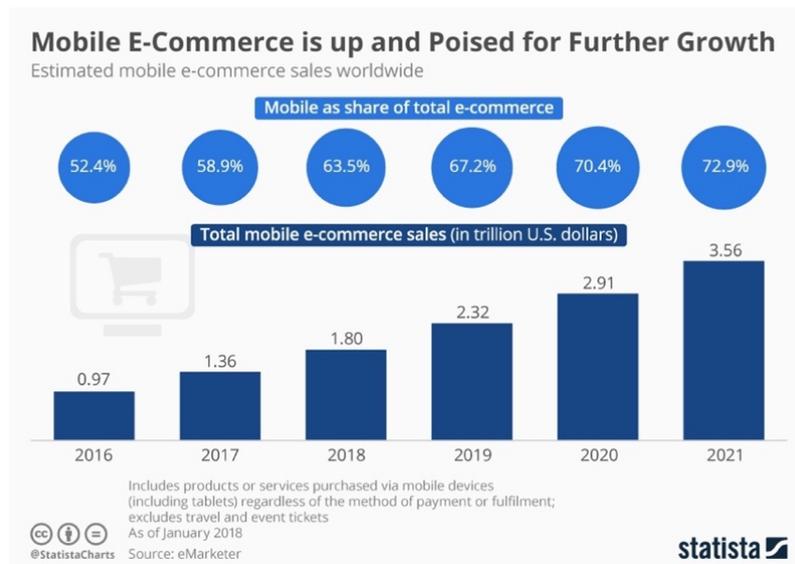


Figura 12. Crecimiento E-commerce Mobile 2018

Cabe destacar que para este apartado de optimización sólo tendremos en cuenta factores Online, los factores Offline sólo los podremos contrastar mediante información de primera mano e informes contratados. Herramientas utilizadas para la optimización en base a big data.

e. Metodologías y herramientas para la optimización de resultados para las previsiones de la demanda

A continuación, diferenciamos las metodologías y herramientas utilizadas para la optimización de cada sección Interpretación de búsquedas (sin histórico por parte de la empresa): Interpretación de la intención de búsqueda por parte de los usuarios en base a las patentes de Google. En el Anexo 3 se adjunta una problemática resuelta con la optimización de Big Data.

- Tendencias y estacionalidad de palabras clave: La herramienta a utilizar en este apartado es Google Trends, un buscador que desde 2004 esta almacenando la tendencia de búsquedas por países y periodos. Siendo 100 el mayor índice de búsqueda. También apoyaremos los datos de google en base al INE, donde podremos recabar informes y datos más específicos de sectores laborales.
- Promedio de búsquedas de una palabra: Para este apartado vamos a utilizar herramientas de marketing digital, que nos proporciona Google Ads y diferentes partners de redes sociales como Facebook. Esto nos ayudará a establecer un valor al periodo más alto de las tendencias
- Monitorización de precios: La monitorización constante de los competidores nos va a aportar ventajas competitivas ya que además de poder detectar ciertas promociones de la competencia, aumentos de demanda, si no que ayuda a descubrir nuevos competidores. Factor clave en un mercado globalizado como esté. Las herramientas utilizadas son Minderest, Ahrefs, Unicorn Smasher, Amaprofits, Merchant Words.
- Ratios de conversión por sector: Este indicador se utiliza para el cálculo del porcentaje de ventas o conversión en base a un número de búsquedas de una determinada palabra o producto en este caso. Esto nos ayudará a definir el número medio de ventas de las cuales vamos a ser capaces de absorber.

Rank	Categoría	2017	2018	Difer	Growth
1	<u>Home Accessories and Giftware</u>	0.65%	0.91%	0.26%	39.97%
2	<u>Cars and Motorcycling</u>	1.14%	1.38%	0.24%	20.88%
3	<u>Arts and Crafts</u>	3.51%	3.74%	0.24%	6.73%
4	<u>Baby & Child</u>	0.63%	0.65%	0.03%	4.49%
5	<u>Agricultural Supplies</u>	0.61%	0.63%	0.02%	3.54%
6	<u>Pet Care</u>	2.27%	2.28%	0.01%	0.62%
7	<u>Kitchen & Home Appliances</u>	1.86%	1.82%	-0.03%	-1.87%
8	<u>Electrical & Commercial Equipment</u>	2.99%	2.88%	-0.10%	-3.51%
9	<u>Health and Wellbeing</u>	2.12%	2.01%	-0.11%	-5.07%
10	<u>Food & Drink</u>	0.89%	0.69%	-0.21%	-23.33%
11	<u>Sports and Recreation</u>	1.41%	1.08%	-0.33%	-23.57%
12	<u>Fashion Clothing & Accessories</u>	1.34%	0.87%	-0.47%	-34.82%

Tabla 4. Modelos de conversión en base a las diferentes categorías de retail

5.6 Fase seis: Creación de algoritmo machine learning y asistente IA

Esta última fase nos va a ayudar a entrenar un modelo matemático para crear un asistente de tráfico que sea capaz de advertirnos de posibles eventos o imprevistos y de que, a la hora de realizar una acción, tenga en cuenta otras variables y simular problemas en función a todos los posibles resultados. De esta manera este asistente será capaz de avisarnos si por ejemplo asignamos un porte sin tener en cuenta el abastecimiento de otro cliente el cual tenemos reservada una flota mínima, o si aceptas un viaje como puede perjudicar al resto de portes. Por ejemplo, cuando se produzcan retrasos que sea capaz de reagrupar el cuadro de tráfico. Es la idea de que existen algoritmos que pueden darte hallazgos o conclusiones relevantes obtenidas de un conjunto de datos, sin que el ser humano tenga que escribir instrucciones o códigos para esto.

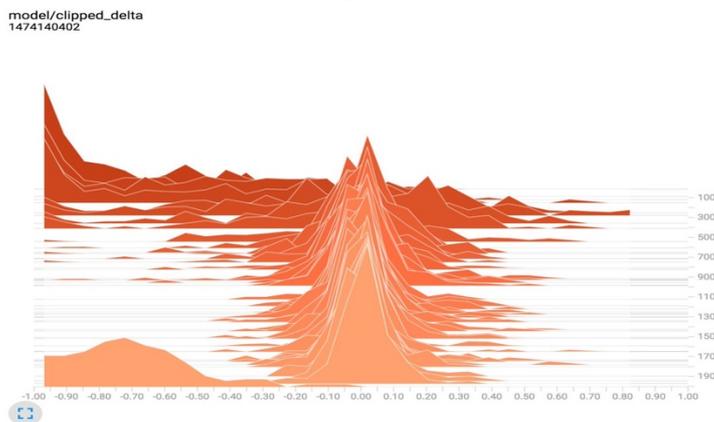


Figura 13. Ejemplo de resultados de entrenamiento de una IA aplicado con Tensorflow

a. Creación y definición de algoritmo

Se plantea una metodología de Algoritmos genéticos antagónicos. El genético es el encargado de ir creando soluciones en base a diferentes poblaciones y el antagónico, el que supervisará los resultados. Para el algoritmo genético se optará por fijar los márgenes, y para el antagónico se decidirá el asistente de tráfico, donde necesitamos crear un modelo de machine learning que permita a la parte genética ir aprendiendo a tomar decisiones. Para ello debemos de tener muy bien definido el flujo de toma de decisiones que tiene lugar a la hora de desarrollar esta metodología.

- **Supervised learning: Depende de datos previamente etiquetados**, como podría ser el que una computadora logre distinguir imágenes de coches, de las de aviones. Para esto, lo normal es que estas etiquetas o rótulos sean colocadas por seres humanos para asegurar la efectividad y calidad de los datos. Ejemplos: reconocimiento de voz, detección de spam, reconocimiento de escritura, entre otros.

b. Simulación de rutas y optimización en base a IA

Para obtener resultados aproximados a los reales, la base de datos de la IA se irá alimentado de las rutas calculadas, de las posibles rutas en función a todas las variables aleatorias y de que resultado podrían haber sido más beneficiosos si se hubiesen tomado otras decisiones. Y se puede ir entrenando para que siempre ajuste los resultados en función a obtener el mínimo coste unitario.

- **Reinforcement learning:** En este caso particular, la base del aprendizaje es el refuerzo. **La máquina es capaz de aprender con base a pruebas y errores** en un número de diversas situaciones. Ejemplos: navegación de un vehículo en automático, toma de decisiones, etc.

c. Herramienta Tensor Flow:

TensorFlow es una biblioteca de código abierto para aprendizaje automático a través de un rango de tareas, y desarrollado por Google para satisfacer sus necesidades de sistemas capaces de construir y entrenar redes neuronales para detectar y descifrar patrones y correlaciones, análogos al aprendizaje y razonamiento usados por los humanos.

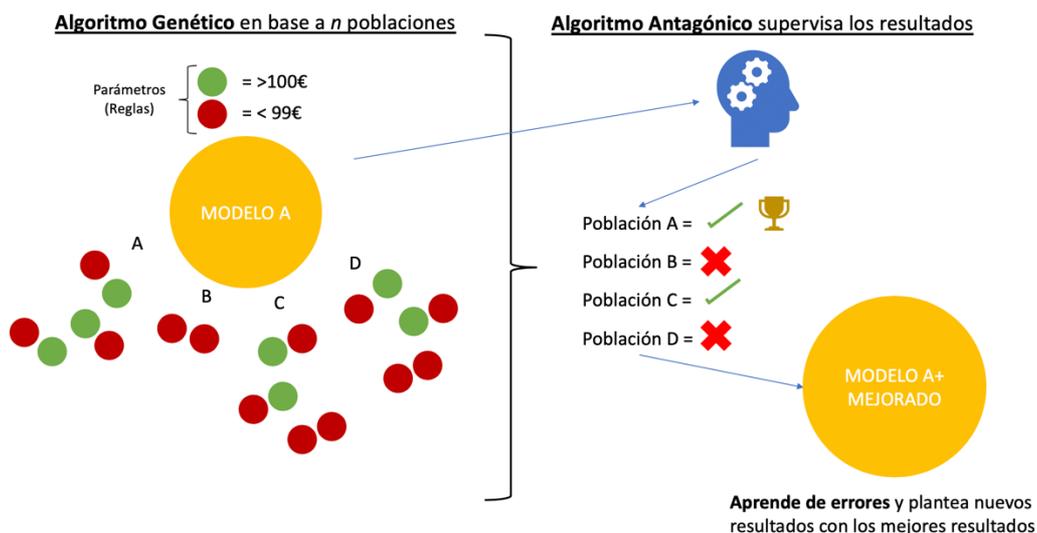


Figura 14. Algoritmo genético antagónico

6 Aplicación de la metodología

En base a la información que facilita el CEO de la empresa de LEVANTE POR SERVICE, agencia naviera de transporte que comenzó como empresa familiar de tres camiones en 1990 y que actualmente en 2018 cuenta con más de sesenta camiones en plantilla, su crecimiento pasó por fases turbulentas para las cuales se decidió apostar por un software de gestión ante la necesidad de un crecimiento escalado y ordenado. Esta decisión según remarca el CEO, fue clara y decisiva para consolidar el volumen de negocio que gestionan hoy en día y que da pie a trato con grandes marcas como Pascual, Mercadona o transporte del betún refinado de petroleras como Cepsa o Repsol. Tal y como indicamos, el software desarrollado nace ante la necesidad de digitalizar una empresa OT de logística con el fin de centralizar toda la información, controlar mejor los procesos, situación de flotas y administrar márgenes positivos en las cuentas de resultados. Tras pedir presupuestos a grandes compañías, se decidió y opto por el desarrollo in-house para reducir costes. Diez años después, se ha creado una empresa filial de la agencia Levante, dónde se desarrollan, mejoran y analizan los diferentes procesos llevados a cabo dentro de las empresas que trabajan con nuestro software. La conclusión del proyecto es el desarrollo de un software como cuadro de mando que permita al usuario tomar decisiones analíticas en base a las metodologías de grafos, big data en internet y predicción de modelos. En el apartado del aplicativo vamos a dividir esta sección en dos apartados principales

- Aplicativo de la metodología y comparación de resultados. Es el detalle de la resolución a un caso práctico aplicado en la empresa dónde se compararán los resultados en base a la metodología actual versus la nueva metodología. La intención es la de comprender el uso de la herramienta y entender la metodología empleada.
- Diseño del software: Creación de la aplicación y funcionalidades: Dónde se observará en detalle cada interfaz de la aplicación. Por medio del Lean Ux, cada apartado de la aplicación se detallará con un diagrama de flujo, un prototipo con una vista detalla y un resumen de las funcionalidades Anexo I

6.1 Problemática planteada.

La empresa Levante, realiza muchos portes con sus clientes y se va a aislar un problema concreto. A continuación, se observan el numero de portes en un año por parte de la empresa de Bollería BJV, manufacturera de tartas para su distribución en grandes superficies de alimentación:

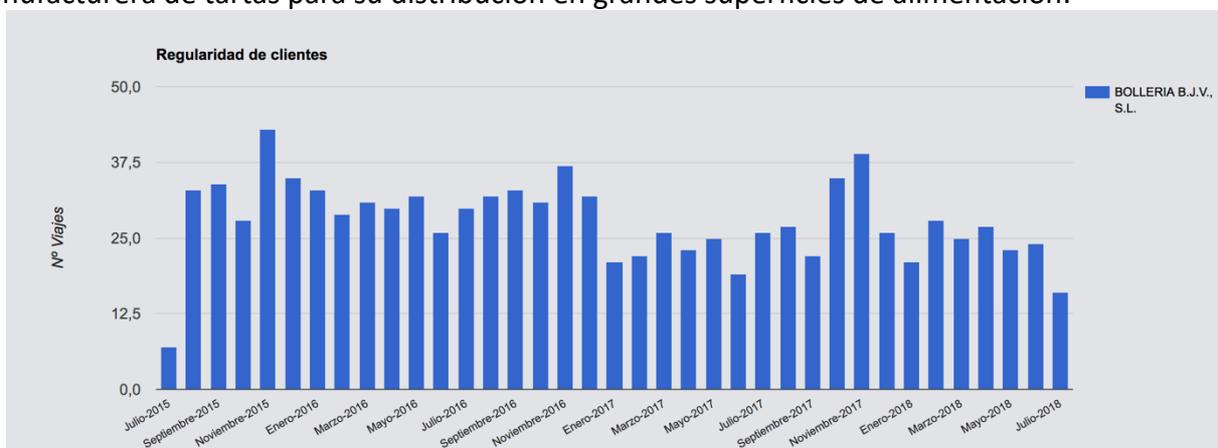


Figura 15. Histórico de portes de Metaltex

6.2 Fase 1: Análisis de la metodología para resolver la problemática actualmente.

En esta fase vamos a intentar recoger el máximo número de datos posibles para dos de las áreas donde se aplicarán los cálculos de la metodología, por un lado, tenemos el área de previsión de la demanda (producción) y por otro el área de cálculo de rutas (logística). Cabe distinguir estos dos apartados porque para cada una de estas secciones se diferenciarán entre diferentes indicadores. Las diferentes acciones planteadas para esta fase son:

- Actividades clave de la empresa
- Evaluación del origen y destino de las rutas
- Diagrama de flujo
- Recolección de datos y clasificación de los datos
- Definición de problemas

g. Actividades clave realizadas en la empresa

En la empresa levante se realizan portes de material. A continuación, se detallan las diferentes tipologías de portes y que manera lo aborda la empresa de Levante:

- Transporte Convencional: Transporte por carretera enfocado normalmente para el transporte paletizado de productos. Normalmente suele darse en que el reparto comparte diferentes tipos de palets, dirigidos a diferentes clientes para poder cargar al máximo el camión y maximizar los beneficios. Se suele dar un único viaje cuando el cliente compra consigue abordar toda la capacidad del camión. En principio va a utilizar toda la capacidad del camión

h. Evaluación del origen y destino de las rutas

Desde el punto de vista de una naviera de transporte, tenemos los siguientes roles empleados en el proceso:

- Ruta: Origen puerto de Alicante, Recogida en San Vicente, Transportes a Villena, Alcoy, Ontinyent y Valencia.

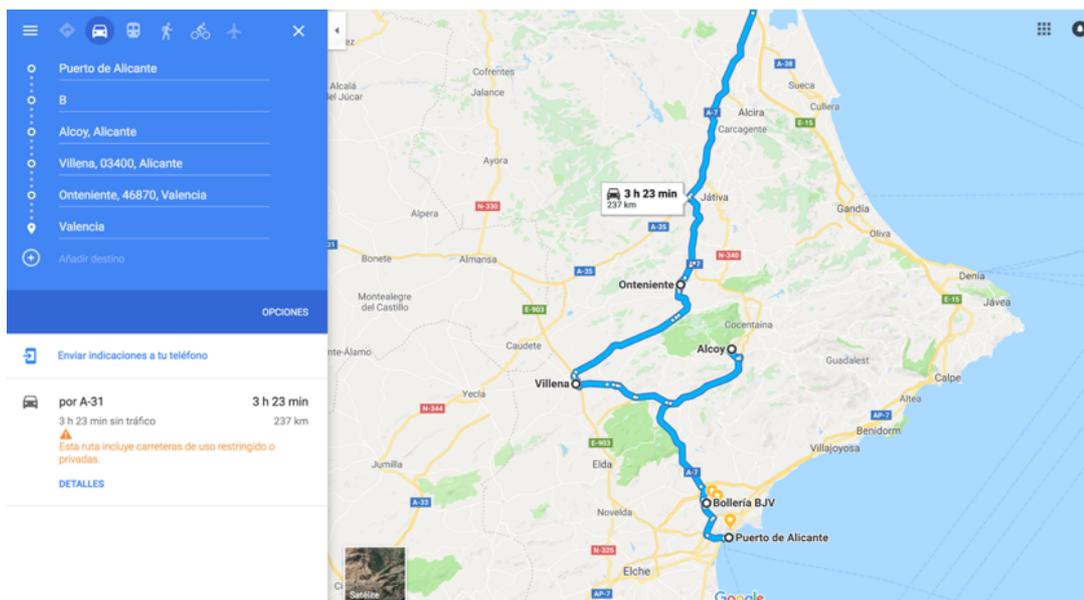


Figura 16. Planificación de ruta

k. Definición de problemas: Factores críticos a tener en cuenta

Si ya existen muchos factores que acomplejan la función de la gestión de tráfico en el apartado de la logística de transporte dentro de las empresas, le sumamos los diferentes factores externos que acomplejan más aún la posibilidad de implantar nuevos procesos de mejora.

Según la investigación llevada a cabo dentro de los procesos logísticos se desprecian las nuevas tecnologías por falta de cultura en las empresas. Esto genera una serie de paradigmas que se abordan a continuación:

- El cliente/proveedor no trabaja con previsiones de demanda. Tanto a nivel de producción como con sus clientes, por lo tanto, no facilita un documento para la previsión de la demanda ni ordenes de producción y esto acompleja la toma de decisiones.
- Para la elección de rutas nos basamos en los datos que facilita la API de Google maps, pero no se trabaja con algoritmos para la optimización de rutas con el fin de explorar diferentes soluciones alternativas.
- No se lleva un control exhaustivo de los márgenes segmentado por tipo de artículo y tipología de cliente (estacionalidad, campañas de marketing y eventos aleatorios).
- No se planifican las rutas de forma independiente en función a los planes de producción de las empresas, tipo de bien que se produce y variables de estacionalidad de los diferentes productos.
- No se utilizan los datos de históricos anteriores e informes de consumo para optimizar los márgenes en función a la experiencia.
- Las empresas no se apoyan del software para hacer predicciones o automatizar tareas.
- Existe un desconocimiento de la cultura empresarial en gran parte de las empresas.
- No se intenta reaprovechar los viajes de vuelta con cargas para destinos cercanos, pudiendo ejercer una logística en base a la movilidad de los diferentes choferes.
- Los clientes se rigen en base a la política del “aquí y ahora” ejerciendo una gran presión sobre proveedores y ajustando al máximo posible los márgenes para estos.
- La falta de comunicación dentro de las diferentes estructuras de la empresa complica la posibilidad de un trabajo colaborativo que proporcione siempre resultados Win to Win.
- Es muy complejo controlar variables aleatorias y esto implica una monitorización constante.

6.3 Fase 2: definición de indicadores clave y variable aleatorias.

En el siguiente apartado se definen los indicadores clave para cada cálculo de forma que tengamos una noción clara de que vamos a calcular, porque y que se debe optimizar.

c. Definición de indicadores clave para la optimización de rutas

Kilómetros por hora	90 km	[1]
Coste combustible por km	1,29 €/l	[2]

- Tabla 4. KPI's para el cálculo de rutas

d. Definición de variables aleatorias:

Tal y como se define en el apartado X, vamos a clasificar las variables en función a fijas y aleatorias. Entendemos como variables fijas aquellas que afectan siempre al cálculo total de la ruta como es:

- Desnivel del trayecto, afecta al consumo medio del vehículo: Alcoy 10%
- Precio del combustible: 1,29€

- Tipo de camión que se utiliza para realizar el porte: Consume 133L cada 100 km
- Meteorología: Despejada
- Accidentes: No hay
- Obras: Carretera de Villena

6.4 Fase 3: Diseño de algoritmo para el cálculo y optimización de resultados

Tal y como se concluye en la sección anterior, se detecta que la manera actual de trabajar de los clientes con la empresa como proveedora de transporte es demasiado aleatoria, sin planificación u en consecuencia sin posibilidad de anticiparse al mercado. A continuación, incluimos tres procesos dentro de la cadena para optimizar cada uno de los procesos en los que participan las diferentes partes.

f. Diseño de solución: Diseño de algoritmos de cálculo

Se divide en dos áreas:

- Previsión de la demanda (o bien optimizada o simulada)
- Cálculo de rutas

Por un lado, se debe de implantar la filosofía de exigir un mínimo compromiso para aportar previsiones de demanda a la hora de formalizar los contratos, de esta manera siempre se puede tener margen de maniobra en función a las diferentes variables. Además, si proporcionamos a los clientes herramientas y formación para que puedan optimizar su previsión de la demanda y optimizarla gracias al big-data, se concienza de que gracias a sus históricos junto con la cantidad de datos que existen todos los componentes de la cadena minimizarán los gastos. Todos estos datos ofrecen la posibilidad de optimizar y entender analíticamente donde y como se están logrando y fallando en la consecución de objetivos. Finalmente, el contar con esta previsión de la demanda va a permitir predecir los días en los que un cliente va a necesitar que sea aprovisionado y aproximar cuanto tiempo estará el chofer en la zona, pudiendo incluso aprovechar el viaje de vuelta para maximizar el margen de beneficio por medio de portes de terceros. Además de ofrecer una solución flexible se aumentan los márgenes de rentabilidad gracias a que otros proveedores pueden disponer de choferes en el momento necesario de hacer un porte sin necesidad de contar con una flota propia. A posteriori, pasaremos todos los datos de las rutas por un sistema de machine learning de forma que sea capaz de predecir resultados en base a una configuración previa y los eventos sucedidos durante el viaje. Gracias al machine learning se va a poder entrenar el sistema con diferentes pedidos simulados de la misma índole para ayudar a apurar sus predicciones.

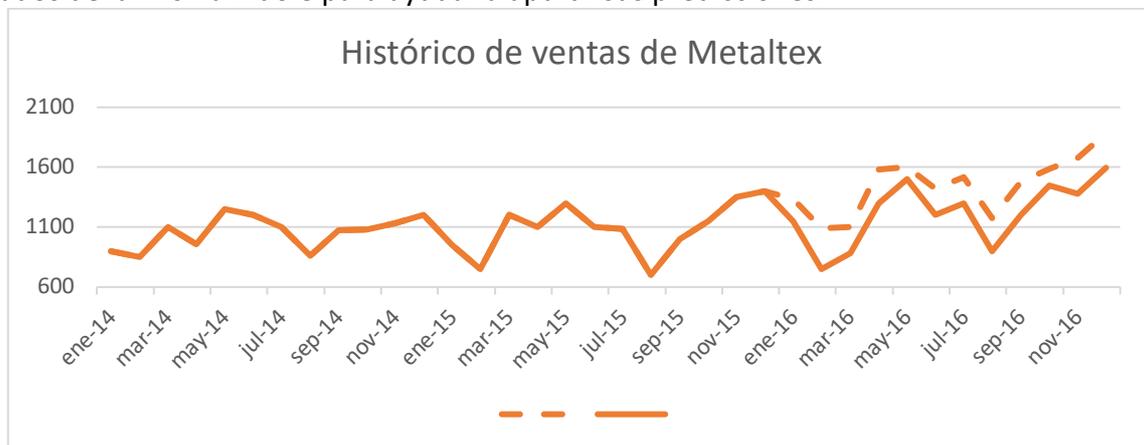


Figura 18. Histórico de ventas de Metaltex

g. Cálculo de previsión demanda optimizada o simulada

Lo que se pretende con esta metodología es intentar aproximar al mercado actual según sus tendencias del mercado a la situación actual de la empresa. El objetivo de este cálculo es el de obtener una previsión de la demanda más optimizada en base a los datos de consumo, o bien, una simulación de la previsión de la demanda en caso de no tenerla. Esta metodología se plantea para obtener el número de ventas reales de un producto en función a su demanda global, o geolocalizada. Para ello debemos ir obteniendo diferentes datos e ir ajustándolos para finalmente obtener un número de ítems que podremos sumar a nuestra previsión de la demanda y obtener una aproximación de la realidad.

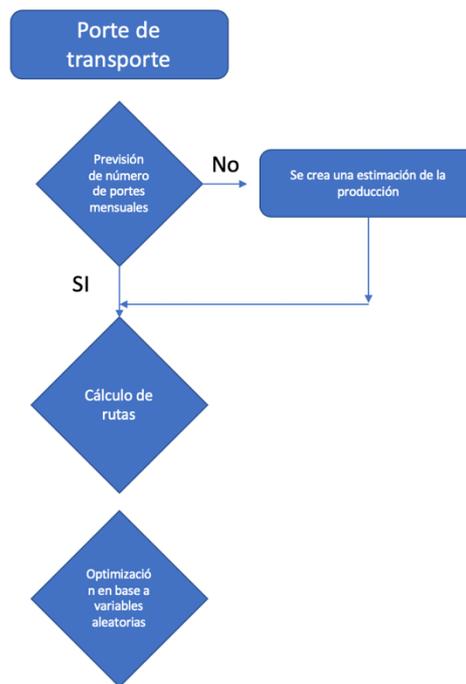


Figura 19. Toma de decisiones

Clasificación del tipo de pronóstico en base a la tipología de producto

Según el tipo de producto, deberemos identificar el tipo de demanda en el que basar el modelo, con la finalidad de detectar patrones vamos a centrar nuestros modelos en pronósticos cuantitativos.

- Métodos de previsión de series temporales: El tipo de pronóstico utilizado es el método Holt-Winters, centrado en pronósticos con tendencias y estacionalidad.

Resultados obtenidos en base a la previsión de la demanda.

Contamos con una previsión de la demanda para X años, en hoja de Excel y la volcamos al proyecto. En base a los datos de analítica y la previsión se obtiene una previsión de la demanda optima:

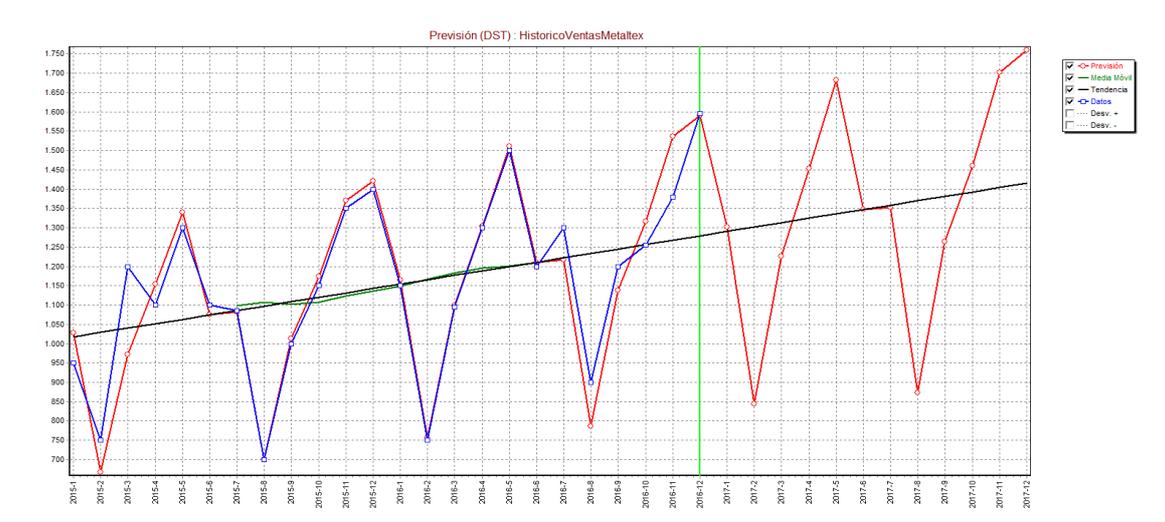


Figura 20. Resultados gráficos de la previsión de la demanda

Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Erro				
	Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE	sMAPE	MRAE	ReIMA	ReIRM	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
	THT (0,5)	9856,54	99,28	59,45	4,45	4,66	0,51	0,31	0,45	-0,80	56,52	78,26	78,26

Figura 21. Resultados numéricos de la previsión de la demanda

6.4.1.1.1 Corrección de la optimización del Big Data:

El problema de esta consultoría radica en que la empresa no se ha preocupado en medir y registrar los históricos de la demanda de sus productos, de lo contrario solo han registrado el histórico de ventas y además no se han tenido en cuenta las de canales online

Al no contabilizar el número de ventas online con algún sistema de información como CRM o ERP para canales como web, Amazon o Ebay registrado. Los datos que nos han facilitado **no son reales**, entonces nosotros planteamos resolver este problema de la siguiente manera:

- Estimación de ventas **online** para ajustar la demanda en base a una estimación de las posibles ventas del canal online teniendo en cuenta las búsquedas mensuales de su producto y factores de conversión. (Apartado 6.5.1)
- Modificar el histórico del último año (2016) teniendo en cuenta el canal online. Para obtener una previsión basada en el histórico de ventas offline más el canal online con un horizonte de 3 años. (Apartado 6.5.2)

6.5 Corrección de los datos para obtener previsión de ventas del canal online:

Tal y como hemos definido en nuestra metodología necesitamos obtener los siguientes datos para la previsión de ventas:

- Dato 1: Cantidad total de búsquedas mensuales
- Dato 2: Tendencias de búsquedas de una palabra en función del mes
- Dato 3: Porcentaje de conversión por internet que tiene un producto cada vez que una persona realiza una búsqueda relacionada con “colgador de tazas”

6.5.1 Cálculo de dato 1: Número de búsquedas mensuales del producto:

Para determinar el número total de búsquedas, primero hemos definido las diferentes variantes y usos que se le da a estos productos en base a búsquedas en motores como Google y Amazon:

- **Google:** Búsquedas orgánicas informativas y transaccionales



Figura 22. Búsquedas orgánicas de una palabra clave

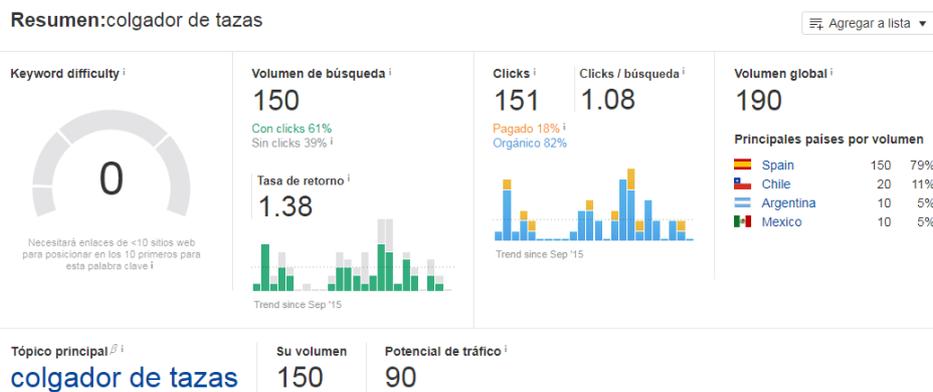


Figura 23. Cantidad de búsquedas orgánicas de una palabra clave

- **Amazon:** Búsquedas transaccionales (que generan una compra)

Keywords	Volumen	Contexto
colgador de tazas	300	Hogar
colgador de tazas para armario	200	Hogar
colgador de tazas grandes	200	
colgador de tazas pared	< 100	
colgador de tazas de cafe	< 100	
colgador de tazas madera	< 100	
colgador de tazas cafe	< 100	
colgador de tazas cocina	< 100	Hogar

Figura 24. Búsquedas orgánicas dentro del propio Amazon

Asumimos que el número de búsquedas mensuales tanto en Google, como en el gigante Marketplace de Amazon, es de un total de **1250**. Como este dato no es del todo real ya que el producto tiene una estacionalidad y no todos los meses se realizan las mismas búsquedas, por lo tanto, el siguiente paso es calcular el dato 2, para obtener la estacionalidad de las búsquedas.

6.5.2 Cálculo de dato 2: estacionalidad y corrección de ventas online en base a la tendencia de búsquedas del producto según los meses.

En los últimos 5 años observamos que es un producto que tiene bastantes picos de búsquedas, al igual que hay meses que no hay búsquedas. **Esto repercute en que hay meses que se reducirá el stock y otros meses habrá que aumentar su producción:**

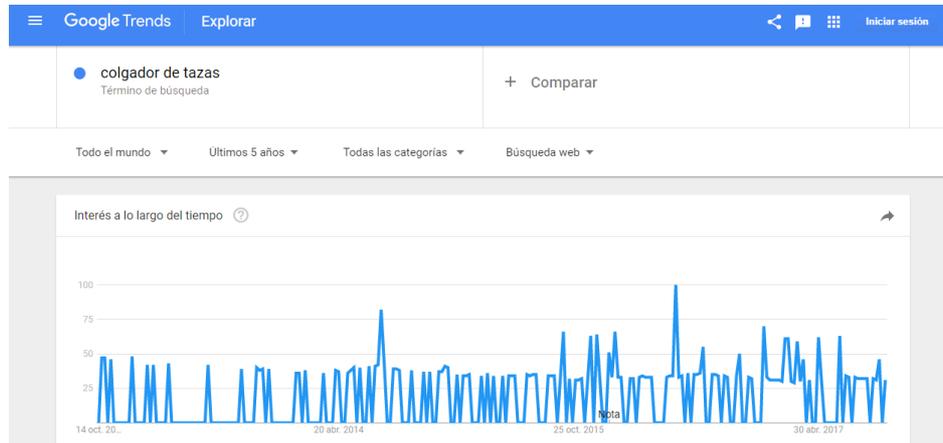


Figura 25. Histórico de la tendencia de búsquedas a lo largo de 5 años

Para obtener con certeza su previsión observamos que se trata de un producto con picos de venta en **octubre, noviembre** (inicio de nuevos cursos, reformas cambios de vivienda) y en **junio, julio** (meses en los que se realizan reformas para aprovechar las vacaciones).

A continuación, adjuntamos el gráfico de la demanda, y tendencia de búsquedas. Google te permite exportar una tabla en CSV con valores de tendencia de búsqueda, dando un valor 100 al mes de más búsquedas (1250 tal y como hemos calculado en el apartado anterior) y un valor de 0 al mes que no ha habido búsquedas. En el apartado **6.5.4** adjuntamos la tabla con los datos obtenidos para hacer el cálculo de las ventas.

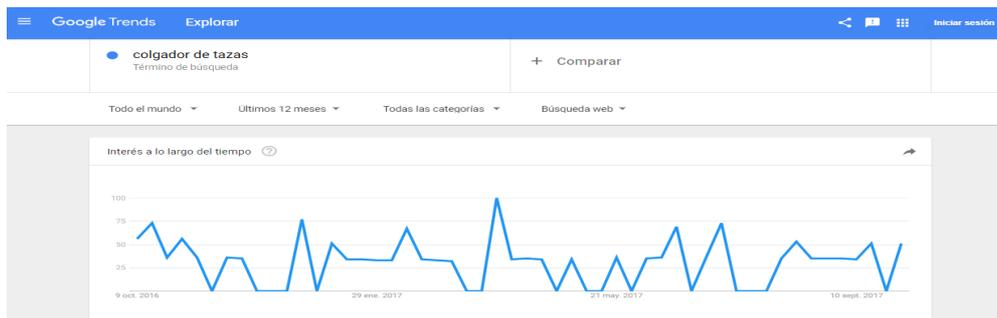


Figura 26. Histórico de la tendencia de búsquedas en 12 meses

Conclusión: Observamos 2 tipos de tendencias, pero tenemos que conocer la conversión de estas búsquedas que calcularemos con el DATO3:

- Meses de alta demanda: Noviembre, marzo y julio
- Meses de baja demanda: Septiembre, diciembre

6.5.3 Cálculo de dato 3: Tasa de conversión datos obtenidos de producción obtenidos y los dos principales competidores.

Finalmente se exporta un Excel con todos los datos obtenidos. Para ello la empresa, nos ha facilitado sus datos directamente, para sus competidores hemos utilizado una herramienta de análisis de Bussines Intelligent y monitorización de precios, el objetivo es obtener el % de conversión del producto, que se trata de **un 50% en base a las búsquedas**. Es decir, de cada dos búsquedas, una se convierte en compra:

Los datos se han obtenido del histórico de ventas de los competidores:

- Rayen: <http://gruporayen.com>
- Wenko: <https://www.wenko.de/es/>

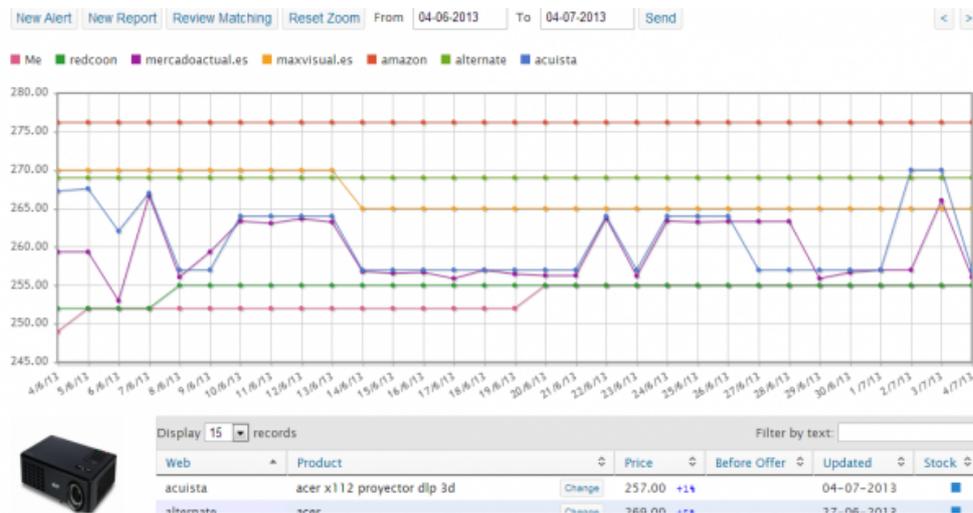


Figura 27. Histórico de la tendencia de precios Online con software Minderest

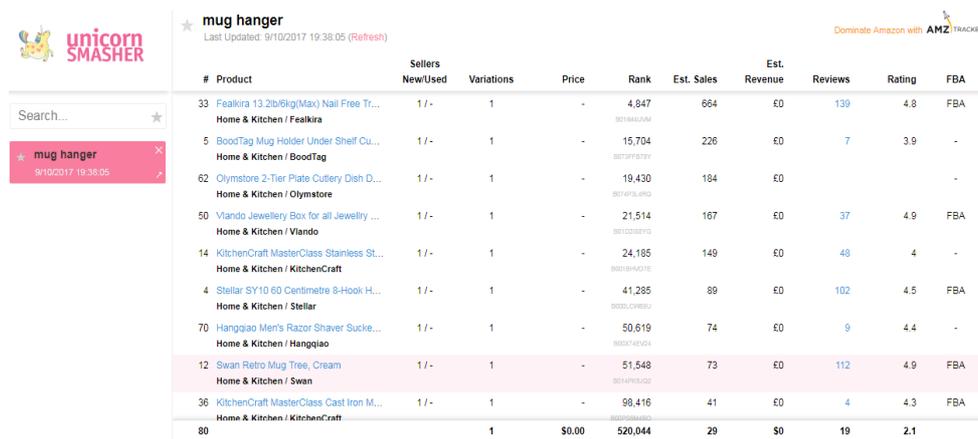


Figura 28. Histórico de la tendencia de ventas en Amazon con software Unicorn Smasher

Conociendo que el producto en concreto tiene un total 1250 búsquedas mensuales con un 50% de conversión (dato obtenido del software de BI), deducimos que el mes de más demanda tendrá que producir 650. Ya que de cada 1250 personas que han buscado, la mitad va a comprar el producto.

6.5.4 Conclusiones y obtención de factores de corrección.

Los factores de corrección que tendremos que aplicar a la hora de estimar la nueva demanda son:

Problema	Solución
Sabemos que el número total de búsquedas al mes es de 1625, pero esto no es real porque las ventas y tendencias nos indican que es un producto estacionario.	Averiguar la tendencia de búsqueda mensual para cada mes con el objetivo de saber exactamente el número de búsquedas cada mes.
Estacionalidad del producto alta para meses de septiembre y diciembre. Baja para noviembre, marzo y julio.	Reducir o aumentar stock en base a los meses de baja o demanda alta.

Tabla 5. Análisis de problemas y soluciones propuestas

Por lo tanto, con los datos obtenidos de Google y haciendo una ponderación sabiendo que el mes que más búsquedas hay se han producido 650 ventas de 1250 búsquedas, obtenemos la siguiente tabla:

MES	% POR BUSQUEDAS MENSUAL	PONDERACION = SI 1250 BUSQUEDAS SON 100% ¿CUANTAS BUSQUEDAS?	COMPRAS/mes
ene-16	47	588	294
feb-16	46	575	288
mar-16	36	450	225
abr-16	30	375	188
may-16	54	675	338
jun-16	35	437,5	219
jul-16	45	562,5	281
ago-16	16	200	100
sep-16	35	437,5	219
oct-16	35	437,5	219
nov-16	44	550	275
dic-16	45	562,5	281
ene-17	22	275	138

Tabla 6. Tabla de resultados ponderados

6.5.4.1.1 Aplicación del cálculo de la previsión de la demanda con PRESIGP

Tomando los datos históricos de las ventas hemos logrado simular la estimación de la demanda para cada método de previsión. Los métodos más importantes en este estudio fueron los de DST y Theta ya que toman en cuenta la estacionalidad y la tendencia.

Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Errores acierto			
Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE	sMAPE	MRAE	RelMAE	RelRMSE	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
THT (0,2) T-6	17620,83	132,74	93,69	8,22	8,33	2,30	0,55	0,62	-0,48	51,72	72,41	72,41
DST () T-6	16412,94	128,11	96,08	8,44	8,69	2,01	0,56	0,60	-0,51	44,83	72,41	72,41

Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Errores acierto			
Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE 📈	sMAPE	MRAE	ReIMAE	ReIRMSE	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
THT (0,2) T-6	66369,10	257,62	251,49	16,25	17,73	1,64	1,17	1,02	0,02	33,33	50,00	50,00
DST () T-6	107794,76	328,32	323,38	20,90	23,39	2,15	1,50	1,30	0,26	16,67	16,67	16,67

Figura 29. Resultados de PresGIP

Usamos la media absoluta del porcentaje de error (MAPE) como criterio de selección para el método de estimación de la demanda, tanto para el error de ajuste como para el de acierto. Finalmente tomamos el método de Theta porque es el que da menor MAPE para cada tipo de error. Se selecciona el método, procedemos a realizar la selección del coeficiente Alfa. Estudiamos un rango de alfa entre 0,05 y 0,5 teniendo como resultado las siguientes tablas.

Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Errores acierto			
Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE 📈	sMAPE	MRAE	ReIMAE	ReIRMSE	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
THT (0,35) T-6	19441,61	139,43	91,82	8,04	7,99	2,77	0,54	0,65	-0,43	48,28	72,41	72,41
THT (0,3) T-6	18700,98	136,75	91,76	8,05	8,05	2,62	0,54	0,64	-0,45	48,28	72,41	72,41
THT (0,4) T-6	20269,97	142,37	92,20	8,07	7,97	2,89	0,54	0,67	-0,41	48,28	72,41	72,41
THT (0,25) T-6	18079,30	134,46	92,18	8,10	8,15	2,45	0,54	0,63	-0,46	48,28	75,86	75,86
THT (0,45) T-6	21167,19	145,49	92,98	8,13	7,99	3,00	0,54	0,68	-0,38	48,28	72,41	72,41
THT (0,5) T-6	22123,93	148,74	94,01	8,20	8,04	3,09	0,55	0,70	-0,36	48,28	72,41	72,41
THT (0,2) T-6	17620,83	132,74	93,69	8,22	8,33	2,30	0,55	0,62	-0,48	51,72	72,41	72,41
THT (0,2) T-6	17620,83	132,74	93,69	8,22	8,33	2,30	0,55	0,62	-0,48	51,72	72,41	72,41
THT (0,15) T-6	17377,85	131,83	95,99	8,39	8,55	2,18	0,56	0,62	-0,48	48,28	68,97	68,97
THT (0,1) T-6	17402,55	131,92	97,78	8,50	8,73	2,05	0,57	0,62	-0,48	48,28	68,97	68,97
THT (0,05) T-6	17791,91	133,39	98,48	8,50	8,79	1,90	0,57	0,62	-0,47	48,28	72,41	72,41

Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Errores acierto			
Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE 📈	sMAPE	MRAE	ReIMAE	ReIRMSE	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
THT (0,5) T-6	48361,82	219,91	213,17	13,78	14,85	1,38	0,99	0,87	-0,14	33,33	50,00	50,00
THT (0,45) T-6	48727,12	220,74	214,02	13,83	14,91	1,38	0,99	0,87	-0,14	33,33	50,00	50,00
THT (0,4) T-6	49574,17	222,65	215,97	13,96	15,06	1,40	1,00	0,88	-0,13	33,33	50,00	50,00
THT (0,35) T-6	51211,06	226,30	219,69	14,20	15,33	1,42	1,02	0,90	-0,11	33,33	50,00	50,00
THT (0,3) T-6	54092,35	232,58	226,08	14,61	15,81	1,47	1,05	0,92	-0,08	33,33	50,00	50,00
THT (0,25) T-6	58858,88	242,61	236,27	15,27	16,58	1,54	1,09	0,96	-0,04	33,33	50,00	50,00
THT (0,2) T-6	66369,10	257,62	251,49	16,25	17,73	1,64	1,17	1,02	0,02	33,33	50,00	50,00
THT (0,2) T-6	66369,10	257,62	251,49	16,25	17,73	1,64	1,17	1,02	0,02	33,33	50,00	50,00
THT (0,15) T-6	77681,46	278,71	272,80	17,62	19,37	1,79	1,26	1,10	0,10	33,33	33,33	33,33
THT (0,1) T-6	93979,49	306,56	300,85	19,42	21,56	1,98	1,39	1,21	0,19	16,67	16,67	16,67
THT (0,05) T-6	116965,33	342,00	336,44	21,71	24,41	2,23	1,56	1,35	0,30	0,00	0,00	0,00

Figura 30. Listado de resultados de PresGIP

Después de analizar los rangos de Alfa decidimos tomar un valor igual a 0,5 ya que consideramos que minimiza el error de manera considerable para el error de ajuste y de acierto. Teniendo seleccionado el método Theta y el valor de Alfa, podemos proceder a realizar los primeros cálculos de estimación. En estos primeros cálculos reduciremos las mayores brechas de error de ajuste y las ventas reales. En la siguiente gráfica lo resaltamos con recuadros de color verde.

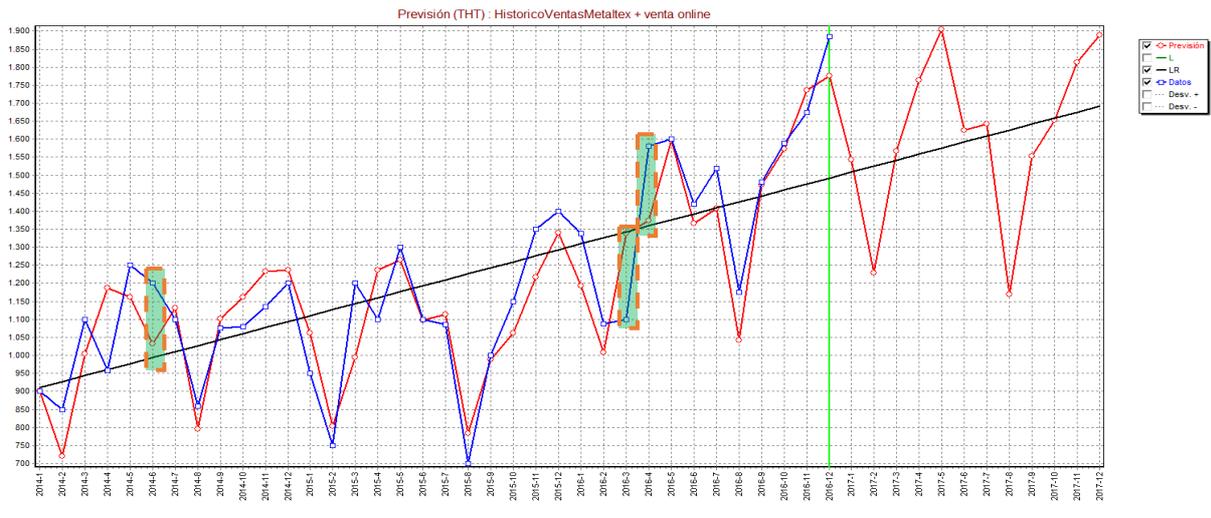


Figura 31. Resultado gráfico de previsión de ventas

Al acortar las mayores diferencias en los errores de ajuste, teóricamente deberíamos de acercarnos más a un error a cierto menor. En la siguiente gráfica podemos visualizar el resultado del cambio y en recuadro de color rojo se muestra el rango del primer año que se eliminará del estudio ya que aleja la estimación de la demanda a la realidad por los cambios que ha sufrido en los dos años siguiente.

La primera prueba fue con un histórico de tres años, en la segunda prueba se cortaron las distancias en tres puntos de error de ajuste y en la última prueba redujimos el histórico de ventas a dos años y mantuvimos la reducción de error de ajuste de la prueba número dos.

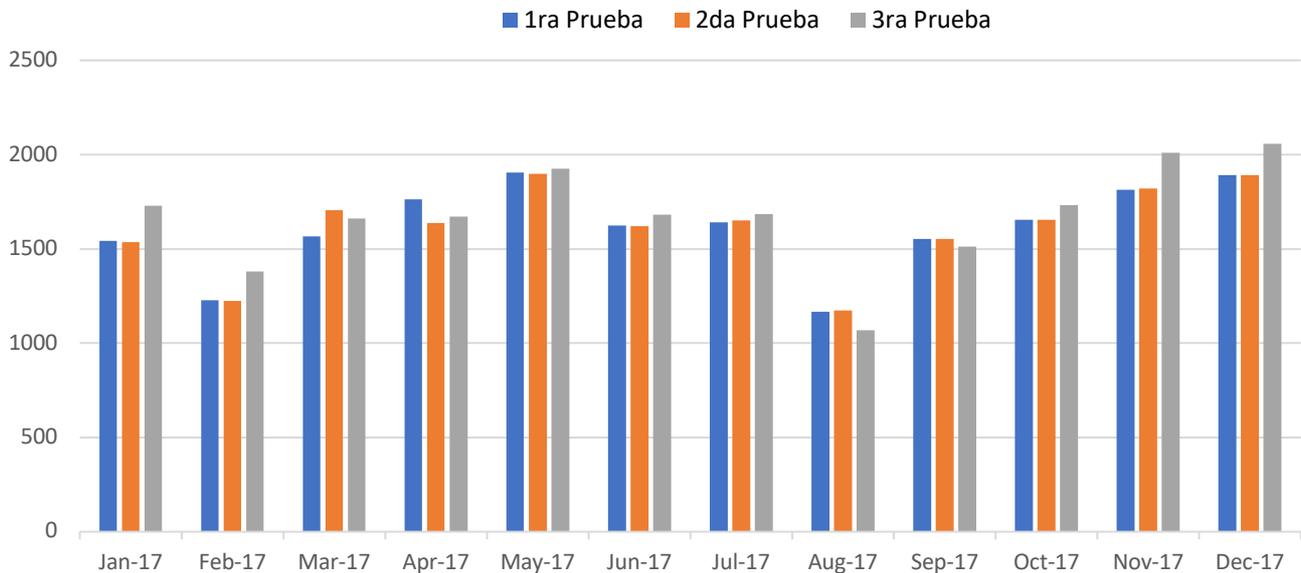


Figura 32. Tablas de resultados de todas las pruebas en base al método seleccionado

h. Cálculo de rutas y optimización

En función al tipo de transporte que se realiza en la empresa vamos a elegir un modelo de cálculo u otro. En este caso en concreto se ha optado por un modelo de transporte centrándose en el problema del viajante de comercio. Se va a aplicar una clasificación entre el tipo de porte que se va a realizar, esto nos dará unas restricciones que delimitarán el problema de cálculo. A continuación, definimos el grafo y aplicamos el problema del viajante de comercio. Nosotros hemos utilizado la herramienta.

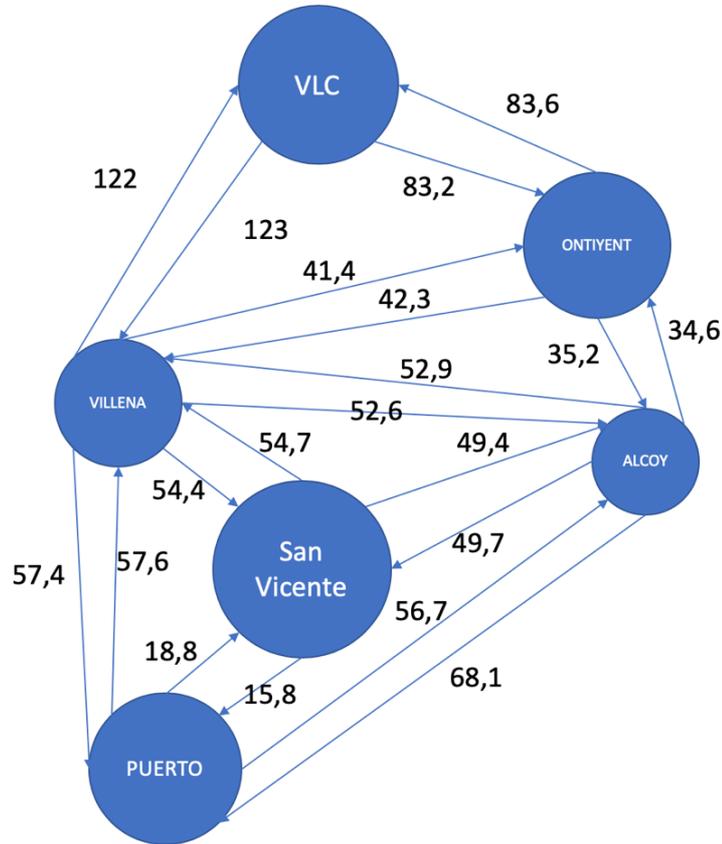


Figura 33. Problema de grafos propuesto

	PUERTO ALICANTE	BASE EN SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
PUERTO ALICANTE		18,8	57,6	56,7	91,4	181
BASE EN SAN VICENTE	15,8		54,7	49,4	54,1	119,4
VILLENA	57,4	54,4		41,4	41,4	122
ALCOY	68,1	49,7	52,9		34,6	118,2
ONTINYENT	102,8	84,7	42,3	35,2		85,6
VALENCIA	179,5	176,5	123	119	83,2	

Figura 34. Matriz de la ruta en kilómetros

6.5.4.1.2 Aplicación de variables aleatorias y ajuste a la realidad de los resultados

Las variables aleatorias, los definimos como aquellas como la lluvia, esperas, desniveles y se aplican al resultado final en forma de factor de corrección al resultado final. En la siguiente hoja de excel vemos todos los resultados.

Es evidente que esto cambia el resultado final, ya que rutas que menospreciábamos basándonos en el primer KPI km/tiempo, ahora pueden ser incluso más rentables que la propuesta previamente.

Este ejercicio debería aplicarse a todos los posibles resultados tanto para explorar todos los costes y para obtener información con la que alimentar y aprender el algoritmo de IA

i. Optimización de todo el proceso en tiempo real

Este aplicativo sobre todo está enfocado en poder asumir las variables externas con un mínimo margen de error. De esta manera si se provocan accidentes o repentinamente se producen eventos meteorológicos, podremos rectificar las rutas.

También este proceso está pensado para que el sistema se vaya retroalimentando de los sucesos como retrasos en las descargas, para poder ir ajustando el flujo de trabajo en función a las diferentes casuísticas. También esto nos va a permitir siempre saber la disponibilidad de los camiones en tiempo real. Además, se ha planteado un aplicativo móvil conectado al sistema que junto a los GPS del camión y a que se conocen los tiempos de cargas y descargas, se pueden estimar horarios de llegada y de recogidas.

Esta aplicación se plantea también para automatizar las cartas de portes y enfocarlas en las nuevas tecnologías.



Figura 35. Funcionamiento App Tracking

6.6 Fase cuatro: Diseño del software de la aplicación

Tal y como se menciona en el estado del arte, se plantea el diseño de una aplicación web con un dashboard para una fácil comprensión de los resultados. La propuesta como solución es un cuadro de mando de business intelligence centrado en tres diferentes áreas que se realimentan entre sí. En el Anexo 1: Documento de estudio y diseño Lean UX del software se encuentra detallada la metodología y los wireframes seguidos para el prototipito del software:

- Área de research de datos: centrada en la clasificación y entrada de datos. Sus funcionalidades son cualificación de cliente, porte e investigación de mercado.
- Área de cálculo: centrada en el cálculo de previsiones y rutas. La ia del sistema aconseja en base a resultados entrenados.
- Área de analítica en tiempo real: dashboard de kpi's y monitorización de vehículos y variables aleatorias

En el ANEXO I Se detallan las secciones propuestas:

6.7 Fase cinco: Optimización del algoritmo en base a datos Big data Internet y variables en tiempo real

Una vez la matriz es calculada, se aplican factores de corrección a las diferentes rutas. Estos factores afectan directamente al consumo de combustible y al tiempo de ruta. Por ejemplo, sumar km o tiempo en función a lluvias que afectan a la velocidad, desniveles, u cualquiera de los factores que afectan a la velocidad y tiempo de llegada. También, se suman tiempos de llegada en función a las esperas en las cargas de mercancías, accidentes. Se ha creado la siguiente tabla para observar como extrapolaremos los datos a km y a costes.

DATOS	OPERACIÓN
Desnivel	Multiplicar a los km totales de la ruta y sumar posteriormente a la distancia
Lluvia	La velocidad es menor, por lo tanto, aumenta el tiempo de ruta
Tráfico y Accidentes	La velocidad es menor, por lo tanto, aumenta el tiempo de ruta
Esperas para cargas	La velocidad es menor, por lo tanto, aumenta el tiempo de ruta

Tabla 4. Factores de corrección

6.8 Fase seis: Creación de algoritmo machine learning y asistente IA

Esta última fase nos va a ayudar a entrenar un modelo matemático para crear un asistente de tráfico que sea capaz de advertirnos de posibles eventos o imprevistos y de que, a la hora de realizar una acción, tenga en cuenta otras variables y simular problemas en función a todos los posibles resultados. De esta manera este asistente será capaz de avisarnos si por ejemplo asignamos un porte sin tener en cuenta el abastecimiento de otro cliente el cual tenemos reservada una flota mínima, o si aceptas un viaje como puede perjudicar al resto de portes. Por ejemplo, cuando se produzcan retrasos que sea capaz de reagrupar el cuadro de tráfico. Es la idea de que existen algoritmos que pueden darte hallazgos o conclusiones relevantes obtenidas de un conjunto de datos, sin que el ser humano tenga que escribir instrucciones o códigos para esto.

DESNIVEL						
	PUERTO ALICANTE	BASE EN SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
PUERTO ALICANTE		1%	3%	8%	2%	2%
BASE EN SAN VICENTE	2%		2%	3%	1%	1%
VILLENA	1%	5%		1%	3%	3%
ALCOY	1%	10%	4%		1%	1%
ONTINYENT	2%	12%	2%	1%		18%
VALENCIA	2%	15%	18%	1%	18%	

TRÁFICO/ACCIDENTES						
	PUERTO ALICANTE	BASE EN SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
PUERTO ALICANTE		1%	1%	5%	1%	2%
BASE EN SAN VICENTE	2%		2%	10%	1%	1%
VILLENA	1%	5%		12%	2%	1%
ALCOY	1%	10%	5%		2%	1%
ONTINYENT	2%	12%	10%	1%		18%
VALENCIA	2%	12%	12%	1%	2%	

OBRAS						
	PUERTO ALICANTE	BASE EN SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
PUERTO ALICANTE		1%	5%	1%	1%	5%
BASE EN SAN VICENTE	2%		10%	2%	2%	10%
VILLENA	1%	5%		2%	2%	12%
ALCOY	1%	10%	1%		10%	1%
ONTINYENT	2%	12%	2%	5%		2%
VALENCIA	2%	1%	2%	10%	2%	

Figura 36. Tablas de optimización para IA

Para esta fase, hemos contado con el apoyo de la empresa Gantabi, experta en inteligencia artificial aplicada al transporte. Donde se ha investigado acerca de las diferentes soluciones y se ha planteado una metodología de machine learning en base al modelo genético antagónico.

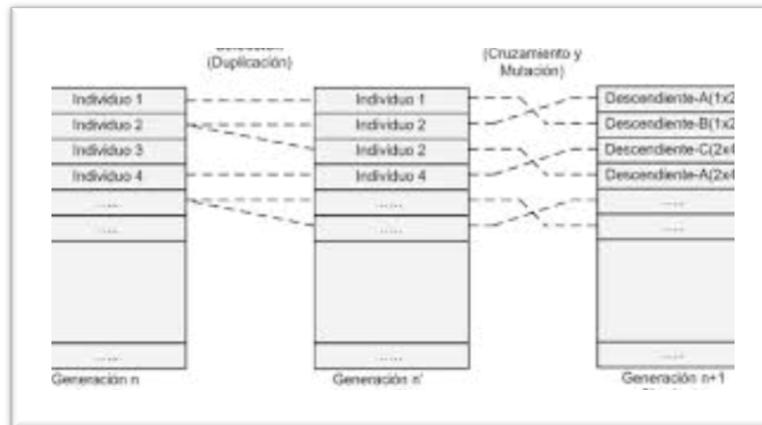


Figura 37. Imagen funcionamiento algoritmo genético

7 Comparativa de metodologías de optimización, indicadores y resultados

7.1 Introducción

En primer lugar, vamos a realizar el cálculo normal para ver los procesos que se seguirían y más tarde vamos a compararlo con el método propuesto para observar todos los procesos restantes que no se han calculado y que favorecerán a los resultados.

7.2 Cálculo del problema del viajante de comercio tradicional vs optimizado.

Como partimos de la base de que en todos los trayectos se va a intentar volver a base no distinguimos entre tipología de porte y ruta, simplemente nos vamos a centrar en escoger el trayecto más optimo en función a los tiempos y número de kilómetros

Ruta inicial				
Km. Totales	Trayectos	Tiempo Ruta(h)	Coste(€)	Ruta Optima
363,5	6	4,038888889	468,915	PUERTO, VILLENA, ONTINYENT, VALENCIA, ALCOY, SAN VICENTE, PUERTO

Figura 38. Resultados del problema sin optimizar

Ruta inicial				
Km. Totales	Trayectos	Tiempo Ruta(h)	Coste(€)	Ruta Optima
376,961	6	4,188455556	486,27969	PUERTO, VILLENA, ONTINYENT, VALENCIA, ALCOY, SAN VICENTE, PUERTO

Figura 39. Resultados del problema optimizado

7.3 Lectura de los resultados

Se observa que la variación de los resultados no es muy elevada, pero esto supone un gran margen de mejora y maniobra, puesto que se van a estimar costes más ajustados a la realidad, tiempos en ruta más aproximados a la realidad. Y sobre todo, destacar que este ejemplo supone una casuística concreta, el algoritmo debe ser capaz de aplicar las lecturas de tiempo y de diferentes incidentes al resultado inicial.

Origen\Destino	PUERTO	SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
▶ PUERTO		19,176	59,904	58,401	93,228	193,67
SAN VICENTE	16,274		55,794	50,388	55,182	126,564
VILLENA	59,696	55,488		42,642	42,228	132,98
ALCOY	69,462	50,197	53,958		35,638	120,564
ONTINYENT	105,884	86,394	42,723	36,608		88,168
VALENCIA	181,295	185,325	125,46	120,19	85,064	

Figura 40. Tabla de cálculos optimizados

8 Conclusiones

El método propuesto pretende abordar como mediante el uso de los datos de internet y una previsión de la demanda se puede optimizar el ratio de camiones parados de una empresa de transportes por medio de la anticipación al mercado o a la empresa.

8.1 Mejoras propuestas

A continuación, explicamos como se han abordado los siguientes objetivos específicos:

- En primer lugar, se ha observado que parte de la problemática del sector viene de intentar resolver el problema una vez que se ha dado, en lugar de anticiparse a ellos y solucionarlos. Esto viene principalmente de una mala negociación del área comercial, por no fijar un plan de demanda y unos mínimos.
- Para reducir el número de vehículos parados a lo largo del mes, los cuales generan unos costes de unos 210€ cada vez que el camión no sale de la base. Se ha establecido una metodología en la que se establecerá un mínimo de camiones que se necesitarán, partiendo por una ruta optimizada y si es posible se ampliará el margen de beneficio optimizando las rutas de vuelta con cargas mediante la conexión con bolsas de cargas y aplicaciones para intentar conseguir portes en el momento que sea necesario y reducir el tiempo de paro de un camión.
- Para anticiparse a la demanda de los clientes de una forma ordenada, se plantea hacerlo por medio de un calendario de rutas en base a la previsión de demanda logística. En el cuál se reflejarán el número de camiones necesarios para el porte en función al cálculo establecido
- Para generar una filosofía colaborativa con los clientes para compartir previsiones de demanda con sus proveedores. Se establecerán unas reuniones iniciales donde proponer dicha metodología. En caso de no poder llevar a cabo esto, se plantea un método para prever las posibles cargas.
- Optimizar los márgenes de beneficio gracias a un cálculo de rutas por medio de algoritmos de grafos. Identificar las variables aleatorias que afectan a la solución y optimizar los resultados en base al Big Data. Este método no sólo supone un cálculo óptimo, si no una aproximación a la realidad, ya que, al aplicar unos factores de corrección a las variables aleatorias, se ajustan los costes más a la realidad.
- Para el control en tiempo real del estado de la empresa por medio de un software de business intelligence conectado a los diferentes dispositivos del camión que a su vez generarán la información necesaria para implementar un algoritmo de entrenamiento IA para aproximación de resultados y reducción de errores.
- Finalmente, el coste de oportunidad que genera no optimizar las rutas repercute directamente en las ventas y la posibilidad de no aceptar otros transportes.
- Se ha aplicado una metodología ordenada enfocada al aumento de productividad en las cuales se han seguido los pasos siguientes:
 - Reducción de camiones parado mediante una reserva de +/- camiones con una previsión de la demanda
 - Una vez se realiza el pedido, ajustar la reserva de camiones, definir un número de flotas de seguridad y optimizar el volumen del camión
 - Planificar la ruta y optimizar la ruta
 - Una vez está en marcha el camión emitir certificado digital y mediante el tracking del proceso de estado ir recopilando datos en tiempo real de la carretera
 - Ajustar los cálculos, tiempos de llegada y el resto de los portes si es necesario

- Finalizar certificado digital y finalizar tracking
- Buscar portes posibles para el retorno a base del camión sin estar en vacío



Figura 40. Esquema del proceso final optimizado

9 Líneas futuras de investigación

9.1 Introducción

El TFM se plantea en un entorno de empresa partiendo de una mínima solución de optimización desde una optimización de previsión de demanda o una estimación en base al producto y su estacionalidad hasta el cálculo de rutas teniendo en cuenta mínimas correcciones en base a variables aleatorias. Durante el proceso de creación del sistema de gestión para aplicar la metodología se detectan nuevas ideas que aportan un valor complementario.

9.2 Propuestas de líneas futuras de investigación y mejoras

- Aplicativo del viajante de comercio con ventanas de tiempo: Se detecta que una metodología adecuada, que optimiza los resultados y más adecuada a la realidad es aplicando las ventanas de tiempo. La realidad del sector nos indica que los portes están a una determinada hora en el almacén, tanto para recogidas como salidas.
- App de certificado digital: Aprovechando la utilización de la app de tracking para el control de salidas, retornos e incidencias. Se plantea una solución de carta de porte digital, aprovechando la tecnología de Evicertia, certificados notariales confirmados por dos dispositivos móviles, que certifican la identidad, fe de vida y veracidad de una firma.



Figura 41. Carta de porte digital

- Cálculo de la capacidad de los contenedores: Con el fin de optimizar el volumen y la capacidad de carga del camión se plantea el uso de integrar un software para el cálculo de este. Esta solución ayudará a reducir el número de camiones.

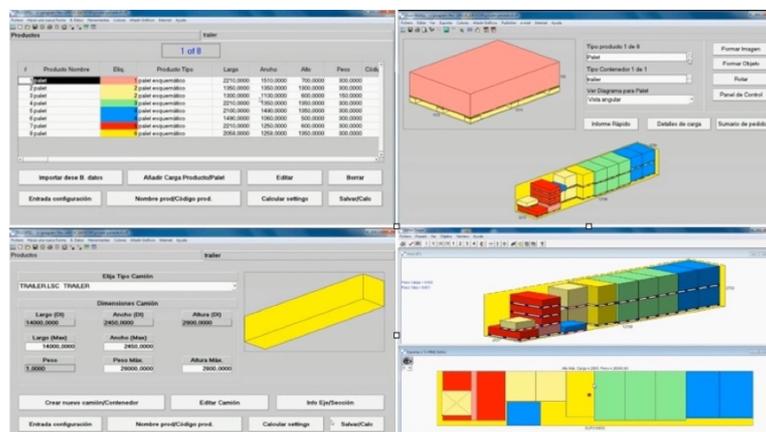


Figura 42. Software truckfill

- App para optimizar las rutas de vuelta (bolsa de cargas): Actualmente existen decenas de bolsas de cargas, en las cuales se estipulan portes con capacidad, origen y destino, una alternativa para que se complete toda la capacidad del camión. Se plantea una solución enfocada en el transitario, en la que en cualquier momento conocer que camiones están cercanos a la base. También se desarrolla conexión a las APIs de las bolsas de transporte actuales del mercado.

Status	Created	From/To	Route details	Depart...	Arrival	Details	Map	Viewers	Matches
	17/12 15:29	Reykjavik Rangárpíng ytra			17/12	24t - 13.6m General merchandise azertyui			
	26/11 15:49	75 Paris 13 Marseille	776km 12h10m	27/11	27/11	24t - 13.6m General merchandise TEST = DO NOT CALL			
	16/11 11:45	Borgo Chiese Borgo Chiese			16/11	24t - 13.6m General merchandise			
	24/10 16:56	Reykjavik Reykjavik			24/10	24t - 13.6m General merchandise			
	17/10 15:14	TR Istanbul TR Istanbul			17/10	24t - 13.6m Container			
	09/10 14:18	TR Istanbul 50 Saint-Sauveur-le-Vicomte	3067km 49h27m	09/10		24t - 13.6m General merchandise oh			
	09/10 14:14	TR Istanbul 50 Besneville	3072km 49h41m	09/10		24t - 13.6m General merchandise Test DO NOT CALL			

Figura 43. Bolsa de cargas online

- Optimización mediante algoritmos genéticos antagónicos: Esta solución está contemplado a lo largo del proyecto. Se propone una solución aplicando machine learning a una IA que sea capaz de entrenar las soluciones en base a diferentes poblaciones y además controlar la supervisión de los resultados para evolucionarlo en base a unos márgenes establecidos.

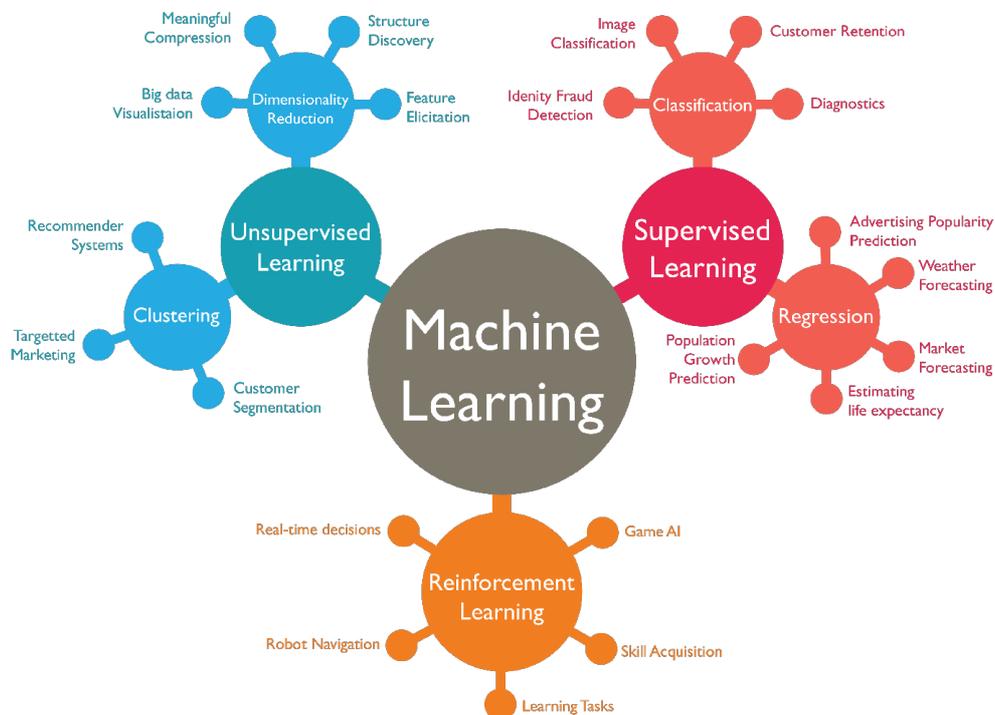


Figura 44. Ramas de la IA

Referencias bibliográficas

1. R., Bellman. (1957) *Dynamic Programming* Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
2. A., Calvo. (2011) *Cooperación en los problemas del viajante (TSP) y de rutas de vehículos (VRP): una panorámica*. Universidad de Vigo.
3. CEOE. (2013) *Confederación Española de Organizaciones Empresariales, Memorándum: El sector del transporte y la logística en España*.
4. N., Christofides. (1976) *Worst-Case Analysis of a New Heuristic for the Travelling Salesman Problem*, Carnegie-Mellon University Management Sciences Research Report 388, Pittsburgh, Pa.
5. S.A. (1971) Cook, *The complexity of theorem-proving procedures*. ACM Press, New York, USA. 151–158
6. G.B. Dantzig, D.R. Fulkerson, S.M. Johnson. (1954) *Solution of a Large-Scale Traveling-Salesman Problem*, *Operations Research* 2, 393–410.
7. J. Edmonds, *Paths, trees and flowers*. *Canadian Journal of Mathematics* 17, 449–467.
8. M.M. Flood, Merrill Flood (with Albert Tucker)., (1930) *Interview of Merrill Flood in San Francisco on 14 May 1984.*, *The Princeton Mathematics Community in the 1930s*, Transcript number 11 (PMC11).
9. M.M. Flood., (1956) *The traveling-salesman problem*. *Operations Research*.
10. M.R. Garey, D.S. Johnson., (1979) *Computers and Intractability. A Guide to the Theory of NP-Completeness*. W.H. Freeman and Company.
11. R.E. Gomory., (1958) *Outline of an Algorithm for Integer Solutions to Linear Programs*, *Bulletin Of the American Mathematical Society* 64, 275–278.
12. G. Gutin, A.P. Punnen (Eds.)., (2007). *The Traveling Salesman Problem and its Variations.*, Springer, *Combinatorial Optimization*, Vol. 12.
13. M.Held, R.M. Karp., (1962). *A dynamic programming approach to sequencing problems*. *Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics* 10, 196–210.
14. B. Korte, J. Vygen., (2011). *Combinatorial Optimization. Theory and Algorithms*. Fifth edition, Springer.
15. H.W. Kuhn., (1955) *The Hungarian Method for the assignment problem*, *Naval Research Logistic Quarterly*, 2:83-97.
16. A.H. Land, A.G. Doig., (1960) *An Automatic Method of Solving Discrete Programming Problems*. *Econometrika*, Vol. 28, No. 3. pp. 497–520.
17. J.D.C. Little, K.G. Murty, D.W. Sweeney, and C. Karel., (1963) *An algorithm for the traveling salesman problem*, *Operations Research* 11, 972–989.
18. S.Lin, B.W. Kernighan., (1973) *An effective heuristic algorithm for the traveling-salesman problem*. *Operation Research* 21, 498–516.
19. M.L. Stockdale., (2011) *El problema del viajante: un algoritmo heurístico y una aplicación*. Universidad de Buenos Aires.
20. K. Menger., (1931) *Bericht über ein mathematisches Kolloquium*. *Monatshefte für Mathematik und Physik* 38, 17–38.
21. B.Fr. Voigt., (1832) *Der Handlungsreisende – wie er sein soll und was er zu thun hat, um Aufträge zu erhalten und eines glücklichen Erfolgs in seinen Geschäften gewiß zu sein – von einem alten Commis-Voyageur, Ilmenau*.

22. W.L. Winston., (2005) Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos. Cuarta edición, Thomson.
23. Anderson, D.R., Sweeney, D.J., Williams, T.A. (2004): Métodos Cuantitativos para los Negocios. 8a edición. Thomson International.
24. Appel, K., Haken, W. (1977a): Every planar map is four colorable. Part I. Discharging. *Illinois Journal of Mathematics* 21, 429–490.
25. Appel, K., Haken, W. (1977b): Every planar map is four colorable. Part II. Reducibility. *Illinois Journal of Mathematics* 21, 491–567.
26. Bodin, L., Golden, B. (1981): Classification in vehicle-routing and scheduling. *Networks* 11 (2), 97–108.
27. Desrochers, M., Lenstra, J.K., Savelsbergh, M.W.P. (1990): A classification scheme for vehicle-routing and scheduling problems. *European Journal of Operational Research* 46 (3) 322–332.
28. Euler, L. (1736): Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* 8, 128–140.
29. Hierholzer, C. (1873): Über die Möglichkeit, einen Linienzug ohne Wiederholung und ohne Unterbrechnung zu umfahren. *Mathematische Annalen* 6, 30–32.
30. Hillier, F.S., Lieberman, G.J. (2006): Introducción a la Investigación de Operaciones. 8a edición. McGraw-Hill.
31. Ministerio de Fomento (2001): Estudio socio-económico del sector del tte. Consultrans.
32. Rodríguez-Villalobos, A. (2008): Integración de un SIG con modelos de cálculo y optimización de rutas de vehículos CVRP y software de gestión de flotas. *Dirección y Organización* 35, 7–14.
33. Sylvester, J.J. (1878): Chemistry and Algebra. *Nature* 17, 284.
34. Taha, H.A. (2004): Investigación de Operaciones. 7a edición. Prentice Hall, México.
35. Winston, W.L. (2005): Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos. Ed.Thomson, México.
36. García, Elisenda. (2016). El ciclo de Deming: La gestión y la mejora de los procesos. Web Equipo Altran. Recuperado de: <http://equipo.altran.es/el-ciclo-de-deming-la-gestion-y-mejora-de-procesos/>
37. Santos Cougil, Juan Carlos. (2012). Los 7 desperdicios en la manufactura. Blog El diario de un Logístico. Recuperado de: <http://eldiariodeunlogistico.blogspot.com/2012/10/los-7-desperdicios-en-la-manufactura.html>
38. Vargas Rodríguez, Héctor. (2004). Manual de implementación del programa 5s. Biblioteca
39. Faulí, A., Ruano, L., Latorre, M.E. & Ballestar, M.L. (2013). Implantación del sistema de calidad 5s en un centro integrado público de formación profesional, 147-161.
40. Ing. José Ricardo DORBESSAN - Editorial Universitaria de la U.T.N. (2006).
41. Li F., Golden B., Wasil E. (2004) Very large-scale vehicle routing: new test problems, algorithms, and results.
42. Rhoton, J., y Haukioja, R. (2011). Cloud computing, architected (Handbook.). United Kingdom: Recursive, Limited.
43. MARTÍ CUNQUERO, R. (2010) Algoritmos heurísticos en optimización combinatoria. Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Valencia.
44. OHLMANN J. W., BEAN, J.C., HENDERSON S.G. (2004). Convergence in Probability of Compressed Annealing. *Mathematics of Operations Research*, vol 29 (4), 837-860.
45. REINELT, G. (1994) The Traveling Salesman. Computational Solutions for TSP Applications. Springer-Verlag.

ANEXO I: DISEÑO DE APP

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Universitat Politècnica de València

Alumno: **Óliver Pérez Parada**

Director(es): Dra. María Francisca Sempere, Dr. Alejandro Rodríguez Villalobos

Fecha de entrega: Julio del 2019

ANEXO I: Primera parte: Creación de la aplicación y funcionalidades

En el presente apartado se detalla cada sección del software con sus correspondientes metodologías para los cálculos. Al final muchos procesos se van a hacer con llamadas a las API's de terceros, en esta primera parte se detallan las funcionalidades que requieren del uso de terceros. Para facilitar la comprensión hemos dividido en tres áreas el interfaz para facilitar su comprensión y continuar con la metodología planteada:

- Área de research: Dónde encontramos tres secciones diferentes: cualificación del porte en función a la continuidad y la geolocalización, recolección de datos mediante un buscador, clasificación de datos y definición de KPI's que darán vida al dashboard principal.
- Área de cálculo: Es un área específica para los diferentes cálculos que se abordan en la aplicación: previsión de la demanda y cálculo de rutas. También disponemos de una funcionalidad para aplicar optimización de los cálculos en base a los datos del research.
- Área de analítica: El área para la toma de decisiones del jefe de tráfico y gerentes de la empresa. Se alimenta del volcado de datos del resto de secciones y cuenta con una sección de análisis en tiempo real de la situación de la empresa, camiones y estado del calendario.

El modelo de Machine Learning está configurado automáticamente en base a los datos que van entrando al sistema. La representación de este apartado es por medio de un asistente virtual que nos acompaña en todas las secciones de la aplicación. Este asistente es un algoritmo encargado de asesorar en la toma de decisiones en base a sugerencias de optimización y avisos de las tomas de decisiones que pueden afectar al funcionamiento actual de la empresa. Cada area está configurada con un tipo de algoritmo que previamente ha sido entrenado.

9.2.1 Diseño del área para la sección de research

Esta área esta compuesta de tres secciones con sus correspondientes interfaces de usuario:

- Sección de peticiones o cualificación del cliente
- Sección de tendencias de mercado
- Configuración de KPI's para dashboard principal

9.2.1.1 Sección de calificación/cliente (peticiones):

Formulario para el diseño de nuevos clientes. Una vez completados los datos, el usuario podrá decidir si va a la sección de calculo de rutas o de previsión de demandas.

9.2.1.1.1 Diagrama de flujo metodología para clasificación del porte y como actuar:

Compuesto por dos secciones diferenciados y referenciamos en la figura 45, se observa que en función a la tipología de cliente se realiza un tipo de planificación u otra. En la tabla

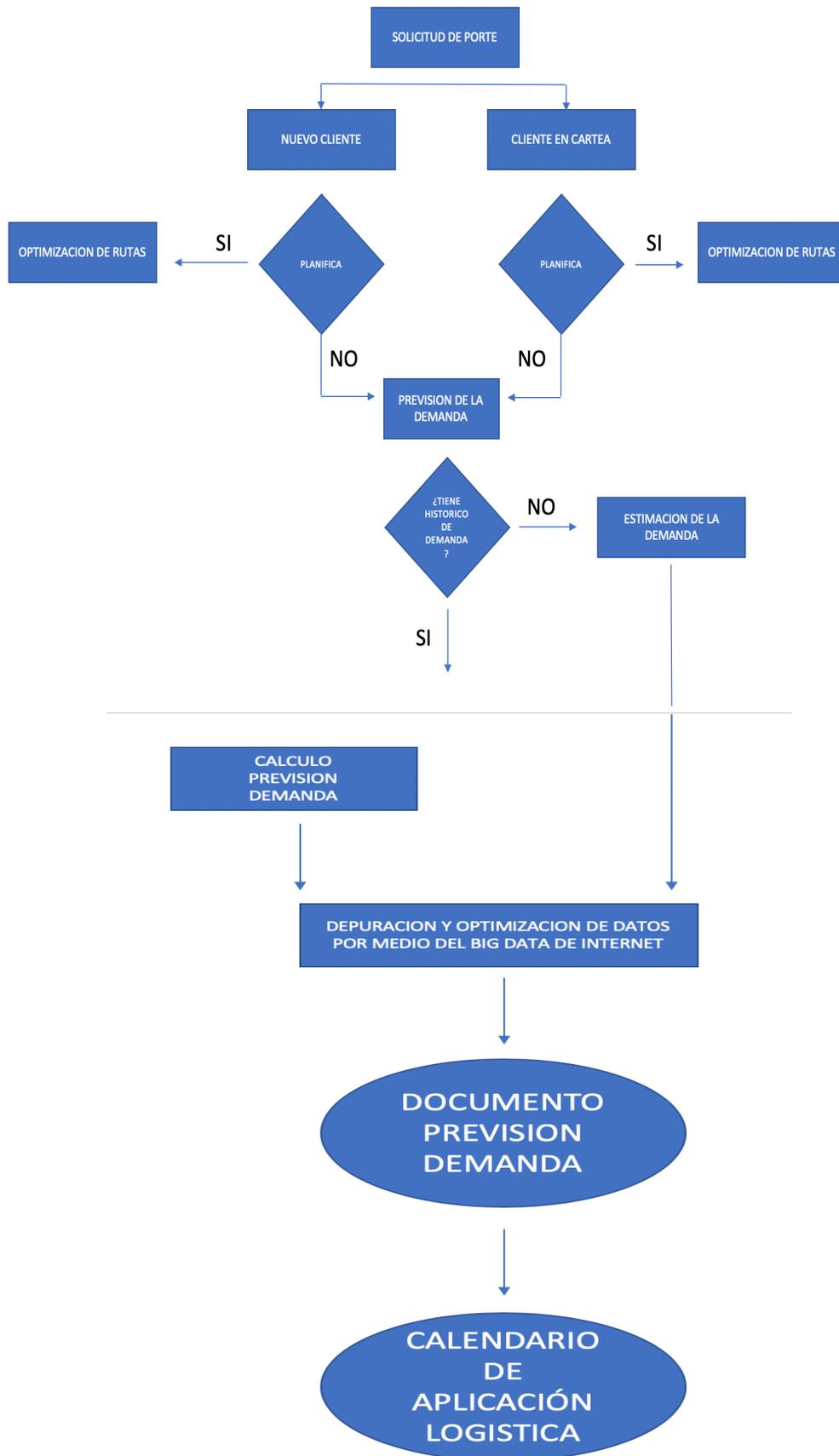


Figura 45. Anexo I, diagrama flujo toma decisión

9.2.1.1.2 Prototipo:

Para un correcto planteamiento, se propone un prototipado de un sistema de gestión para un correcto entendimiento por parte de los programadores.



Figura 46. Anexo I, sistema de gestión SCT

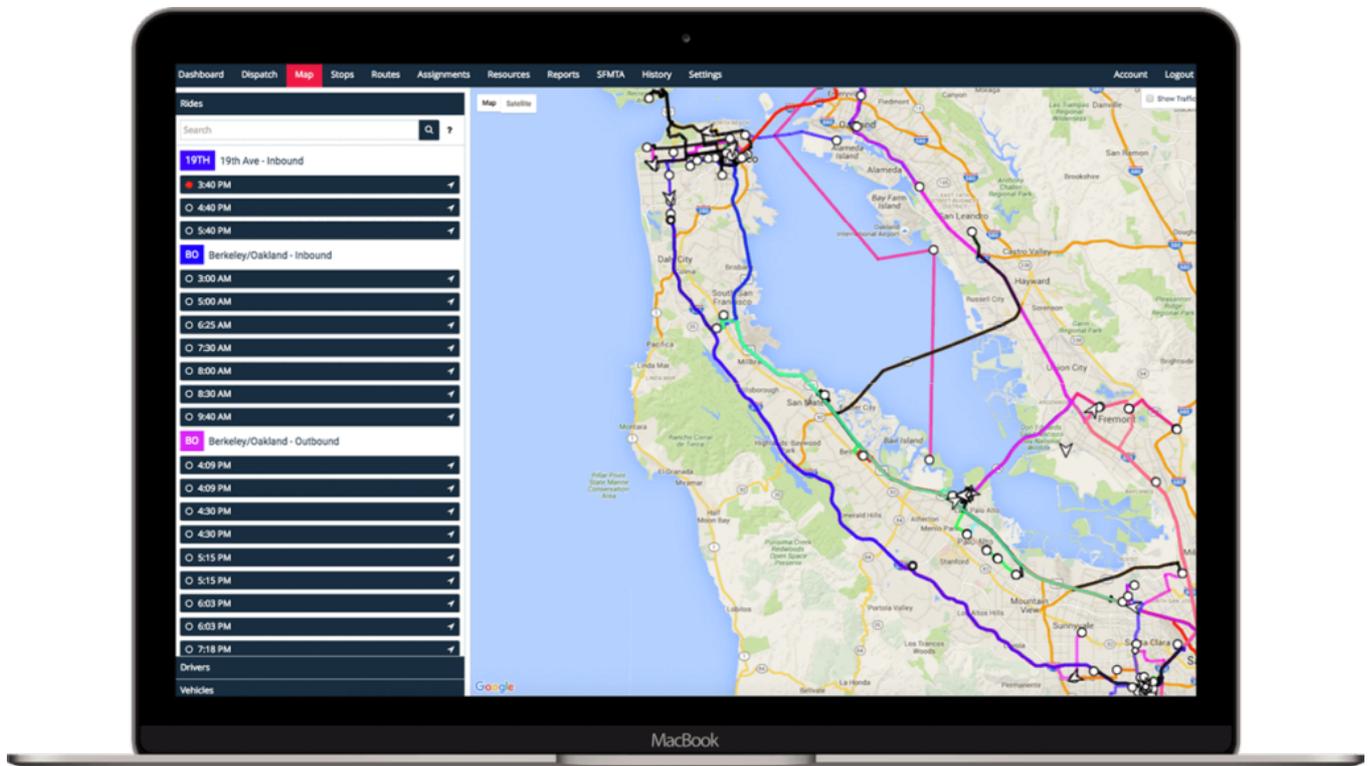


Figura 47. Anexo I, ejemplo de Software de transporte

9.2.1.1.3 Funcionalidades y metodología para el cuadrante de decisión

Este cuadrante nos define por un lado la recurrencia del cliente, es decir si se trata de un porte puntual o de un porte con continuidad donde mensualmente se realizará transporte de mercancías para este cliente. Por otro lado, la geolocalización que nos va a indicar si se trata de una ruta nueva por la que nunca se ha pasado y por lo tanto se tendrían que buscar las variables aleatorias o si por el contrario es una ruta recurrente por la que ya se ha realizado tte de mercancías y se conocen las diferentes variables que afectan a la ruta.

		RUTA	
		NUEVA	RECURRENTE
PORTE	PUNTUAL	2. Calculo de ruta	2. Calculo de ruta
	RECURRENTE	1. Calculo demanda 2. Calculo de ruta	1. Calculo demanda 2. Calculo de ruta

Tabla 5. Anexo I, Clasificación del tipo de cliente

En base al cuadrante de decisión tendremos estos posibles resultados:

- **1 – Ruta Nueva | Porte Puntual:** Esto nos quiere decir que la ruta es nueva, por lo que el trayecto nunca se ha recorrido y que el Porte sólo se va a realizar una vez, es un porte puntual que el cliente necesita para cubrir un transporte. Por este motivo, no haremos un cálculo de la previsión de la demanda, sólo se realizará una optimización de ruta y se intentará cuadrar con el resto de los portes. El estudio sólo se realizará la primera vez.
- **2 – Ruta Recurrente | Porte Puntual:** Esto nos quiere decir que la ruta ya es conocida y se ha utilizado con anterioridad, por lo que se conocen las variables aleatorias internas. Por otro lado, el porte sólo se va a realizar una vez, con lo que no haremos un cálculo de la previsión de la demanda, sólo se realizará una optimización de ruta y se intentará cuadrar con el resto de los portes. El estudio sólo se realizará la primera vez.
- **3 – Ruta Nueva | Porte Recurrente:** Esto nos quiere decir que la ruta es nueva, por lo que el trayecto nunca se ha recorrido y se deberán de estudiar las variables aleatorias. Sin embargo, el porte sólo se va a realizar asiduamente. Por este motivo, primero haremos un cálculo de la previsión de la demanda, para obtener una previsión de demanda logística, y después se realizará una optimización de ruta y se intentará cuadrar con el resto de los portes. El estudio sólo se realizará la primera vez.
- **4 – Ruta Recurrente | Porte Recurrente:** Esta es la situación ideal, ya que es un cliente dentro de la cartera de la empresa que quiere un servicio mensual por rutas que ya han sido transitadas y por lo tanto se conocen sus variables aleatorias. Aquí es donde cobra más sentido hacer una previsión de la demanda y una optimización de rutas, ya que, si se tienen los suficientes datos, puede ayudarnos a reducir los tiempos de paro de un camión.

9.2.1.2 Sección de tendencias de mercado

Sección de tendencias mercado: Esta sección es una herramienta de research que utiliza APIs de terceros para alimentarse en función a una Query. Este modelo generará un modelo predictivo el cual se puede optimizar añadiéndole los datos del histórico de demanda/ventas para ajustarla al mercado. Se alimenta de la Fase 3.

9.2.1.2.1 Funcionalidades y Metodología detrás: Recolección y clasificación de datos

Para esta fase debemos distinguir entre los datos que se utilizará para estimar la previsión de la demanda y los datos para asignar las variables aleatorias en el cálculo de rutas. Los datos son los siguientes:

- Históricos de demanda o de ventas: Estos datos serán necesarios para la obtención de una previsión de la demanda para crear un calendario de rutas. Los datos se pueden obtener del ERP o bien los obtenemos del histórico de ventas. Lo ideal sería partir de un histórico mínimo de 3 años. En ocasiones la propia empresa para la que trabajemos no dispondrá del histórico por cualquier motivo, entonces lo que haremos será hacer una previsión en base al Big Data de internet que se detalla más adelante en la fase de optimización.

9.2.1.2.1.1 Tendencia y estacionalidad de palabras clave

La herramienta para utilizar en este apartado es Google Trends, un buscador que desde 2004 esta almacenando la tendencia de búsquedas por países y periodos. Siendo 100 el mayor índice de búsqueda. También apoyaremos los datos de google en base al INE, donde podremos recabar informes y datos más específicos de sectores laborales.

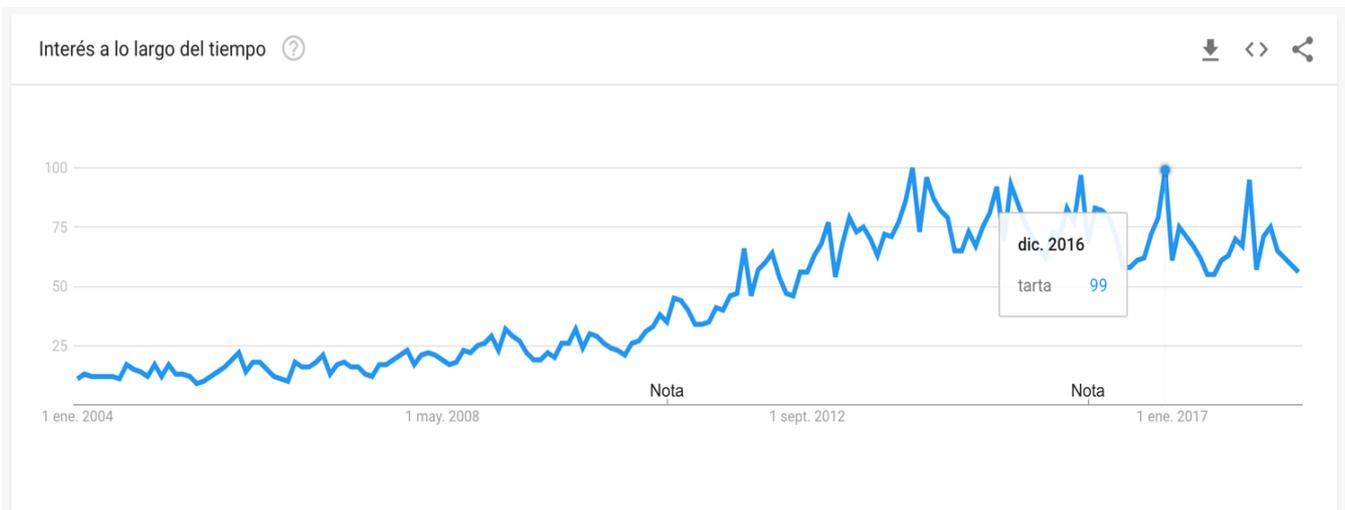


Figura 48. Anexo I, gráfica de google trends

Herramientas:

- Google Trends
- INE (Instituto nacional de estadística)
- Google Correlate
- Informes de la asociación de transportistas

9.2.1.2.1.2 Promedio de búsquedas de una palabra

Para este apartado vamos a utilizar herramientas de marketing digital, que nos proporciona Google Ads y diferentes partners de redes sociales como Facebook. Esto nos ayudará a establecer un valor al periodo más alto de las tendencias.



Figura 49. Anexo I, evolución de tendencias

Herramientas:

- Google Adwords
- Facebook Manager AdsKPI3: Porcentaje de ventas por producto

9.2.1.2.1.3 Ratio de conversión por sector

Este indicador se utiliza para el cálculo del porcentaje de ventas o conversión en base a un número de búsquedas de una determinada palabra o producto en este caso. Esto nos ayudará a definir el número medio de ventas de las cuales vamos a ser capaces de absorber.

Rank	Name	Jun 2017	Jun 2018	Difference	Growth
1	Home Accessories and Giftware	0.65%	0.91%	0.26%	39.97%
2	Cars and Motorcycling	1.14%	1.38%	0.24%	20.88%
3	Arts and Crafts	3.51%	3.74%	0.24%	6.73%
4	Baby & Child	0.63%	0.65%	0.03%	4.49%
5	Agricultural Supplies	0.61%	0.63%	0.02%	3.54%
6	Pet Care	2.27%	2.28%	0.01%	0.62%
7	Kitchen & Home Appliances	1.86%	1.82%	-0.03%	-1.87%
8	Electrical & Commercial Equipment	2.99%	2.88%	-0.10%	-3.51%
9	Health and Wellbeing	2.12%	2.01%	-0.11%	-5.07%
10	Food & Drink	0.89%	0.69%	-0.21%	-23.33%
11	Sports and Recreation	1.41%	1.08%	-0.33%	-23.57%
12	Fashion Clothing & Accessories	1.34%	0.87%	-0.47%	-34.82%

Tabla 6. Anexo I, estadísticas de consumo

9.2.1.2.1.4 Monitorización de precios por producto y competidores

La monitorización constante de los competidores nos va a aportar ventajas competitivas ya que además de poder detectar ciertas promociones de la competencia, aumentos de demanda, si no que ayuda a descubrir nuevos competidores. Factor clave en un mercado globalizado como esté.

Herramientas:

- Minderest
- Ahrefs
- Análisis de sentimiento
- Unicorn Smasher
- Amaprofits
- Merchant Words

9.2.1.3 Sección de configuración de KPI's: Dashboard principal

Sección de tendencias mercado: Esta sección es una herramienta de research que utiliza APIs de terceros para alimentarse en función a una Query. Este modelo generará un modelo predictivo el cual se puede optimizar añadiéndole los datos del histórico de demanda/ventas para ajustarla al mercado. Se alimenta de la Fase 3

9.2.1.3.1 Prototipo Mock-Up de dashboard:

Es una sección que recoge toda la información del software, donde poder observar los KPI's principales y eventos actuales.

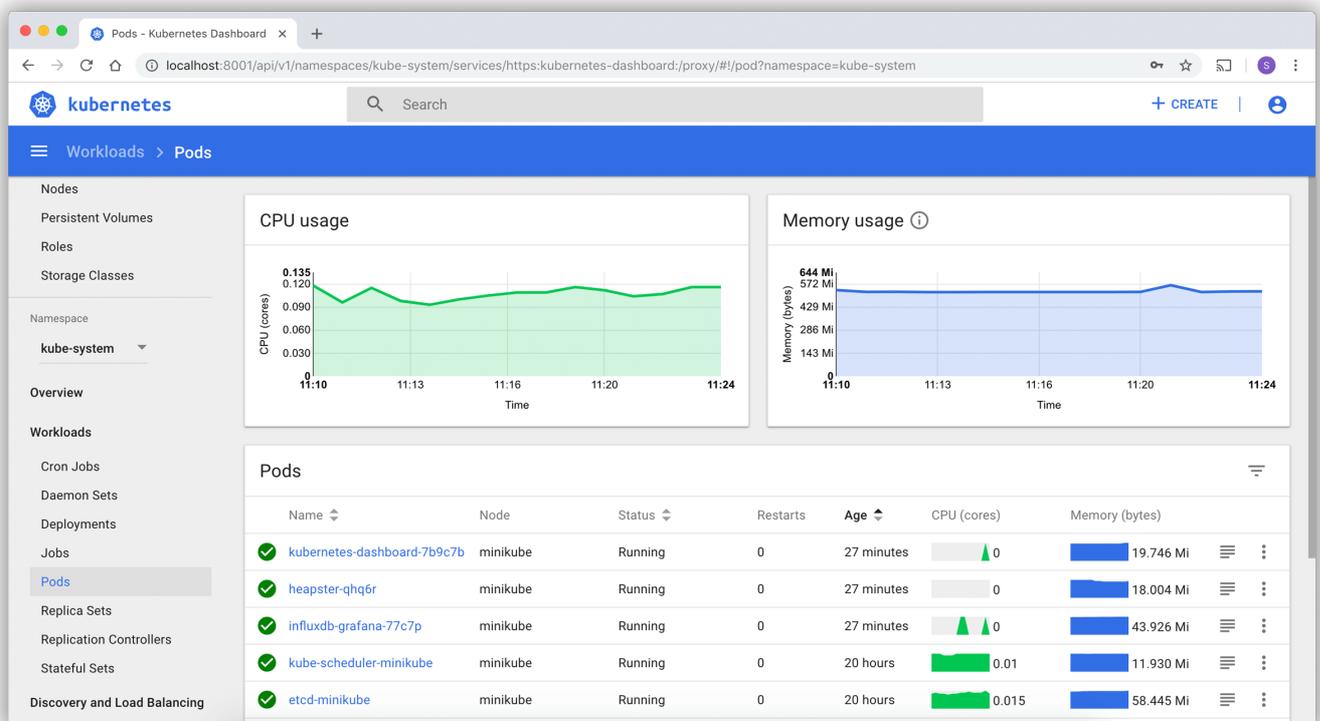


Figura 50. Anexo I, sección de KPI's

9.2.1.3.2 Funcionalidades y metodología:

Este panel esta ligado con los resultados en tiempo real de las secciones:

- A: Camiones en ruta y mapeo
- B: Estado del tráfico en tiempo real
- C: Tracking de rutas y portes
- D: ETAs

9.2.2 Diseño del área para la sección de cálculo

Esta área esta compuesta de tres secciones con sus correspondientes interfaces de usuario:

- Sección de calculo de la demanda de mercado
- Sección del calendario para previsiones
- Sección de calculo de rutas

9.2.2.1 Sección de calculo de la previsión demanda

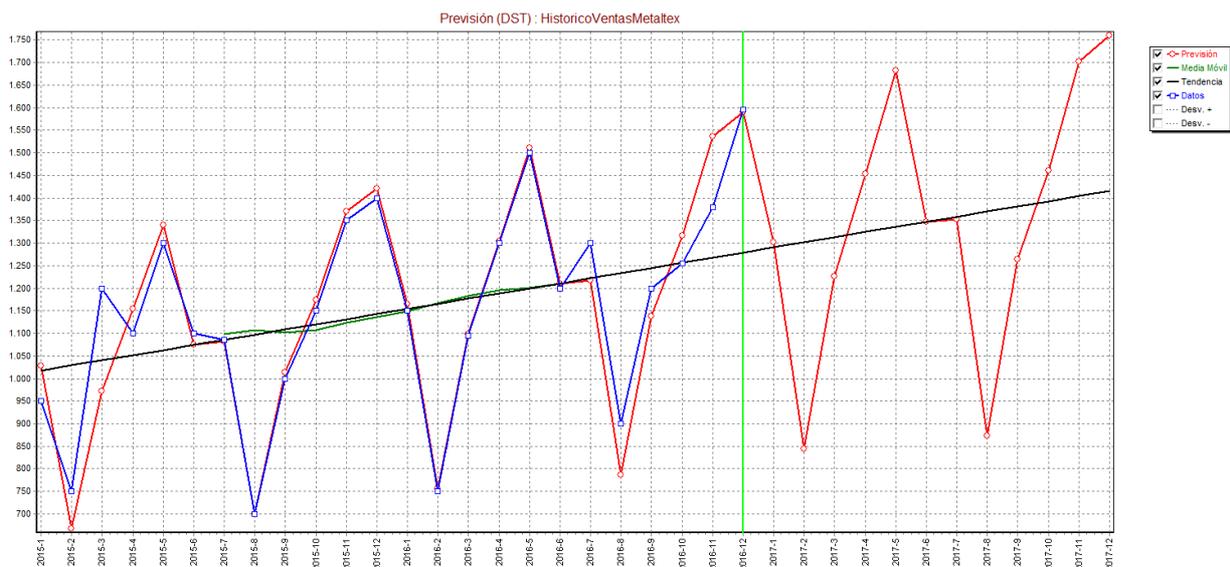
Esta sección se alimenta del bigdata de la sección de research y se puede complementar con la subida de un archivo Excel en función a la demanda o ventas.

9.2.2.1.1 Prototipo mockup de dashboard:

Se contemplan los diferentes métodos de cálculo para la estimación de la demanda, además integra la metodología de Alisado de series temporales, junto con la posibilidad de exportar los datos de Presgip.

9.2.2.1.2 Metodologías y funcionalidades:

Las funcionalidades es la de establecer una demanda o previsión de un producto para que el asistente de calendario pueda configurar cada porte en función a las demandas. Su calculo integro se demuestra en la parte dos del aplicativo aplicada a un caso real.



Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Erro			
Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE	sMAPE	MRAE	ReIMA	ReIRM	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
THT (0,5)	9856,54	99,28	59,45	4,45	4,66	0,51	0,31	0,45	-0,80	56,52	78,26	78,26

Figura 51. Anexo I, modelo alisado de series temporales

9.2.2.2 Sección de previsiones

Una vez definido el porte esta sección estará vacía, por lo que deberemos de añadirle los datos pertinentes. Esto hacer referencia al a recolección de datos.

9.2.2.2.1 Prototipo mockup de dashboard del ajuste de previsiones y calendario:

Se referencian las diferentes estadísticas de los posibles portes estimados en base a los datos de las fuentes citadas anteriormente para

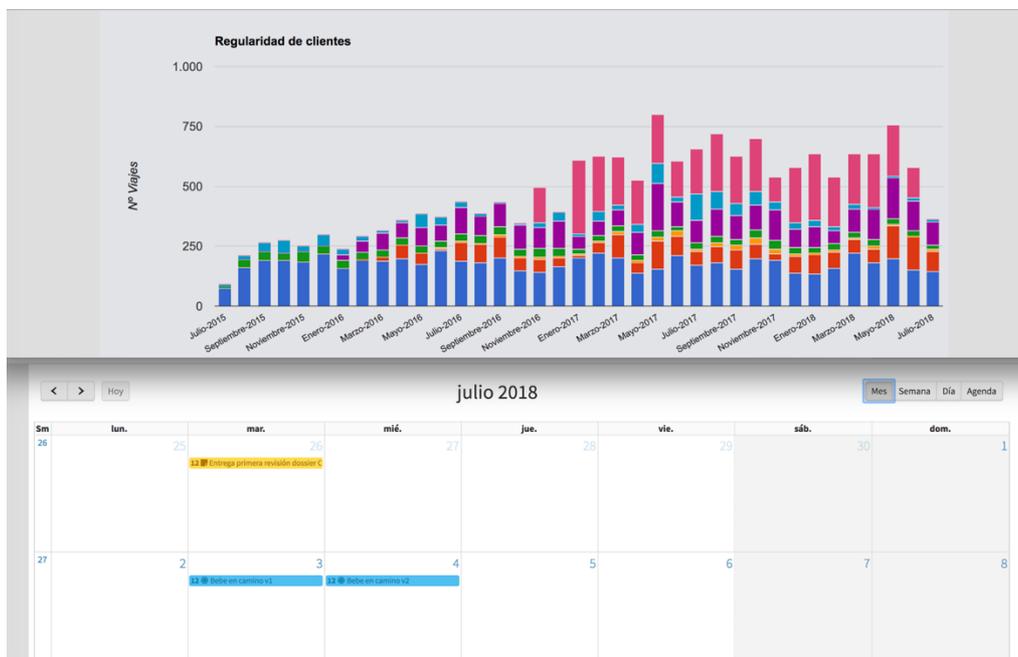


Figura 52. Anexo I, sección gráfica de previsiones y calendarios de ruta

9.2.2.2.2 Metodología y funcionalidades

Esta sección es parecida a un calendario con graficas de resultados. Básicamente en función a los datos introducidos y la IA del sistema, se crean patrones de ajuste donde reserva camiones o portes en función a la demanda. Es necesario una recolección de datos en función a las tendencias de mercado y el cálculo de rutas.

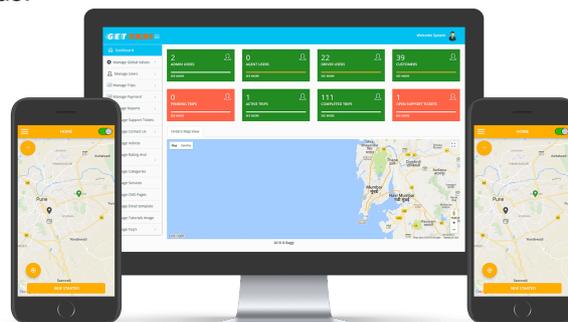


Figura 53. Anexo I, mockup de la sección de calendario del software

9.2.2.3 Sección cálculo de rutas

Es una sección creada para el diseño de rutas y cálculos de los diferentes resultados. Tira de los datos de APIs como Mapbox y Google Maps, que además de permitirnos conocer las distancias y ciertos eventos como obras, climatología y más variables aleatorias. También nos permitirá añadir nuestros propios eventos aleatorios a las rutas.

9.2.2.3.1 Diagrama de flujo del proceso para clasificar el tipo de porte.

La metodología del cálculo de rutas parte de una previa clasificación del tipo de ruta para estimar la prioridad que se le quiere dar y la tipología del cliente. Esta clasificación viene definida en el apartado 9.2.1.1.1 en la figura 45. A continuación, se plantean los diagramas de flujo de los procesos (siempre partimos de que el cliente ha solicitado ya el tipo de porte que debe realizar):

- Definición de urgencia, tiempo del trayecto en función a origen y destino, para determinar que tipos de choferes y camiones son los disponibles.
- Definición de la tipología de porte en base a la petición del cliente para determinar que camión y chofer realizará la ruta.

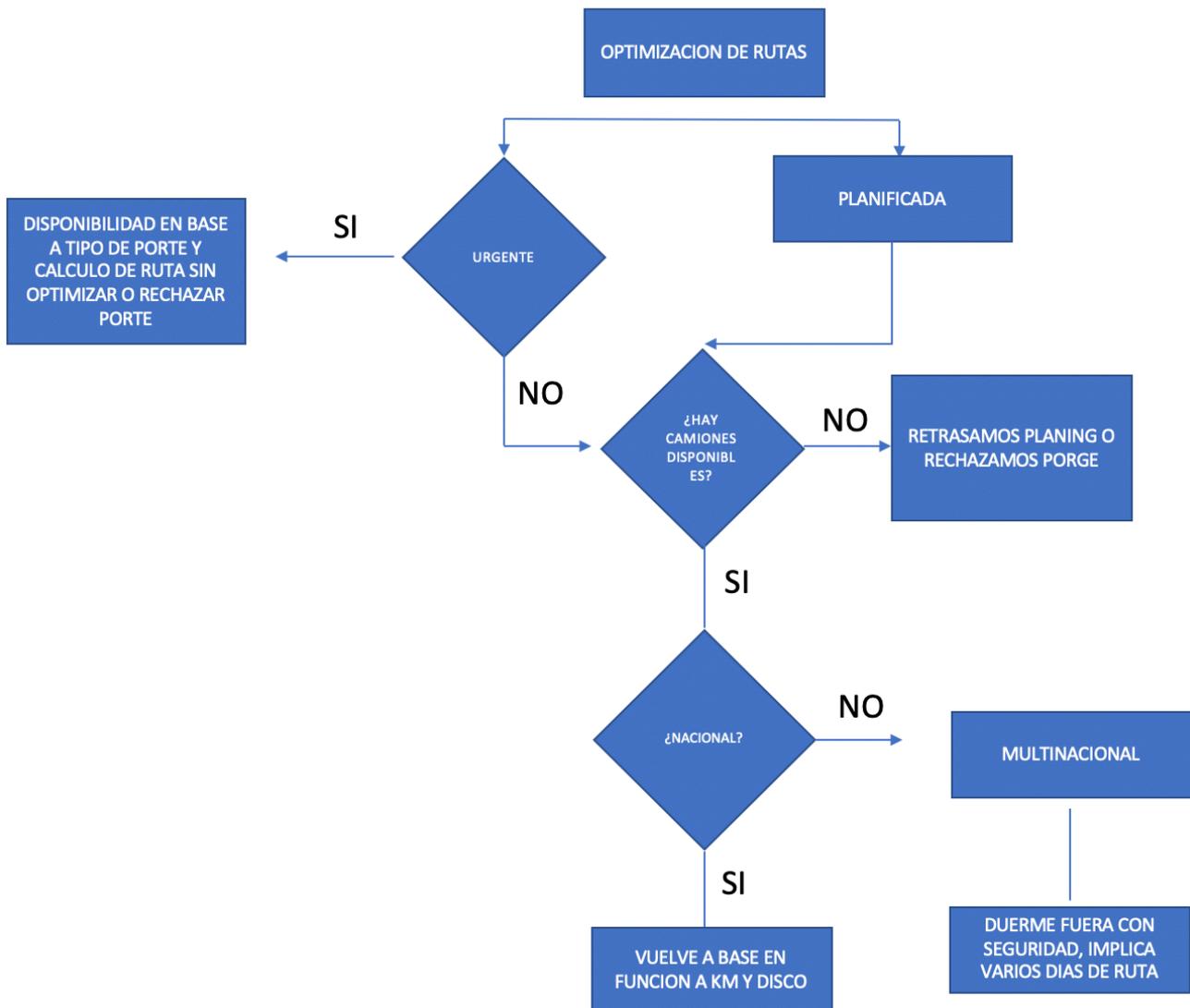


Figura 54. Anexo I, diagrama de flujo clasificación ruta

9.2.2.3.2 Prototipo mockup de dashboard:

La siguiente sección está extraída del sistema de gestión actual, se añaden nuevos campos para ampliar la categorización en función al tipo de porte.

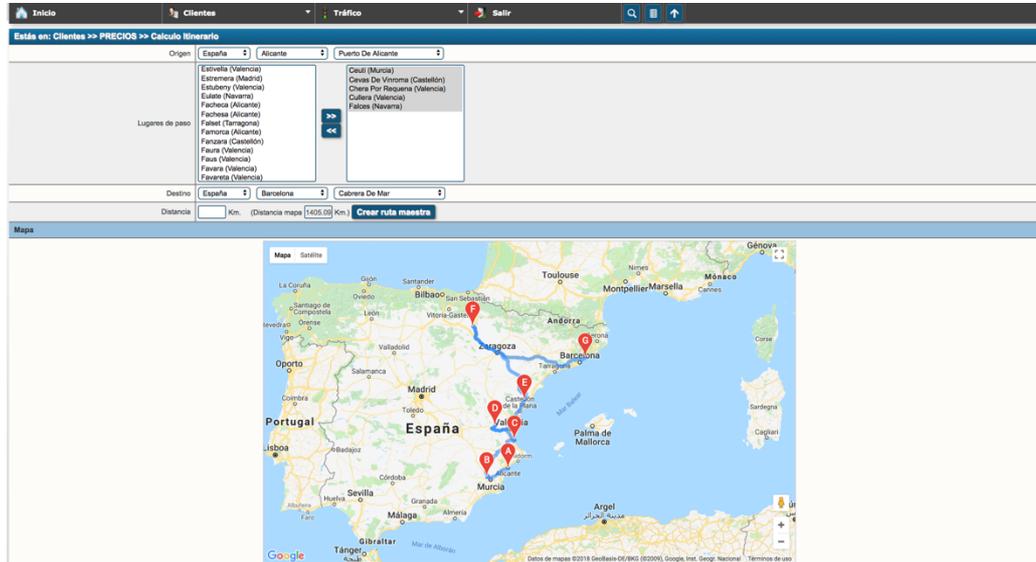


Figura 55. Anexo I, sección de peticiones de TTE

9.2.2.3.3 Metodología de optimización con IA:

En función a la IA nos recomendará una u otra. Los tipos de portes nos indican si es nacional o internacional. Esto es importante ya que el multimodal tiene la restricción de que sólo puede ser nacional el transporte que se tenga que hacer. Ya que esto nos va a definir si el TTE puede volver a la base el mismo día o tiene que pasar la noche fuera. Dentro de si el tipo de transporte es nacional, aquí se clasifica en función a sí en el viaje tiene que hacer noche o puede volver a la base. esto va a influir mucho porque nos va a determinar si el vehículo volverá a la base el mismo día (en este caso el puerto de Alicante) para el cual utilizaremos el problema del viajante de comercio.

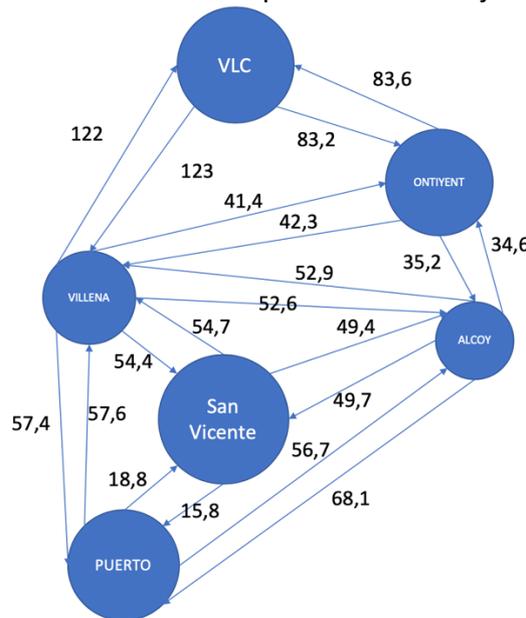


Figura 56. Anexo I, grafo para el cálculo de rutas con IA

9.2.2.3.3.1 Definición de variables Aleatorias a cada ruta

Tal y como se define en el apartado X, vamos a clasificar las variables en función a fijas y aleatorias. Entendemos como variables fijas aquellas que afectan siempre al cálculo total de la ruta como es:

- Inclinación/desnivel del trayecto, ya que afecta al consumo medio del vehículo
- Precio del combustible, que, a pesar de ser un precio variable, sabemos que es un coste fijo.
- Tipo de camión que se utiliza para realizar el porte

Variables aleatorias:

- Meteorología
- Accidentes
- Obras

Herramientas

- Google Transit
- Open Trip Planner
- TomTom routeplanner

9.2.3 Diseño del área para la sección de analítica

Esta área esta compuesta de tres secciones con sus correspondientes interfaces de usuario:

- Sección de calculo de la demanda de mercado
- Sección del calendario para previsiones
- Sección de calculo de rutas

9.2.3.1 Sección de tráfico en vivo

Esta sección es un panel en vivo de la situación actual de la planificación de rutas del día y la localización de vehículos. Además, es donde podremos detectar las alertas y modificar las rutas. Esta directamente se alimenta de los Tacógrafos y GPS de los camiones, el calculo de las rutas y el calendario de previsiones.

9.2.3.1.1 Prototipo mockup de dashboard:

Este panel ha sido obtenido del sistema de transportes actual:

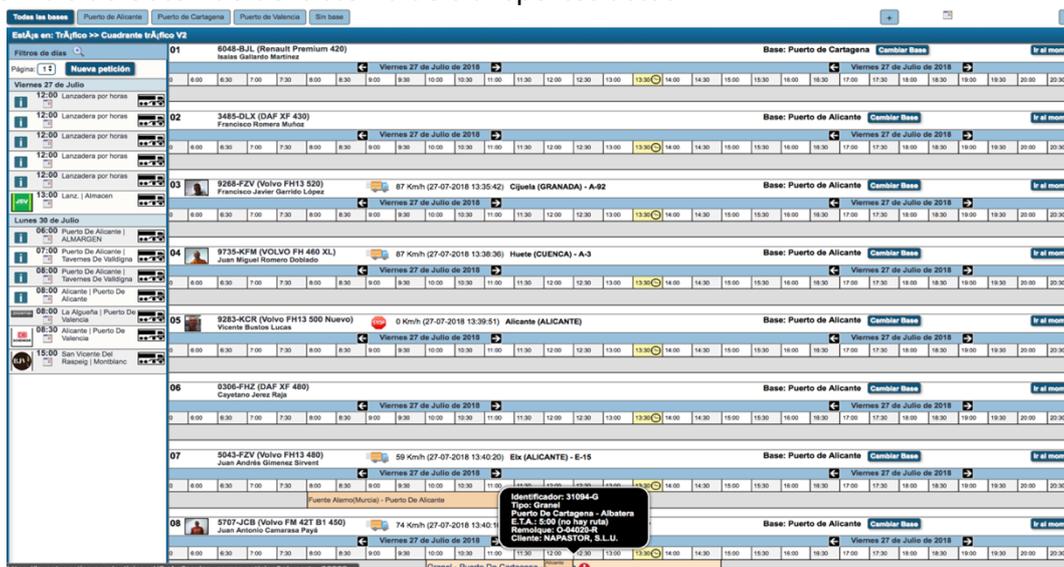


Figura 57. Anexo I, sección de tráfico en tiempo real

9.2.3.1.2 Funcionalidades y metodologías:

En esta sección comprobaremos el estado actual de todos los portes y además contaremos con un mapa geolocalizado para poder ver el estado de los camiones. Aquí podemos ir observando todas las actividades y recalculando las rutas en función a los acontecimientos.

9.2.3.2 Sección de asistente de Transporte

Básicamente se trata de un chatbot con IA, que en función a datos pasados va haciéndote recomendaciones y proponiéndote ajustes en tus viajes. Aquí entra en juego el modelo de machine learning que va alimentando y analizando todos los portes en función a la experiencia, para aconsejarnos sobre la mejor solución.

Id	Cliente	Origen	Destino	Fecha recogida	Remolque	Tara Cam/Rem/Tot	VGM	Contenedor	Precinto	Partida	Referencia	Transportista	Camión	Verif.	PS/PE	Obs.	
1	JSV LOGISTIC, S.L.	Puertollano REPSOL YPF LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES	Puerto De Alicante TMS	27-08-2018 15:00	Ninguno									<input type="checkbox"/>			
2	ACCORD MUNDIAL, S.L.	Almacén ACORD Llen/Vacio		27-08-2018 11:00	Ninguno									<input type="checkbox"/>			
3	HORMIGONES LOS SERRA...	Abanilla CONTRATAS Y AGLOMERADOS LAS CABEZUELAS S.L.	Puerto Lapice CONTRATAS Y AGOMERADOS LAS CABEZUELAS S.L.	27-08-2018 08:00	O-04791-R	R: 7.100Kg. T: 7.100Kg.					EMULSION			<input type="checkbox"/>			
4	BOLLERIA B.J.V., S.L.	San Vicente Del Raspeig BOLLERIA B.J.V., S.L.	Albelda De Iregua GRANDERROBLE DESSERTS	02-08-2018 10:00	Ninguno									<input type="checkbox"/>			
5	BOLLERIA B.J.V., S.L.	San Vicente Del Raspeig BOLLERIA B.J.V., S.L.	Albelda De Iregua GRANDERROBLE DESSERTS	02-08-2018 08:00	Ninguno									<input type="checkbox"/>			
6	DITECPESA, S.A.	Puerto De Alicante DITECPESA	Tavernes De Valldigna ASFALTOS CHOVA S.A	01-08-2018 08:00	Ninguno									<input type="checkbox"/>			
7	DITECPESA, S.A.	Puerto De Alicante DITECPESA	Tavernes De Valldigna ASFALTOS CHOVA S.A	31-07-2018 15:00	Ninguno									<input type="checkbox"/>			
8	JSV LOGISTIC, S.L.	Puerto De Alicante BASE JSV	Puerto De Valencia Balearia	30-07-2018 19:00	R-3454-BBP	C: 7.800Kg. R: 8.800Kg. T: 13.600Kg.		JSVU740910-8		515348		F. TOMAS, S.L.U.	9288-FZV	<input type="checkbox"/>			
9	GLASS PARTNERS SOLUT...	Puerto De Alicante GLASS PARTNER	Fuenlabrada TERMIGLASS	30-07-2018 17:00	Ninguno						X			<input type="checkbox"/>			
10	BOLLERIA B.J.V., S.L.	San Vicente Del Raspeig BOLLERIA B.J.V., S.L.	Montblanc PASTISFRED S.L.	30-07-2018 15:00	Ninguno									<input type="checkbox"/>			
11	GLASS PARTNERS SOLUT...	Puerto De Alicante GLASS PARTNER	Fines FEDERICO SOLA	30-07-2018 15:00	Ninguno						X			<input type="checkbox"/>			
12	LEVANTINA Y ASOCIADO...	Pinoso NEXUS STONE S.L.	Puerto De Valencia	30-07-2018 15:00	Ninguno						PC189489 /EX127745	CARTAGENA		<input type="checkbox"/>			
13	SCHENKER LOGISTICS, ...	Alicante SEUR ALICANTE S.A	Puerto De Valencia NOATUM	30-07-2018 08:30	Ninguno						4030808771	MIAMI		<input type="checkbox"/>			
14	DITECPESA, S.A.	Puerto De Alicante DITECPESA	Tavernes De Valldigna ASFALTOS CHOVA S.A	30-07-2018 08:00	Ninguno									<input type="checkbox"/>			
15	BROKER WORLD IBERIA ...	Alicante MARINA DEPDEL PTO.DE ALICANTE, S.A	Puerto De Alicante TMS	30-07-2018 08:00	Ninguno						519483	TENERIFE		<input type="checkbox"/>			

Figura 58. Anexo I, sugerencias del asistente de TTE

ANEXO II: CÁLCULOS DE RUTAS Y OPTIMIZACIÓN VARIABLES ALEATORIAS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Universitat Politècnica de València

Alumno: **Óliver Pérez Parada**

Director(es): Dra. María Francisca Sempere, Dr. Alejandro Rodríguez Villalobos

Fecha de entrega: Julio del 2019

ANEXO II: Segunda parte: Cálculo de la previsión de la demanda y rutas

En el presente apartado se van a realizar dos cálculos necesarios para la aplicación de la metodología. Por un lado, obtenemos u aplicamos una optimización de la demanda en base a los datos de búsqueda de internet:

- Cálculo de previsión demanda: Dónde encontramos tres secciones diferentes: cualificación del porte en función a la continuidad y la geolocalización, recolección de datos mediante un buscador, clasificación de datos y definición de KPI's que darán vida al dashboard principal.
- Cálculo de la ruta optima: Es un área específica para los diferentes cálculos que se abordan en la aplicación: previsión de la demanda y cálculo de rutas. También disponemos de una funcionalidad para aplicar optimización de los cálculos en base a los datos del research.

9.2.1 Cálculo de la previsión de la demanda optimizada

Lo que se pretende con esta metodología es intentar aproximar al mercado actual según sus tendencias del mercado a la situación actual de la empresa. El objetivo de este cálculo es el de obtener una previsión de la demanda más optimizada en base a los datos de consumo, o bien, una simulación de la previsión de la demanda en caso de no tenerla. Esta metodología se plantea para obtener el número de ventas reales de un producto en función a su demanda global, o geolocalizada. Para ello debemos ir obteniendo diferentes datos e ir ajustándolos para finalmente obtener un número de ítems que podremos sumar a nuestra previsión de la demanda y obtener una aproximación de la realidad.

9.2.2 Conclusiones y obtención de factores de corrección.

Los factores de corrección que tendremos que aplicar a la hora de estimar la nueva demanda son:

Problema	Solución
Sabemos que el número total de búsquedas al mes es de 1625, pero esto no es real porque las ventas y tendencias nos indican que es un producto estacionario.	Averiguar la tendencia de búsqueda mensual para cada mes con el objetivo de saber exactamente el número de búsquedas cada mes.
Estacionalidad del producto alta para meses de septiembre y diciembre. Baja para noviembre, marzo y julio.	Reducir o aumentar stock en base a los meses de baja o demanda alta.

Tabla 7. Anexo II, tabla de análisis de problema - solución

Por lo tanto, con los datos obtenidos de Google y haciendo una ponderación sabiendo que el mes que más búsquedas hay se han producido 650 ventas de 1250 búsquedas, obtenemos la siguiente tabla:

MES	TENDENCIA BUSQUEDAS MENSUAL	PONDERACION = SI 1250 BUSQUEDAS SON 100% ¿Cuánto %?	COMPRAS/mes
ene-16	47	588	294
feb-16	46	575	288
mar-16	36	450	225
abr-16	30	375	188
may-16	54	675	338
jun-16	35	437,5	219
jul-16	45	562,5	281
ago-16	16	200	100
sep-16	35	437,5	219
oct-16	35	437,5	219
nov-16	44	550	275
dic-16	45	562,5	281
ene-17	22	275	138

Tabla 8. Anexo II, tendencias de búsquedas del producto

Ahora sumaremos las ventas del canal online al histórico de datos del último año (2016) y tendremos unos datos reales para calcular el ajuste de la demanda.

9.3 Corrección de los datos OFFLINE

Sumamos los valores de ventas online al histórico y calculamos la predicción.

9.3.1 Análisis de datos históricos en base a las ventas OFFLINE

En la siguiente gráfica podemos observar como las ventas del colgador de tazas tiene picos y valles cíclicos, siendo un producto estacional. Podemos observar en la gráfica con las líneas discontinua el registro de ventas tomando en cuenta las ventas online y con las continua (en el periodo 2016) el registro utilizado por la empresa sin tomar en cuenta las ventas online.

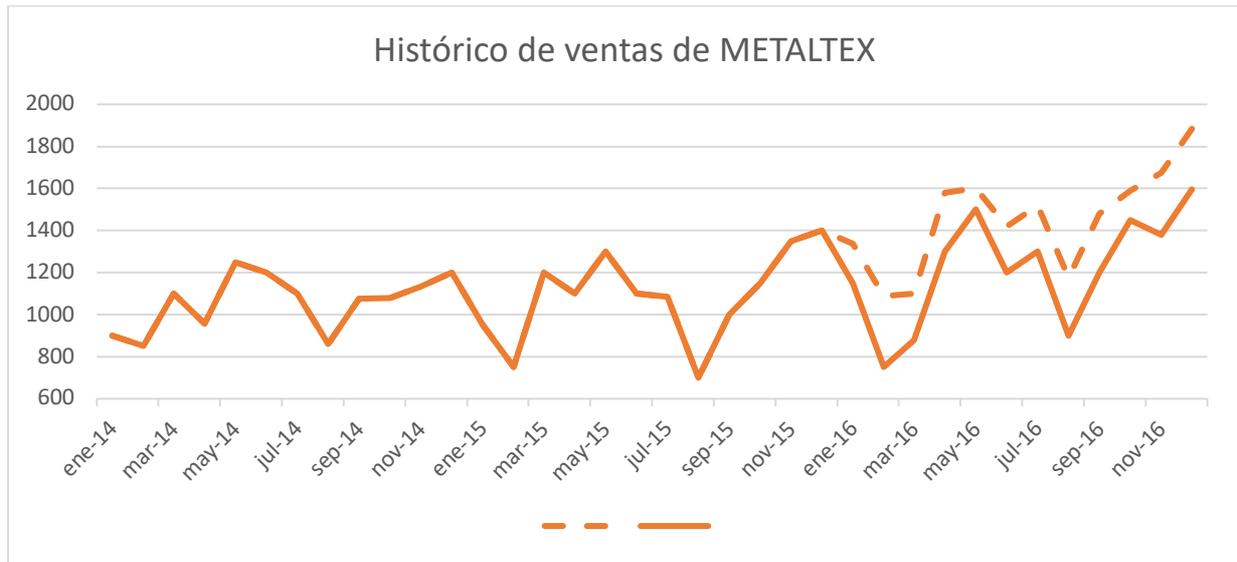


Figura 59. Anexo II, histórico de ventas de Metaltex

Para comprobar que la tendencia de ventas sea positiva vale la pena estudiar el histórico de ventas del último año (2016) y tomando en cuenta las ventas online.

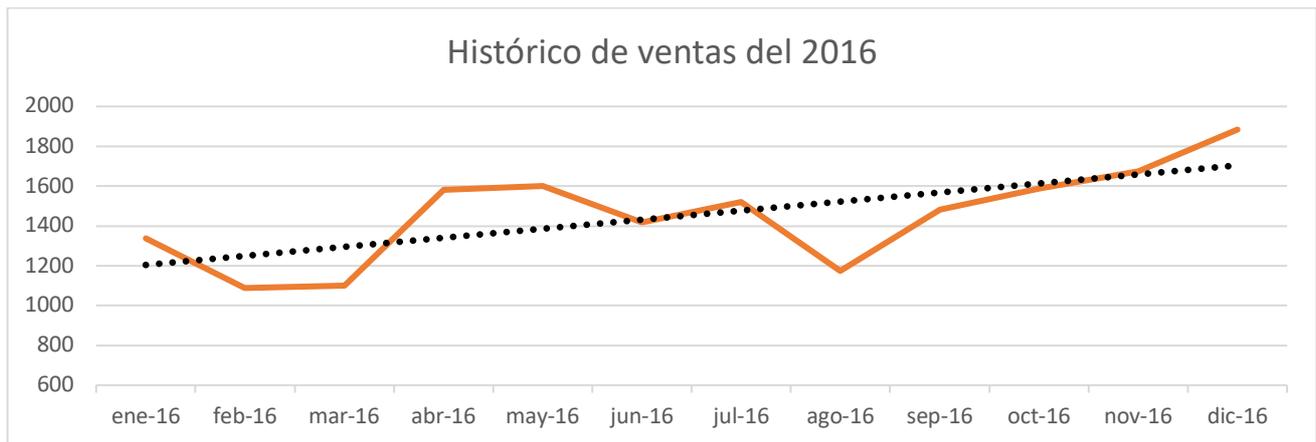


Figura 60. Anexo II, histórico ventas 2016

Este análisis nos permite predecir que la tendencia de ventas de este producto es positiva, de tal manera el estudio de este producto le agrega aún más valor a la empresa.

9.3.2 Estimación de la demanda para un horizonte de 12 meses

Tomando los datos históricos de las ventas hemos logrado simular la estimación de la demanda para cada método de previsión. Los métodos más importantes en este estudio fueron los de DST y Theta ya que toman en cuenta la estacionalidad y la tendencia.

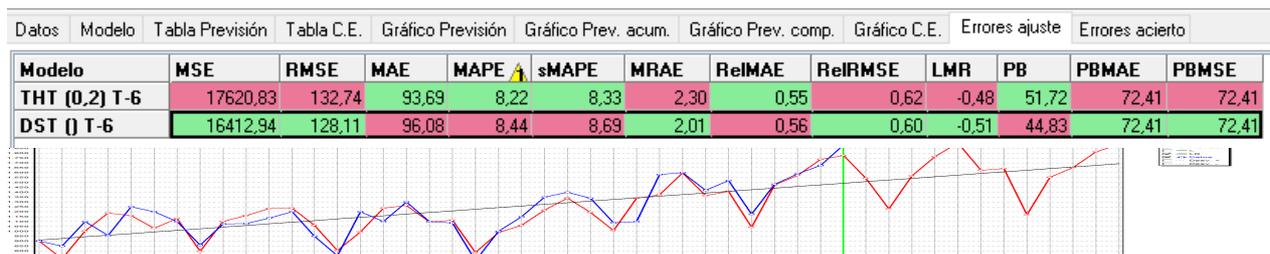


Figura 61. Anexo II, estudio MAPE

Usamos la media absoluta del porcentaje de error (MAPE) como criterio de selección para el método de estimación de la demanda, tanto para el error de ajuste como para el de acierto. Finalmente tomamos el método de Theta porque es el que da menor MAPE para cada tipo de error. Teniendo seleccionado el método, procedemos a realizar la selección del coeficiente Alfa. Estudiamos un rango de alfa entre 0,05 y 0,5 teniendo como resultado las siguientes tablas.

Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Errores acierto			
Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE	sMAPE	MRAE	RelMAE	RelRMSE	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
THT (0,35) T-6	19441,61	139,43	91,82	8,04	7,99	2,77	0,54	0,65	-0,43	48,28	72,41	72,41
THT (0,3) T-6	18700,98	136,75	91,76	8,05	8,05	2,62	0,54	0,64	-0,45	48,28	72,41	72,41
THT (0,4) T-6	20269,97	142,37	92,20	8,07	7,97	2,89	0,54	0,67	-0,41	48,28	72,41	72,41
THT (0,25) T-6	18079,30	134,46	92,18	8,10	8,15	2,45	0,54	0,63	-0,46	48,28	75,86	75,86
THT (0,45) T-6	21167,19	145,49	92,98	8,13	7,99	3,00	0,54	0,68	-0,38	48,28	72,41	72,41
THT (0,5) T-6	22123,93	148,74	94,01	8,20	8,04	3,09	0,55	0,70	-0,36	48,28	72,41	72,41
THT (0,2) T-6	17620,83	132,74	93,69	8,22	8,33	2,30	0,55	0,62	-0,48	51,72	72,41	72,41
THT (0,2) T-6	17620,83	132,74	93,69	8,22	8,33	2,30	0,55	0,62	-0,48	51,72	72,41	72,41
THT (0,15) T-6	17377,85	131,83	95,99	8,39	8,55	2,18	0,56	0,62	-0,48	48,28	68,97	68,97
THT (0,1) T-6	17402,55	131,92	97,78	8,50	8,73	2,05	0,57	0,62	-0,48	48,28	68,97	68,97
THT (0,05) T-6	17791,91	133,39	98,48	8,50	8,79	1,90	0,57	0,62	-0,47	48,28	72,41	72,41

Figura 62. Anexo II, tabla de resultados test 1

Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Errores acierto			
Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE	sMAPE	MRAE	RelMAE	RelRMSE	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
THT (0,5) T-6	48361,82	219,91	213,17	13,78	14,85	1,38	0,99	0,87	-0,14	33,33	50,00	50,00
THT (0,45) T-6	48727,12	220,74	214,02	13,83	14,91	1,38	0,99	0,87	-0,14	33,33	50,00	50,00
THT (0,4) T-6	49574,17	222,65	215,97	13,96	15,06	1,40	1,00	0,88	-0,13	33,33	50,00	50,00
THT (0,35) T-6	51211,06	226,30	219,69	14,20	15,33	1,42	1,02	0,90	-0,11	33,33	50,00	50,00
THT (0,3) T-6	54092,35	232,58	226,08	14,61	15,81	1,47	1,05	0,92	-0,08	33,33	50,00	50,00
THT (0,25) T-6	58858,88	242,61	236,27	15,27	16,58	1,54	1,09	0,96	-0,04	33,33	50,00	50,00
THT (0,2) T-6	66369,10	257,62	251,49	16,25	17,73	1,64	1,17	1,02	0,02	33,33	50,00	50,00
THT (0,2) T-6	66369,10	257,62	251,49	16,25	17,73	1,64	1,17	1,02	0,02	33,33	50,00	50,00
THT (0,15) T-6	77681,46	278,71	272,80	17,62	19,37	1,79	1,26	1,10	0,10	33,33	33,33	33,33
THT (0,1) T-6	93979,49	306,56	300,85	19,42	21,56	1,98	1,39	1,21	0,19	16,67	16,67	16,67
THT (0,05) T-6	116965,33	342,00	336,44	21,71	24,41	2,23	1,56	1,35	0,30	0,00	0,00	0,00

Figura 63. Anexo II, tabla de resultados test 2

Después de analizar los rangos de Alfa decidimos tomar un valor igual a 0,5 ya que consideramos que minimiza el error de manera considerable para el error de ajuste y de acierto. Teniendo seleccionado el método Theta y el valor de Alfa, podemos proceder a realizar los primeros cálculos de estimación. En estos primeros cálculos reduciremos las mayores brechas de error de ajuste y las ventas reales. En la siguiente gráfica lo resaltamos con recuadros de color verde.

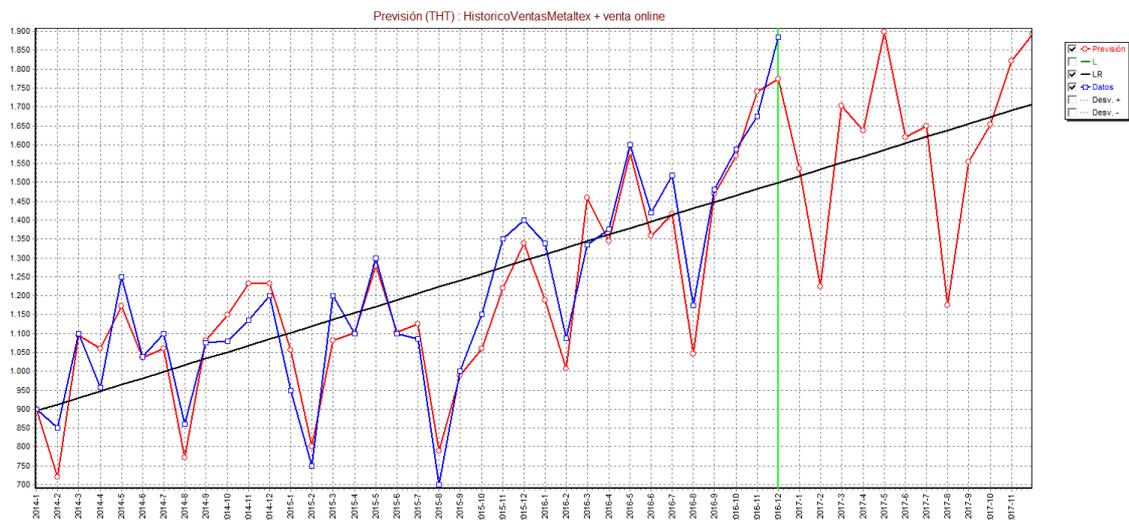
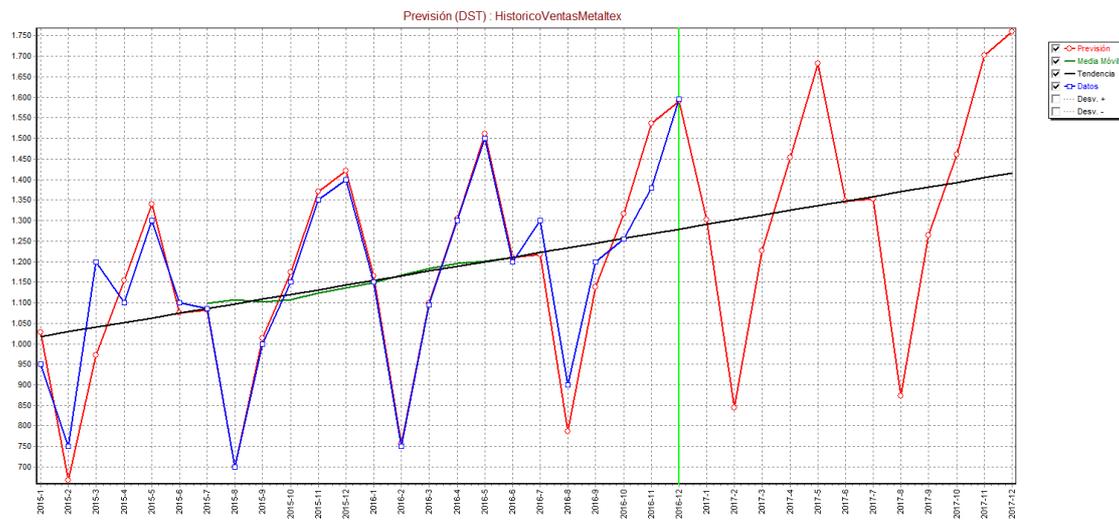


Figura 64. Anexo II, gráfica de resultados primer test

Al acortar las mayores diferencias en los errores de ajuste, teóricamente deberíamos de acercarnos más a un error a cierto menor. En la siguiente gráfica podemos visualizar el resultado del cambio y en recuadro de color rojo se muestra el rango del primer año que se eliminará del estudio ya que aleja la estimación de la demanda a la realidad por los cambios que ha sufrido en los dos años siguiente.

A simple vista da la impresión de que al quitarle años al histórico nos alejamos más a una predicción fiable, pero no es así, a veces tenemos que tomar estas decisiones en los casos que periodos del histórico de alejan al comportamiento actual.

La reducción de del histórico de ventas nos genera una nueva grafica que se puede apreciar a continuación.



Datos	Modelo	Tabla Previsión	Tabla C.E.	Gráfico Previsión	Gráfico Prev. acum.	Gráfico Prev. comp.	Gráfico C.E.	Errores ajuste	Erro				
	Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE	sMAPE	MRAE	ReIMA	ReIRM	LMR	PB	PBMAE	PBMSE
	THT (0,5)	9856,54	99,28	59,45	4,45	4,66	0,51	0,31	0,45	-0,80	56,52	78,26	78,26

Figura 65. Anexo II, gráfica y resultados test 2

Esta grafica seria nuestro resultado de estimación, teniendo un MAPE= 4,45 y tenencia de demanda positiva. Como dato adicional queremos mostrar una gráfica que permite visualizar la variación de la previsión de la demanda para todos los meses del año 2017 con las diferentes pruebas realizadas. La primera prueba fue con un histórico de 3 años, en la segunda prueba se cortaron las distancias en 3 puntos de error de ajuste y en la última prueba redujimos el histórico de ventas a dos años y mantuvimos la reducción de error de ajuste de la prueba 2.

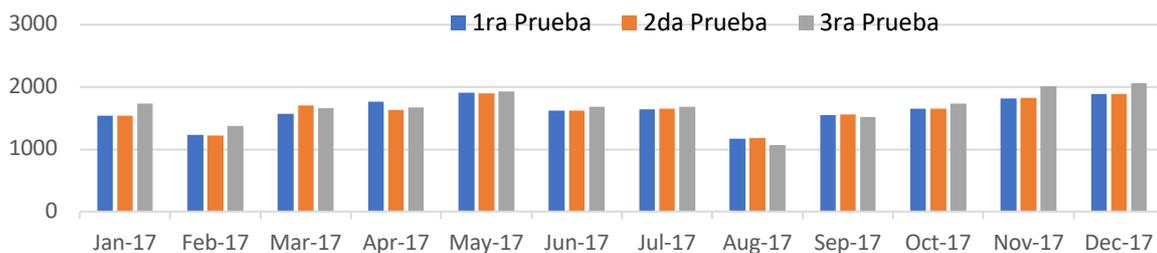


Figura 66. Anexo II, gráfico de los tres análisis

10 Conclusiones

Finalizada esta práctica, para mejorar la elección de previsión de la demanda con el menor error posible en un futuro recomendamos a la empresa:

- Comenzar a realizar el registro de la demanda para poder tener un histórico de demanda y no sólo de venta.
- Comenzar a tener un registro tanto de la demanda como de las ventas de la tienda online de la empresa.

Por lo pronto, nuestra labor consultora con los datos facilitados por parte de la empresa y los estimados por nosotros mismos mediante herramientas de business intelligent concluye que la previsión con menos error para los próximos 12 meses será la siguiente:



Figura 67. Anexo II, gráfico de resultados finales

PREVISIÓN DEMANDA 2017	
ENERO	1729,28
FEBRERO	1378,56
MARZO	1662,91
ABRIL	1672,56
MAYO	1923,72
JUNIO	1682,06
JULIO	1685,26
AGOSTO	1068,27
SEPTIEMBRE	1513,80
OCTUBRE	1731,19
NOVIEMBRE	2009,97
DICIEMBRE	2058,94

Figura 68. Anexo II, tabla de resultados finales

Por último, remarcar que el rol de un responsable de estimación de la demanda es crucial para las empresas hoy en día.

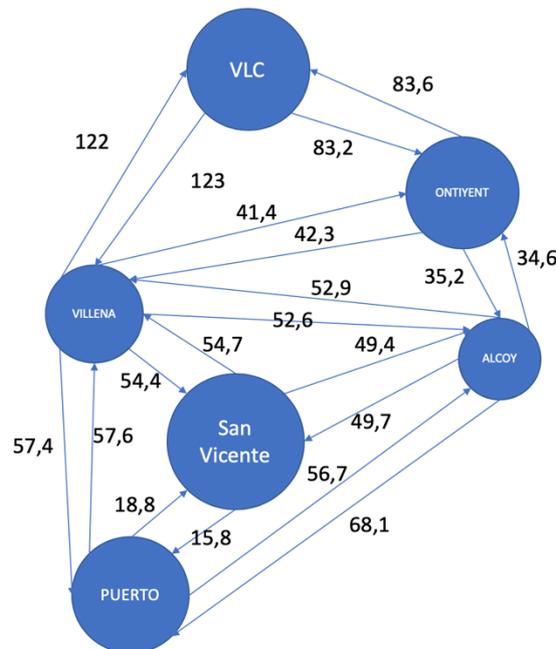
11 Cálculo de rutas

Para realizar el cálculo de rutas se propone utilizar el programa de Grafos, creado por Alejandro Rodríguez Villalobos de la EPSA. Este apartado se divide en dos cálculos, en ambos se aplica el viajante de comercio a coste mínimo con vuelta al origen. Se van a llevar a cabo dos cálculos.

- El primer cálculo se trata de la aplicación del algoritmo en la ruta establecida sin tener en cuenta ningún tipo de restricciones
- El segundo cálculo se aplicarán correcciones a cada ruta, en función a las condiciones, al desnivel y a las lecturas en tiempo real del estado de las carreteras y climatología

El objetivo de los cálculos es el de demostrar que a pesar de los posibles resultados y mejoras que nos pueda aportar una ruta optimizada, el resultado final se aleja mucho de la realidad, ya que existen muchos factores que no vamos a poder controlar y otros que sí podremos, pero tampoco se calcularán con exactitud debido a que se va a depender de las lecturas en tiempo real y su respectivo porcentaje de error.

11.1.1.1 Planteamiento del problema logístico.



	Origen \ Destino	PUERTO	SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
►	PUERTO		18,8	57,6	56,7	91,4	181
	SAN VICENTE	15,8		54,7	49,4	54,1	119,4
	VILLENA	57,4	54,4		41,4	41,4	122
	ALCOY	68,1	49,7	52,9		34,6	118,2
	ONTINYENT	102,8	84,7	42,3	35,2		85,6
	VALENCIA	179,5	176,5	123	119	83,2	

Figura 69. Anexo II, cálculos para la ruta de transporte

Solución: La ruta óptima es: Ruta (1): PUERTO, VILLENA, VALENCIA, ONTINYENT, ALCOY, SAN VICENTE, PUERTO

Distancia = 363,5

11.1.2 Optimización del cálculo de las rutas escalando a la realidad:

Para el siguiente paso aplicaremos una rectificación a los kilómetros de la ruta, la formula propuesta es la siguiente:

- Obtener la distancia del trayecto, sumaremos los coeficientes y los multiplicaremos por los coeficientes de corrección y sumar el kilometraje a la distancia total. Este resultado lo extrapolamos todo a kilómetros, que representa una aproximación a la realidad puesto que, a más kilómetros, más tiempo en llegar a la ruta fijada.
- Se ha realizado una tabla con unas modificaciones según cada variable aplicable a cada ruta:

DESNIVEL						
	PUERTO ALICANTE	BASE EN SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
PUERTO ALICANTE		1%	3%	8%	2%	2%
BASE EN SAN VICENTE	2%		2%	3%	1%	1%
VILLENA	1%	5%		1%	3%	3%
ALCOY	1%	10%	4%		1%	1%
ONTINYENT	2%	12%	2%	1%		18%
VALENCIA	2%	15%	18%	1%	18%	

TRÁFICO/ACCIDENTES						
	PUERTO ALICANTE	BASE EN SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
PUERTO ALICANTE		1%	1%	5%	1%	2%
BASE EN SAN VICENTE	2%		2%	10%	1%	1%
VILLENA	1%	5%		12%	2%	1%
ALCOY	1%	10%	5%		2%	1%
ONTINYENT	2%	12%	10%	1%		18%
VALENCIA	2%	12%	12%	1%	2%	

OBRAS						
	PUERTO ALICANTE	BASE EN SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
PUERTO ALICANTE		1%	5%	1%	1%	5%
BASE EN SAN VICENTE	2%		10%	2%	2%	10%
VILLENA	1%	5%		2%	2%	12%
ALCOY	1%	10%	1%		10%	1%
ONTINYENT	2%	12%	2%	5%		2%
VALENCIA	2%	1%	2%	10%	2%	

Tabla 9. Anexo II, tabla de ajustes en base a variables aleatorias

11.1.2.1 Resultado aplicado a las rutas:

Una vez hemos aplicado las correcciones, multiplicando cada tramo por su respectiva corrección pasamos a calcular las rutas de nuevo.

	PUERTO ALICANTE	BASE EN SAN VICENTE	VILLENA	ALCOY	ONTINYENT	VALENCIA
PUERTO ALICANTE		19,176	59,904	58,401	93,228	193,67
BASE EN SAN VICENTE	16,274		55,794	50,388	55,182	126,564
VILLENA	59,696	55,488		42,642	42,228	132,98
ALCOY	69,462	50,197	53,958		35,638	120,564
ONTINYENT	105,884	86,394	42,723	36,608		88,168
VALENCIA	181,295	185,325	125,46	120,19	85,064	

Tabla 10. Anexo II, kilómetros totales en base a los ajustes de variables

Z

Rutas Solución:

Ruta (1): PUERTO, VILLENA, ONTINYENT, VALENCIA, ALCOY, SAN VICENTE, PUERTO

Distancia = 376,961

11.1.2.2 Resultado del cálculo de rutas inicial programa "RUTAS"

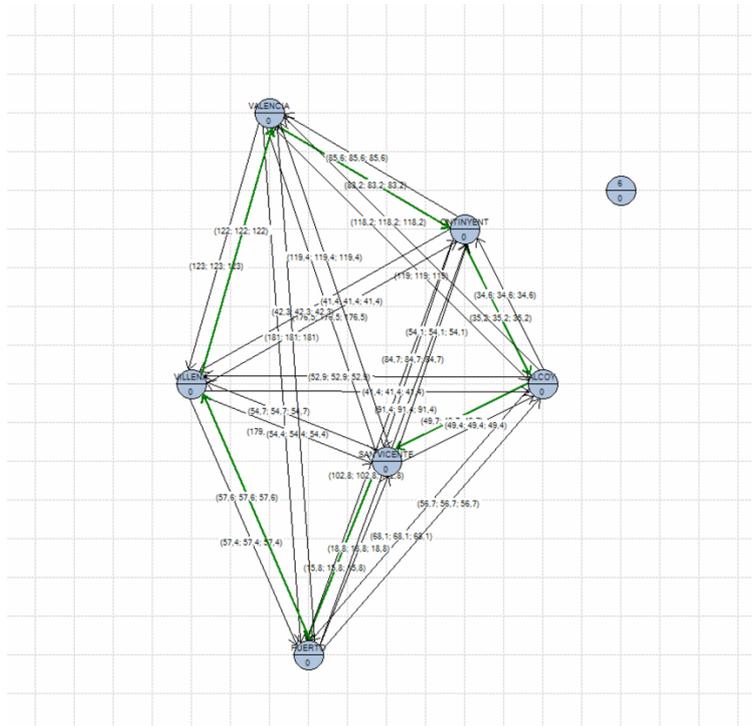


Figura 70. Anexo II, imagen viajante de comercio con datos sin aplicar variables

PROBLEMA DE 1-VIAJANTES DE COMERCIO (PUERTO=Origen, 6=Max.Clientes)

Tiempo de modelado = 0 segundos
Tiempo de proceso = 0 segundos

SOLUCION OPTIMA ENCONTRADA
lp_solve -> 0

Valor de la función objetivo = 363.50000000

Valor actual de las variables:

x_1_0:: SAN VICENTE --> PUERTO = 1
x_2_0:: VILLENA --> PUERTO = 0
x_3_0:: ALCOY --> PUERTO = 0
x_4_0:: ONTINYENT --> PUERTO = 0
x_5_0:: VALENCIA --> PUERTO = 0
x_0_1:: PUERTO --> SAN VICENTE = 0
x_2_1:: VILLENA --> SAN VICENTE = 0
x_3_1:: ALCOY --> SAN VICENTE = 1
x_4_1:: ONTINYENT --> SAN VICENTE = 0

x_5_1:: VALENCIA --> SAN VICENTE = 0
 x_0_2:: PUERTO --> VILLENA = 1
 x_1_2:: SAN VICENTE --> VILLENA = 0
 x_3_2:: ALCOY --> VILLENA = 0
 x_4_2:: ONTINYENT --> VILLENA = 0
 x_5_2:: VALENCIA --> VILLENA = 0
 x_0_3:: PUERTO --> ALCOY = 0
 x_1_3:: SAN VICENTE --> ALCOY = 0
 x_2_3:: VILLENA --> ALCOY = 0
 x_4_3:: ONTINYENT --> ALCOY = 1
 x_5_3:: VALENCIA --> ALCOY = 0
 x_0_4:: PUERTO --> ONTINYENT = 0
 x_1_4:: SAN VICENTE --> ONTINYENT = 0
 x_2_4:: VILLENA --> ONTINYENT = 0
 x_3_4:: ALCOY --> ONTINYENT = 0
 x_5_4:: VALENCIA --> ONTINYENT = 1
 x_0_5:: PUERTO --> VALENCIA = 0
 x_1_5:: SAN VICENTE --> VALENCIA = 0
 x_2_5:: VILLENA --> VALENCIA = 1
 x_3_5:: ALCOY --> VALENCIA = 0
 x_4_5:: ONTINYENT --> VALENCIA = 0
 u1 4
 u2 0
 u3 3
 u4 2
 u5 1

Valor actual de las restricciones:

r1 1
 r2 1
 r3 1
 r4 1
 r5 1
 r6 1
 r7 1
 r8 1
 r9 1
 r10 1
 r11 1
 r12 1
 r13 4
 r14 1
 r15 2
 r16 3
 r17 -4

r18	-3
r19	-2
r20	5
r21	5
r22	3
r23	1
r24	2
r25	-2
r26	2
r27	5
r28	1
r29	-3
r30	1
r31	-2
r32	5
r33	4
r34	0
r35	3
r36	2
r37	1
r38	1
r39	0
r40	0
r41	0
r42	0
r43	0
r44	0
r45	1
r46	0
r47	0
r48	1
r49	0
r50	0
r51	0
r52	0
r53	0
r54	0
r55	0
r56	1
r57	0
r58	0
r59	0
r60	0
r61	0
r62	1
r63	0

r64	0
r65	1
r66	0
r67	0
r68	1
r69	0
r70	0
r71	0
r72	0
r73	0
r74	0
r75	1
r76	0
r77	0
r78	1
r79	0
r80	0
r81	0
r82	0
r83	0
r84	0
r85	0
r86	1
r87	0
r88	0
r89	0
r90	0
r91	0
r92	1
r93	0
r94	0
r95	1
r96	0
r97	0

Rutas Solución:

Ruta (1): PUERTO, VILLENA, VALENCIA, ONTINYENT, ALCOY, SAN VICENTE, PUERTO

Distancia = 363,5

Distancia total = 363,5

Resuelto con:

Grafos - v.1.3.5

(cc) 2003..2012 - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>

11.1.2.3 Resultado del cálculo de rutas optimizado

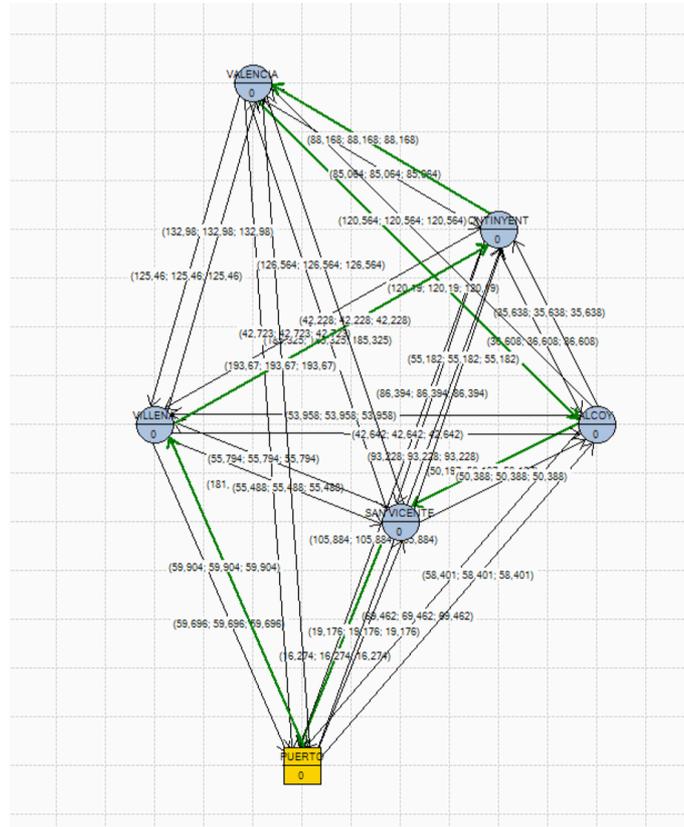


Figura 71. Anexo II, imagen viajante de comercio con datos sin aplicar variables

PROBLEMA DE 1-VIAJANTES DE COMERCIO (PUERTO=Origen, 6=Max.Clientes)

Tiempo de modelado = 0 segundos
Tiempo de proceso = 0 segundos

SOLUCION OPTIMA ENCONTRADA
lp_solve -> 0

Valor de la función objetivo = 376.96100000

Valor actual de las variables:

- x_1_0:: SAN VICENTE --> PUERTO = 1
- x_2_0:: VILLENA --> PUERTO = 0
- x_3_0:: ALCOY --> PUERTO = 0
- x_4_0:: ONTINYENT --> PUERTO = 0
- x_5_0:: VALENCIA --> PUERTO = 0
- x_0_1:: PUERTO --> SAN VICENTE = 0
- x_2_1:: VILLENA --> SAN VICENTE = 0
- x_3_1:: ALCOY --> SAN VICENTE = 1

x_4_1:: ONTINYENT --> SAN VICENTE = 0
 x_5_1:: VALENCIA --> SAN VICENTE = 0
 x_0_2:: PUERTO --> VILLENA = 1
 x_1_2:: SAN VICENTE --> VILLENA = 0
 x_3_2:: ALCOY --> VILLENA = 0
 x_4_2:: ONTINYENT --> VILLENA = 0
 x_5_2:: VALENCIA --> VILLENA = 0
 x_0_3:: PUERTO --> ALCOY = 0
 x_1_3:: SAN VICENTE --> ALCOY = 0
 x_2_3:: VILLENA --> ALCOY = 0
 x_4_3:: ONTINYENT --> ALCOY = 0
 x_5_3:: VALENCIA --> ALCOY = 1
 x_0_4:: PUERTO --> ONTINYENT = 0
 x_1_4:: SAN VICENTE --> ONTINYENT = 0
 x_2_4:: VILLENA --> ONTINYENT = 1
 x_3_4:: ALCOY --> ONTINYENT = 0
 x_5_4:: VALENCIA --> ONTINYENT = 0
 x_0_5:: PUERTO --> VALENCIA = 0
 x_1_5:: SAN VICENTE --> VALENCIA = 0
 x_2_5:: VILLENA --> VALENCIA = 0
 x_3_5:: ALCOY --> VALENCIA = 0
 x_4_5:: ONTINYENT --> VALENCIA = 1
 u1 5
 u2 0
 u3 4
 u4 1
 u5 3

Valor actual de las restricciones:

r1 1
 r2 1
 r3 1
 r4 1
 r5 1
 r6 1
 r7 1
 r8 1
 r9 1
 r10 1
 r11 1
 r12 1
 r13 5
 r14 1
 r15 4
 r16 2

r17	-5
r18	-4
r19	5
r20	-3
r21	5
r22	4
r23	3
r24	1
r25	-4
r26	1
r27	-3
r28	4
r29	-2
r30	3
r31	5
r32	2
r33	5
r34	0
r35	4
r36	1
r37	3
r38	1
r39	0
r40	0
r41	0
r42	0
r43	0
r44	0
r45	1
r46	0
r47	0
r48	1
r49	0
r50	0
r51	0
r52	0
r53	0
r54	0
r55	0
r56	0
r57	1
r58	0
r59	0
r60	1
r61	0
r62	0

r63	0
r64	0
r65	0
r66	0
r67	1
r68	1
r69	0
r70	0
r71	0
r72	0
r73	0
r74	0
r75	1
r76	0
r77	0
r78	1
r79	0
r80	0
r81	0
r82	0
r83	0
r84	0
r85	0
r86	0
r87	1
r88	0
r89	0
r90	1
r91	0
r92	0
r93	0
r94	0
r95	0
r96	0
r97	1

Rutas Solución:

Ruta (1): PUERTO, VILLENA, ONTINYENT, VALENCIA, ALCOY, SAN VICENTE, PUERTO

Distancia = 376,961

Distancia total = 376,961

Resuelto con:

Grafos - v.1.3.5

(cc) 2003..2012 - Alejandro Rodríguez Villalobos

<http://arodrigu.webs.upv.es/grafos>