



E4.2 Informe de Evaluación de Algoritmos BigData y Servicios Inteligentes de Optimización Energética

Contenido

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Resumen..... | 2 |
| 2 | Alertas y otros módulos asociados a servicios inteligentes | 2 |
| 2.1 | Detección de alertas | 2 |
| 2.2 | Detección de anomalías..... | 3 |
| 2.3 | Ruta recomendada | 3 |
| 3 | Análisis de datos y servicios inteligentes..... | 3 |
| 3.1 | Detección de alertas | 3 |
| 3.2 | Detección de anomalías..... | 3 |
| 3.3 | Ruta recomendada | 8 |
| 3.4 | Desarrollo/Despliegue..... | 10 |
| 3.4.1 | Detección de alertas..... | 10 |
| 3.4.2 | Detección de anomalías | 10 |
| 3.4.3 | Ruta recomendada..... | 12 |
| 4 | Interfaz de usuario..... | 12 |
| 4.1 | Acceso a la plataforma | 13 |
| 4.2 | Manual de usuario..... | 13 |
| 4.2.1 | Menú principal | 13 |
| 4.2.2 | Menú ALMACENES..... | 13 |
| 4.2.3 | Menú CAMIONES..... | 14 |
| 4.2.4 | Menú HISTÓRICOS..... | 17 |
| 4.3 | Acceso a la plataforma desde un dispositivo móvil | 20 |
| 5 | Cuestionarios y respuestas de los usuarios | 20 |
| 5.1 | Preguntas generales..... | 21 |
| 5.2 | Preguntas específicas para usuarios de almacenes | 21 |
| 5.3 | Preguntas específicas para usuarios de vehículos | 21 |
| 5.4 | Respuestas de los usuarios a la encuesta..... | 22 |
| 6 | Conclusiones..... | 23 |



1 Resumen

Este documento es el encargado de describir todos los desarrollos realizados a nivel de plataforma en los que, partiendo de los datos que se están recopilando conforme a lo descrito en entregables anteriores, se realiza el procesamiento de la información de cara identificar puntos de mejora de la eficiencia energética tanto en el ámbito de los vehículos como en los almacenes.

Como punto de partida se mostrará parte de la funcionalidad básica que se ha desarrollado orientada a la detección de alertas, aplicables tanto para la detección de situaciones puntuales en las que se detecta un exceso de consumo (eficiencia energética como tal) como a otras situaciones de ámbito más general en las que se requiera detectar y notificar de un problema.

El siguiente nivel, ligado de forma más explícita a los algoritmos de análisis de datos, tiene que ver con la detección de situaciones anómalas que también serán descritas.

Por otro lado, desde una perspectiva de interacción con los usuarios, se describirá el frontend desarrollado que permite acceder a la información, incluyendo valores actuales, históricos, alertas, rutas, etc.

Finalmente se han definido una serie de cuestionarios con los que intentar determinar la visión que tienen los usuarios del producto desarrollado a nivel de utilidad, facilidad de uso, etc.

2 Alertas y otros módulos asociados a servicios inteligentes

Una parte importante del esfuerzo realizado en el área de servicios inteligentes, en base a las prioridades que identificó la empresa tal y como se ha indicado en entregables anteriores, está centrada en el ámbito de los almacenes, y también se ha añadido un servicio inteligente ligado a los vehículos.

En ese sentido se han desarrollado tres categorías de servicios cuya funcionalidad se describe a continuación y cuya implementación se describirá en la siguiente sección:

- ▶ Detección de alertas.
- ▶ Detección de anomalías.
- ▶ Ruta recomendada.

2.1 Detección de alertas

La detección de alertas está ligada a la detección de valores de sensores fuera de los rangos previstos. La configuración de los límites de detección de alerta en los casos donde los datos a analizar van ligados a consumos, se ha establecido en base al análisis de los datos históricos de que se disponía una vez que se han ido recogiendo en la plataforma, y siempre con la validación por parte de los técnicos de la empresa de logística refrigerada Disfrimur.

En concreto se controlan los siguientes casos:

- ▶ Las puertas que conectan la Cámara de Congelados con la de Frescos 2 y ésta última con el Muelle permanecen abiertas simultáneamente durante demasiado tiempo. Este caso se añadió por petición expresa del responsable del almacén ya que ese caso en la práctica podría dar lugar a una importante cantidad de aire caliente a la Cámara de Congelados, con la consiguiente pérdida de frigorías.
- ▶ Puerta lateral del Muelle abierta a la vez que el sistema de A.A. del Muelle está encendido. De nuevo el responsable del Muelle nos indicó que esa es otra fuente de pérdida de frigorías y que además viola el protocolo de actuación definido para esa parte de las instalaciones, por lo que,



THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

pese a tener cierto margen de tolerancia y no reportar una alerta de forma instantánea, sí debe detectarla a partir de cierto momento.

- ▶ Niveles de CO₂ demasiado altos durante cierto tiempo en los dos puntos del Muelle donde se han instalado los sensores. Ese es uno de los puntos de las instalaciones donde más se puede concentrar el CO₂ en caso de que hubiera algún vehículo arrancado estando alguna de las puertas de los muelles abierta, lo que podría suponer un riesgo para la salud de los operarios.
- ▶ Temperaturas excesivamente altas en las cámaras. Este caso se puede dar tanto ante un problema con el sistema de clima (falta de potencia, fallo de alguno de los compresores, fugas, etc.) como derivado de la operatoria normal asociada a los procesos de carga y descarga, y será el responsable en cada caso quien deba determinar si el valor detectado en cada momento y que desencadena la detección de la alerta es aceptable o no, dependiendo del contexto.
- ▶ Consumos de las cámaras (o del Muelle) excesivamente altos. Si se detectan picos de consumo persistentes en el tiempo, el sistema también genera una alerta.

2.2 Detección de anomalías

El concepto de anomalía va ligado a la comparación de los datos obtenidos en un intervalo de tiempo (en este caso ligados a consumos de cámaras) con los que normalmente se han ido registrando en el pasado. Es decir, si el patrón de consumo de la cámara difiere demasiado del patrón de consumo que normalmente se ha ido observando para ella en el pasado entonces se entiende que el comportamiento puede ser anómalo. Una vez detectado, se muestra dicha anomalía en el interfaz de usuario que, a su vez, ofrece una o más recomendaciones para intentar orientar al usuario a la hora de determinar cuáles es el origen del problema.

2.3 Ruta recomendada

En el caso de los vehículos, a la vista de la problemática asociada a la obtención de ciertos datos de los mismos, el servicio que se proporciona permite calcular una ruta recomendada en base a un origen, un destino y una marca de tiempo inicial.

3 Análisis de datos y servicios inteligentes

3.1 Detección de alertas

El módulo de detección de alertas está ligado directamente a la monitorización de valores *en tiempo real*. En la práctica, y a la vista de las alertas que se han definido, se ha optado por usar un mecanismo de polling con una periodicidad baja para reducir así el número de suscripciones activas hacia el Context Broker.

Se ha definido un conjunto de elementos que son susceptibles de generar alerta de tal forma que, para cada uno de ellos, se comprueba si todos los valores de entrada (temperatura, consumos, etc.) están demasiado tiempo fuera de un rango preconfigurado para detectar alerta y, posteriormente, si esos valores vuelven a estar dentro de un rango normal durante el tiempo suficiente como para indicar que la alerta ha finalizado.

En definitiva es un módulo basado en reglas con filtrado de detección de alertas y de fin de detección de alertas mediante un factor temporal para intentar ignorar los falsos positivos.

3.2 Detección de anomalías

Los datos de las series temporales suelen sufrir cambios repentinos que alteran su dinámica de forma transitoria o permanente. Estos cambios suelen ser no sistemáticos y no se pueden captar por los modelos de series temporales estándar. Por eso se conocen como efectos atípicos o anomalías. La detección de anomalías es importante porque éstas influyen en la selección del modelo, la



THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

estimación de los parámetros y en consecuencia, en la precisión de los algoritmos y los servicios basados en datos.

Empíricamente se ha demostrado que la combinación de modelos incrementa la precisión de las predicciones, para este servicio hemos desarrollado un modelo consistente en una combinación de modelos [Bates & Granger, 1969], que clasifica como anomalías aquellas observaciones que la mayoría de los modelos detecten como tal. De acuerdo a los datos con los que contamos, hemos utilizado dos submodelos, utilizando detección automática de anomalías con una derivación del modelo ARIMA mediante el algoritmo tso del paquete de computación R tsoutliers [López-de-Lacalle, J. (2016). tsoutliers R Package for Detection of Outliers in Time Series.] y el algoritmo PROPHET [Sean J. Taylor & Benjamin Letham (2018) Forecasting at Scale, The American Statistician] desarrollado por los científicos de datos de Facebook.

Mediante la primera metodología (tso) se pueden detectar 5 tipos de outliers de forma iterativa en las series temporales:

- ▶ Additive outliers (AO): Un AO afecta el nivel de la serie observada sólo en el punto donde ha ocurrido.
- ▶ Innovational outliers (IO): Un IO se caracteriza por un impacto extraordinario cuyo efecto persiste en algunas observaciones siguientes.
- ▶ Level shifts (LS): En un LS todas las observaciones que aparecen después del outlier se han movido a un nuevo nivel. Es permanente.
- ▶ Temporary change (TC): Los outliers TC son similares a los IO pero el efecto disminuye exponencialmente en las siguientes observaciones hasta volver a su comportamiento habitual.
- ▶ Seasonal Level Shifts (SLS): Un SLS aparece como un valor sorprendentemente alto o bajo que se repite en intervalos regulares.

Prophet es un procedimiento de predicción de series de datos basado en un modelo aditivo en el que las tendencias no lineales se ajustan a la estacionalidad anual, semanal y diaria, además de los efectos de las vacaciones. Funciona mejor con series temporales que tienen fuertes efectos estacionales y varias temporadas de datos históricos. Prophet es robusto frente a los datos faltantes y a los cambios de tendencia, y suele manejar bien los valores atípicos.

Prophet usa un modelo de series temporales *decomponible* con tres componentes principales, concretamente tendencia, estacionalidad y vacaciones. Estos componentes se combinan en la siguiente ecuación:

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + e_t$$

En esta fórmula, $g(t)$ es la función de tendencia que modela los cambios no periódicos en el valor de la serie temporal, $s(t)$ representa los cambios periódicos (por ejemplo, la estacionalidad semanal y anual) y $h(t)$ representa los efectos de las vacaciones que se producen en horarios potencialmente irregulares durante uno o más días. El término de error e_t representa cualquier cambio idiosincrásico que no es tenido en cuenta por el modelo y se asume que e_t sigue una distribución normal.

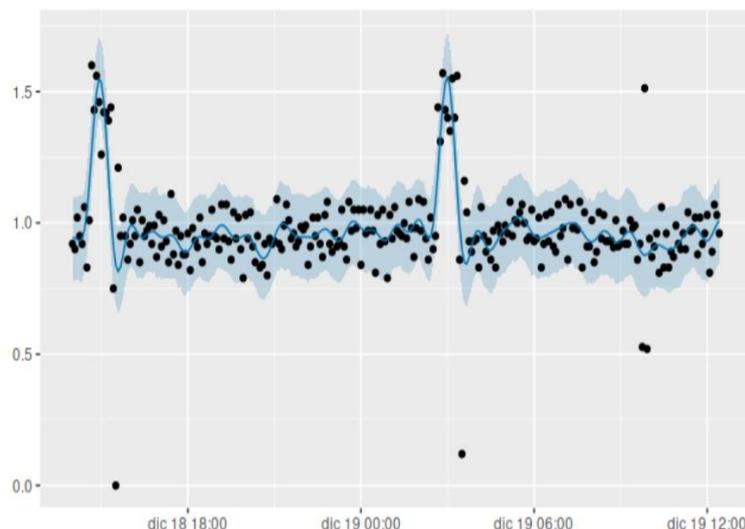


Figura 1 – Ajuste de Prophet a los datos de Energía Aparente de la cámara Bitempera 4.

Para la previsión del crecimiento, $g(t)$, el componente central del proceso de generación de datos es un modelo de cómo ha crecido los datos y cómo se espera que siga creciendo. Este tipo de crecimiento se suele modelar mediante el crecimiento logístico.

Pese a todo, Prophet no está diseñado para detectar outliers directamente, para ello son necesarias varias operaciones adicionales. Después de conseguir un buen ajuste del modelo (Figura 1), realizamos una diferencia entre los valores predichos por prophet y los reales, obteniendo lo que se conoce como residuos del ajuste, es con estos residuos como clasificamos como anomalías aquellos que se separan más de dos desviaciones estándar de la media, asumiendo que valores con una desviación de tal calibre no obedecen al patrón subyacente capturado por Prophet.

Para generar el resultado final se calculan las anomalías de tso y Prophet de forma independiente para una serie de tiempo y solo se computan como anomalías finales aquellas presentes en ambos modelos, en la figura 2 se muestra un ejemplo de este resultado.

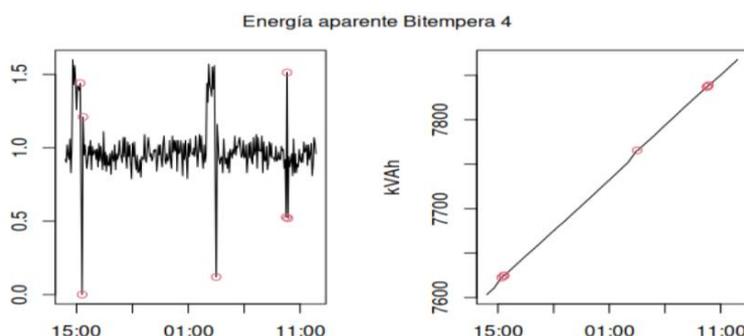


Figura 2 – Izquierda: Serie de tiempo diferenciada (1 lag), Derecha: Serie de tiempo original de incrementos en el consumo energético. En ambas figuras se marcan las anomalías obtenidas con el modelo final.

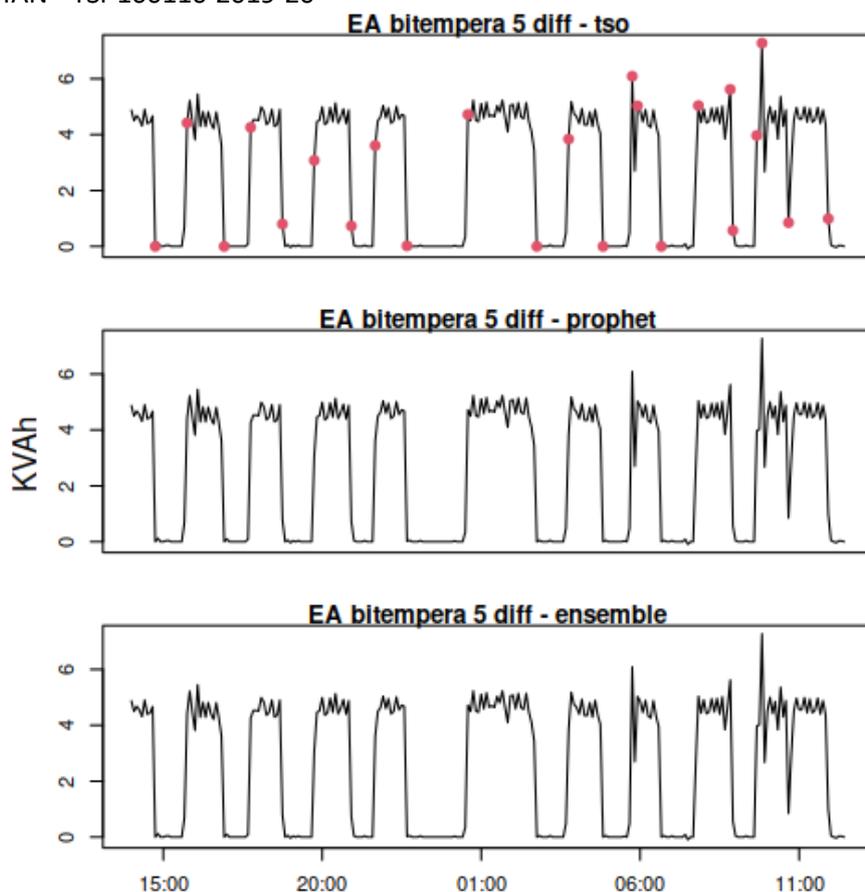


Figura 3: Anomalías detectadas por los modelos tso, prophet y ensemble en la cámara Bitempera 5.

Para mejorar la precisión en la detección de anomalías, se ha desarrollado un modelo llamado “ensemble” que combina los resultados de los modelos tso y prophet. En las figuras 3 se marcan las anomalías obtenidas por cada uno de los modelos con los datos recogidos de la cámara Bitempera5. Debido a que tso es muy sensible a las alteraciones detecta múltiples valores anormales, sin embargo, Prophet no detecta ninguno. Finalmente, el modelo combinado final “ensemble” presenta un resultado vacío, dado que una misma anomalía no se detecta con los dos modelos tso y prophet.

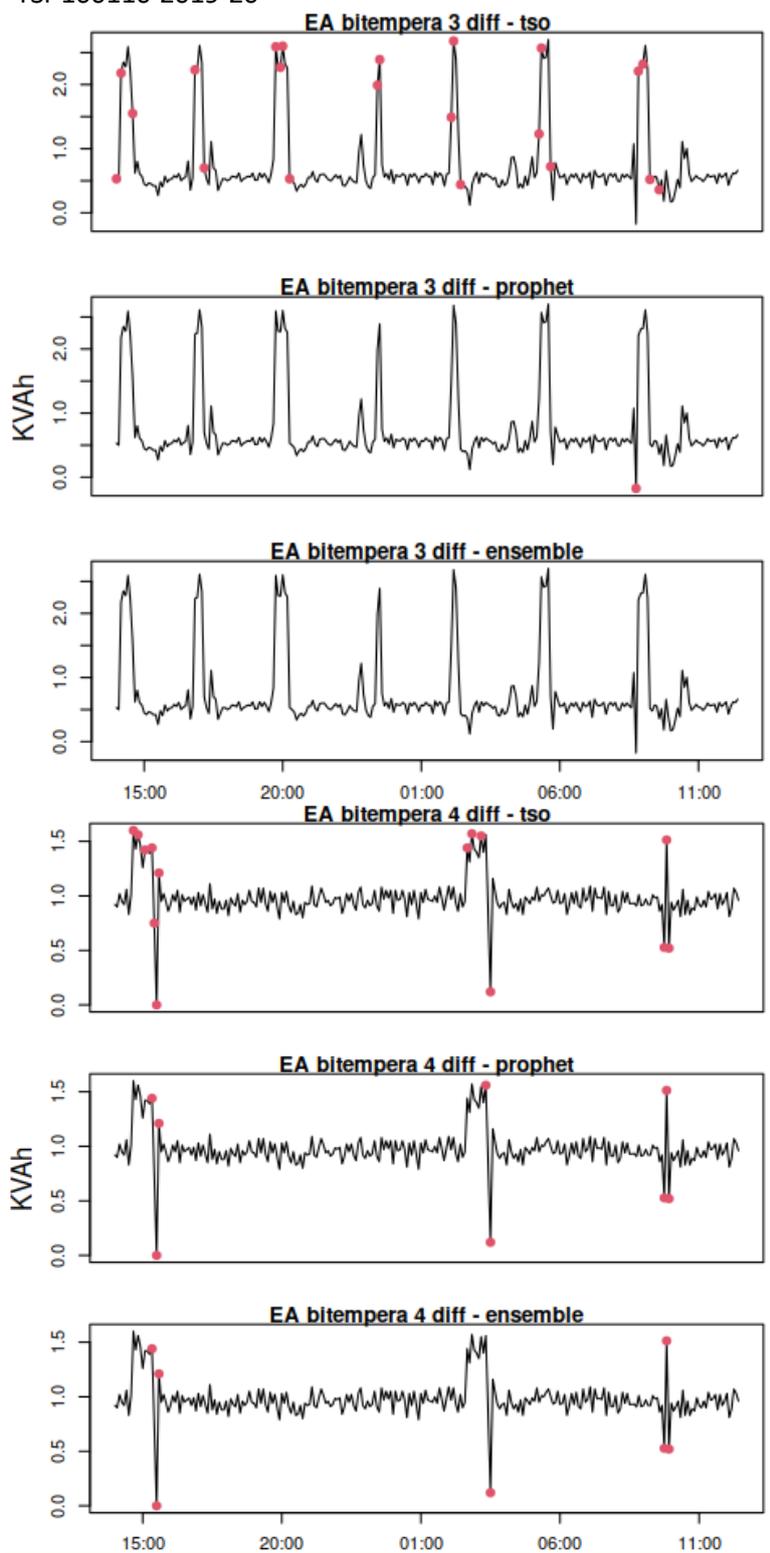


Figura 4: Anomalías detectadas por los modelos tso, prophet y ensemble en las cámaras correspondientes a Bitempera 3 y 4.

En la figura 4 se muestran los resultados correspondientes a Bitempera 3 y Bitempera4. Únicamente en la serie de Bitempera4, el modelo final (ensemble) presenta anomalías, debido a las coincidencias entre los dos submodelos anteriores (tso y prophet).

3.3 Ruta recomendada

En este servicio inteligente hemos utilizado un modelo basado en grafos para trazar una ruta óptima entre 2 localizaciones. El mapa de carreteras utilizado se ha obtenido de OpenStreetMaps (OSM), creando una representación de la zona de estudio en la que se han incluido todas las autovías, autopistas, carreteras principales, secundarias y residenciales así como sus enlaces.

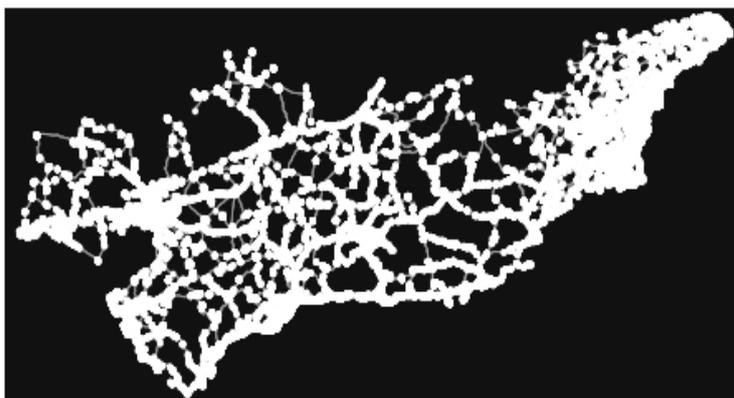


Figura 5 – Grafo de carreteras construido con OSM. Localizaciones de Andalucía, Región de Murcia y Provincia de Alicante.

El análisis de la red se ha realizado en Python con la librería OSMnx [Boeing, G. 2017. OSMnx: New Methods for Acquiring, Constructing, Analyzing, and Visualizing Complex Street Networks. Computers, Environment and Urban Systems 65]. El proceso de resolución de rutas se basa esencialmente en calcular la ruta en un grafo dirigido y pesado, optimizando por tiempo o por distancia con el algoritmo heurístico A*.

OSMx descarga el mapa de OSM, pero antes de trabajar directamente sobre él, realiza una serie de operaciones, en concreto simplificación y corrección de la topología de la red, limpiando nodos redundantes y consolidando intersecciones. Como resultado solo se mantienen los nodos que representan intersecciones entre múltiples carreteras.

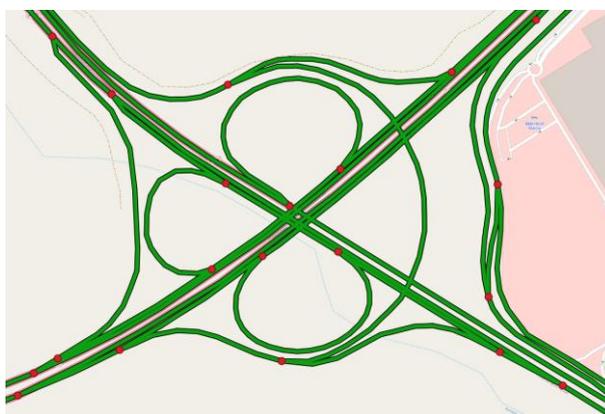


Figura 6 – Plano original de una intersección antes de aplicar las correcciones.

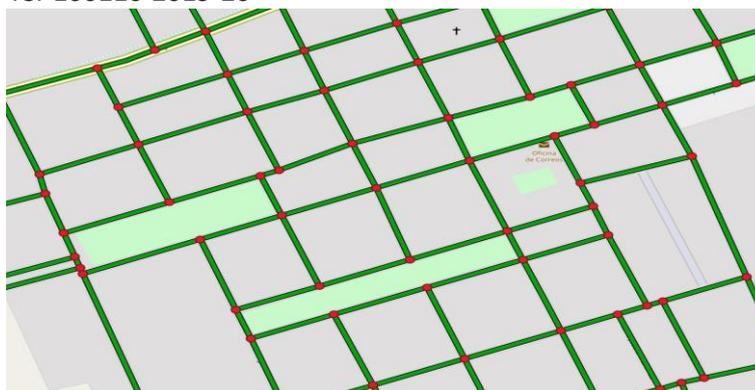


Figura 7 – Detalles del grafo tras aplicar las correcciones topológicas, con vértices en rojo y aristas en verde

De forma complementaria hemos utilizado el conjunto de datos de movilidad humana a nivel nacional publicado por el SMT. Este conjunto de datos indica el número de viajes entre 3216 áreas administrativas ad-hoc (por lo tanto, Áreas de Movilidad, AM) por hora en España tanto en su extensión peninsular como insular. En este sentido, un solo viaje representa el desplazamiento espacial de un individuo con una distancia superior a 500 metros. Estos datos se han recogido a través de los Registros de Detalle de Llamadas (CDR) de 13 millones de usuarios de un operador de telefonía móvil no especificado. Una vez anonimizados, se han extraído estadísticas de movilidad representativas a nivel nacional de la población de España y se han puesto a disposición del público como datos abiertos. De este modo, el perfil de movilidad de los principales nodos del mapa se han enriquecido con el flujo de tráfico para generar una heurística más completa con el algoritmo A*.

El algoritmo A* básicamente es una variante informada del de Dijkstra, construyendo una ruta evaluando primero los nodos más cercanos al objetivo en función de la heurística definida, en este caso hemos utilizado la distancia en línea recta y los datos de congestión de cada nodo. En contraposición, Dijkstra tiene que analizar todos los posibles caminos, aumentando así el tiempo de respuesta.

El modelo toma 3 argumentos: las coordenadas de inicio, coordenadas de fin de la ruta y una función heurística. El primer paso consiste en encontrar los nodos del grafo más cercanos a las respectivas coordenadas. A continuación se busca una ruta basada en el criterio de optimización y heurística. Si ambos puntos resultan no están conectados, se crea un nuevo grafo eliminando dichos nodos y se vuelve a repetir la búsqueda, generando así un proceso recursivo hasta que eventualmente el modelo converge con una ruta válida.

INPUTS:

- G
- start, end
- heuristic

```
G2 = G.copy()
solved = False
while not solved:
    try :
        src_node = nearest_node(G2, start)
        dst_node = nearest_node(G2, end)
        path = shortest_path(G2, heuristic, src_node, dst_node)
    except:
        G2.remove_nodes_from(src_node, dst_node)
return (path)
```

En la tabla anterior se puede visualizar el pseudocódigo del algoritmo de rutas. Como resultado se devuelve una lista de coordenadas como representación de la ruta final.

3.4 Desarrollo/Despliegue

3.4.1 Detección de alertas

El módulo de detección de alertas está íntegramente desarrollado usando Node-RED.

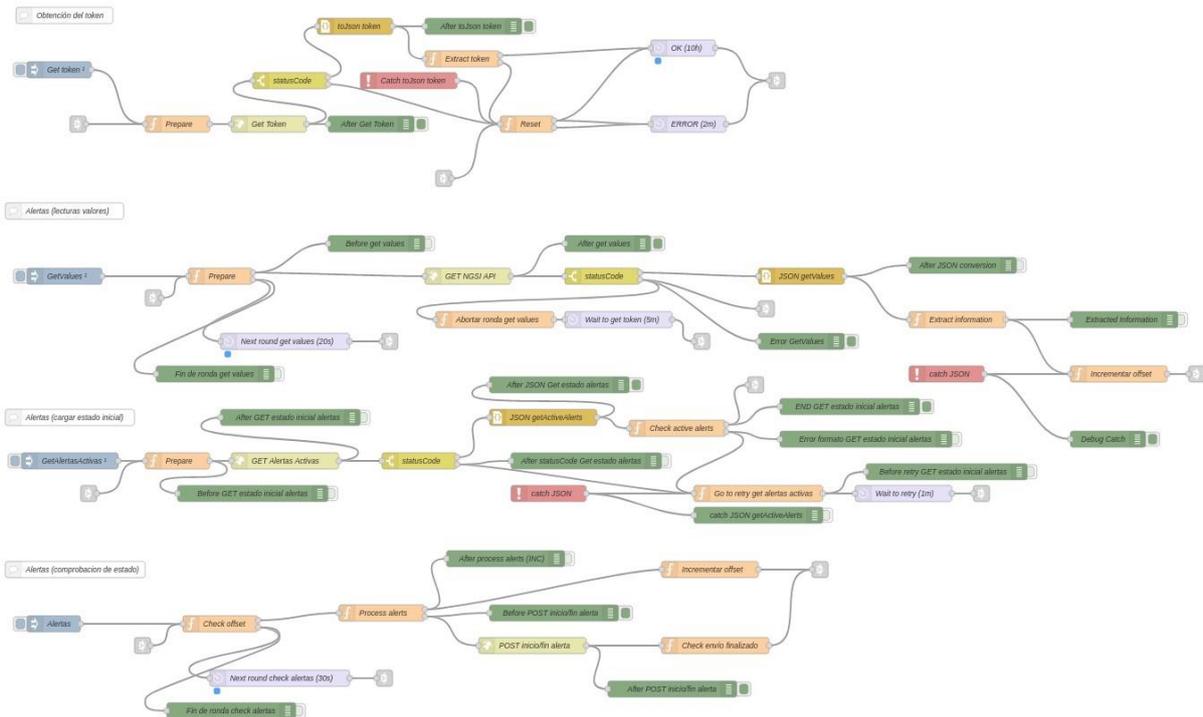


Figura 8 – Módulo de detección de alertas.

En definitiva el proceso se descompone en las siguientes etapas:

- ▶ Obtención de un token de autorización periódico con el que poder consultar los datos del Context Broker, al que se le ha añadido una capa de seguridad básica haciendo uso de un token que se envía a través de una cabecera http.
- ▶ Carga del estado inicial de las alertas (último estado conocido para mantener sincronizado el módulo con lo que se está mostrando a través del interfaz de usuario).
- ▶ Lectura periódica (polling) de los valores actuales.
- ▶ Autómata de estados para validar todo el conjunto de reglas con las que se realiza como tal el control de la detección de alertas.

Cada vez que se detecta un cambio, ya sea por un inicio o por un fin de alerta, dicho módulo se encarga de notificar al interfaz de usuario para que se actualice el estado.

3.4.2 Detección de anomalías

En el caso de la detección de anomalías, hay dos partes. Por un lado está el servicio de análisis de datos que se ha descrito en la sección 3.2 y por otro se ha desarrollado otro módulo utilizando Node-RED que se encarga de hacer las solicitudes periódicas con las que buscar anomalías y actualizar el interfaz de usuario en caso de que se detecten.

THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

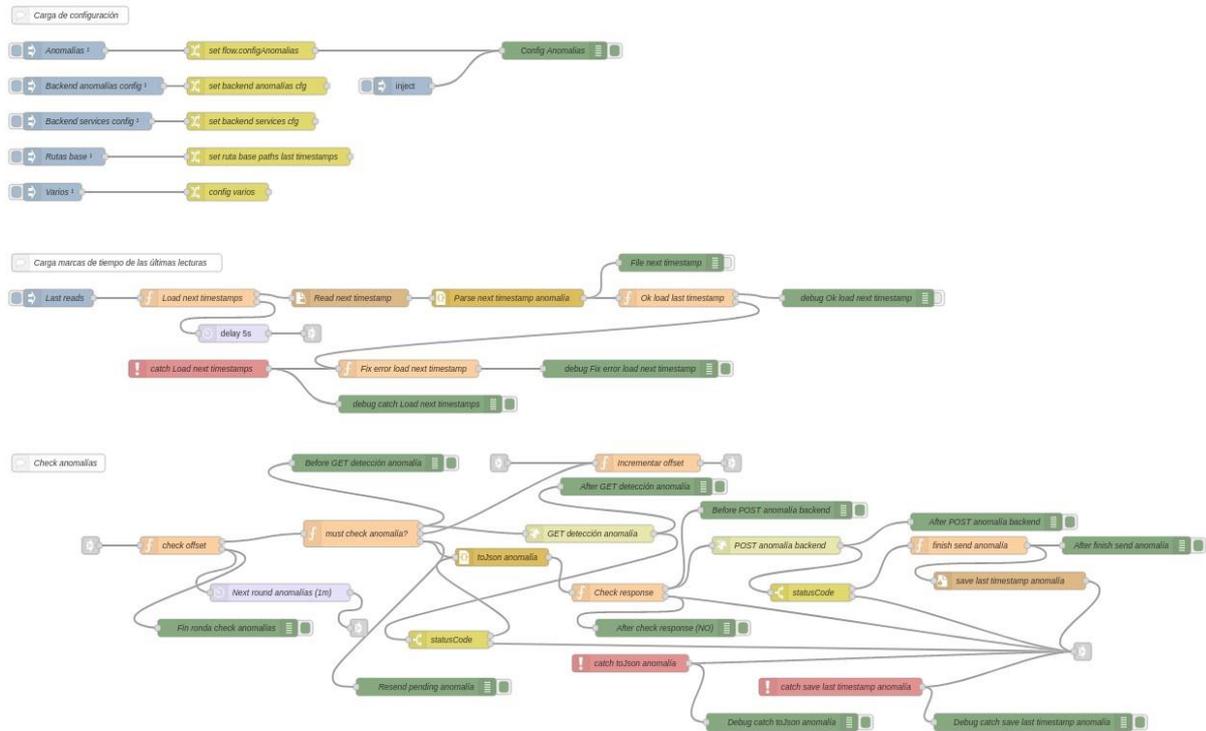


Figura 9 – Módulo de detección de anomalías (parte de más alto nivel).

En este caso se van lanzando de forma periódica peticiones al servicio inteligente y se reenvía el resultado al interfaz de usuario cuando se detectan anomalías. Concretamente se le solicita al módulo inteligente que determine si el elemento implicado ha funcionado de forma anómala durante un intervalo de tiempo en base a los datos anteriores conocidos por el modelo de datos.

El servicio inteligente está accesible a través de un API REST. Concretamente se ha utilizado la API de R, OpenCPU [https://www.opencpu.org/] para atender todas las peticiones.

Un ejemplo de petición sería el siguiente:

```
curl http://localhost:82/ocpu/library/guardianML/R/getAnomalies/json?auto_unbox=true-H "Content-Type: application/json"
-d '{
  "sensor": [{"entity": "IoTConnector:00027", "attribute": "analogInput_614cc3b98562c0f3a2f16c91"}],
  "ts_start": "2021-12-18T00:00:00.000Z",
  "ts_end": "2021-12-18T02:00:00.000Z",
  "mode": "inc",
  "aggregation": "sum"
}'
```

Y como respuesta podría llegar lo siguiente:

```
{
  "anomalies": [
    "2021-12-18T00:31:00.000Z",
    "2021-12-18T00:32:00.000Z",
    "2021-12-18T01:49:00.000Z",
    "2021-12-18T01:51:00.000Z"
  ]
}
```

Se devuelven los momentos dentro del intervalo de tiempo indicado en los que se ha detectado un comportamiento anómalo.



THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

3.4.3 Ruta recomendada

El acceso al servicio de cálculo de ruta recomendada también está disponible a través de un API REST que utiliza el framework Flask, basado en Python.

Un ejemplo de petición sería el siguiente:

```
curl http://localhost:81/getRoute -H "Content-Type: application/json" -d '{
  "start": {"lat": 38.0602167, "long": -1.1914168},
  "end": {"lat": 38.0108786, "long": -1.1680433},
  "ini": "2021-12-02T01:00:00Z"
}'
```

Y como respuesta podría llegar lo siguiente:

```
{
  "data": [
    [
      -1.1914168,
      38.0602167
    ],
    [
      -1.18854,
      38.0581498
    ],
    [
      -1.1580755,
      38.0325589
    ],
    [
      -1.1579961,
      38.0289713
    ],
    [
      -1.1583366,
      38.0288072
    ],
    [
      -1.1621516,
      38.0275724
    ],
    [
      -1.1649656,
      38.0231257
    ],
    [
      -1.1666483,
      38.0160605
    ],
    [
      -1.1680433,
      38.0108786
    ]
  ]
}
```

4 Interfaz de usuario

Se trata de un desarrollo de una plataforma con tecnología Web. El frontend realiza llamadas a los servicios de las funcionalidades ofrecidas desplegados en el backend de la plataforma mediante el uso de varias APIs REST.

La plataforma ofrece servicios para control de almacenes, rutas de vehículos y visualización gráfica de los históricos de los datos registrados por los sensores desplegados. Estas opciones están siempre accesibles desde un menú visible en la parte superior de la pantalla.



Figura 10 – Menú principal de la aplicación

4.1 Acceso a la plataforma

El registro de los usuarios autorizados lo realiza el administrador. Estos pueden acceder a la plataforma utilizando sus credenciales desde la página principal en:

<https://guardian.odins.es/login.html>

Figura 11 – Acceso de usuarios

La aplicación Web se ha diseñado para que pueda accederse desde un PC con un navegador Web o desde un dispositivo móvil.

4.2 Manual de usuario

En esta sección se describe un breve manual del usuario para manejar la aplicación.

4.2.1 Menú principal

Desde el menú principal se accede a los distintos apartados disponibles en la aplicación: Almacenes, Camiones, e Históricos.

4.2.2 Menú ALMACENES



Figura 12 – Acceso a menú de almacenes

En la pantalla para almacenes se visualiza un plano interactivo a escala, reflejando las cámaras y sus puertas, y donde un servicio visualiza los datos de los sensores desplegados (temperatura, humedad, CO₂) y los estados de las puertas mediante un icono de puerta abierta/cerrada.

Sobre el plano, el usuario puede seleccionar las cámaras, sensibles visualmente al paso del ratón, tomando un fondo gris cuando estas dispongan de información más detallada, por ejemplo de potencias (activa, aparente, etc.), energías (activa, reactiva inductiva, reactiva capacitiva y aparente), temperaturas, etc. Un servicio mostrará esta información en una nueva pantalla y la mantendrá actualizada.

La frecuencia de actualización de los datos se ha prefijado en períodos de 1 minuto para todos los casos.

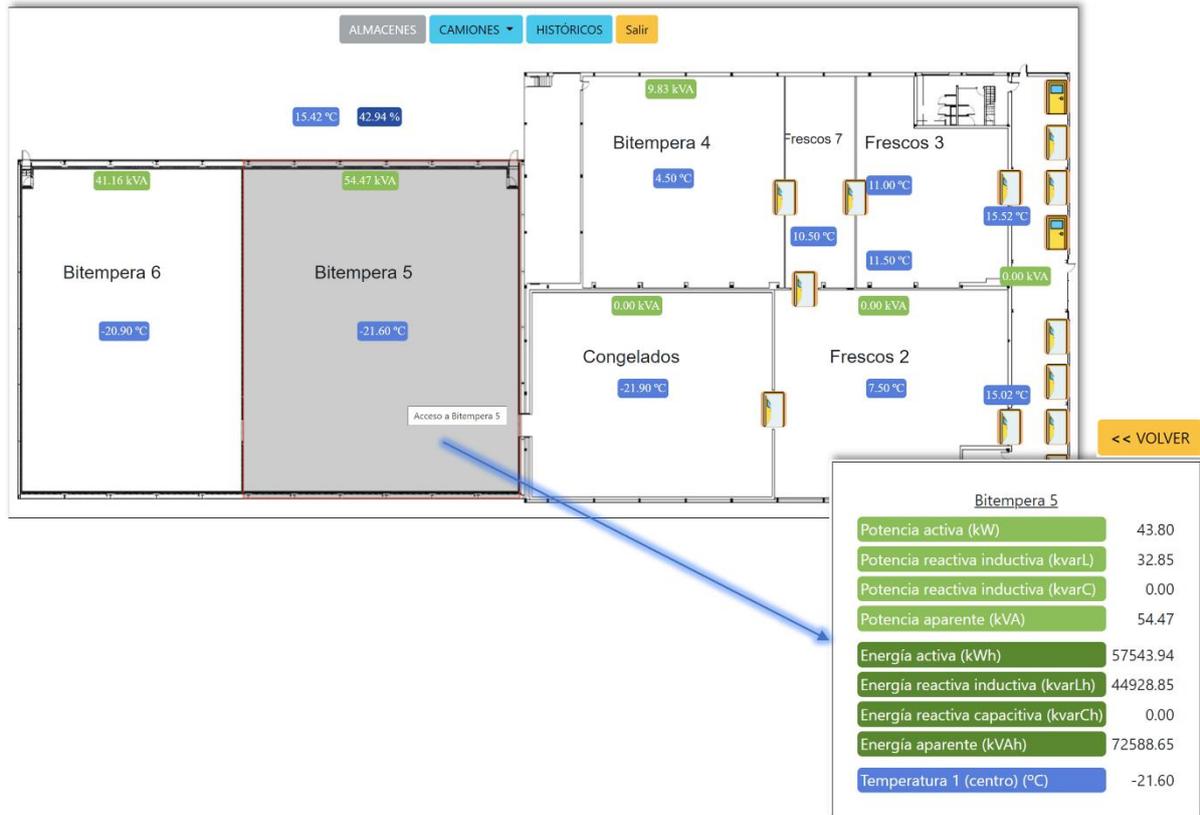


Figura 13 – Sensorización de almacenes

Para acceder a los datos, el frontend utiliza una llamada al API REST ofrecido por la blockchain.

En la parte inferior se muestran las posibles alertas y anomalías con las posibles recomendaciones generadas. En caso de existir alguna, el texto parpadea, y al acercar el cursor al ítem en cuestión, se despliega la ventana mostrando las alertas o anomalías.

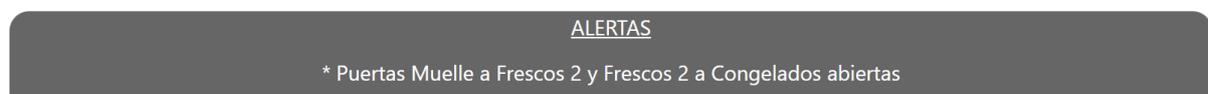


Figura 14 – Visualización de alertas en almacenes

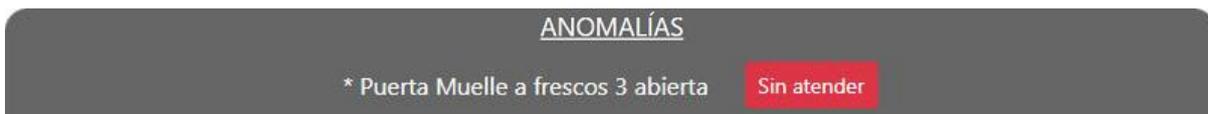


Figura 15 – Visualización de anomalías en almacenes

4.2.3 Menú CAMIONES

La opción del menú para control de rutas de vehículos ofrece dos funcionalidades: histórico de rutas y cálculo de ruta recomendada.

4.2.3.1 Submenú Histórico de Rutas



ALMACENES
CAMIONES ▾
HISTÓRICOS
Salir

Histórico Rutas
Ruta recomendada

Figura 16 – Acceso a menú de histórico de rutas de vehículos

Desde esta opción del menú se accede al servicio que permite mostrar sobre un mapa los puntos de una ruta realizada por un vehículo determinado, seleccionada de su histórico disponible:

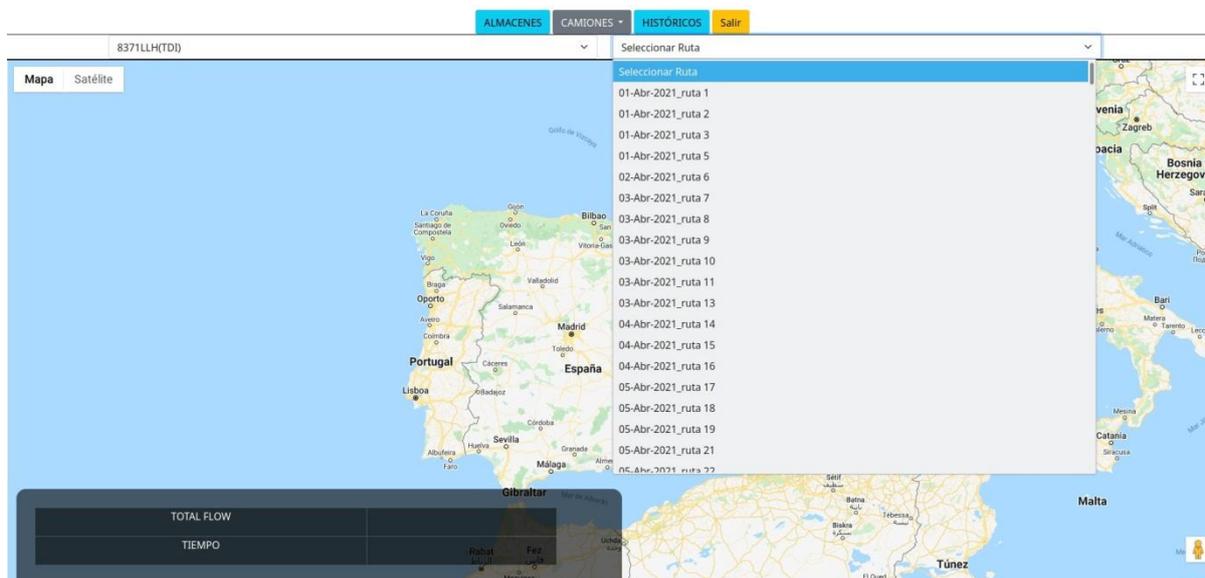


Figura 17 – Ejemplo de selección de vehículo y una de sus rutas

Los puntos de ruta se visualizan con información de fecha, latitud, longitud y el tráfico en la zona (Flow). En la parte inferior de la pantalla se muestra el total del tráfico acumulado y el tiempo total del recorrido.

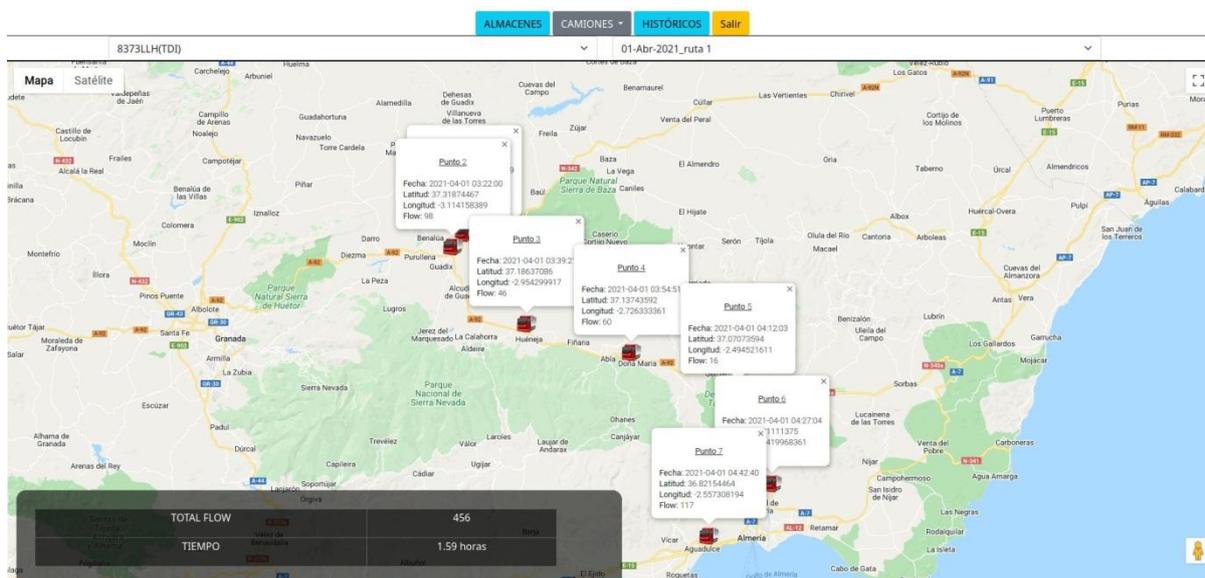


Figura 18 – Ejemplo de visualización del histórico de una ruta

THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20
4.2.3.2 Submenú Ruta recomendada



Figura 19 – Acceso a menú de recomendación de rutas para vehículos

Desde esta opción del menú se accede al servicio que mostrar la ruta recomendada para un vehículo seleccionado, indicando para ello el punto de inicio y final de la ruta, así como la fecha en la que se va a realizar el recorrido.

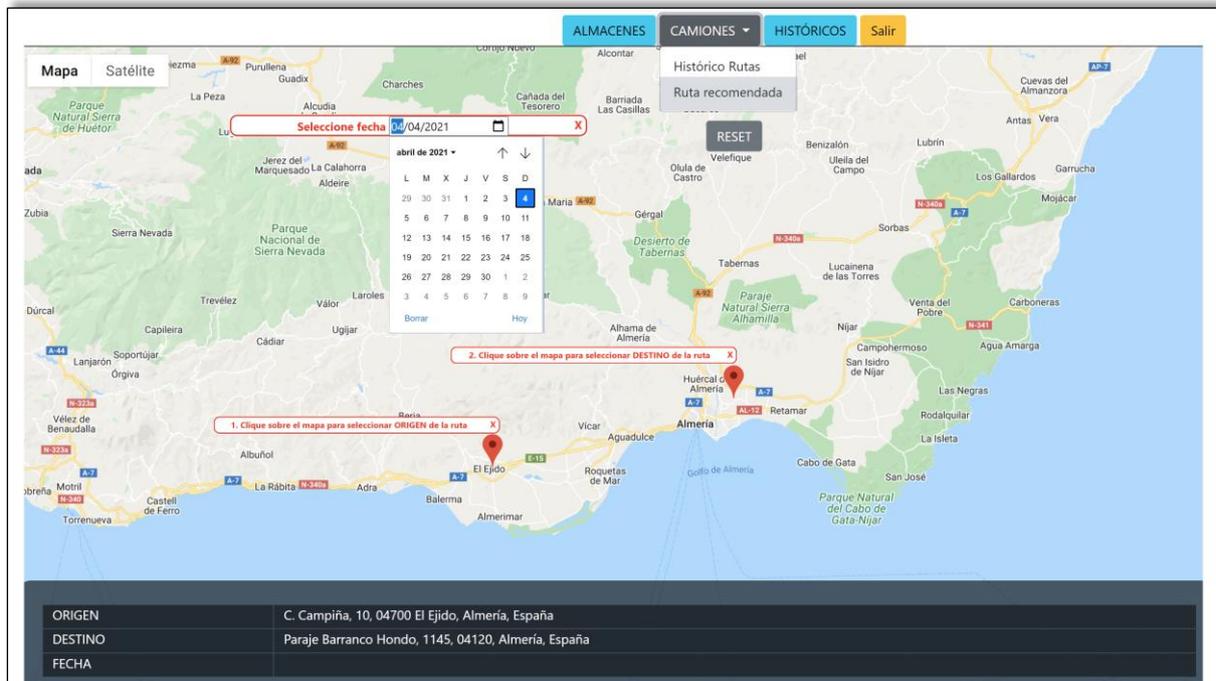


Figura 20 – Ejemplo de selección de opciones para estimar una ruta

Como resultado se genera y se muestra el itinerario sobre la ruta calculada:

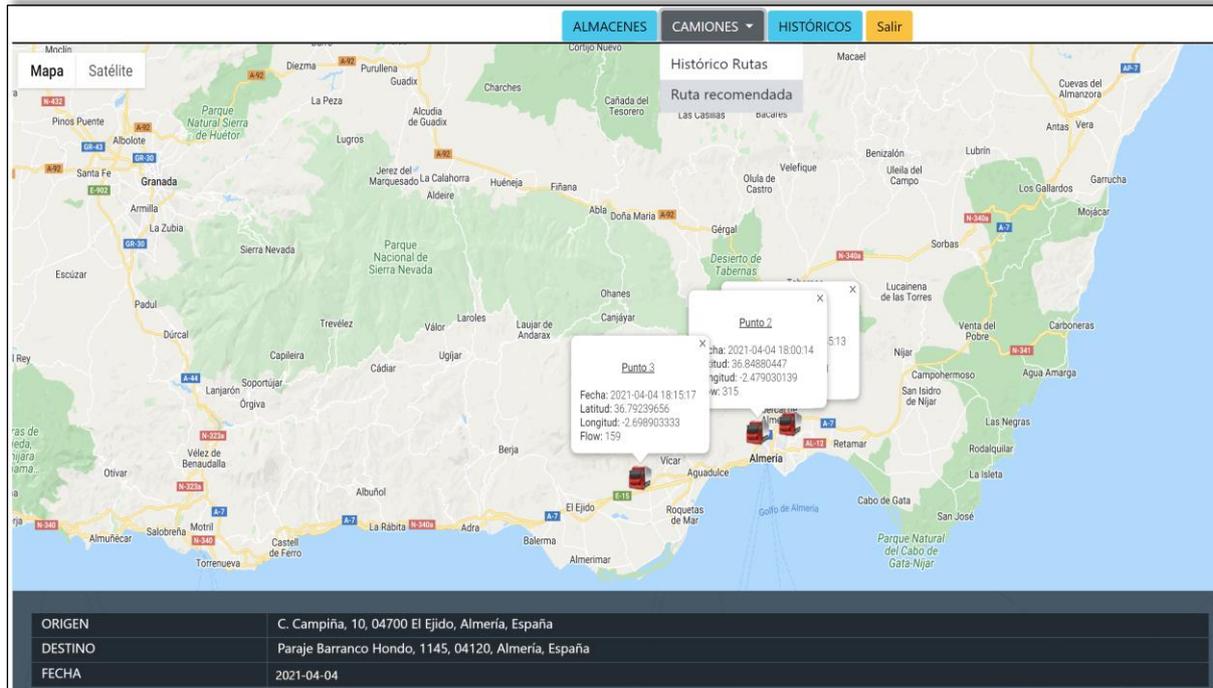


Figura 21 – Ejemplo de ruta recomendada

4.2.4 Menú HISTÓRICOS



Figura 22 – Acceso a menú de histórico de datos de dispositivos

La plataforma cuenta con un servicio de visualización de datos históricos de los dispositivos desplegados (consumo energético, temperatura, humedad, CO₂, estado de las puertas, etc.). La visualización permite superponer diferentes series gráficas correspondientes a diferentes dispositivos. Para facilitar el estudio de los datos representados en cada serie de la gráfica, estos pueden exportarse a ficheros csv.

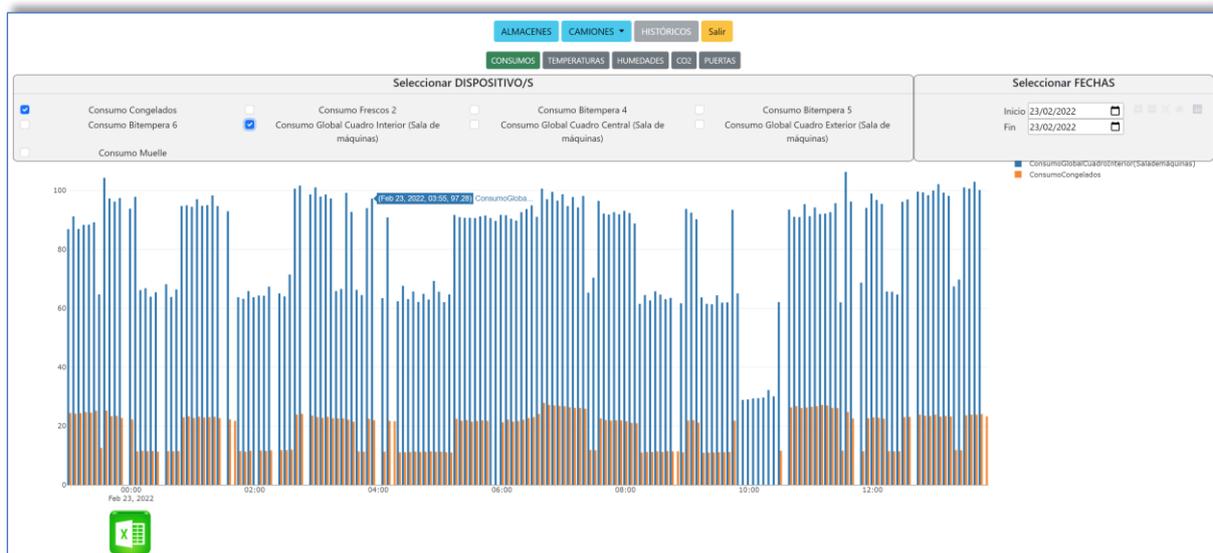


Figura 23 – Ejemplo de históricos de consumo energético



Figura 24 – Ejemplo de históricos de temperaturas



Figura 25 – Ejemplo de históricos de humedad ambiental

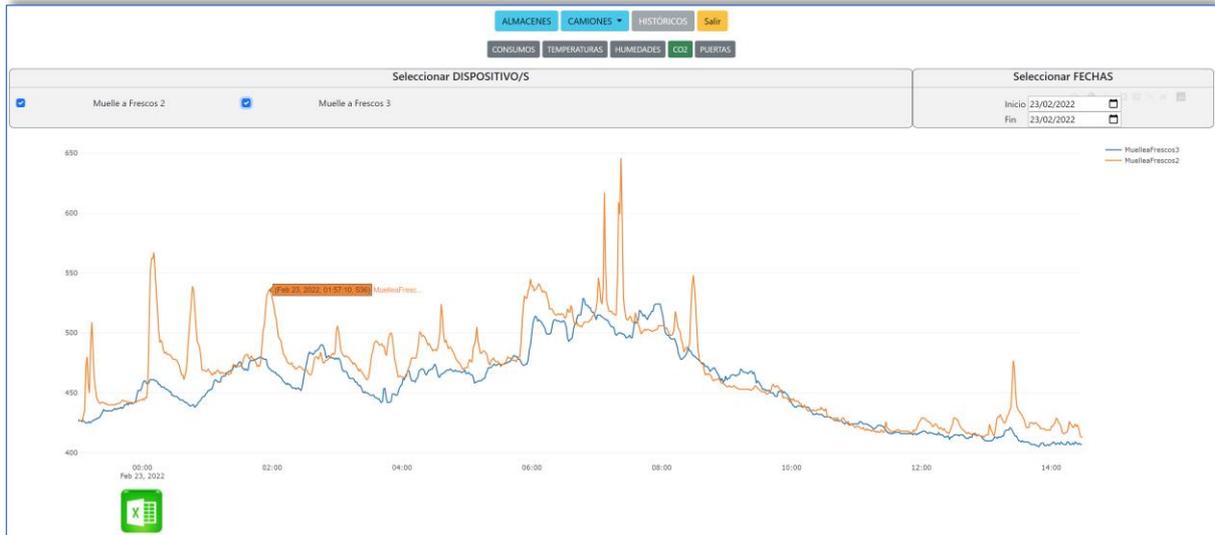


Figura 26 – Ejemplo de históricos de CO₂

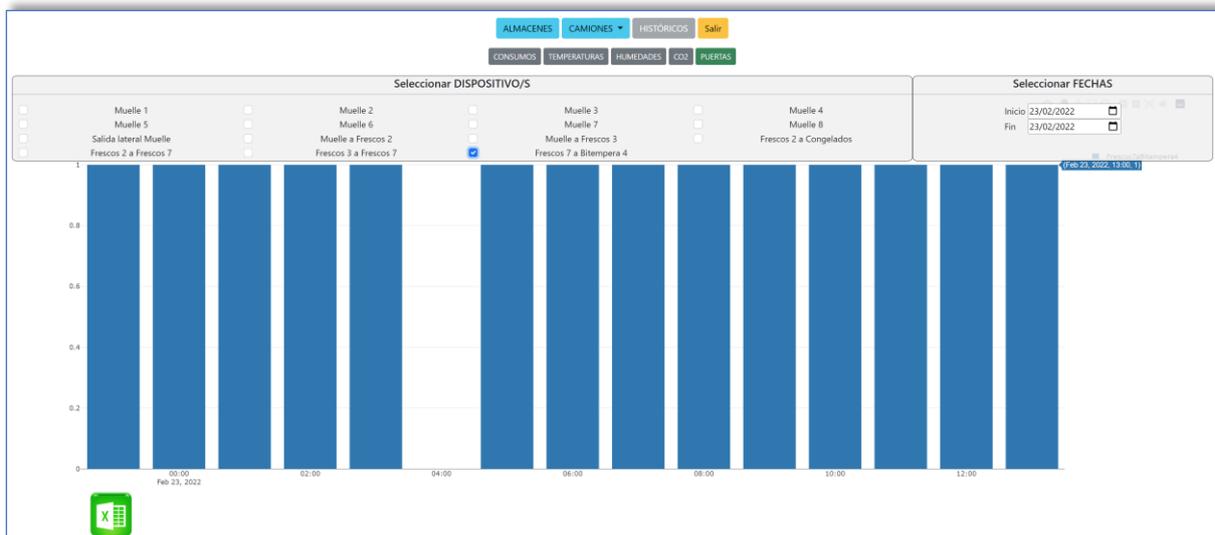


Figura 27 – Ejemplo de históricos de estado de las puertas

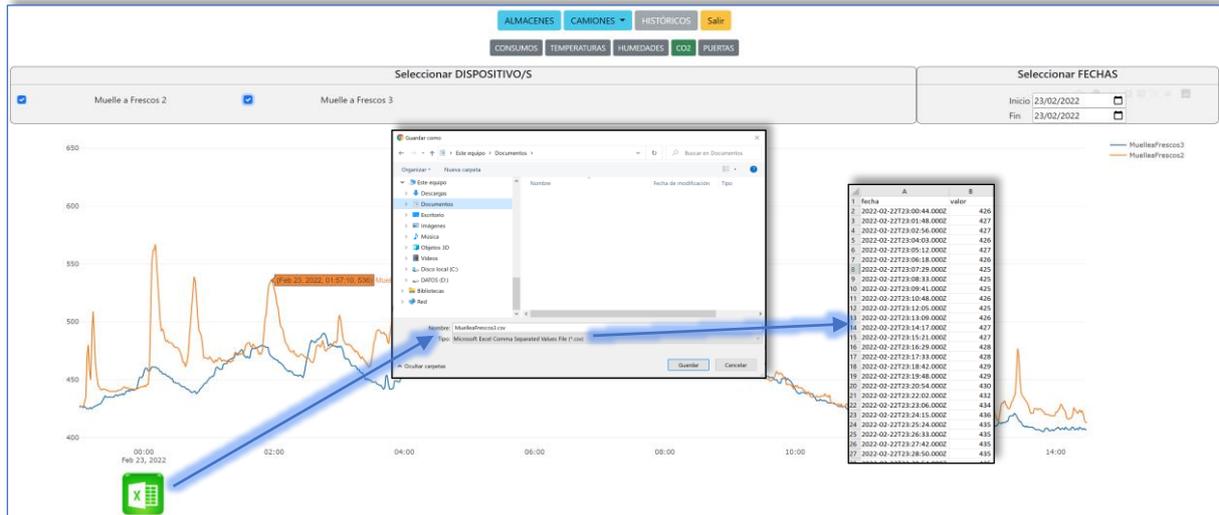


Figura 28 – Exportar datos de series gráficas a ficheros csv

4.3 Acceso a la plataforma desde un dispositivo móvil

Como ya se ha comentado, la aplicación Web se ha diseñado para que pueda accederse desde un PC con un navegador Web o desde un dispositivo móvil.

Cuando se accede desde un dispositivo móvil, la visualización del interfaz de usuario se ajusta para poder trabajar desde este, disponiendo de las mismas funcionalidades que accediendo desde un navegador Web en un PC, exceptuando la omisión de la visualización del plano de la planta de almacenes. A continuación, se muestran unas capturas de las pantallas principales:

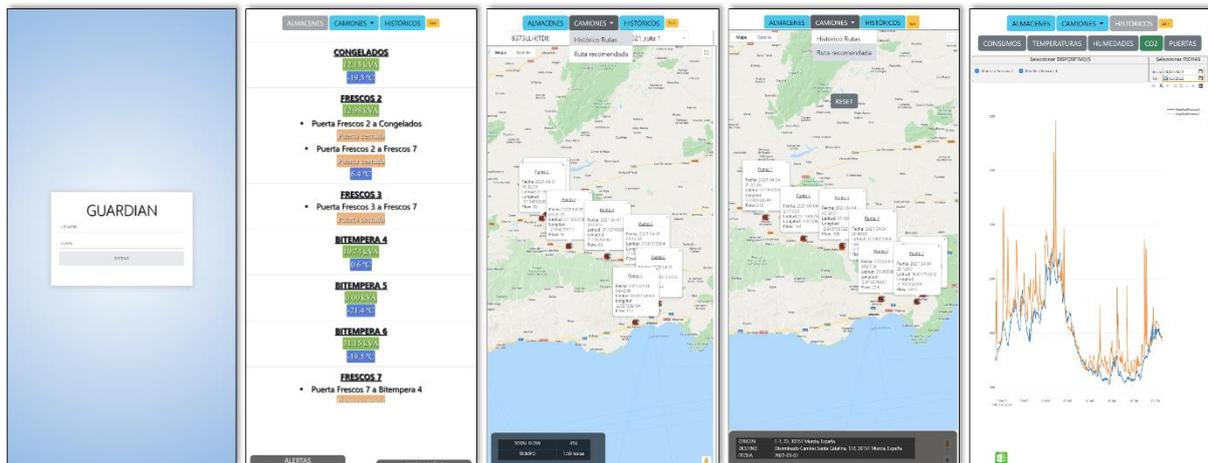


Figura 29 – Ejemplos de capturas de pantallas de menú desde un dispositivo móvil

5 Cuestionarios y respuestas de los usuarios

Los siguientes cuestionarios para usuarios finales permiten evaluar la plataforma GUARDIAN de acuerdo con los diferentes casos de uso en los dos ámbitos ofrecidos en la solución, almacenes y vehículos. Se contemplan además las dos opciones disponibles de acceso, desde PC vía Web y desde dispositivos móviles.



THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

Después de la validación de los casos de uso, los usuarios evalúan los resultados y dan sus comentarios. En este documento se proporciona un cuestionario de usuario genérico para cada caso de uso para validar los resultados, donde cada pregunta se califica de acuerdo con una escala de Likert, utilizada para obtener respuestas de una persona sobre su nivel de acuerdo o desacuerdo sobre una cuestión, en nuestro caso con valoraciones de 1 (menos valorada) a 5 (mejor valorada).

5.1 Preguntas generales

| N.º de pregunta | Preguntas (Valorar las respuestas de 1 a 5, donde 1 es "menos valorada" y 5 es "mejor valorada") |
|-----------------|---|
| 1 | La navegación con la interfaz Web resulta intuitiva |
| 2 | La navegación con la interfaz para dispositivos móviles resulta intuitiva |
| 3 | La solución responde con fluidez a mis actuaciones |
| 4 | La solución me resulta útil en mi trabajo |
| 5 | La solución proporciona servicios inteligentes y funcionalidades innovadoras para que me resulte útil |

5.2 Preguntas específicas para usuarios de almacenes

| N.º de pregunta | Preguntas (Valorar las respuestas de 1 a 5, donde 1 es "menos valorada" y 5 es "mejor valorada") |
|-----------------|---|
| 1 | Se ofrece un interfaz Web intuitivo en el marco del control de almacenes |
| 2 | El interfaz Web responde con fluidez |
| 3 | Se ofrece un interfaz para dispositivos móviles intuitivo en el marco del control de almacenes |
| 4 | El interfaz para dispositivos móviles responde con fluidez |
| 5 | El número/tipo de alertas considerado en el marco de control de almacenes es adecuado |
| 6 | La información mostrada sobre estas alertas es adecuada |
| 7 | La información sobre alertas es clara y fácil de entender |
| 8 | La solución me resulta útil para gestionar estas alertas |
| 9 | El número/tipo de anomalías considerado en el marco de control de almacenes es adecuado |
| 10 | La información mostrada sobre estas anomalías es adecuada |
| 11 | La información sobre anomalías es clara y fácil de entender |
| 12 | La solución ofrecida me resulta útil para gestionar estas anomalías |
| 13 | La información sobre recomendaciones es clara y fácil de entender |
| 14 | Las recomendaciones generadas se corresponden con las que yo haría |
| 15 | El tiempo de actualización en pantalla de los datos de sensores es adecuado |
| 16 | El uso de las gráficas para representar datos registrados resulta intuitivo |

5.3 Preguntas específicas para usuarios de vehículos

| N.º de pregunta | Preguntas (Valorar las respuestas de 1 a 5, donde 1 es "menos valorada" y 5 es "mejor valorada") |
|-----------------|---|
| 1 | Se ofrece un interfaz Web intuitivo en el marco del análisis de vehículos y rutas |
| 2 | El interfaz Web responde con fluidez |
| 3 | Se ofrece un interfaz para dispositivos móviles intuitivo en el marco del análisis de vehículos y rutas |
| 4 | El interfaz para dispositivos móviles responde con fluidez |



THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

| | |
|----|--|
| 5 | La información mostrada sobre estas alertas es adecuada |
| 6 | La información sobre alertas es clara y fácil de entender |
| 7 | La solución me resulta útil para gestionar estas alertas |
| 8 | El número/tipo de recomendaciones consideradas en el marco de gestión de vehículos y rutas es adecuado |
| 9 | La información mostrada sobre estas recomendaciones es suficiente |
| 10 | La información sobre recomendaciones es clara y fácil de entender |
| 11 | Las recomendaciones generadas se corresponden con las que yo haría |

5.4 Respuestas de los usuarios a la encuesta

| (Valorar las respuestas de 1 a 5, donde 1 es "menos valorada" y 5 es "mejor valorada") | | | | | | | | | | |
|--|--------------|---|---|---|-------|---------------------|-----|-----|----------------|--|
| Nº de preguntas | Entrevistado | | | | MEDIA | Desviación estandar | MIN | MAX | Nº de pregunta | Preguntas generales sobre la solución de GUARDIAN |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4,75 | 0,50 | 4 | 5 | 1 | La navegación con la interfaz Web resulta intuitiva |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0,00 | 5 | 5 | 2 | La navegación con la interfaz para dispositivos móviles resulta intuitiva |
| 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4,50 | 0,58 | 4 | 5 | 3 | La solución responde con fluidez a mis actuaciones |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0,00 | 5 | 5 | 4 | La solución me resulta útil en mi trabajo |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0,00 | 5 | 5 | 5 | La solución necesita mejorarse ampliando o mejorando sus funcionalidades actuales para que me resulte útil |

Figura 30 – Respuestas sobre la solución GUARDIAN

| (Valorar las respuestas de 1 a 5, donde 1 es "menos valorada" y 5 es "mejor valorada") | | | | | | | | | | |
|--|--------------|---|---|---|-------|---------------------|-----|-----|----------------|---|
| Nº de preguntas | Entrevistado | | | | MEDIA | Desviación estandar | MIN | MAX | Nº de pregunta | Preguntas específicas para vehículos y rutas |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 1 | Se ofrece un interfaz Web intuitivo en el marco del análisis de vehículos y rutas |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 2 | El interfaz Web responde con fluidez |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 3 | Se ofrece un interfaz para dispositivos móviles intuitivo en el marco del análisis de vehículos y rutas |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 4 | El interfaz para dispositivos móviles responde con fluidez |
| 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 5 | La información mostrada sobre estas alertas es adecuada |
| 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 6 | La información sobre alertas es clara y fácil de entender |
| 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 7 | La solución me resulta útil para gestionar estas alertas |
| 13 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 8 | El número/tipo de recomendaciones consideradas en el marco de gestión de vehículos y rutas es adecuado |
| 14 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 9 | La información mostrada sobre estas recomendaciones es suficiente |
| 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 10 | La información sobre recomendaciones es clara y fácil de entender |
| 16 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 11 | Las recomendaciones generadas se corresponden con las que yo haría |

Figura 31 – Respuestas sobre servicios para vehículos y rutas



THD GUARDIAN - TSI-100110-2019-20

| Nº de preguntas | Entrevistado | | | | MEDIA | Desviación estándar | MIN | MAX | Nº de pregunta | Preguntas específicas para control de almacenes |
|-----------------|--------------|---|---|---|-------|---------------------|-----|-----|----------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | |
| 1 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4,75 | 0,5 | 4 | 5 | 1 | Se ofrece un interfaz Web intuitivo en el marco del control de almacenes |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 2 | El interfaz Web responde con fluidez |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 3 | Se ofrece un interfaz para dispositivos móviles intuitivo en el marco del control de almacenes |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 4 | El interfaz para dispositivos móviles responde con fluidez |
| 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4,75 | 0,5 | 4 | 5 | 5 | El número/tipo de alertas considerado en el marco de control de almacenes es adecuado |
| 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4,75 | 0,5 | 4 | 5 | 6 | La información mostrada sobre estas alertas es adecuada |
| 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 7 | La información sobre alertas es clara y fácil de entender |
| 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 8 | La solución me resulta útil para gestionar estas alertas |
| 9 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4,75 | 0,5 | 4 | 5 | 9 | El número/tipo de anomalías considerado en el marco de control de almacenes es adecuado |
| 10 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4,25 | 0,5 | 4 | 5 | 10 | La información mostrada sobre estas anomalías es adecuada |
| 11 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4,25 | 0,5 | 4 | 5 | 11 | La información sobre anomalías es clara y fácil de entender |
| 12 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 12 | La solución ofrecida me resulta útil para gestionar estas anomalías |
| 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 13 | La información sobre recomendaciones es clara y fácil de entender |
| 16 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4,75 | 0,5 | 4 | 5 | 14 | Las recomendaciones generadas se corresponden con las que yo haría |
| 17 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 15 | El tiempo de actualización en pantalla de los datos de sensores es adecuado |
| 18 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,00 | 0 | 5 | 5 | 16 | El uso de las gráficas para representar datos registrados resulta intuitivo |

Figura 32 – Respuestas sobre servicios para almacenes

6 Conclusiones

En conclusión, se ha realizado la descripción de todos los desarrollos realizados a nivel de algoritmos BigData y servicios inteligentes para optimización energética tanto en almacenes como vehículos refrigerados. Para ello, se han usado los datos recopilando en la plataforma segura basada en Blockchain conforme a lo descrito en el entregable E4.1.

Usando algoritmos Bigdata, se realiza el procesamiento de la información de cara identificar puntos de mejora en la eficiencia energética tanto en el ámbito de los vehículos como en los almacenes. En concreto, se ha evaluado los desarrollos realizados para la detección de alertas, aplicables tanto para la detección de situaciones puntuales en las que se identifica un exceso de consumo (eficiencia energética como tal) como a otras situaciones de ámbito más general en las que se requiera detectar y notificar de una incidencia en el uso de los almacenes. Además, se ha mostrado y evaluado los algoritmos de datos y los resultados ligados a la detección de situaciones anómalas relacionadas con los consumos eléctricos, la temperatura y la apertura de las puertas de los almacenes. También en el ámbito de los vehículos, se han evaluado el desarrollo del servicio inteligente de recomendación de rutas teniendo en cuenta el tráfico en la franja horaria seleccionada.

Respecto a la interacción con los usuarios, se ha descrito el frontend desarrollado que permite acceder a la información almacenada de forma segura, incluyendo valores actuales, históricos, alertas, rutas. Además de la visualización y notificación de las alertas y anomalías que se van detectando mediante los algoritmos de Bigdata.

Por último, el personal de Disfrimur que ha colaborado en el desarrollo del proyecto GUARDIAN, han evaluado la solución desarrollada desde el punto de vista del usuario final mediante una serie de cuestionarios con los que intentar determinar la visión que tienen los usuarios del producto desarrollado a nivel de utilidad, facilidad de uso, etc.