

Selección y análisis de un conjunto de datos de Alcoy Smart City



Máster Universitario en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Máster

Autor:

Gilberto José Conca Pascual

Tutor/es:

Faraón Llorens Largo

Junio 2019



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

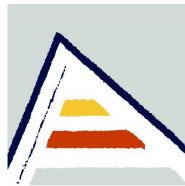
Selección y análisis de un conjunto de datos de Alcoy Smart City

Gilberto José Conca Pascual

Universidad de Alicante

Máster en Ingeniería informática

Tutor: Faraón Llorens Largo



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Agradecimientos

Al ayuntamiento de Alcoy y en particular a Pedro Ramiro por su colaboración sin la cual este trabajo no hubiese sido posible.

A Faraón Llorens Largo por ser el tutor de este trabajo y haberme dirigido en su realización.

Resumen

Este proyecto consiste en el estudio del concepto de las *smart cities*, qué las define, qué ámbitos abarcan y su relación con la generación de datos. También se comenta la relación que tiene la transformación digital con una *smart city*. Como caso práctico se analizarán los datos obtenidos de la ciudad de Alcoy, cedidos por parte de la iniciativa Alcoy *Smart City* para proporcionarles valor.

Se comentan las definiciones de *smart city* y se propone una sintetizada a partir de las definiciones comentadas. Posteriormente se comentan los distintos ámbitos de una *smart city* y qué cubren. Luego, se relaciona la ciencia de datos y el análisis de estos con el concepto de *smart city* y la utilidad que tiene analizar los datos producidos por una *smart city*.

A continuación se comenta la metodología empleada, los datos a analizar y cualquier detalle que pueda afectar al análisis. Se hace un inciso en la ley de protección de datos, puesto que se van a tratar y a analizar datos.

Durante el análisis se comentan todos los detalles relevantes respecto al análisis y a los propios datos. Una vez analizados los datos, se utilizará un programa de creación propia para representarlos de la manera más óptima posible. Los resultados muestran ciertos patrones que se repiten durante todo el año y sólo cambian en fechas señaladas. Esto sucede tanto en los análisis generales como en los que se enfocan en las cámaras.

Finalmente se concluye que el análisis de datos de una *smart city* puede ser de utilidad para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y hacerla más eficiente.

Resum

Este projecte consistix en l'estudi del concepte de les smart cities, què les definix, quins àmbits comprenen i la seua relació amb la generació de dades. També es comenta la relació que té la transformació digital amb una smart city. Com a cas pràctic s'analitzaran les dades obtinguts de la ciutat d'Alcoi, cedits per part de la iniciativa Alcoi Smart City per a proporcionar-los valor

Es comenten les definicions de smart city i es proposa una sintetitzada a partir de les definicions comentades. Posteriorment es comenten els distints àmbits d'una smart city i què cobrixen. Després, es relaciona la ciència de dades i l'anàlisi d'estos amb el concepte de smart city i la utilitat que té anilizar les dades produïts per una smart city.

A continuació es comenta la metodologia empleada, les dades a analitzar i qualsevol detall que puga afectar l'anàlisi. Es fa un incís en la llei de protecció de dades, ja que es van a tractar i a analitzar dades.

Durant l'anàlisi es comenten tots els detalls rellevants respecte a l'anàlisi i a les pròpies dades. Una vegada analitzats les dades, s'utilitzarà un programa de creació pròpia per a representar-los de la manera més òptima possible. Els resultats mostren certs patrons que es repetixen durant tot l'any i només canvien en dates assenyalades. Açò succeïx tant en les anàlisis generals com en els que s'enfoquen en les càmera.

Finalment es conclou que l'anàlisi de dades d'una smart city pot ser d'utilitat per a millorar la qualitat de vida dels seus habitants i fer-la més eficient.

Abstract

This project consists in the study of the smart city concept, what defines it, what areas cover and its relation with the data generation. Its also comented the relation of the digital transformation with a smart city. As practical case will analyze the data obtained from the city of Alcoy, ceded by the iniciative Alcoy Smart City in order to give value to the data.

The definitions of the smart city are comented and it is proposed one that synethises the others. Later comment the different areas of a smart city and what they cover. Then the science of data is related to the concept of smart city and the utility of analyze the data produced by a smart city.

Next comment the methodology used, the data to analyze and every detail that can affect the analysis. And a moment to talk about the law of data protection, since data will be analyzed.

During the analysis every relevant detail related to the analysis is commented. Once analyzed the data, a program is used to represent it the better way possible. The results show patterns thar repeat themselves during the year and only change in significant dates. This happens in the general analysis and in the analysis focused in the cameras.

Finally, it is concluded that the anlaysis of the data of a smart city could be of utility to improve the quality of life of its inhabitants and make it more efficient.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	1
2. Smart Cities	2
2.1. Qué es una smart city	2
2.2. Los ámbitos de una smart City	4
2.2.1. Smart Governance	5
2.2.2. Smart Enviroment	6
2.2.3. Smart Economy	7
2.2.4. Smart Mobility	8
2.2.5. Smart People	9
2.2.6. Smart Living	10
3. Ciencia de los datos	12
3.1. Análisis de datos	12
3.2. <i>Smart Cities</i> y análisis de datos	13
4. Transformación digital	15
4.1. Clientes	16
4.2. Competencia	16
4.3. Datos	16

4.4. Innovación	17
4.5. Valor	17
5. Metodología	18
5.1. Datos a analizar	18
5.2. Captación de datos	19
5.3. Ley de protección de datos	25
5.4. Software utilizado	26
5.5. Maximizar el valor de los datos	31
6. Caso de estudio: Alcoy Smart City	33
6.1. Uso de los accesos	33
6.2. Entradas y salidas	34
6.3. Patrón durante la temporada estival	41
6.4. Fiestas locales	49
6.5. Flujo de accesos durante el día	53
6.6. Densidad de vehículos por hora	57
6.7. Diferencias de hábitos de uso de la temporada laborable con la temporada estival	61
6.8. Análisis de velocidad	63
7. Conclusiones	65

1. Introducción

En este apartado introductorio se expondrá la motivación y los objetivos del trabajo, a continuación se comentará el estado del arte de las Smart Cities y los ámbitos que cubre, también se expondrá la importancia del análisis de datos y su relación con las Smart Cities, y finalmente se detallará qué datos se han analizado, el valor extraído de estos y las conclusiones del trabajo.

1.1. Motivación

El impulso tecnológico que la humanidad ha estado experimentando desde finales del siglo pasado y durante todo lo que llevamos de este, ha afectado a múltiples aspectos de la vida de las personas. La medicina, el arte, el entretenimiento, la comida, y un largo etcétera se han beneficiado de estos avances, y por supuesto, se han desarrollado formas de aplicar las nuevas tecnologías a la ciudad. Muchas de estas tecnologías son capaces de recoger los datos que la ciudad genera, sin embargo, gran cantidad de veces los datos por sí solos carecen de valor o este es mínimo. Al igual que los diamantes en bruto, los datos se deben procesar para conseguir el valor completo y poder encontrar aplicaciones al conocimiento extraído de estos datos.

1.2. Objetivos

Este trabajo pretende investigar el concepto de una *Smart City* y probar su utilidad en la aplicación práctica de dicho concepto. Para lograrlo se plantean los siguientes objetivos:

- Realizar una serie de análisis sobre un grupo de datos obtenido de la iniciativa Alcoy Smart City.
- Proporcionar un valor a dicho grupo de datos.
- Extraer conclusiones del valor obtenido a partir de los datos.

2. Smart Cities

Desde hace ya muchos años que la población de los países avanzados ha ido trasladándose desde los espacios rurales a los urbanos, estos espacios a su vez han ido convirtiéndose en caldos de cultivo tecnológicos excelentes. El crecimiento de las ciudades ha ido normalmente cogido de la mano del desarrollo tecnológico, problemas como la gestión de deshechos, gestión de los limitados recursos, contaminación o las múltiples preocupaciones de sus habitantes han tenido efecto en la búsqueda de la eficiencia en el complejo conglomerado de engranajes que pueden considerarse las ciudades, convirtiéndose en una de las metas principales de la era moderna. La mejora en la calidad de vida de sus habitantes y otros problemas, unos técnicos y otros sociales, también deben considerarse entre los objetivos perseguidos incesantemente desde hace ya mucho tiempo.

Las Smart Cities surgen como la respuesta tecnológica a muchos de los problemas de sostenibilidad, mantenimiento y gestión de las ciudades y sus habitantes.

2.1. Qué es una smart city

El concepto de Smart City como tal comenzó a surgir no hace muchos años. Muchos estudios sobre el tema han tratado de definir a las Smart cities de forma diferente, algunos incluso modificando el nombre al sustituir la palabra *Smart* por otros adjetivos como *digital* o *intelligent*. Es posible hallar múltiples definiciones, algunas de ellas incluso contradictorias.

Ejemplos de este rango de definiciones son:

- “A smart city is a place where traditional networks and services are made more efficient with the use of digital and telecommunication technologies for the benefit of its inhabitants and business [10].”¹

¹Traducción del autor: Una Smart City es un lugar donde las redes tradicionales y los servicios son más eficientes gracias al uso de las tecnologías de la telecomunicación para el beneficio de sus habitantes y negocios.

- “Una ciudad que conecta su infraestructura física, la infraestructura de las tecnologías de la información, su infraestructura social y la infraestructura de negocio para influenciar la inteligencia colectiva de la ciudad.” [4].
- “The use of Smart Computing technologies to make the critical infrastructure components and services of a city - which include city administration, education, healthcare, public safety, real estate, transportation and utilities - more intelligent, interconnected and efficient” [2].²
- “Ciudades mejores; eficientes, sostenibles y confortables” [6].
- “Una ciudad con una gestión eficiente en todas las áreas de la ciudad satisfaciendo a la vez las necesidades de la urbe y sus ciudadanos” [6].

Como se puede ver, casi todas las definiciones utilizan los mismos conceptos: sostenibilidad, eficiencia y monitorización. Se podrían buscar cientos de definiciones más y la mayoría redundaría en lo mismo.

Sin embargo, la definición completa que se podría sintetizar tras estudiar todas estas opiniones sería: las ciudades inteligentes o “Smart Cities” son ciudades que se aprovechan de las tecnologías de la información y sus avances para proporcionar un servicio a sus habitantes ya sea de forma activa con nuevos servicios, o pasiva mejorando la calidad de vida en ciertos aspectos. También generan datos que pueden aprovecharse para transformarse y evolucionar a estadios más eficientes, confortables y sostenibles.

Otros factores que suelen definir una Smart City son la instrumentación y la interconexión. La instrumentación permite capturar datos importantes de la vida de la ciudad en tiempo real mediante una variedad de dispositivos; Ya sean específicos como sensores, medidores o cámaras, o aprovechando dispositivos con distintos propósitos como los smartphones mediante el uso de aplicaciones, dispositivos médicos y otros que permitan el uso de sistemas de recogida de datos. También se pueden obtener datos mediante otros medios como la web: las opiniones de los habitantes, las redes sociales y un largo etcétera pueden ser utilizados para obtener datos que se puedan aprovechar en beneficio de la ciudad.

²El uso de tecnologías inteligentes para crear los componentes y servicios críticos de la infraestructura de una ciudad, que incluye administración de la ciudad, educación, salud, seguridad pública, vivienda, transporte y utilidades. Todo esto más inteligente, interconectado y eficiente.

Con la interconexión se le puede dar un uso a los datos de los que se dispone integrándolos en sistemas de análisis de los cuales se puede extraer el valor de la información que la ciudad rezuma y aplicarlo a sus servicios. De datos aparentemente ajenos pueden encontrarse relación que aporte un nuevo valor a dichos datos. Una vez analizados estos datos se pueden aprovechar para optimizar la ciudad, efectuar mejores decisiones y aumentar la calidad de vida de sus habitantes.

Las aplicaciones de una Smart City pueden ir más allá y servir para prevenir o atenuar los efectos de desastres naturales. Los datos recogidos se pueden utilizar para predecir qué partes de la ciudad pueden resultar afectadas y en qué grado.

Para que una Smart City funcione como tal se necesita cierto grado de gestión e innovación. Es necesario que haya una figura que esté al tanto de las últimas tecnologías de la información e investigue sus posibles aplicaciones a la ciudad y qué beneficios pueden otorgar. Esta figura debe ser similar al CIO (Chief Information Officer) que muchas empresas tienen en sus plantillas. En definitiva, alguien que tenga capacidad de dirigir un equipo para llevar la iniciativa de una Smart City a algo funcional y efectivo. Este trabajo de gestión e investigación es vital para que la ciudad no se quede estancada y obsoleta, y evolucione al mismo paso que las tecnologías nuevas evolucionan y se hacen más baratas y eficientes.

En definitiva, una Smart City es la evolución natural de las ciudades de la actualidad y el objetivo de cualquier ciudad de la actualidad debería ser actualizarse y adaptar estos modelos de ciudad inteligente, para no abandonarse a una obsolescencia que a la larga perjudicaría a sus habitantes y a la propia ciudad en todos sus ámbitos.

2.2. Los ámbitos de una smart City

Una *Smart City* puede descomponerse en seis ámbitos o sectores que forman la propia ciudad y donde se aplican las tecnologías para apoyar a los fines que ese sector trabaja. Estos sectores son: *Smart Economy*, *Smart Government*, *Smart Mobility*, *Smart Environment*, *Smart People* y *Smart Living*.

El gran reto al que se enfrenta cualquier smart city para ser considerada como tal, no

es aplicar una transformación digital a cada uno de dichos sectores, sino que a través de estas tecnologías se consiga una gestión unificada de cada uno de estos aspecto creando un marco de gestión de la ciudad homogéneo y eficaz. Lograr consolidar una gestión homogénea de la ciudad a la vez que cada ámbito pueda trabajar independientemente con efectividad es el verdadero reto que actualmente acometen las ciudades.

2.2.1. Smart Governance

Uno de los elementos más importantes para que la iniciativa de la Smart City prospere es el ámbito de gobierno de la ciudad. El ámbito gubernamental debe dar ejemplo y ser el primero en adoptar las tecnologías de la información para ponerlas al servicio del ciudadano. También tiene como deber ser el que promueva la aplicación de estas tecnologías en los demás ámbitos. Desafortunadamente este suele ser el último ámbito en adoptar la incorporación de las TI en sus estructuras y esto provoca que la homogeneidad de gestión de la ciudad y de las TIC se vea comprometida, causando disparidades tecnológicas en los procesos internos de la ciudad y teniendo procesos que funcionan de forma subóptima. Alargando o complicando trámites, desaprovechando oportunidades y provocando en última instancia la frustración del ciudadano[12].

La materia más importante en el aspecto gubernamental es la transparencia, un gobierno abierto que utiliza las TI puede poner a la disposición de cualquiera los datos de los procesos realizados por la administración. Es la transparencia la que da confianza al ciudadano en que las cosas se están haciendo correctamente, y dificulta las malas prácticas gubernamentales.

Por otra parte una correcta aplicación de las TI en los procesos administrativos y las interacciones con el ciudadano agilizan en gran medida estos procesos reduciendo tiempos de espera y optimizando el uso que se le da a la administración. Más estas tecnologías deben estar implementadas con sumo cuidado y ser muy benévolas con el usuario. Ya que una mala implementación provocaría el efecto contrario que se desea, es decir, un alargamiento de los procesos administrativos, frustración y desconfianza por parte del usuario, y en general, un desaprovechamiento de las TI.

Seguir la práctica de tener los datos abiertos es una muy buena práctica en el

desarrollo de un Smart Government. Ya que no sólo otorga un buen nivel de transparencia, sino que permite que esos datos puedan ser utilizados para generar valor, lo que generalmente provoca que la ciudad avance y se desarrolle más.

En resumen, el Smart Governance busca acercar al ciudadano la gestión de la ciudad y hacerlo más participe, permitiendo que este introduzca su punto de vista y se entere de los proyectos que se están llevando a cabo en la ciudad. La adquisición de buenas prácticas como el uso de datos abiertos y aplicación de tecnologías de la información innovadoras son unos de los pasos necesarios para adoptar un Smart Government.[9]

2.2.2. Smart Enviroment

El entorno que nos rodea es un gran emisor de datos que se puede aprovechar en pos de mejorar la vida de los habitantes de la ciudad.

Si mirásemos la ciudad como un organismo vivo pluricelular como el cuerpo humano y a los servicios que la ciudad tiene como medios de mantenimiento como células se conseguiría un símil bastante preciso. Y así como el cuerpo humano y de la mayoría de organismos vivos utiliza ciertas proteínas y sustancias para intercambiar información entre las células, una Smart City necesita algún medio para recoger, transformar y comunicar la información que a todas horas se genera en su interior.

Así pues, el concepto de Smart Enviroment consiste en recoger los datos que la ciudad está generando para procesarlos y conseguir extraer un valor que puede verse convertido en una actuación de los servicios de la ciudad o la generación de un servicio nuevo que se vea necesario.

Este ámbito se basa principalmente en el uso de tecnologías ubicuas repartidas por toda la ciudad que pueden estar o no comunicadas entre sí. Estos dispositivos pueden recoger los datos que se van generando para procesarlos posteriormente o en el acto y utilizarse para distintos propósitos. Entre estos propósitos, principalmente se busca una mejora de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. Este ámbito también busca crear una ciudad más sostenible y eficiente.

El concepto en el que fundamentalmente se basa este ámbito es el de internet de las

cosas o *internet of things*. El uso de sensores y actuadores intercomunicados rodeando la mayoría de ámbitos de la vida diaria es la piedra angular del concepto de Smart Environment. El uso de tecnologías cada vez más innovadoras reduce los tiempos de recogida y procesado de datos, lo que a su vez permite acometer con mayor eficacia cualquier tarea derivada de esos datos [3].

2.2.3. Smart Economy

Uno de los aspectos más importantes de una ciudad es el ámbito económico, como es de sentido común, sin recursos no se pueden acometer nuevas iniciativas y proyectos. Y uno de los posibles puntos débiles de cualquier urbe es sin duda la gestión de recursos y fondos. Y lo más peligroso de todo es el efecto bola de nieve que puede provocar la falta de recursos. Pues esta tiene la capacidad de ahuyentar a inversores o posibles inversores y generar una falta de oportunidades muy peligrosa.

Es por esto que en pos de la sostenibilidad la economía inteligente busca optimizar el uso y ahorro de recursos, además de convertir las necesidades urbanas en oportunidades de negocio que posiblemente atraerán a más inversores y empresas para establecer sucursales.

Reforzar el empleo de las TI desde un punto de vista económico e innovador, trata de asegurar un retorno en forma de nuevos servicios y oportunidades. Además tratar de provocar un crecimiento sostenible a largo plazo asegura en el futuro una defensa férrea ante inconvenientes y crisis.

Una Smart Economy bien aplicada en la ciudad, produce una mejora del poder adquisitivo de sus habitantes, creando una simbiosis positiva que fomenta el emprendimiento y mejora enormemente la calidad de vida de estos.

Impulsar el I+D+I es otra forma de apoyar la Smart Economy, pues es una forma de obtener un buen Retorno de Inversión (ROI)[11]

2.2.4. Smart Mobility

Con ciudades cada vez más grandes, la movilidad de sus habitantes por su interior es un aspecto extremadamente importante, ya que es uno de los mayores generadores de problemas de consumo energético y contaminación dentro de las ciudades. Es un hecho que el crecimiento poblacional de las grandes urbes provoca un aumento de las travesías internas, lo que a su vez causa más atascos y retenciones, provocando una reacción en cadena que acaba con aumentos drásticos en los niveles de contaminación e ineficiencia.

En estos momentos el 50 % de la población total de la tierra se encuentra en el 2 % de la superficie del planeta habitando en ciudades. Estas ciudades consumen el 75 % de la energía generada y producen el 80 % de las emisiones de CO₂ a escala global. Los problemas de contaminación, consumo energético y atascos de tráfico se derivan de la gran cantidad de personas que viven en los núcleos urbanísticos. Además, estos problemas repercuten en la formación de otros problemas económicos y sanitarios. Síntomas de estos problemas económicos se ven en estudios que calculan un impacto negativo de aproximadamente entre el 2 % y el 4 % del PIB gracias a los atascos donde los conductores europeos pierden alrededor de 33 horas al año. También problemas sanitarios debidos a la acumulación de contaminación que estos atascos producen en las grandes ciudades [7].

El ámbito de la Smart Mobility busca facilitar la movilidad de los habitantes de la ciudad, ya sean usuarios de vehículos, transporte público o peatones. También ahorrar en costes económicos, temporales y cuidar el medio ambiente.

El uso de las tecnologías de la información aplicadas al desarrollo urbano son capaces de mejorar los servicios de movilidad de los ciudadanos. Y además, el uso de buenas prácticas de gestión pueden generar mayor valor económico y de retorno en las redes de transporte público.

Algunos de los objetivos de la Smart Mobility se plantean la promoción de una movilidad sostenible, garantías de acceso a los sistemas de transporte, reducción de los problemas medioambientales y gestión de aparcamiento acorde a las necesidades

económicas y sociales de la ciudad. Por tanto, las estrategias deben mejorar la experiencia del ciudadano en términos de: calidad de vida, reducción del impacto medioambiental, reducir la congestión del tráfico y la frustración derivada de ello, optimizar las plazas de aparcamiento, y priorizar la movilidad del ciudadano [14].

Ciertas iniciativas que atañen al ámbito de la Smart Mobility son como ejemplo:

- El aumento de puntos de recarga para coches eléctricos, esta iniciativa busca promover el uso de una tecnología que utiliza fuentes de energía más sostenibles y menos contaminantes.
- La promoción de medios de transporte sostenible para fomentar la concienciación ciudadana son otras de las iniciativas.
- Modelos de regulación y gestión de tráfico para reducir la contaminación y las largas esperas en atascos que tanto frustran a los habitantes de las ciudades.

En definitiva, este ámbito es uno de los más apremiantes en el sentido del crecimiento imparable de la población de las ciudades, cuyos problemas de movilidad sólo pueden ir a peor si no se acometen con presteza y diligencia. Las iniciativas que propone la Smart Mobility tratan de paliar y solucionar estos problemas, sin embargo son los que más concienciación ciudadana requieren. Concienciación que por otra parte requiere un gran esfuerzo por parte de la administración para no lograr un efecto rebote mediante el uso de prácticas fallidas.

2.2.5. Smart People

Obviamente los ciudadanos son la piedra angular sobre la que toda ciudad debe girar. Cada vez hay más usuarios de nuevas tecnologías y las utilizan diariamente para interrelacionarse a través de distintas plataformas como: *smartphones*, tabletas, ordenadores de sobremesa, etc.

La relación de los habitantes de una ciudad con esta comienzan a alejarse del mero trámite administrativo o consulta del callejeo. Las tecnologías de la información ponen a disposición del ciudadano nuevos beneficios que también los implican de una forma más

activa en las actividades que están llevándose a cabo en la ciudad. Así los ciudadanos pueden acceder a una gran cantidad de datos que la Smart City está generando y a su vez ellos también generan a su vez datos para que la ciudad los aproveche en la mejora de la calidad de vida de sus habitantes [15].

Algunos de los puntos clave del ámbito de la Smart People son:

- Instrucción a los ciudadanos en las Tecnologías de la Información para que puedan aprovecharlas en la mejora de su calidad de vida. Las Tecnologías de la Información pueden aprovecharse de múltiples formas en la vida diaria y los habitantes de una Smart City deben estar preparados [15].
- Teletrabajo/Educación: una mejora de la calidad laboral se puede conseguir mediante la flexibilización de los horarios de trabajo, y esto se puede conseguir con el teletrabajo, además que provee una reducción de costes importante. A su vez la teleeducación es una herramienta para mejorar la capacitación de tanto estudiantes como personal docente y administrativo [15].
- Servicios inteligentes con los que se pueden desarrollar herramientas para dotar a los ciudadanos de una mayor participación de la vida pública y de más transparencia y credibilidad a la administración [15].

2.2.6. Smart Living

Este ámbito engloba la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. Y trata de aplicar las nuevas tecnologías en los servicios ya existentes mejorándolos y dotándolos de nuevas funcionalidades. O creando nuevos servicios y oportunidades de negocio.

Se trata de mejorar distintos ámbitos como la salud, accesibilidad, seguridad, cultura, turismo, etc. Aprovechar la posibilidad de producir estas mejoras tendrá como resultado una ciudad más innovadora y próspera.

Ejemplos de mejoras en los ámbitos mencionados antes serían:

- Salud: servicios de teleasistencia, atención médica *on-line* y monitorización de pacientes a distancia[13]
- Seguridad: servicios de emergencia integrados con sensores y cámaras de videovigilancia junto a un análisis de datos en tiempo real para proveer de una respuesta más rápida de los cuerpos de seguridad y emergencia[13].
- Cultura: fomentar el interés cultural de la ciudad compartiendo y digitalizando el patrimonio histórico y cultural de esta. Haciéndolo llegar así al ciudadano desde cualquier hora y lugar. Fomentando el uso de aplicaciones de realidad aumentada y paneles informativos en tiempo real[13].

3. Ciencia de los datos

En este apartado se explica qué utilidad tiene el análisis de datos y la utilidad que tiene aportar valor a los datos mediante su análisis aplicado a las Smart Cities

3.1. Análisis de datos

El análisis de datos es una ciencia cuyo propósito es examinar datos en bruto con la finalidad de obtener conclusiones sobre esa información. Los datos en bruto sin ningún tratamiento o análisis posterior carecen de valor. Son sólo pedazos de información a los que probablemente no se le pueda sacar ninguna utilidad sin ser tratados. Sin embargo, es el análisis lo que le proporciona el valor a los datos, y permite encontrar aplicaciones para estos.

Los datos pueden analizarse desde distintos enfoques dependiendo de qué industria, entidad u organización los analice, o para que se quieran utilizar. Se pueden sacar conclusiones muy distintas de un mismo lote de datos dependiendo de la finalidad de los que lo analizan, es decir, que se está buscando principalmente en esos datos.

La ciencia de datos es utilizada por muchas organizaciones y compañías para tomar mejores decisiones empresariales y estratégicas.

El análisis de datos se combina con la extracción y clasificación de los mismos, y aunque no tiene porqué, suele formar parte de un mismo proceso, en el que una vez extraídos los datos estos se deben clasificar y limpiar de posibles falsedades o duplicados que los dispositivos que los recopilan puedan incurrir. Cuando ya se tienen los datos limpios se procede al análisis, aplicando una o varias técnicas dependiendo lo que se desee extraer. Una vez analizados se pueden obtener las conclusiones que es lo que de verdad le da valor a los datos.

3.2. Smart Cities y análisis de datos

Uno de los propósitos definidos en el apartado de objetivos de este trabajo es el análisis de un grupo de datos obtenidos del proyecto Smart City de Alcoy. Y resulta que, además de las utilidades y mejoras que una Smart City provee a sus habitantes, esta también es capaz de recoger infinidad de datos que se produce en su interior. A estos datos se los suele conocer como *Big Data* y generalmente pueden ser aprovechados como *feedback* del funcionamiento de la ciudad o como indicadores para comprobar que todo funciona como debería y qué cosas se pueden mejorar o cambiar entre otras cosas.

Aunque el lote de datos que se analizará en este trabajo no es lo suficientemente grande como para denominarlo *Big Data*, es conveniente hablar de la relación que guarda este concepto con las smart cities.

Big Data es a lo que se le suele denominar a uno o varios grandes grupos de datos masivos. Estos enormes lotes de datos suelen ser recopilados de forma rutinaria y constante por múltiples tipos de tecnologías innovadoras, tales como sensores en dispositivos, lecturas realizadas sobre maquinaria o vehículos. Aunque sin duda una de las principales fuentes de este tipo de datos se suele encontrar en internet, ya sea por la información que generan los usuarios mediante sus búsquedas por la red, incluido el mero hecho de pasarse por una página cualquiera ya genera una gran cantidad de información. También las redes sociales son otra fuente de información en la que los usuarios activamente la proporcionan. También los *smartphones* y dispositivos GPS son otros ejemplos. La lista de formas de generar datos que entrarían en el concepto de *Big Data* es kilométrica [1].

La naturaleza de estos datos es no estructurada y antes de poder realizar algún análisis sobre estos o cualquier otro procedimiento, es conveniente estructurarlos en algún formato que facilite su comprensión.

Pero ¿cual es la relación del *Big Data* con las Smart Cities?

Una Smart City dispone de la tecnología necesaria para recopilar datos de forma masiva, ya sea dotando de sensores ciertas infraestructuras o recopilándolas activamente de otra forma. Esto las convierte en una de las mayores fuerzas recopilatorias de datos,

este potencial se puede aprovechar en beneficio de la propia ciudad y sus habitantes.

Si se analizan y estudian los datos producidos por la ciudad, se puede comprender las necesidades actuales y darles una solución, incluso se podrían predecir nuevas necesidades antes de que surjan y actuar antes de que aparezcan. El *Big Data* puede guiar la planificación urbana y guiar el crecimiento de la ciudad. Asimismo, las ciudades más nuevas deberían planificarse con el paradigma *Smart* en mente. El *Big Data* enriquece la experiencia del funcionamiento de una ciudad y ofrece nuevas oportunidades para realizar decisiones mejor informadas [1].

Por otro lado siempre hay una parte oscura, y en el caso del *Big Data* son las cuestiones relativas a la privacidad y confidencialidad. Este aspecto suele preocupar a parte de la población que no ve con buenos ojos, o simplemente están mal informados, el tema de la recopilación de datos. Para evitar la desconfianza son necesarias legislaciones y medidas para asegurar que a los datos se les da un uso adecuado.

4. Transformación digital

La transformación digital ha dejado un marco de negocios siempre cambiante, donde las estrategias que deben tomar las empresas implican a los cinco dominios anteriormente mencionados. Pues generando redes de clientes se pueden obtener datos para adaptar la propuesta de valor y ofrecer un producto competitivo que impulse la innovación, la cual atraerá a más clientes.

Al hablar de smart cities no hay que ignorar también el concepto de transformación digital, ya que estos conceptos en este caso van de la mano.

La transformación digital es la incorporación e implementación de las tecnologías digitales en los proyectos y procesos de las empresas, pudiendo cambiar su funcionamiento y optimizando procesos además de ofrecer valor añadido.

Según David L. Rogers[8] existen cinco dominios estratégicos en el proceso de la transformación digital, estos son: los clientes, el valor, la competencia, la innovación y los datos.

Las tecnologías digitales han cambiado la forma en la que una empresa conecta y crea valor con sus clientes. Asimismo, también ha cambiado la forma en la que una ciudad puede proveer valor a sus habitantes y conectar con las necesidades de estos. También se ha cambiado la percepción del mundo en cuanto a los datos de los que se disponen, hoy en día los datos se generan a una velocidad nunca antes conseguida, y los sistemas de almacenamiento son cada vez más baratos y fáciles de usar. El reto actual es transformar estos datos en información útil y valiosa.

El ratio de innovación se ha acelerado increíblemente gracias a la transformación digital, experimentar y generar prototipos es mucho más barato en comparación a los años en los que la tecnologías digitales no eran tan predominantes.

En los siguientes apartados se describen en mayor profundidad estos dominios.

4.1. Clientes

El primer dominio de la transformación digital son los clientes. Tradicionalmente un actor al que se buscaba persuadir para que comprase. Se utilizaba un modelo de mercados masivos enfocados para conseguir producción y comunicación masiva eficiente para persuadir al mayor número de posibles clientes.

En la era digital los mercados masivos se intercambian por las redes de clientes. Actores informados que interactúan entre sí promocionando negocios e influenciándose mutuamente, moldeando los flujos de mercado mediante tendencias marcadas, no por los propios negocios, sino por sus usuarios.

Esto está forzando a los negocios a replantear el marketing tradicional y cambiar la percepción del cliente de *alguien al que convencer para acudir a mi negocio a alguien con el que relacionarme y demostrarle que soy digno de su confianza.*

4.2. Competencia

Tradicionalmente desde la perspectiva de los negocios, la competencia y la cooperación existían como dos opuestos. Los negocios competían con sus similares y cooperaban con negocios de producción o distribución.

Actualmente existe la figura del competidor asimétrico, compañías de otras industrias que ofrecen valor que compite por los clientes. Un ejemplo son las grandes cadenas que cada vez ofrecen más variedad de artículos. Asimismo, puede que competidores directos sean necesarios para competir con otros modelos de negocio o retos mutuos.

4.3. Datos

Se ha pasado de un modelo de generación de datos activo y planeado a uno que produce datos mediante cada interacción proceso o conversación dentro y fuera del negocio. Gracias a las redes sociales, dispositivos móviles y sensores, cada negocio tiene acceso a un mar de datos sin estructurar generados sin planificación y estos se

aprovechan con nuevas tecnologías y herramientas de análisis.

Estos datos permiten hacer nuevos tipos de predicciones y desbloquear nuevas fuentes de valor

4.4. Innovación

La innovación ha evolucionado y ha pasado de centrarse en un producto finalizado restringido por el coste de las propias pruebas, a un sistema en el que la tecnología permite numerosas pruebas rápidas antes durante e incluso después de lanzar el producto innovador.

Este enfoque permite maximizar el aprendizaje a la vez que se minimiza el coste, pudiendo tomar decisiones basadas en el feedback de los clientes.

4.5. Valor

El último dominio es la propuesta de valor al cliente. Tradicionalmente esta propuesta era constante, los productos podían actualizarse o renovarse, las campañas de marketing intentaban mostrar cómo un producto podía satisfacer unas necesidades conocidas. En la era digital todo esto cambia en un mercado fluido en constante movimiento, las necesidades surgen y desaparecen en una evolución y cambio constante y rápido del mercado. Los negocios en vez de adaptarse al cambio cuando ya ha llegado, buscan adelantarse a este y estar preparados para cuando llegue.

5. Metodología

En este apartado se expondrán los datos que se han analizado para este trabajo, los programas y el procedimiento utilizados.

5.1. Datos a analizar

Los datos que se van a analizar en este trabajo han sido proporcionados por el ayuntamiento de Alcoy y forman parte de la iniciativa Alcoy Smart City. Esta es una iniciativa que busca establecer unas estrategias y planes para transformar la ciudad de Alcoy en una Smart City

Estos son datos de tráfico, capturados mediante varias cámaras, de los vehículos que entran y salen de la ciudad. Los datos están formados por: un identificador único que se correspondería a la matrícula del vehículo sin ser exactamente la misma, la hora de registro, la dirección del vehículo (entrada o salida), la velocidad de circulación y la cámara que ha captado la información. El intervalo de tiempo que cubren los datos utilizados en la realización de este trabajo es: desde el 1 de Enero de 2018 hasta el 5 de diciembre del mismo año.

Hay que matizar que por motivos legales respectivos a la ley de protección de datos, la matrícula no es la matrícula real del vehículo, sino un identificador equivalente a dicha matrícula.

En las siguientes tablas se muestran ejemplos de los datos captados por las cámaras.

Tipo de dato	Identificador del registro	Identificador del vehículo	fecha de registro del dato	hora de registro	dirección del vehículo	velocidad	identificador de la cámara
Identificador	Id	matricula	fecha	hora	dirección	velocidad	id_sistema

Tabla 1: Datos captados por las cámaras

id_sistema representa al identificador de la cámara que registra los datos. Hay otra tabla de cámaras que se compone de estos campos:

Tipo de dato	Identificador del registro de la cámara	Nombre de la cámara	localización de la cámara
Identificador	código	camara	coord

Tabla 2: Datos de las cámaras

5.2. Captación de datos

En cuanto a las cámaras que han captado los datos, están situadas en cuatro puntos clave de la ciudad (figura 1):

1. Acceso Revolcat
2. Acceso Alicante
3. Acceso Batoi
4. Acceso Valencia



Figura 1: Situación de las cámaras en el casco urbano de Alcoy

Los accesos de Batoi, el Revolcat y Alicante sólo tienen una cámara, la cual controla

tanto las salidas como las entradas en ambos sentidos de la circulación. Mientras que el acceso de Valencia tiene una cámara por sentido.

Ciertos aspectos a tener en cuenta respecto a la disposición de las cámaras son:

- La cámara del acceso del Revolcat está ubicada antes de acabar el caso urbano, así que puede marcar falsas entradas y salidas; Hay pocas casas más allá de la cámara y una nave industrial. Sin embargo la razón de que la cámara se colocase en ese punto es que era el único donde llegaba la cobertura del Wimax y el suministro eléctrico sin necesitar demasiada obra civil.
- Debido a su posición (encarada al centro de la rotonda), la cámara que registra las salidas en la carretera de Valencia pierde unos cuantos vehículos que salen por la rotonda. La cámara registra una distancia máxima de 25 metros.
- Por último, hay entradas y salidas de flujos menores que no tienen cámaras, debido a que las cámaras actuales son la primera fase de un proyecto que más adelante cubrirá las demás salidas. Por el momento, los accesos de mayor tránsito son los que están cubiertos.

En las figuras 2 y 3 se pueden ver las zonas de control donde se captan los datos en verde, y las zonas donde potencialmente se pierden registros en rojo.



Figura 2: Zonas acceso Valencia



Figura 3: Zonas acceso Banyeres

Las imágenes a continuación (figuras 6- 9) muestran un vistazo a pie de calle de la situación de las cámaras.



Figura 4: Cámara Acceso Alicante

En la figura 4 se muestra que la cámara está instalada en el semáforo situado en la rotonda, y controla los carriles de entrada y salida.



Figura 5: Cámara Acceso Batoi

En la figura 5 se puede ver claramente que la cámara está situada en la farola y controla los dos carriles.



Figura 6: Cámara Acceso Revolcat

En la figura 6 la cámara está instalada en la farola de la esquina y controla ambos carriles.



Figura 7: Cámara Acceso Valencia

En la figura 7 se muestran dos cámaras, una instalada en el semáforo más cercano y otra en el más alejado, cada uno abarca un carril.

Finalmente, hay que mencionar que en el acceso de Valencia no hay registros de salidas desde el 29 de Julio al 22 de Agosto. Posiblemente ante una avería de la cámara. Sin embargo esto no tiene un impacto significativo en los análisis realizados en este trabajo.

5.3. Ley de protección de datos

Como se menciona en el punto anterior, la naturaleza de los datos que se han analizado en este trabajo implica que se debe tener en cuenta la ley orgánica de protección de datos.

Especialmente, hay que destacar el artículo 26: "Tratamiento de datos con fines de archivo en interés público por parte de las administraciones públicas". Dado que

este trabajo está hecho con el permiso del ayuntamiento de Alcoy y los resultados y conclusiones extraídas pueden ser utilizados por dicha administración. El tratamiento de estos datos cumple la ley, sin embargo, las matrículas de los coches han sido modificadas puesto que la ley especifica que no pueden publicarse datos personales que permitan identificar a una persona, en este caso la matrícula del coche. Y aunque los números que se utilizan a modo de matrícula en este trabajo no sean las propias matrículas, estos números siguen siendo identificadores únicos. Por lo tanto los análisis no se centrarán en las matrículas como base, sino estas se utilizarán simplemente para diferenciar unos vehículos de otros.

5.4. Software utilizado

Se ha programado una utilidad que mediante una simple interfaz, realiza búsquedas en la base datos y las muestra de forma gráfica.

El lenguaje elegido para desarrollar el programa ha sido python, en concreto la versión 3, el cual mediante las librerías PyQt puede generar unas ventanas simples y sencillas, pero eficientes. Para diseñar la interfaz gráfica se ha usado QtDesigner, las ventanas diseñadas con este programa pueden utilizarse con python gracias a las librerías anteriormente mencionadas PyQt, en concreto para este programa se ha usado la versión PyQt5 disponible para python 3.

Las gráficas se han generado con la librería matplotlib, la cual puede aprovechar las capacidades de los widgets de PyQt para generar gráficas claras y sencillas.

Finalmente la base de datos utilizada ha sido Mysql que junto a la librería de python homónima se puede ejecutar cualquier búsqueda.

El programa se compone de una ventana con cinco pestañas, las cuales son:

- General: muestra una gráfica de porciones con el uso total de cada acceso y la velocidad media (Figura 8).
- Entradas y salidas: en esta se puede seleccionar un mes o un día y ver el flujo de tráfico entrante y saliente además del total (Figura 9).

- Cámaras mes: un mapa de la ciudad con la capacidad de seleccionar un acceso y el mes del año para ver generar una gráfica que muestra las entradas y salidas, además de la suma de esos movimientos (Figura 10).
- Cámaras día: similar a la anterior, pero se puede seleccionar cámara y día. Esa gráfica muestra las entradas menos las salidas, mostrando así una gráfica oscilante (Figura 11).
- Cámaras día totales: pudiendo también escoger la cámara en el mapa. Esta gráfica muestra la cantidad de desplazamientos por hora durante el día seleccionado en forma de gráfico de barras (Figura 12).
- Hábito: Muestra el hábito de uso de las entradas y salidas durante el año y en temporada estival (Figura 13).

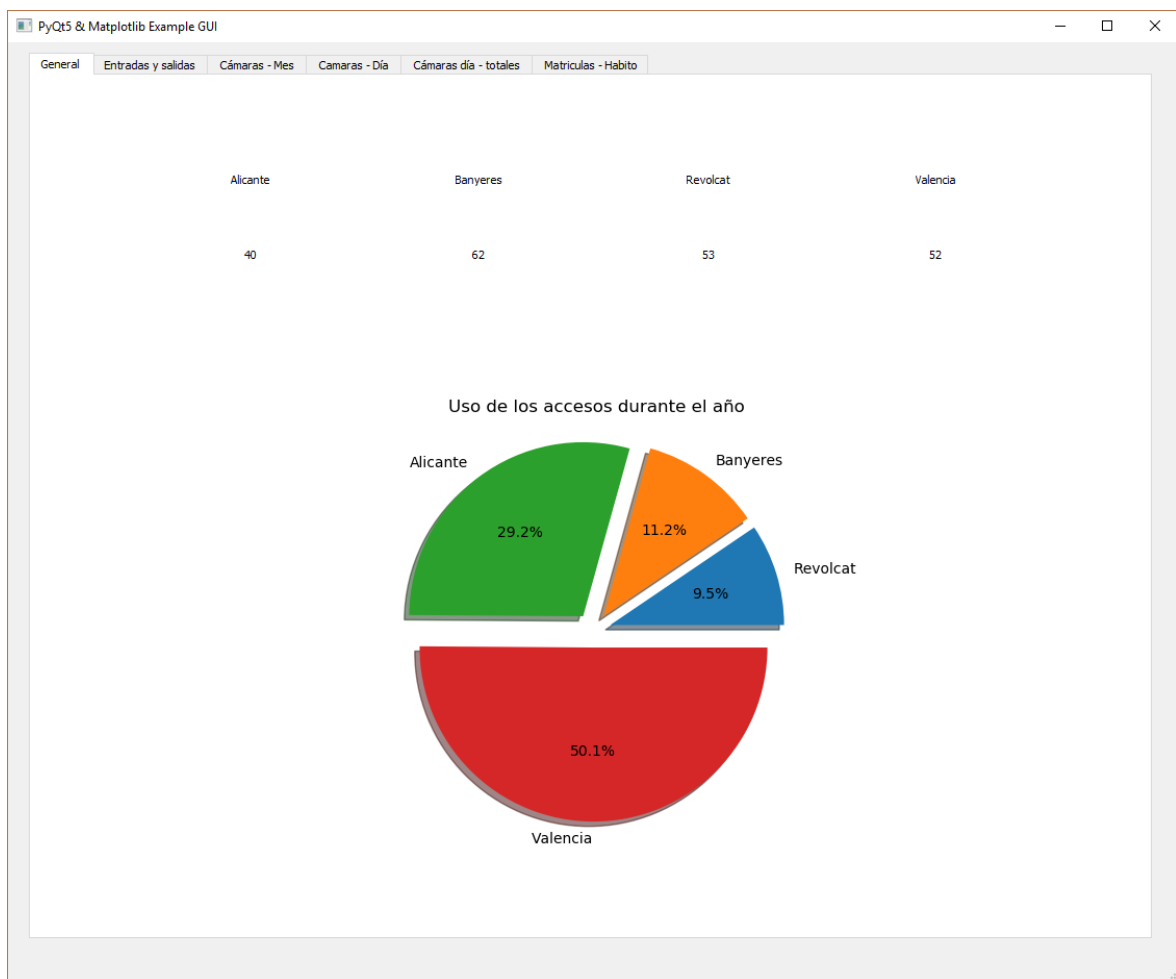


Figura 8: Pestaña General

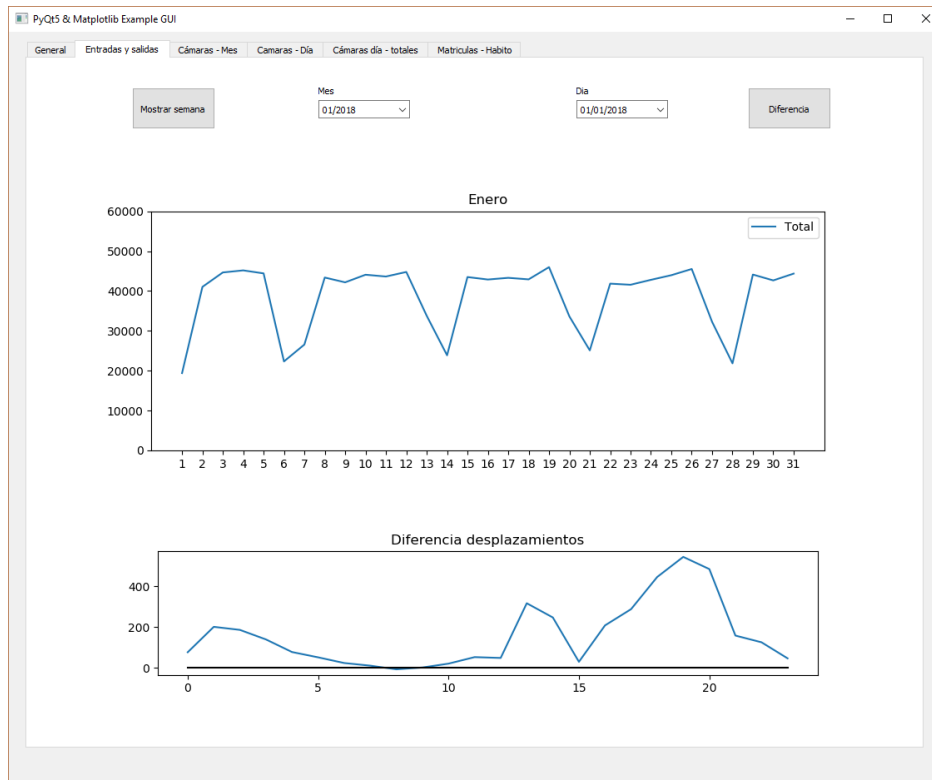


Figura 9: Pestaña Entradas y Salidas

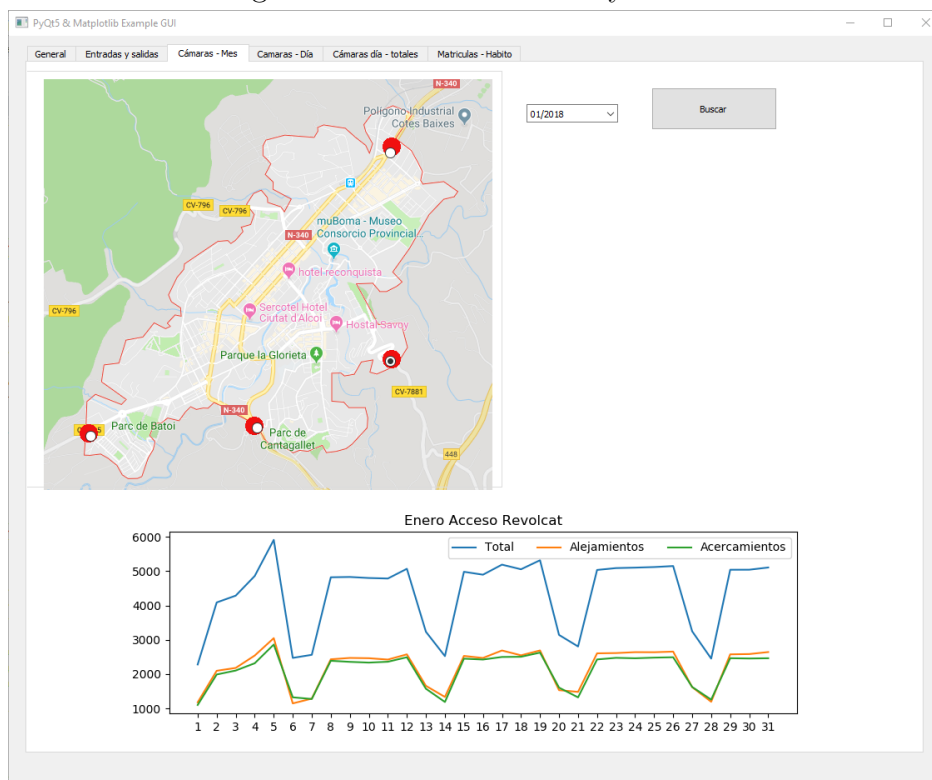


Figura 10: Pestaña Cámaras mes

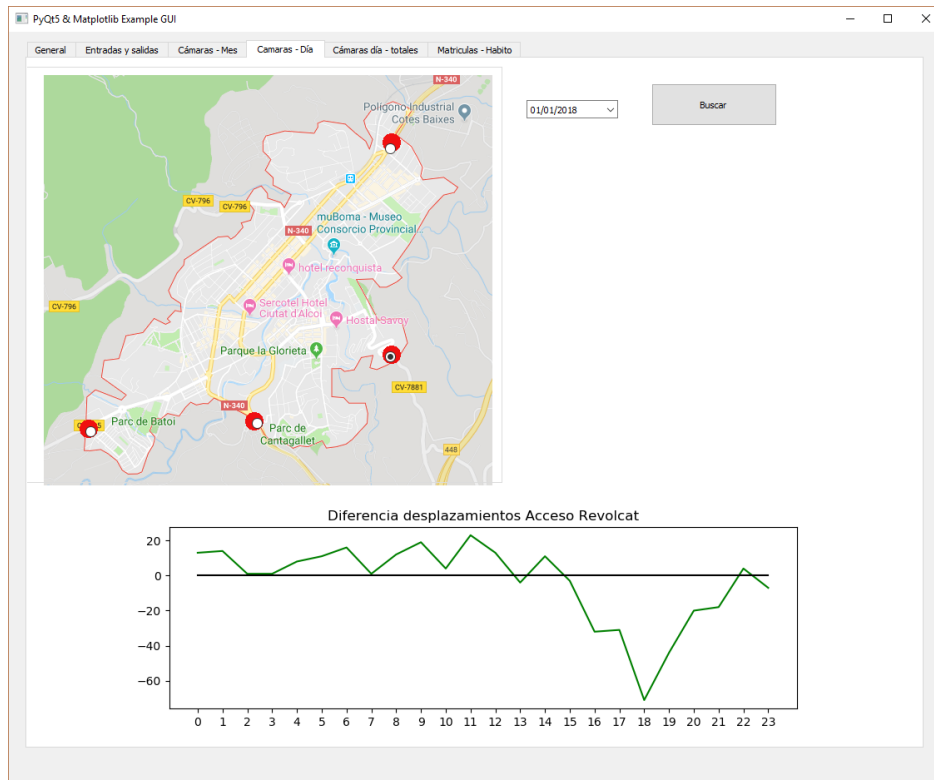


Figura 11: Pestaña Cámaras día

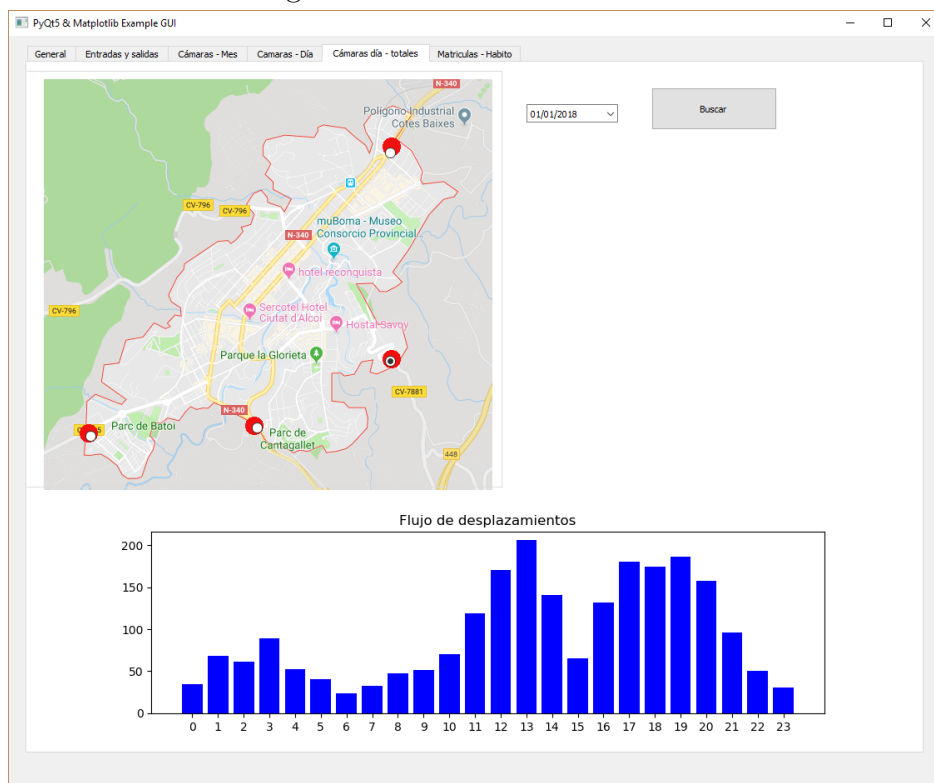


Figura 12: Pestaña Cámaras día totales

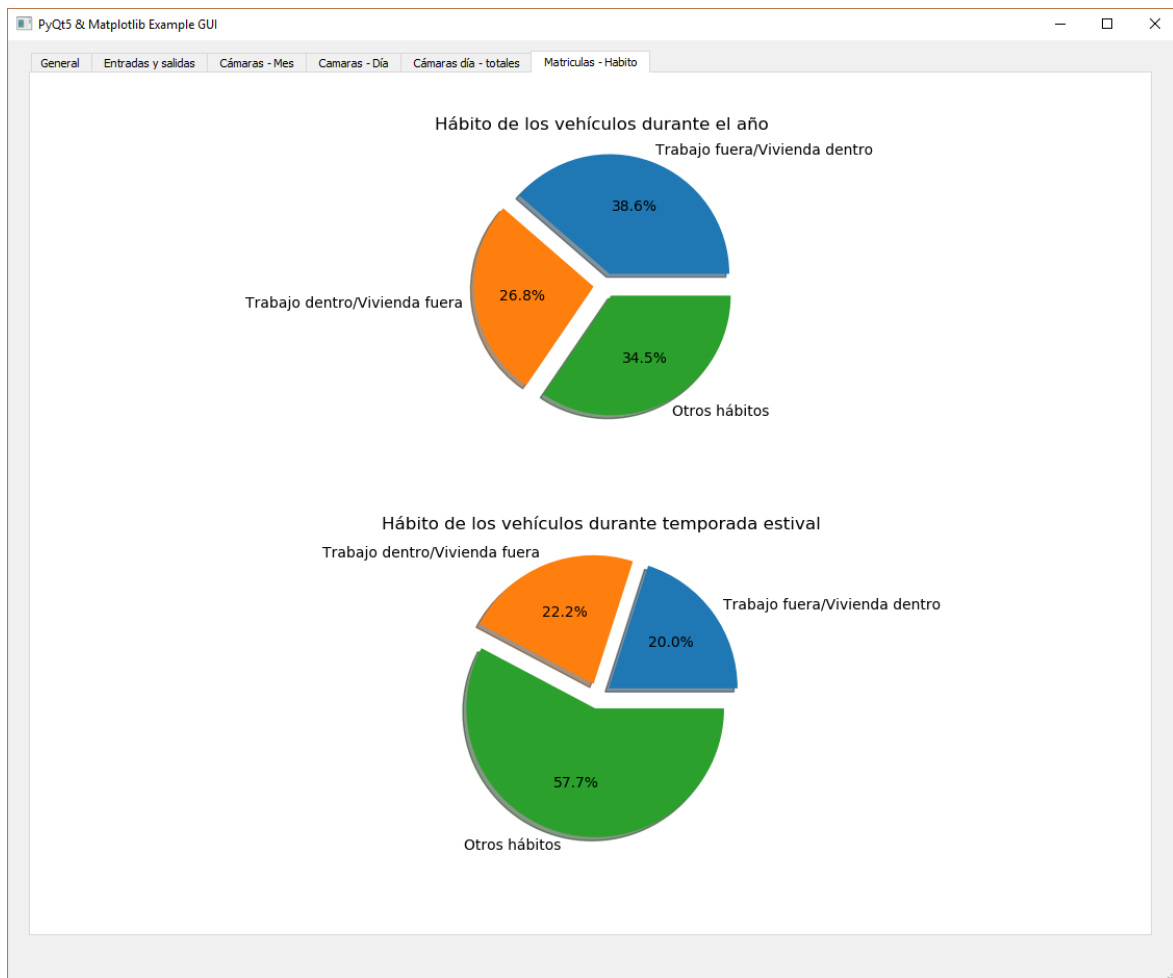


Figura 13: Pestaña Hábitos

5.5. Maximizar el valor de los datos

Teniendo en cuenta que la gestión de la información como activo estratégico puede representarse a través de un modelo de evolución de la información que incluye cinco fases evolutivas[5]:

1. Nivel operativo: control de datos individuales, aplicado a solucionar los problemas del día a día.
2. Consolidación: cambio de perspectiva de un nivel individual a uno de conjunto, integrando estándares y unidades de medida.
3. Integración: la consolidación se extiende a una perspectiva a nivel de toda la empresa.
4. Optimización: se aplican nuevas perspectivas de predicción.
5. Innovación: se estimula el crecimiento sostenible a través de la creatividad y renovación aparente.

La implementación de este modelo varía según casos, empresas, sectores o entidades que quieran aplicarlo, sin embargo, las características de cada nivel evolutivo se rigen mediante cuatro dimensiones generales para todos los casos:

1. Infraestructura: el hardware y software, incluyendo también las herramientas de trabajo en la red y tecnologías que crean y gestionan entre otras toda la información.
2. Procesos de conocimiento: buenas prácticas, normas y políticas que establecen como se genera, valida y usa la información. Además de como se vincula a los sistemas de la empresa y el compromiso de esta con el uso estratégico de la información.
3. Capital Humano: personal y sus aptitudes.
4. Cultura: son las influencias sobre el flujo de la información; Normas morales y sociales, así como las leyes que tengan relación con la información.

Aplicando las dimensiones al caso que se estudia en este trabajo, se puede aclarar que la dimensión de infraestructura respecta a las cámaras de tráfico que han extraído los datos, así como todo el software que se ha utilizado en el procesamiento y almacenamiento de estos datos, tanto dentro del ayuntamiento, como durante su análisis.

Por otra parte, dentro de los procesos de conocimiento entran las prácticas y normas que se hayan aplicado a los datos hasta el momento de su análisis. Un tratamiento previo a los análisis ha sido el de asegurarse de la integridad de los datos para extraer información fiable, es decir, que no hayan datos duplicados. El hardware por muy fiable que sea, no está exento de cometer fallos provocados por algún caso imposible o difícil de prever. En el caso de las cámaras de tráfico, puede darse el caso de que capturen dos veces seguidas al mismo vehículo. Para que el análisis se acerque lo máximo a la realidad, se ha hecho un primer análisis de los datos para detectar posibles duplicados y eliminarlos.

En cuanto a la dimensión cultural, los análisis se ha realizado respetando las leyes de protección de datos y teniendo en cuenta la veracidad a la hora de sacar conclusiones de estos.

Finalmente, el modelo de la evolución de la información, reconoce que las relaciones entre sus distintas dimensiones son muy complejas. Y admite que ninguna dimensión aporta una solución definitiva a los problemas. Las nuevas aplicaciones, procedimientos o productos son simplemente ayudas, las cuales junto a las buenas prácticas y pueden servir de gran ayuda para reforzar debilidades y explotar fortalezas.

6. Caso de estudio: Alcoy Smart City

Se ha desarrollado un programa que muestra en forma de gráficas las búsquedas en la base de datos para proveer de un apoyo visual en el análisis de los datos. Se ha utilizado el lenguaje python y las librerías numpy, mysql.connector y PyQt5 entre otras. Para el diseño de la interfaz gráfica se ha utilizado el QtDesigner.

De todos estos análisis se mostrarán unas gráficas y finalmente, se comentarán las conclusiones extraídas del análisis y del trabajo en general.

6.1. Uso de los accesos

Para empezar se ha calculado el porcentaje de uso de cada acceso durante todo el año. Los resultados han sido los siguientes (figura 14):

- Acceso de Valencia 50,1 %
- Acceso de Alicante 29,2 %
- Acceso de Bañeres 11,2 %
- Acceso del Revolcat 9,5 %

Estos porcentajes se han calculado con la división del sumatorio de todos los movimientos en un acceso multiplicado por 100 (formula 1).

$$\frac{\sum \text{Desplazamientos} * 100}{\text{DesplazamientosTotales}} \quad (1)$$

Como se puede comprobar, el acceso de Valencia es el más usado, acaparando casi más de la mitad de los desplazamientos. Luego el de Alicante, con una cantidad algo más modesta, sin embargo sigue siendo más de un cuarto de los desplazamientos. Y finalmente los accesos de Bañeres y el Revolcat los cuales son menos utilizados.

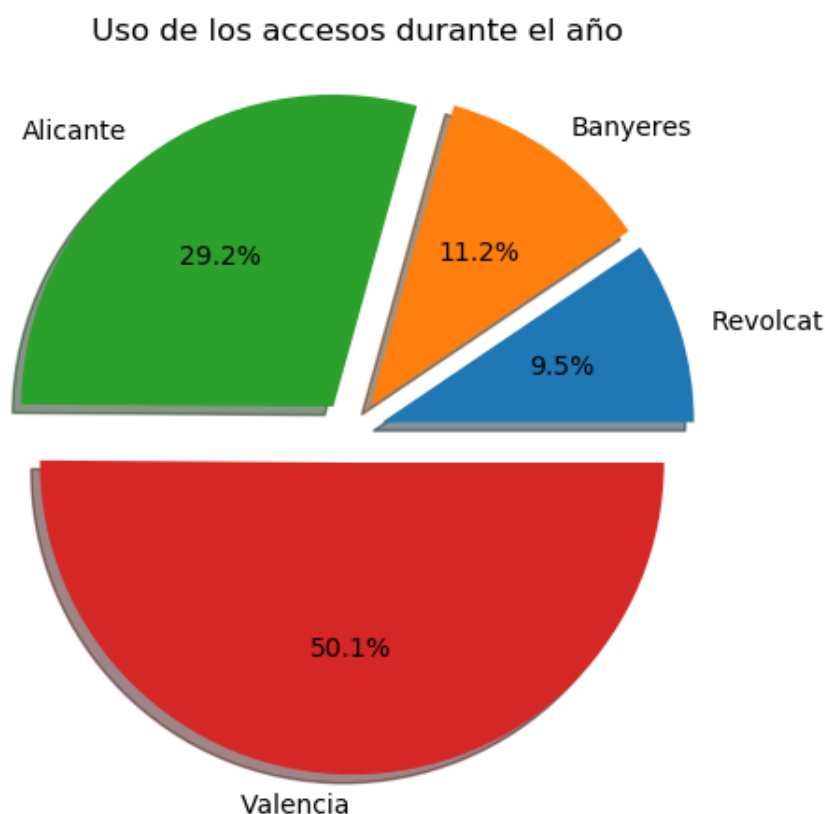


Figura 14: Uso por acceso

Estos porcentajes tienen sentido dado que los accesos de Alicante y Valencia forman parte de una carretera nacional y los de Bañeres y el Revolcat son secundarios. Además el acceso de Valencia conecta a una zona industrial y residencial entre Alcoy y Cocentaina y además de conectar a Alcoy con las poblaciones de Cocentaina y Muro. Así que es natural que tenga un porcentaje tan elevado respecto al acceso de Alicante.

Este análisis puede resultar útil para adivinar los accesos más utilizados y los que pueden sufrir aglomeraciones o atascos y necesitar mantenimiento con más frecuencia.

6.2. Entradas y salidas

Un primer enfoque que se ha utilizado ha sido el de analizar las entradas y salidas de Alcoy por meses, este enfoque resulta útil en comprobar qué días son los más concurridos y si hay un patrón de comportamiento. Se han contado las entradas y

salidas de cada día, además de tener en cuenta la suma de estas para ver el total de desplazamientos. A simple vista las gráficas resultantes presentan un patrón definido que se repite semana tras semana. Sin embargo es fácil notar que algo no cuadra como se puede comprobar en la figura 15.

Para calcular los acercamientos se ha utilizado el sumatorio de todas las entradas de cada día, el sumatorio de las salidas para los alejamientos. Y el sumatorio de ambos resultados para los totales.

$$\sum EntradasDelDia \quad (2)$$

$$\sum SalidasDelDia \quad (3)$$

$$\sum(\sum EntradasDelDia + \sum SalidasDelDia) \quad (4)$$

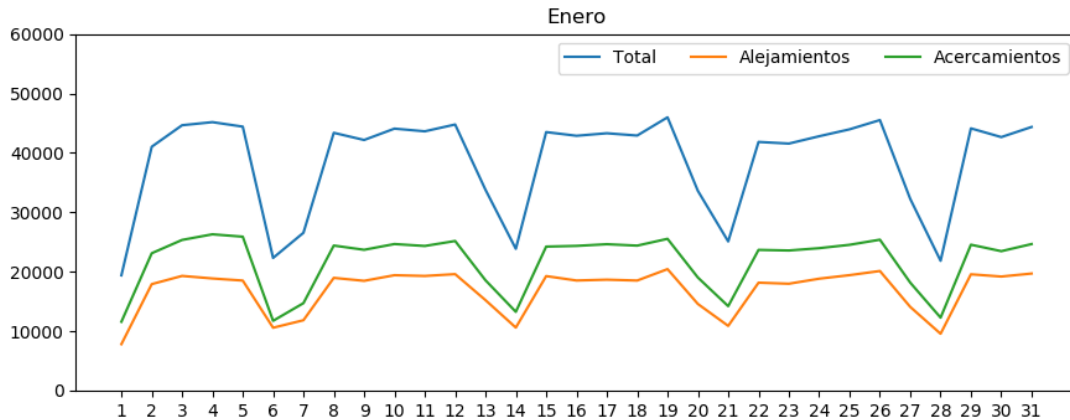


Figura 15: Desplazamientos Generales

Las entradas son mayores que las salidas durante todo el mes, además, esto no pasa sólo un mes, sino durante todo el año el número de entradas es superior a las salidas. Esto directamente es un hecho imposible, dado que si siempre hubiese un balance positivo en las entradas/salidas, ya no cabría ningún coche en la ciudad.

Así que se plantean varias hipótesis, una de ellas es la de que alguna de las cámaras que recogen las salidas no esté captando todas las salidas debido a que los coches

pueden tomar una ruta que escape al control de la cámara.

Debido a esta posibilidad se plantea analizar la diferencia de entradas y salidas por cada acceso para comprobar en cuál se da esta discordancia o si es un caso general que se da en todas las cámaras (figuras 16 - 19).

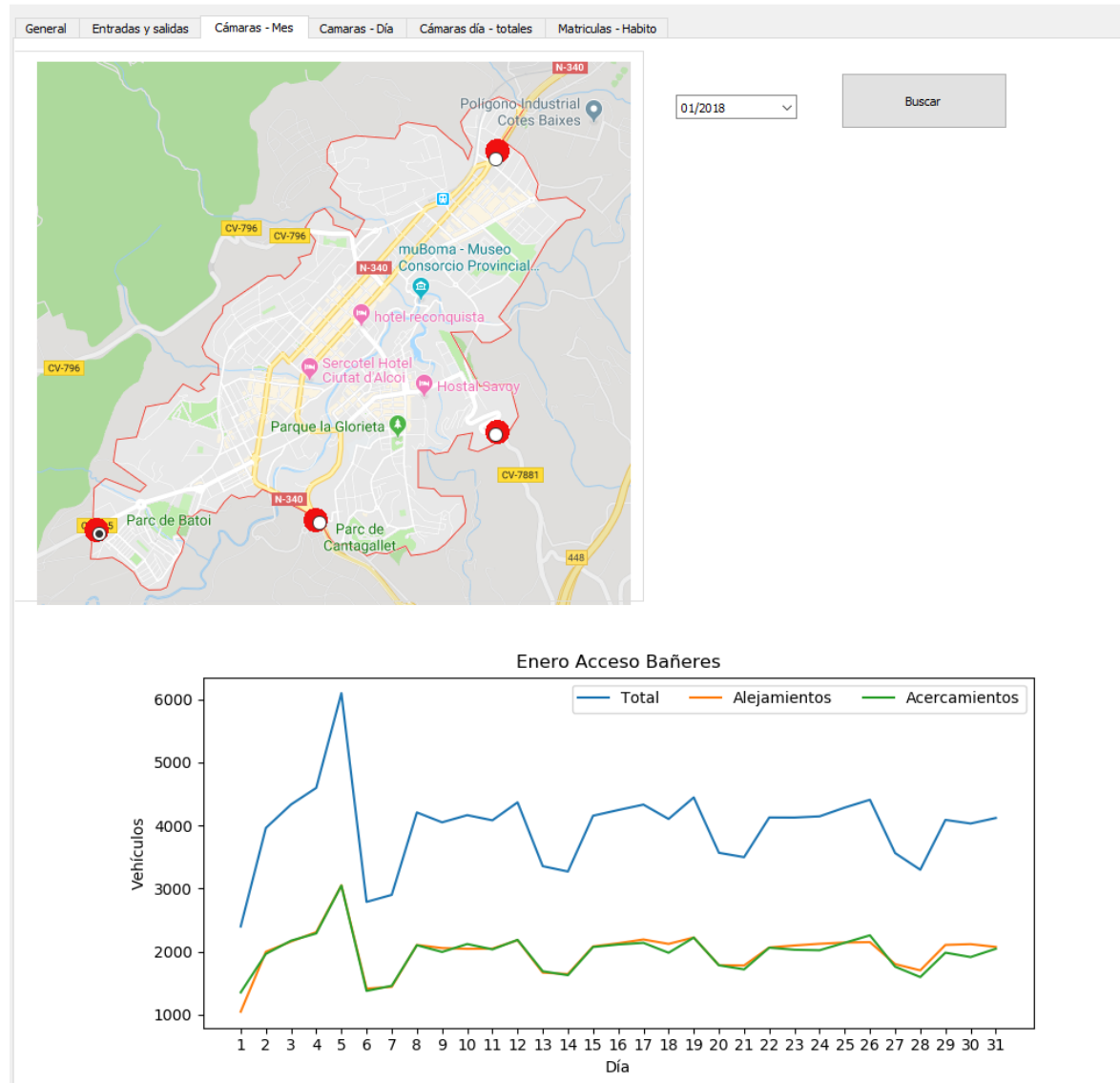


Figura 16: Acceso Banyeres por mes

Este acceso (Figura 16) muestra un patrón coherente con un número de entradas y salidas similares cada día del mes.

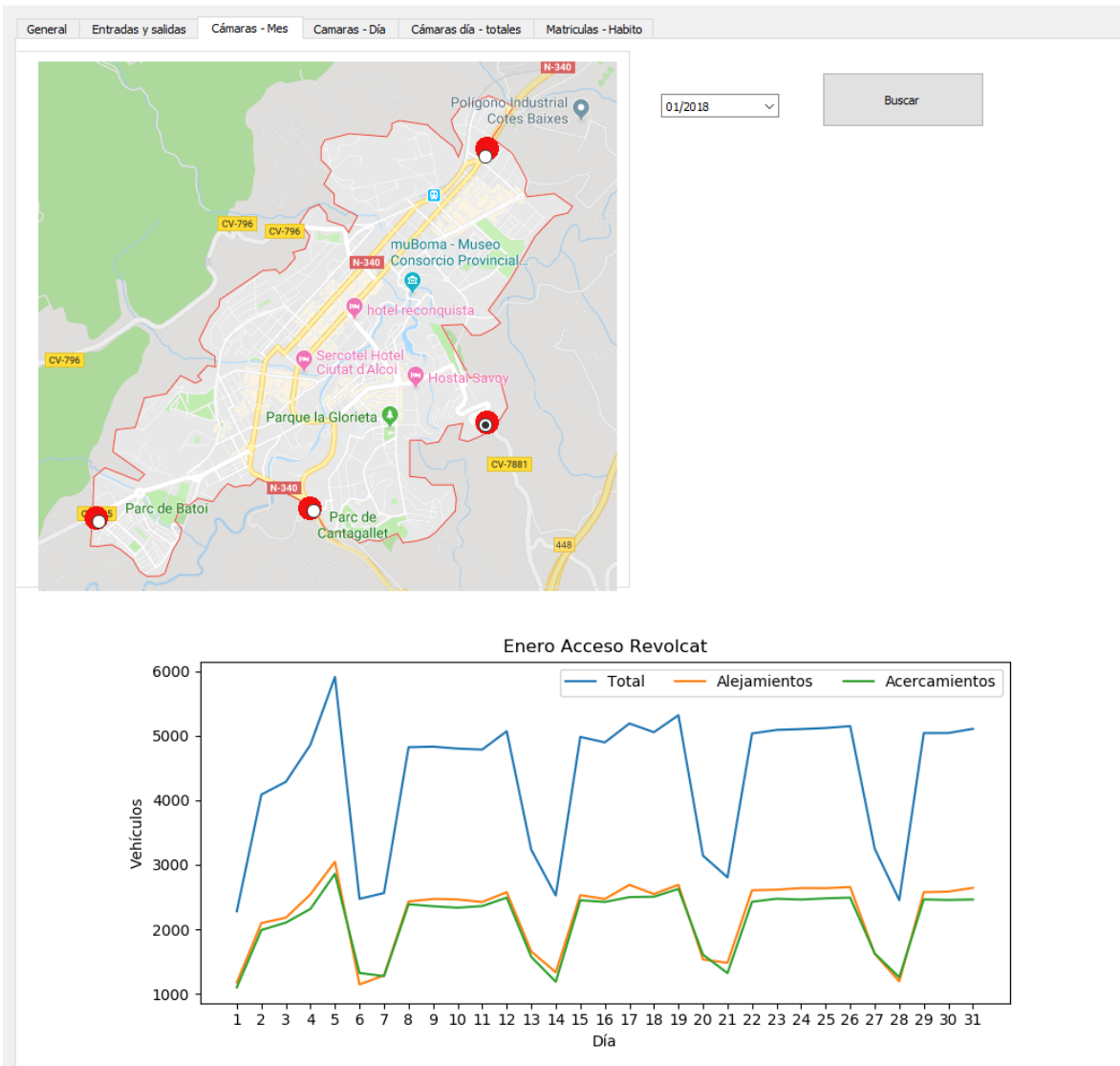


Figura 17: Acceso Revolcat por mes

El acceso Revolcat (figura 17) también muestra un patrón coherente

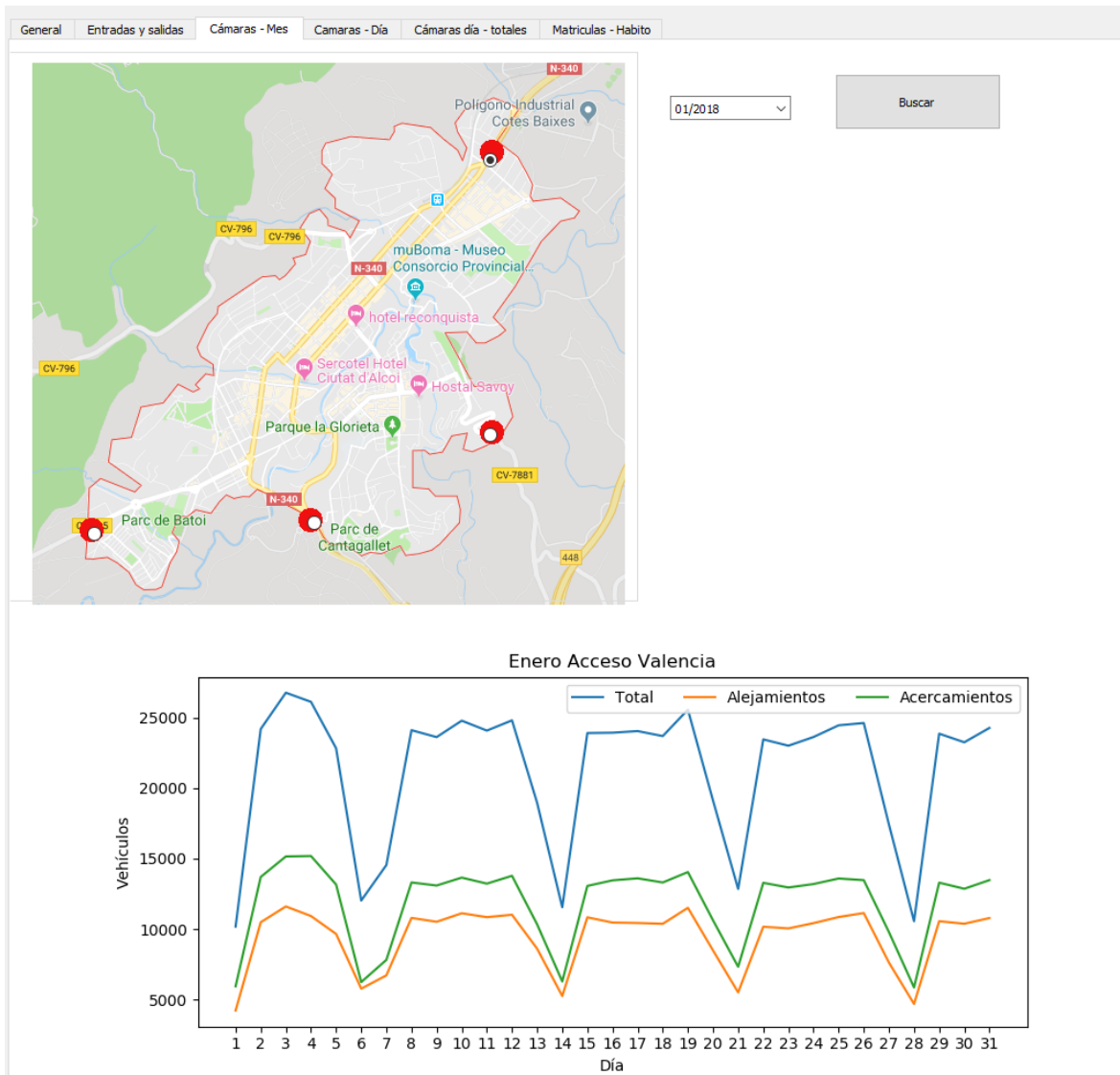


Figura 18: Acceso Valencia por mes

En el acceso de Valencia (Figura 18) se muestran más entradas que salidas, lo que por sí solo no indica que haya algo raro, siempre que otra de las salidas tuviese más salidas que entradas.

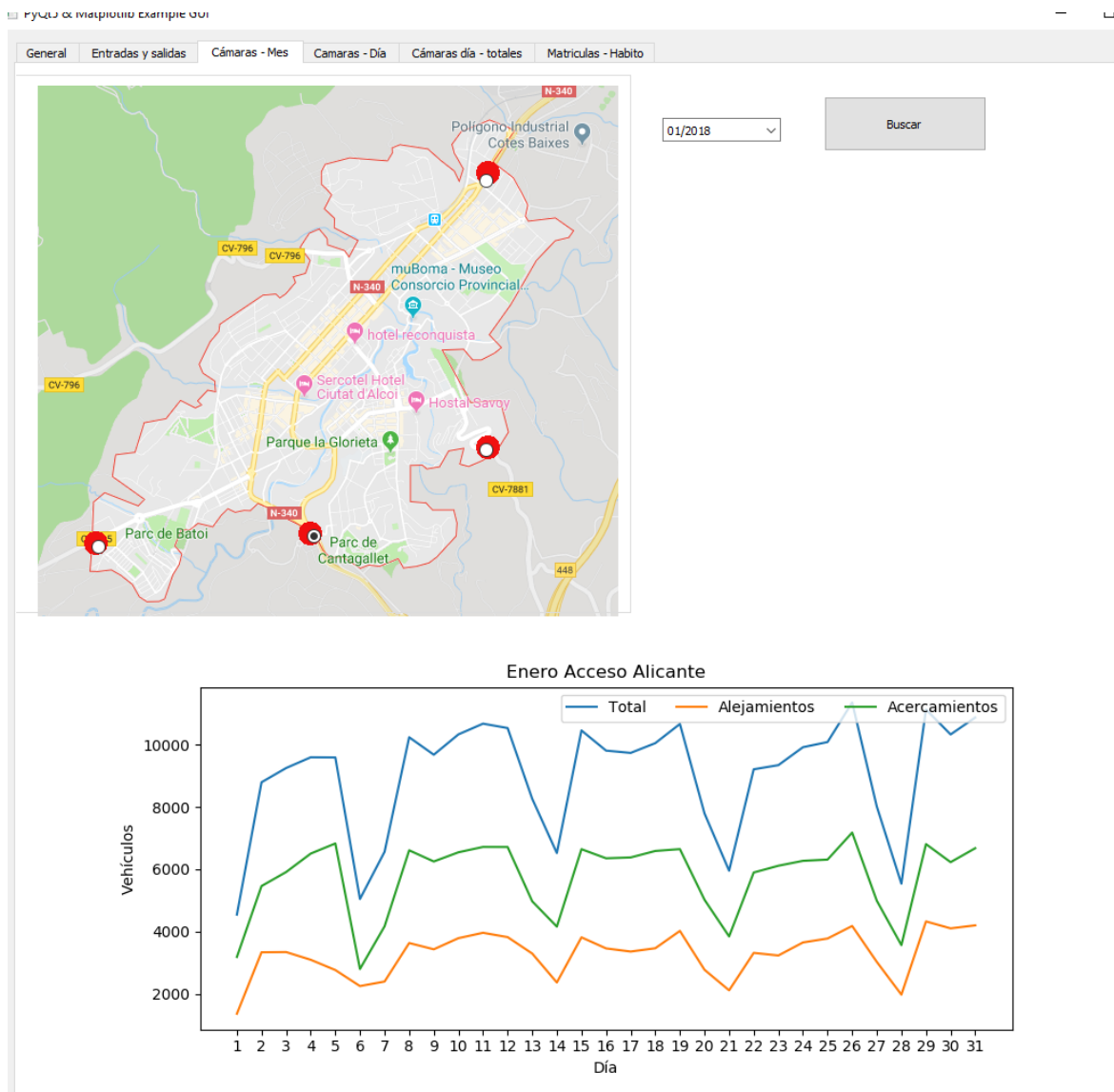


Figura 19: Acceso Alicante por mes

Sin embargo la figura 19, en el acceso Alicante también tiene más acercamientos que alejamientos, sacando a la luz junto con la figura 18 el problema de la posibilidad que haya salidas no contabilizadas.

Tras procesar los datos y generar las gráficas, los accesos del Revolcat y Bañeres parecen estar correctos, sin embargo, los accesos de Valencia y Alicante muestran más entradas que salidas. Antes de sacar conclusiones sobre esto, hay que tener en cuenta los siguientes hechos:

- Un vehículo no tiene por que salir por el mismo punto por el que entra
- Los accesos de Alicante y Valencia coinciden con la N-340, por tanto es de esperar

que tengan mayor flujo de tráfico

Con todo, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Los accesos del Revolcat y Banyeres tienen un flujo que podríamos considerar común, con fluctuaciones de entradas y salidas donde en ocasiones hay más entradas que salidas y viceversa.
- Los accesos de Valencia y Alicante tienen siempre una mayor cantidad de acercamientos. Esto por sí sólo implicaría que los otros accesos recibirían los alejamientos que no se producen en estos, sin embargo los números no reflejan esta realidad
- Por tanto es muy posible que la cámara que capta los alejamientos de uno o ambos accesos no esté bien colocada y no capten la realidad.

Una vez tratado el tema con los encargados de la instalación de las cámaras se queda aclarado lo que se comenta en el punto 5.1 que debido a limitaciones se pueden perder ciertos registros. Sin embargo, es posible sacar conclusiones con los datos de los que disponemos.

Resulta interesante el evidente patrón que se puede comprobar en las gráficas. Los desplazamientos alcanzan un número elevado durante toda la semana y se reducen los fines de semana. Este patrón se repite durante todo el mes y todo el año, excluyendo al mes de Agosto, pues durante ese mes muchas personas cogen vacaciones. La temporada estival se comentará en el siguiente punto.

En el patrón se ve claramente que los picos de desplazamientos se dan los lunes y los viernes, mientras que los martes miércoles y jueves tienen también un número elevado de desplazamientos, aunque ligeramente menor. Luego, los fines de semana hay un gran descenso de los desplazamientos, y el domingo es el día de la semana que menor número de desplazamientos tiene.

Los festivos son los días que rompen este patrón estos suelen ser días con un menor número de desplazamientos. Se puede sacar la conclusión de que la gran reducción

de los desplazamientos se debe a que la mayoría de estos son realizados por motivos laborales.

6.3. Patrón durante la temporada estival

Por otra parte es interesante analizar las diferencias entre los meses laborales y la temporada estival. Como ejemplo se mostrará a continuación las gráficas de los distintos accesos en los meses de Marzo y Agosto

En primer lugar los accesos durante Marzo como ejemplo de temporada de trabajo (figuras 20 - 23):

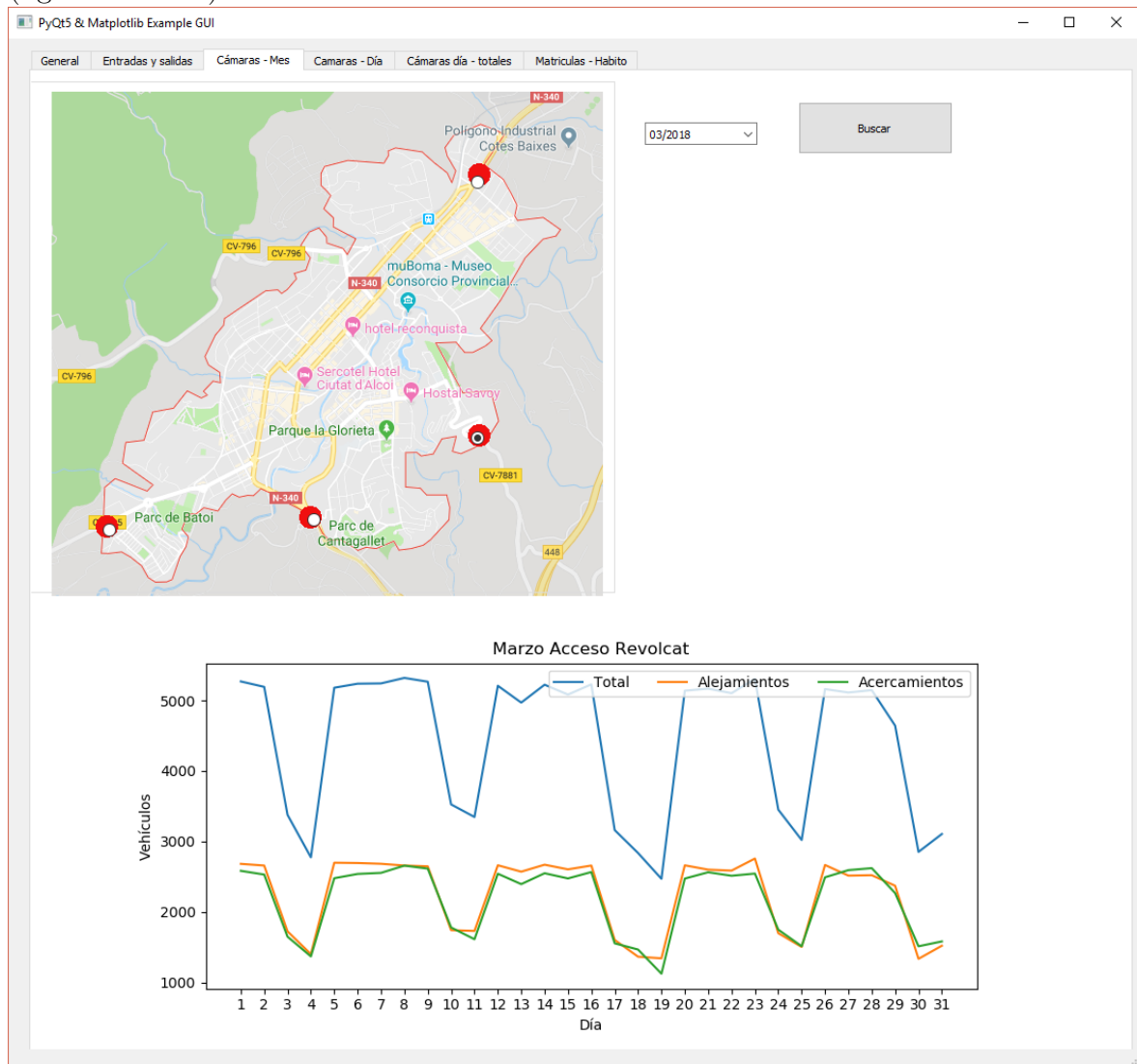


Figura 20: Movimientos en Marzo en el acceso de Bañeres

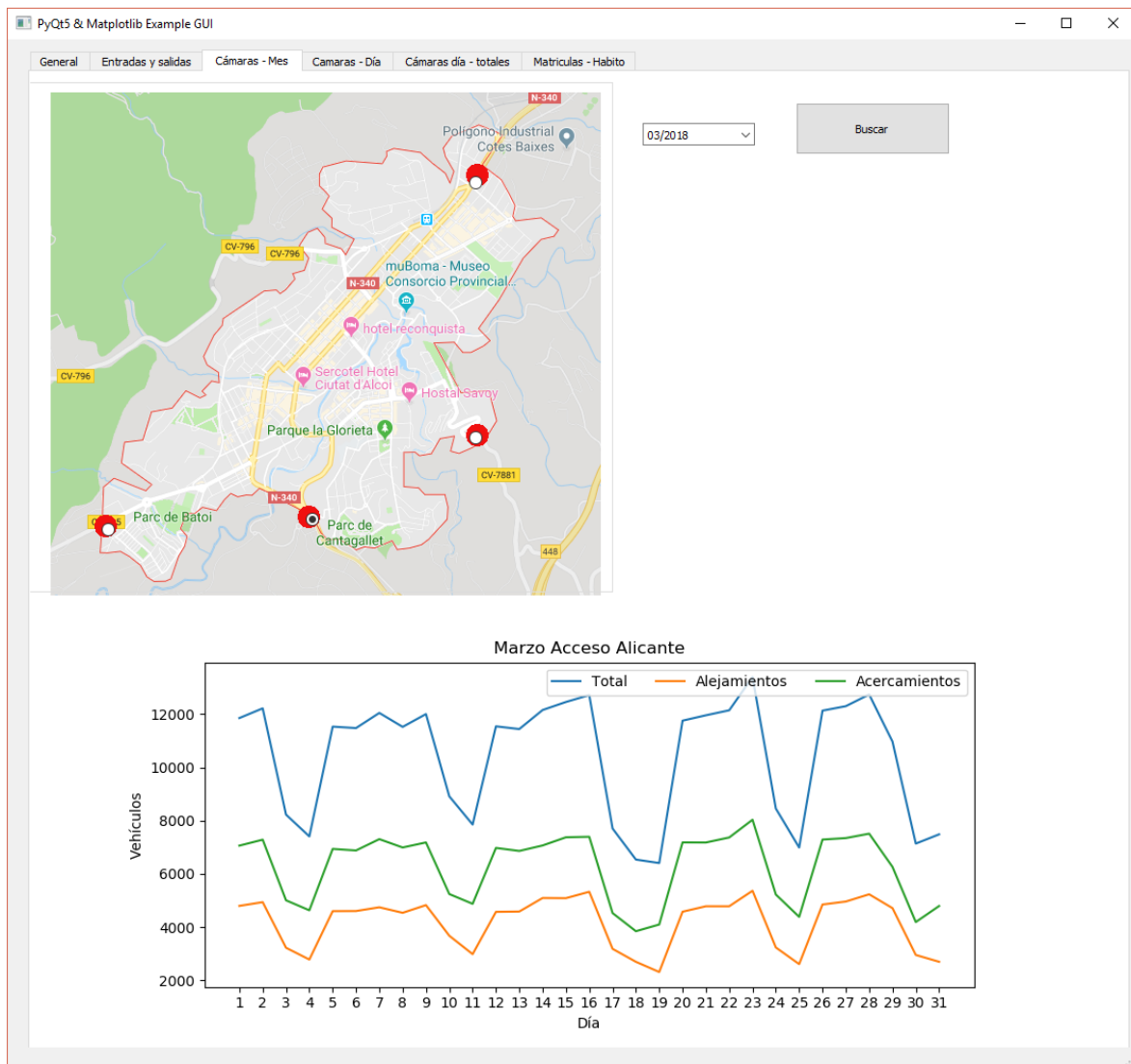


Figura 21: Movimientos en Marzo en el acceso de Alicante

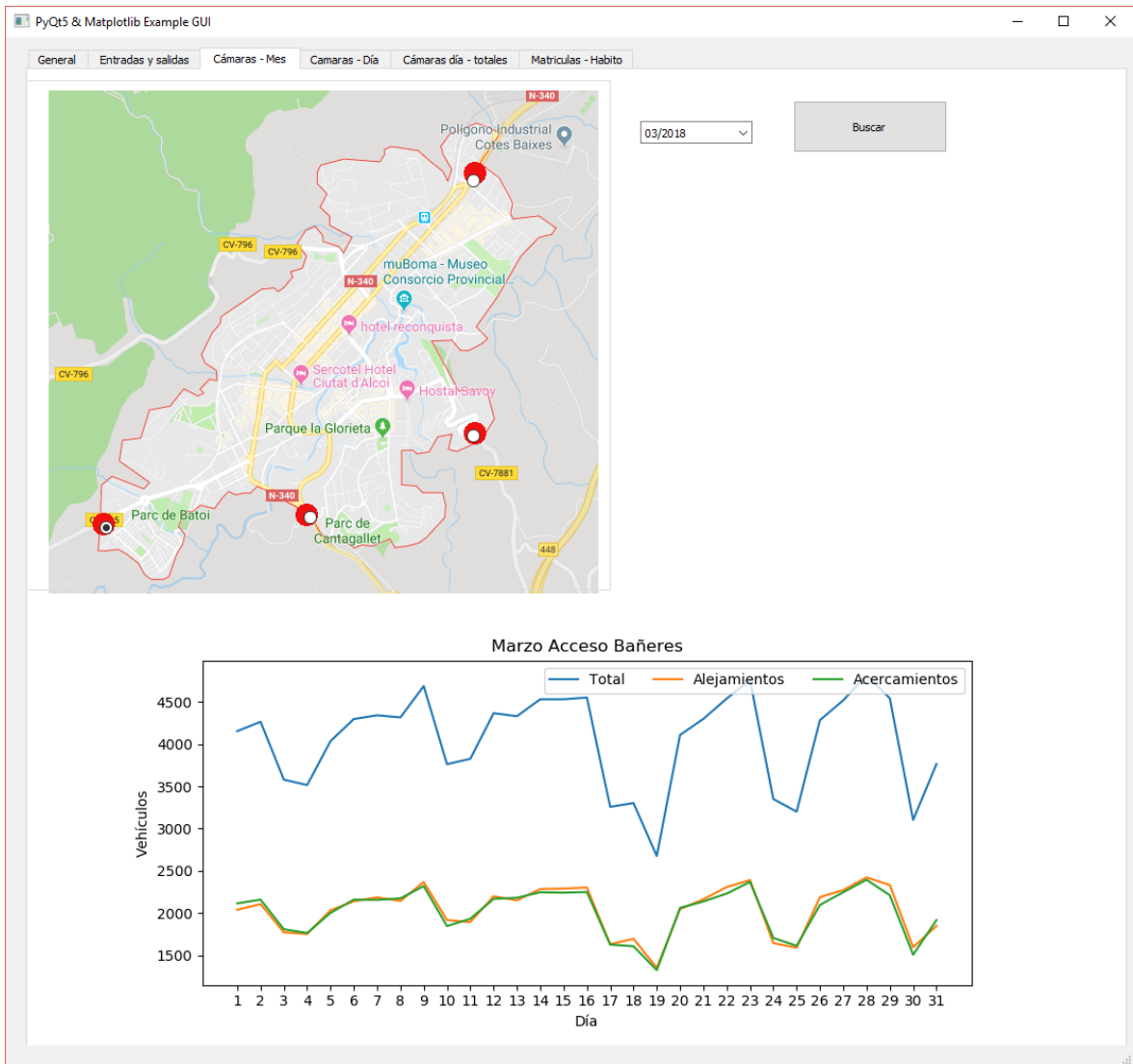


Figura 22: Movimientos en Marzo en el acceso del Revolcat

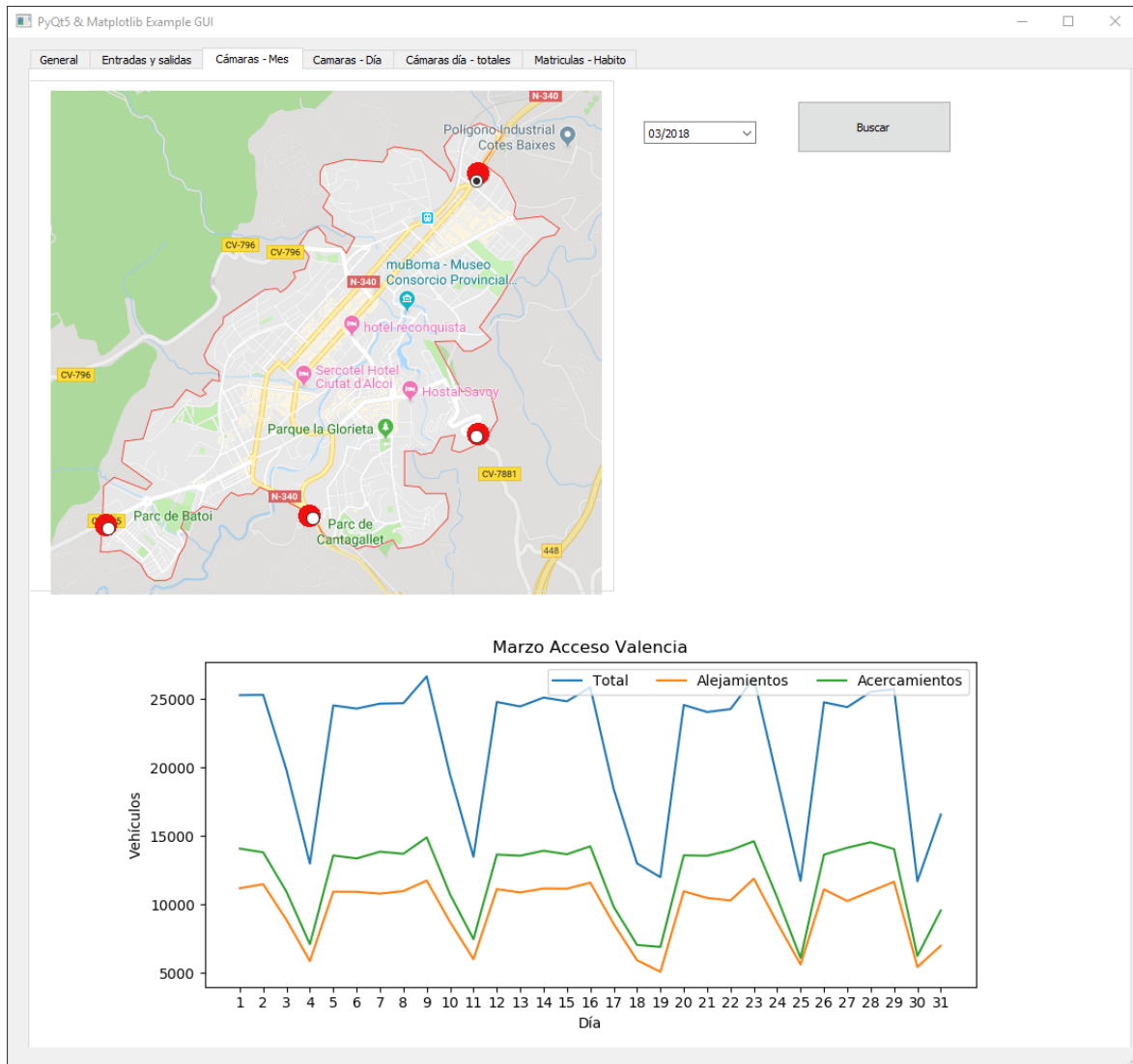


Figura 23: Movimientos en Marzo en el acceso de Valencia

A continuación, los accesos en Agosto como ejemplos de temporada estival (figuras 24 - 27):

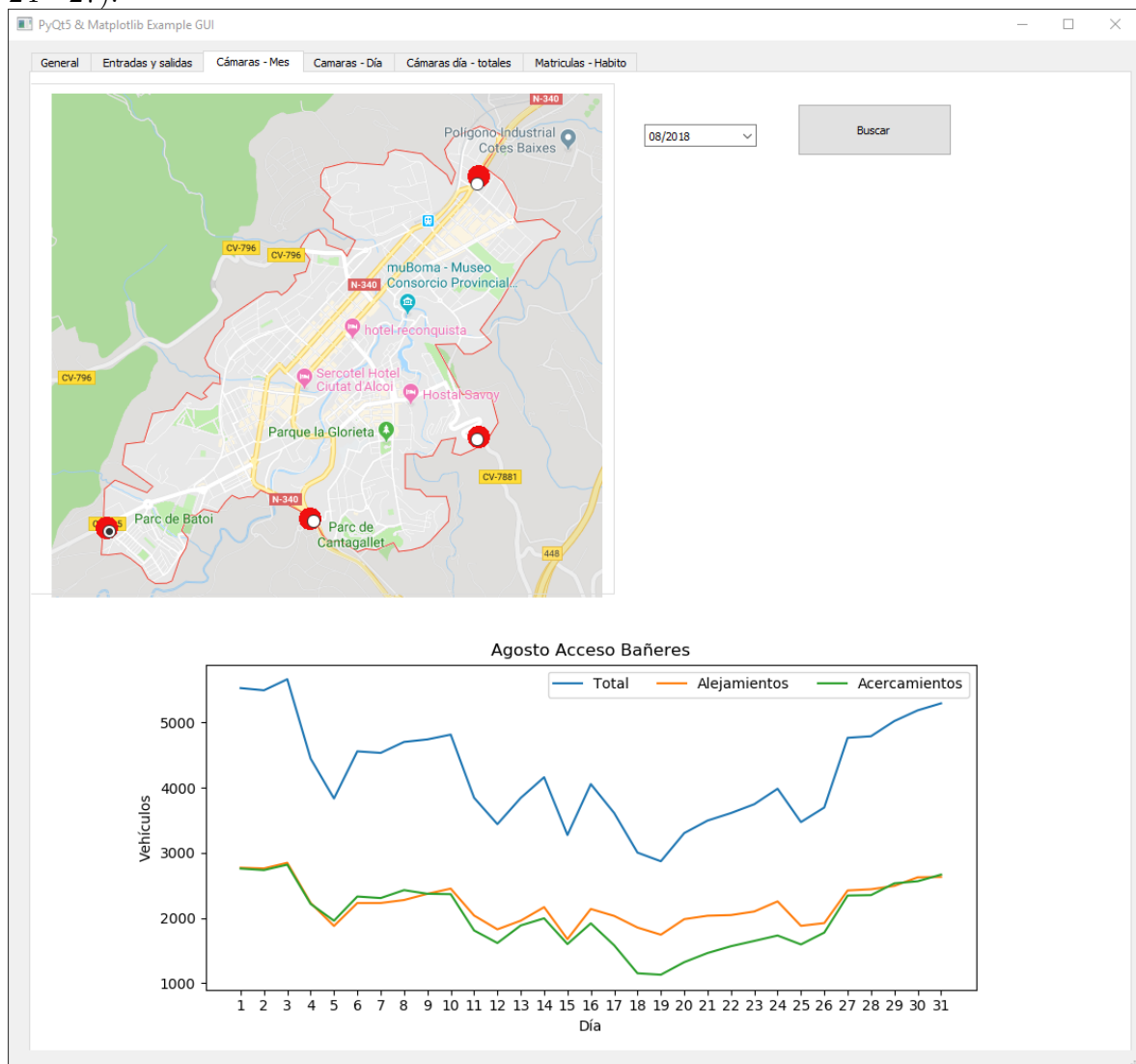


Figura 24: Movimientos en Agosto en el acceso de Bañeres

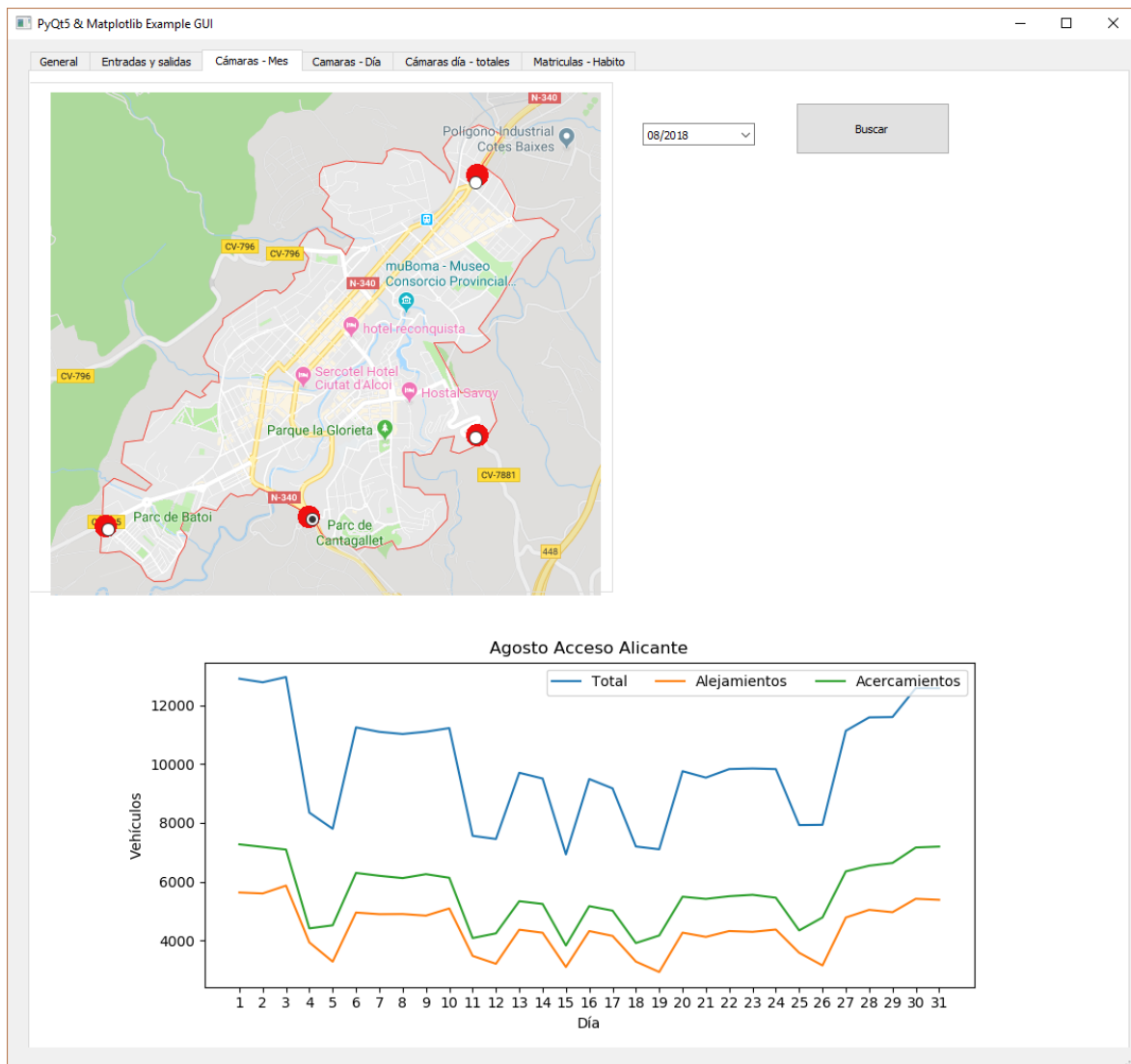


Figura 25: Movimientos en Agosto en el acceso de Alicante

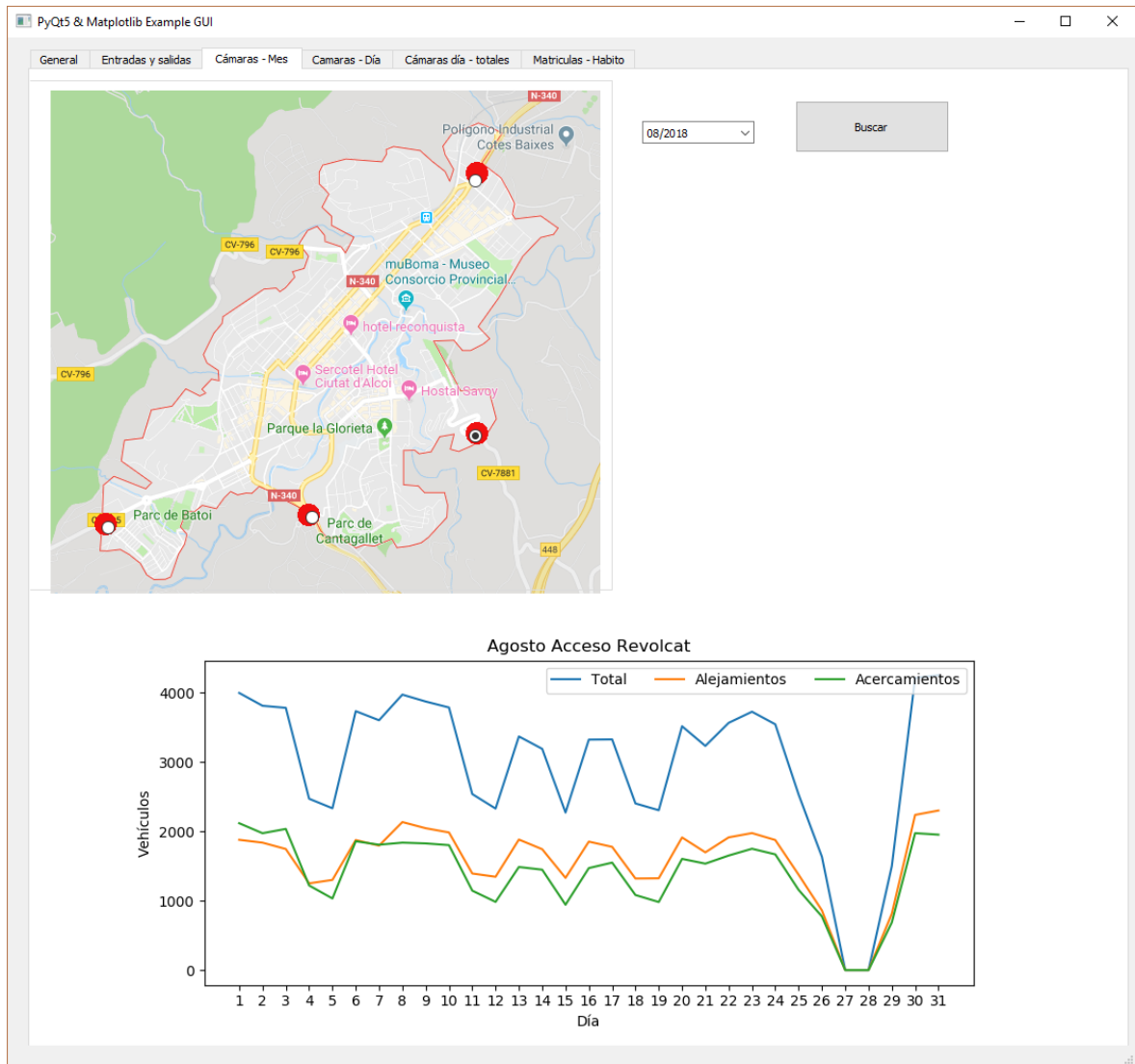


Figura 26: Movimientos en Agosto en el acceso del Revolcat

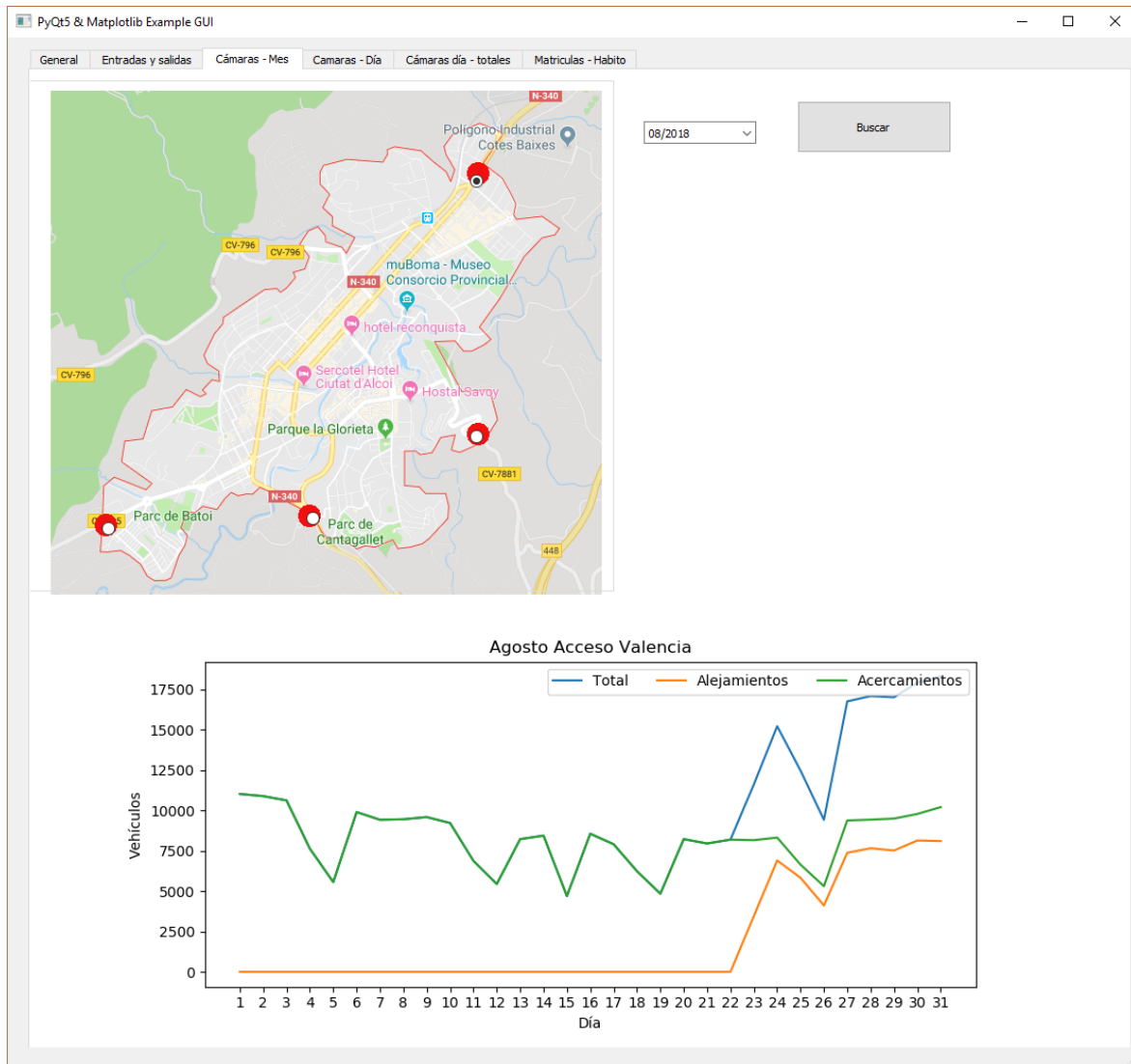


Figura 27: Movimientos en Agosto en el acceso de Valencia

Como se puede comprobar, hay una gran diferencia entre los meses de Marzo y Agosto. Las gráficas de Marzo muestran el patrón definido que se repite durante todo el año. Sin embargo, si se observa las gráficas de agosto, se puede observar una clara diferencia entre este y los demás meses. No sólo tiene menor cantidad de movimientos, también el patrón cambia absolutamente. Como ya se ha mencionado, la diferencia si se comparasen otros meses laborables como Abril o Mayo con Agosto no cambiaría, puesto que el patrón es extremadamente similar.

Por otro lado, en estas gráficas se puede ver lo mencionado en el punto 5.1 sobre las salidas por el acceso de Valencia en Agosto. No obstante, este detalle no afecta al análisis actual, puesto que se está comprobando el patrón de uso del acceso. Tampoco se realizó ninguna lectura en el acceso del Revolcat los días 27 y 28 de Agosto.

6.4. Fiestas locales

A continuación, se va a hacer un inciso en las fiestas de Moros y Cristianos. Al ser una fiesta municipal de varios días, en la figura 25 se puede comprobar una perturbación en el patrón semanal entre los días 20 y 28 que claramente se aprecia en los demás meses.

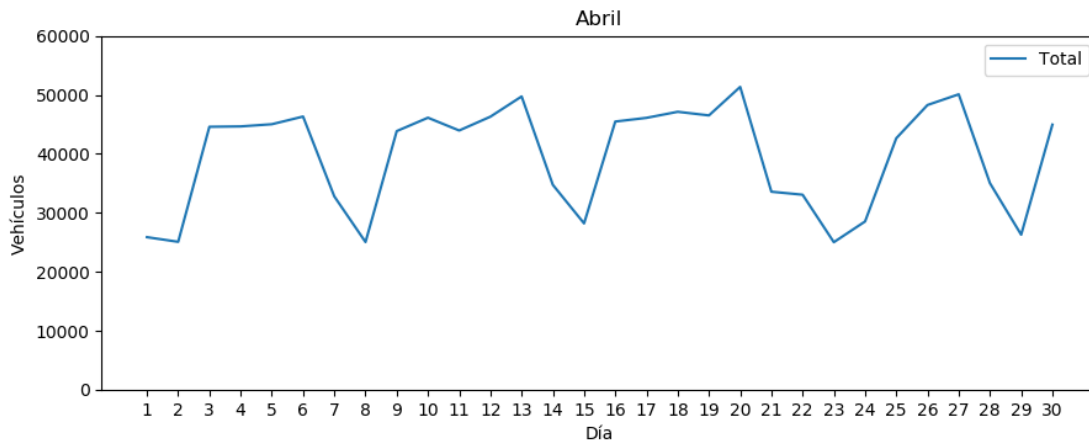


Figura 28: Fiestas de Moros y Cristianos

Las fiestas comienzan el día 21 y prosiguen hasta el 24. Como se puede apreciar, hay un pico de desplazamientos el día 20. Esto puede tomarse como una mayor cantidad de coches que entran en la ciudad, siendo estos turistas que vienen a disfrutar de las fiestas, aunque también habrá gente que aprovecha los días de fiesta saliendo de la ciudad para disfrutar de los días de fiesta en otro lugar. Luego se puede apreciar un gran descenso de desplazamientos en los días siguientes. Luego, una vez acabadas las fiestas se recupera el flujo acostumbrado de desplazamientos.

Para un análisis más preciso, se puede comprobar el flujo de desplazamientos un día cualquiera y los días de las fiestas.

La densidad de desplazamientos es la suma de todos los desplazamientos durante ese periodo de tiempo ya sean entradas o salidas (formula 5)

$$\sum \text{Desplazamientos} \quad (5)$$

Comenzamos con la víspera (20 de Abril) (figuras 29 - 32):

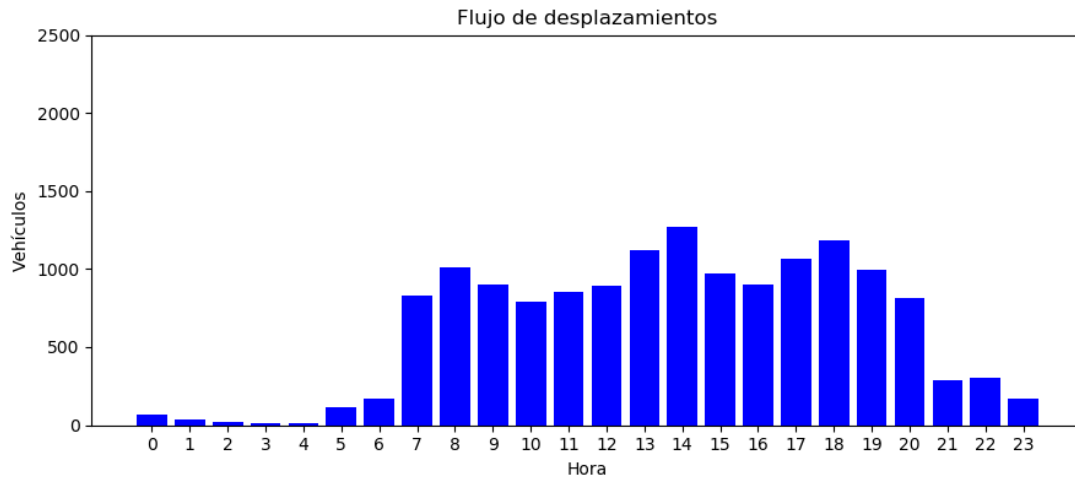


Figura 29: Acceso Alicante 20 Abril

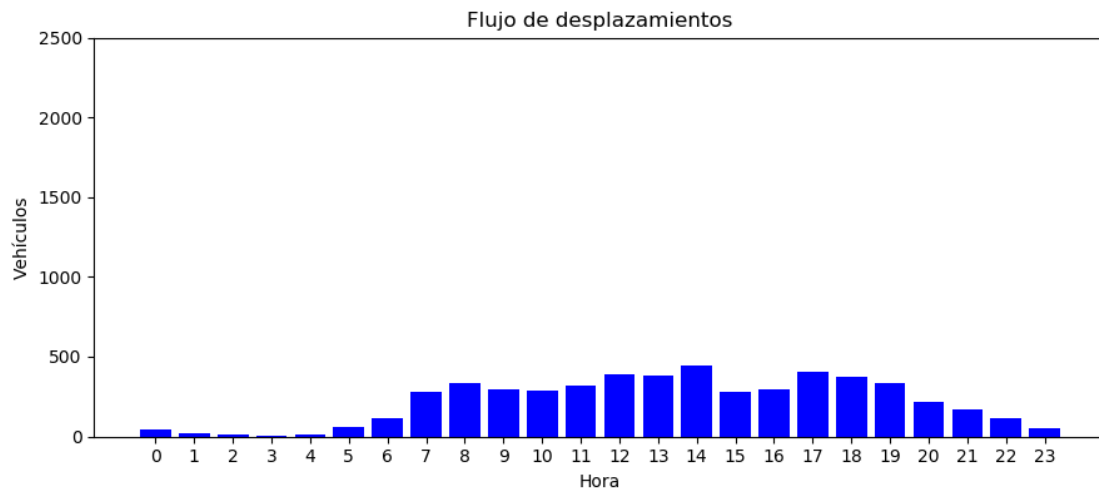


Figura 30: Acceso Bañeres 20 Abril

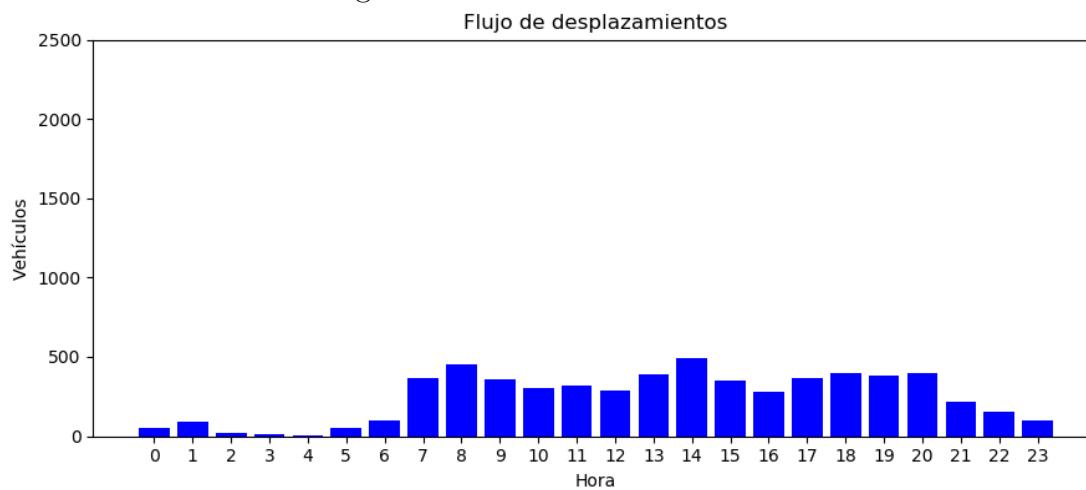


Figura 31: Acceso Revolcat 20 Abril

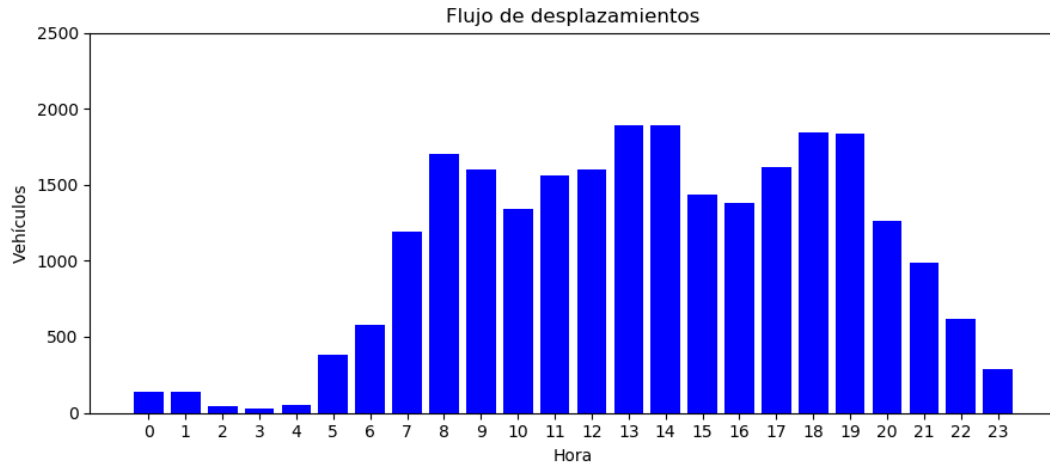


Figura 32: Acceso Valencia 20 Abril

Ahora los desplazamientos el día 21 de Abril, fecha en la que comienzan las fiestas (figuras 33 - 36):

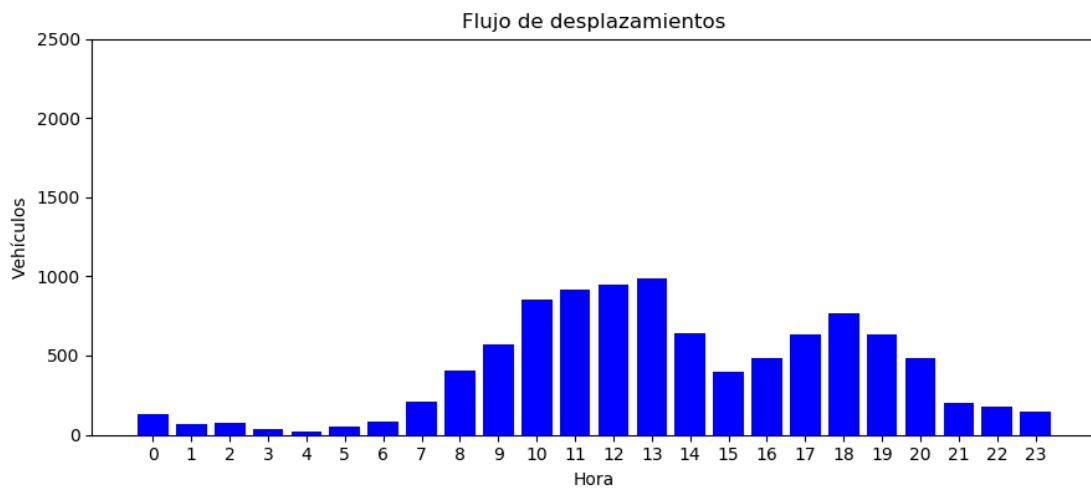


Figura 33: Acceso Alicante 21 Abril

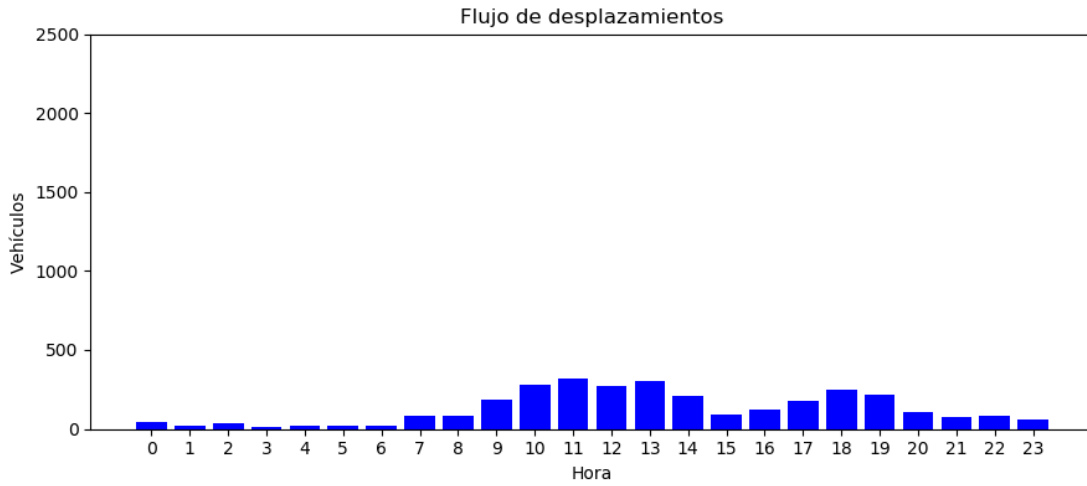


Figura 34: Acceso Bañeres 21 Abril

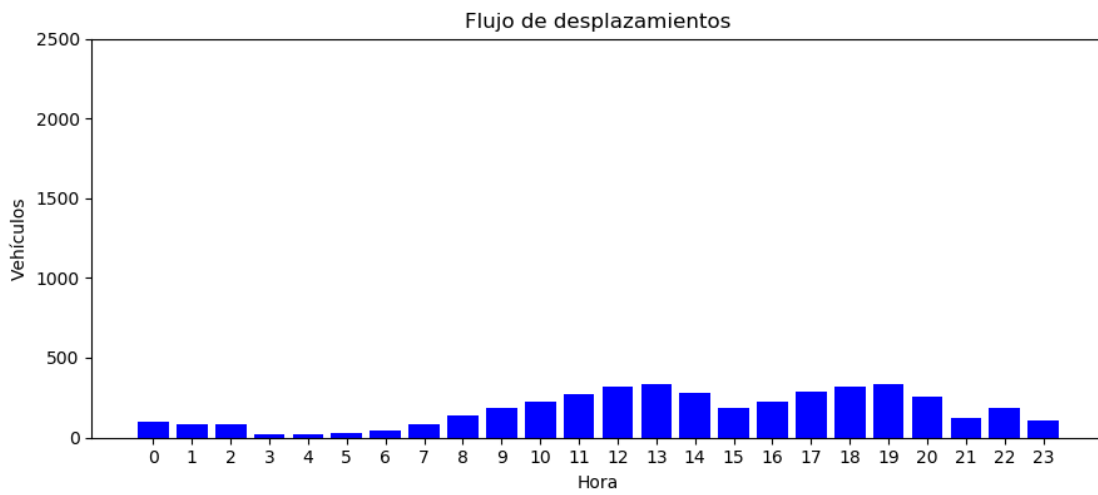


Figura 35: Acceso Revolcat 21 Abril

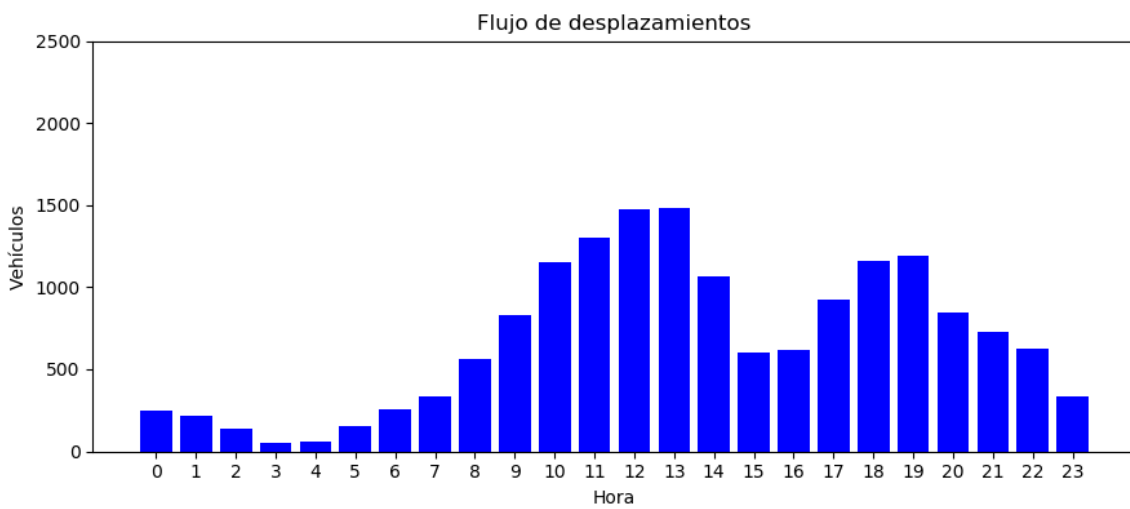


Figura 36: Acceso Valencia 21 Abril

Aunque el patrón diario es el mismo, es visible que el número de desplazamientos se ha reducido en todos los accesos. Esto sucede durante todas las fiestas. Como se puede ver, el número de desplazamientos es bastante menor que un día normal.

6.5. Flujo de accesos durante el día

Por otra parte, también se puede ver un patrón en las entradas salidas durante el día, analizando la gráfica que surge, la mayoría de días se sigue un mismo patrón en todas las cámaras (figuras 37 - 40). Estos patrones se alteran durante los días de fiesta o en sus vísperas y días siguientes aunque de forma muy ligera.

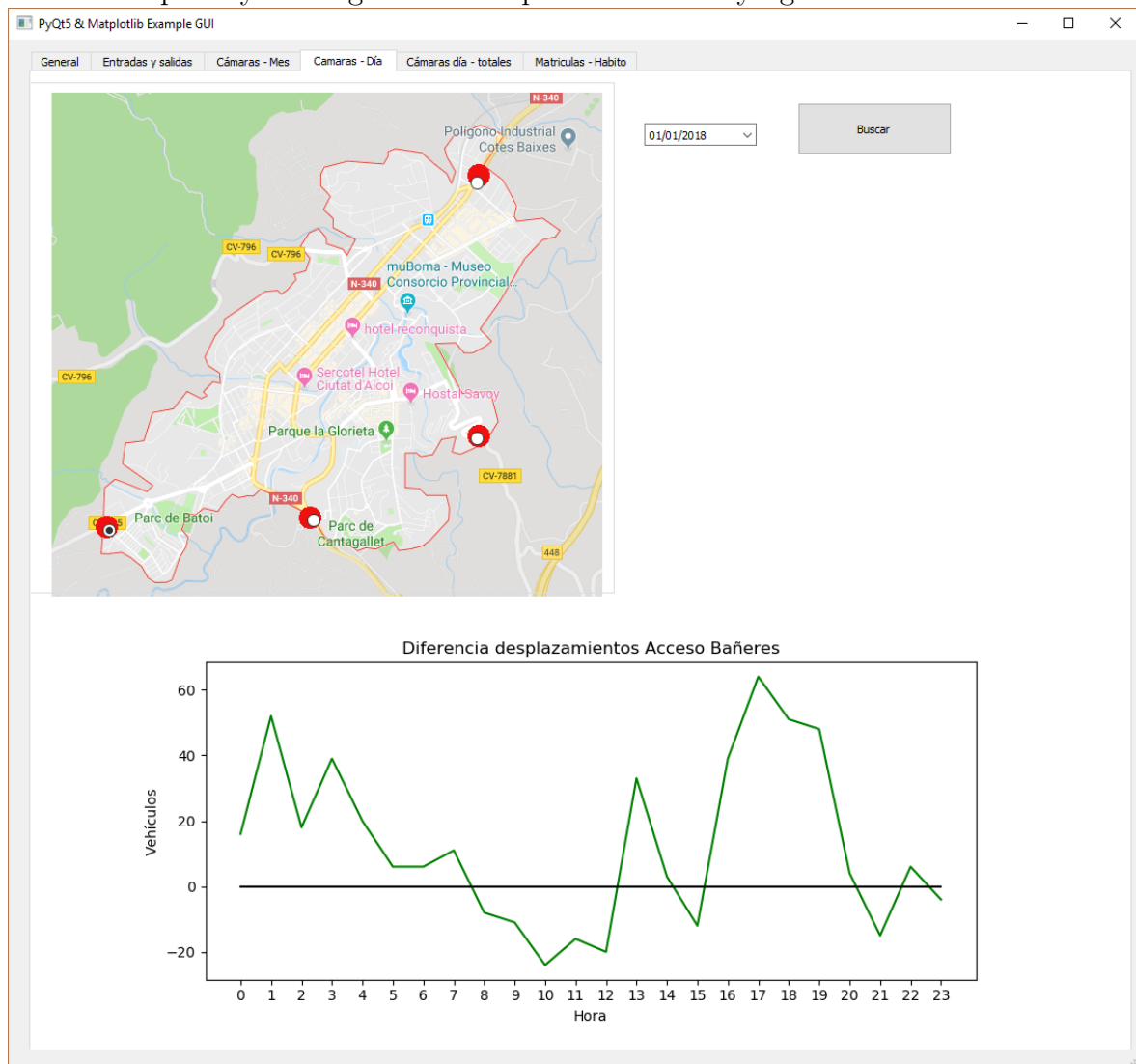


Figura 37: Ejemplo de acceso Banyeres en un día

En la figura 37 se puede comprobar que el acceso Banyeres alcanza un pico de

entradas a la ciudad durante las 7 - 8 de la mañana. Y un pico de salidas a las 21 horas.

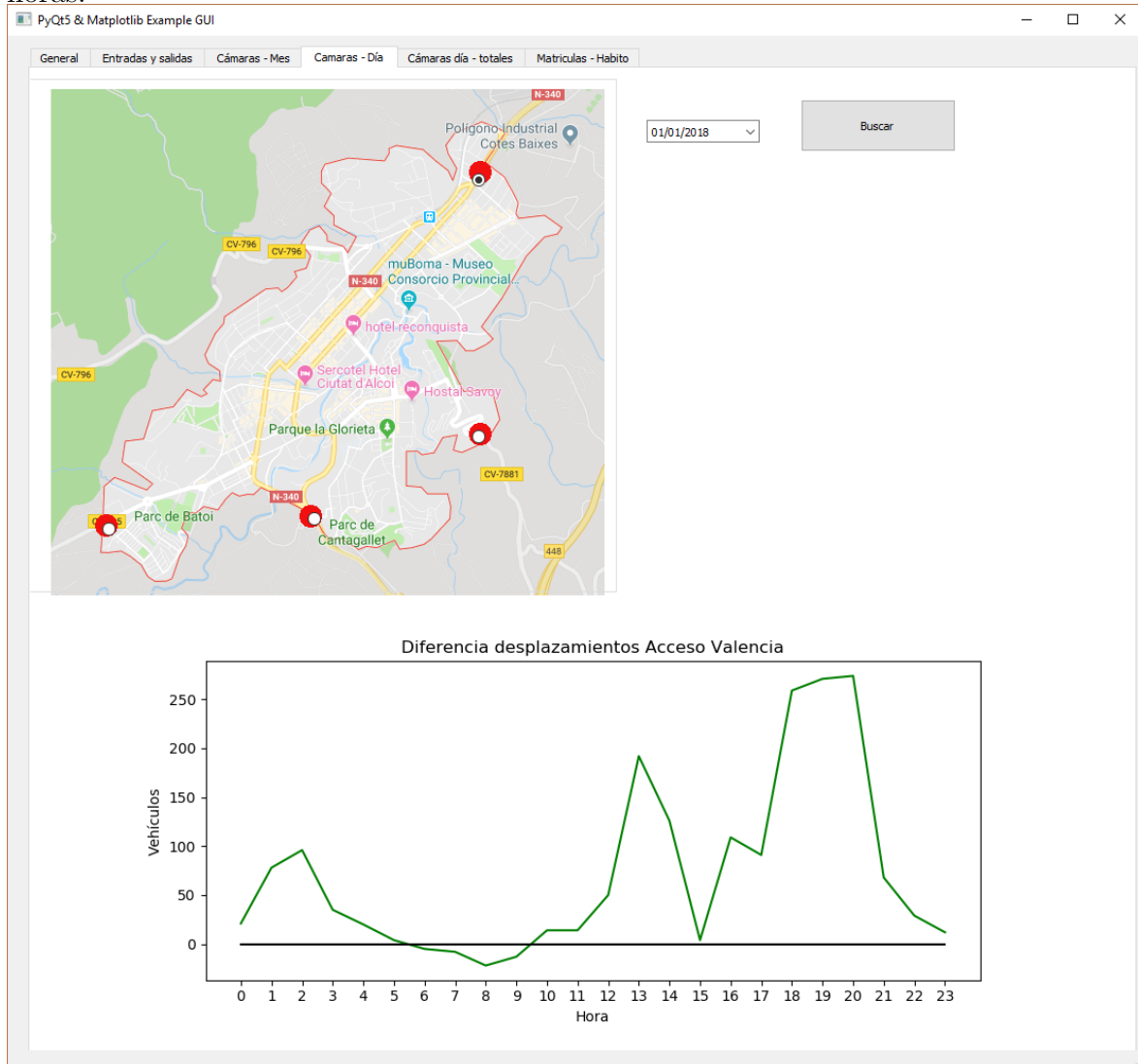


Figura 38: Ejemplo de acceso Valencia en un día

En la figura 38 se muestra que el acceso Valencia mantiene una mayor cantidad de entradas y alcanza su pico a las 13 - 14 horas. Mientras que en cuanto a las salidas el pico se alcanza a las 5 de la mañana.

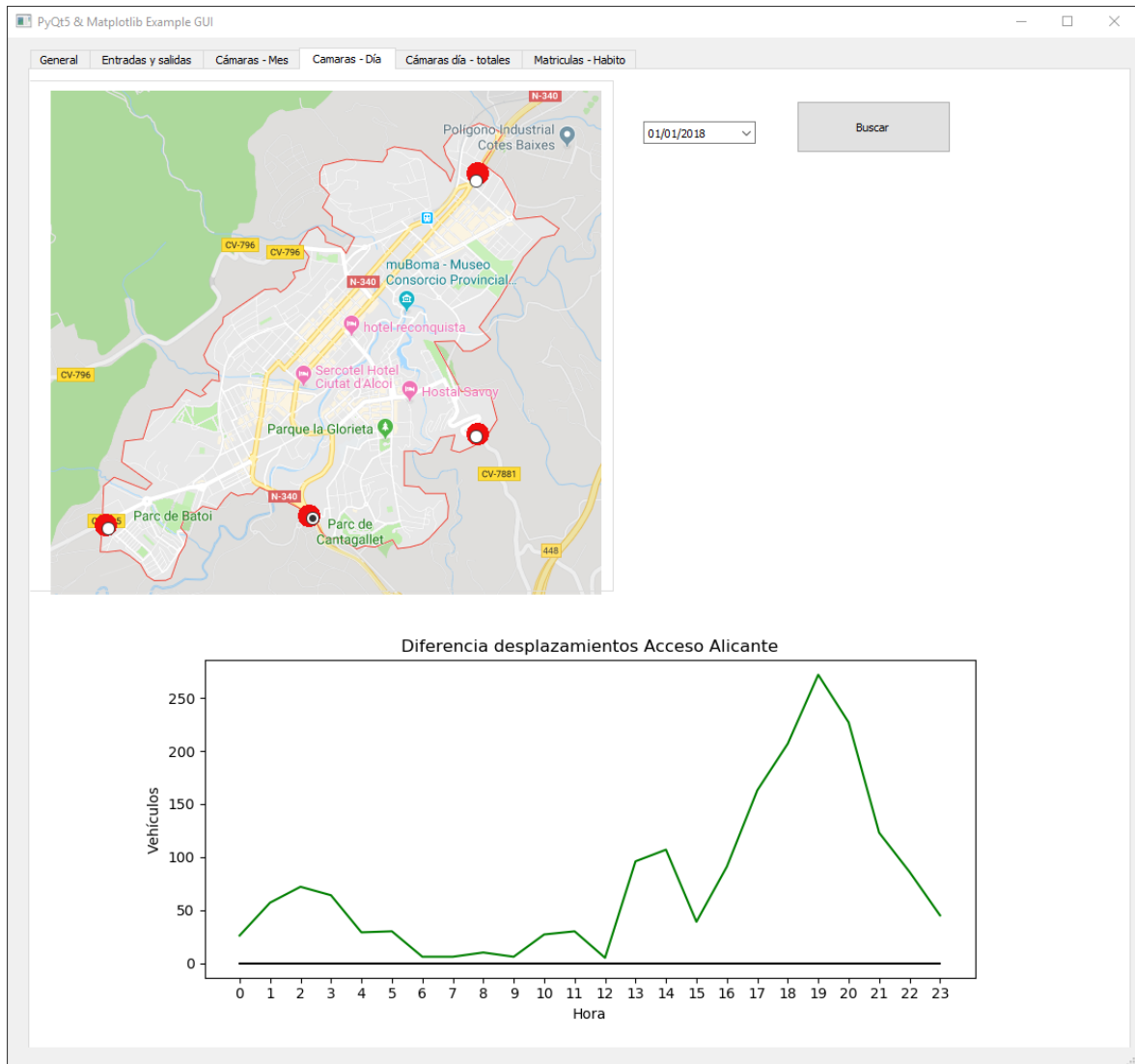


Figura 39: Ejemplo de acceso Alicante en un día

Dado que gran parte de las salidas no se pueden contar debido a los problemas ya comentados, la figura 39 muestra que el acceso Alicante tiene siempre un balance positivo. Sin embargo se puede ver que el pico de entradas lo alcanza entre las 18 - 20 horas.

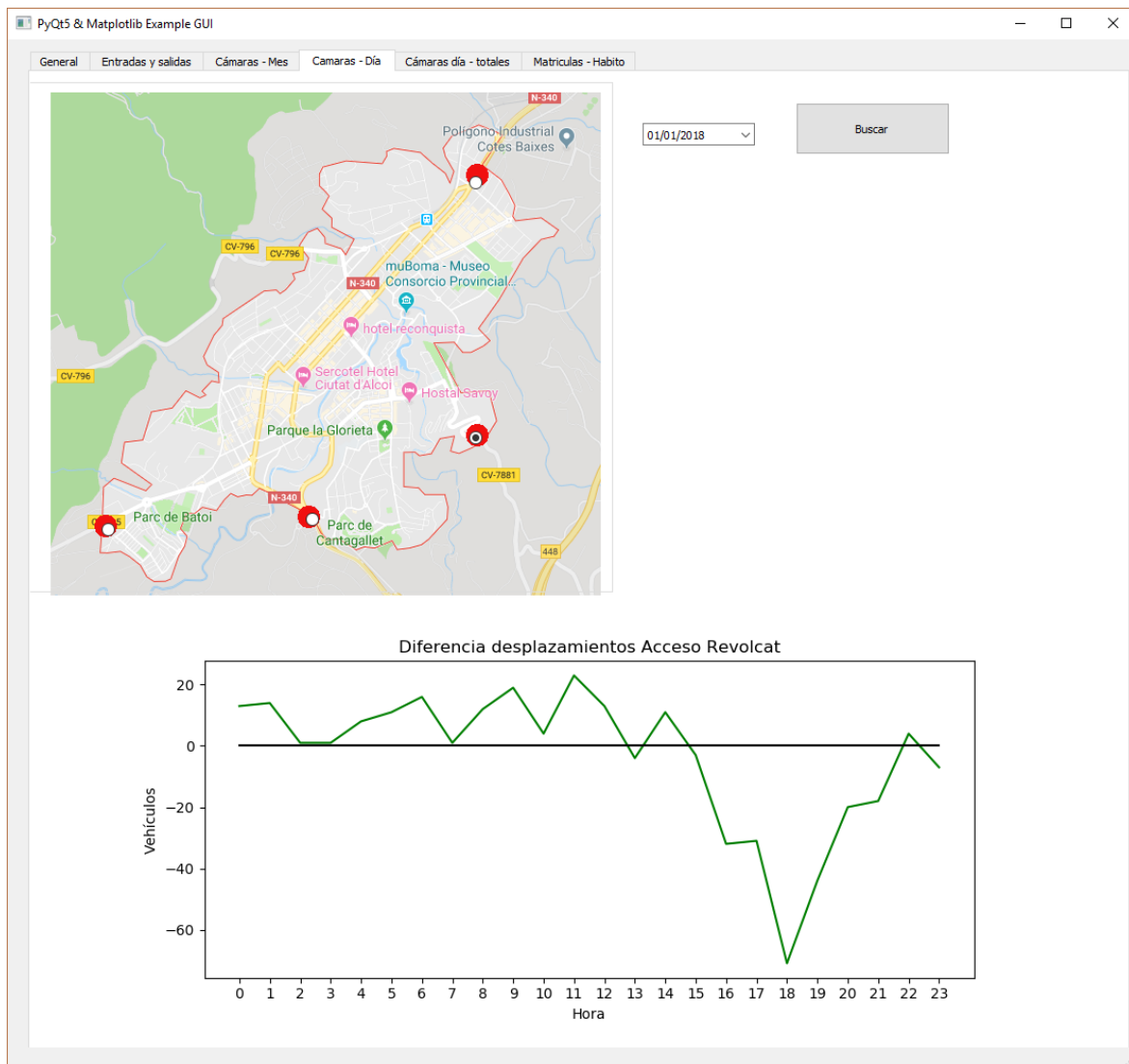


Figura 40: Ejemplo de acceso Banyeres en un día

Finalmente la figura 40 muestra que el acceso Banyeres tiene un pico de salidas más pronunciado que el de las entradas. El pico de entradas llega durante las 7 horas, mientras que el pico de salidas se alcanza a las 19 horas.

En las figuras 37 a 40 se muestra el día 12 de abril, como ejemplo. Sin embargo estos patrones se repiten durante la mayoría de días del año, con pequeñas variaciones. Las variaciones más notables son durante los días de fiesta, aunque estas diferencias no son muy pronunciadas respecto a los demás días.

Estas gráficas de flujo de vehículos por hora se han realizado mediante de la diferencia de los sumatorios de entradas y salidas.

$$\sum Entradas - \sum Salidas \quad (6)$$

6.6. Densidad de vehículos por hora

También se han generado gráficas de barras con la densidad de vehículos por hora, esta es una forma muy visual de ver a qué horas hay más tráfico, pudiendo así comprobar a qué horas se pueden saturar más los accesos, además dependiendo del día que se analice, también puede verse las tendencias en días previos y posteriores a festividades, además de, por supuesto, los niveles de tráfico de las propias fiestas (figura 41).

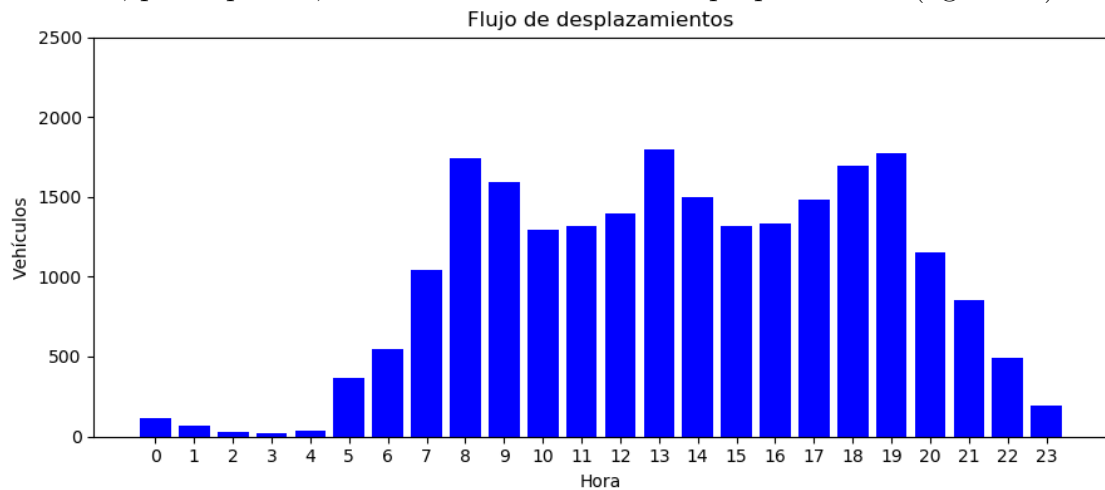


Figura 41: Cantidad de coches por hora

A continuación figuras (42 - 45) muestra la cantidad de vehículos que pasan por los accesos en un día cualquiera entre semana, para este ejemplo se ha usado el Miércoles 24 de Mayo de 2018.

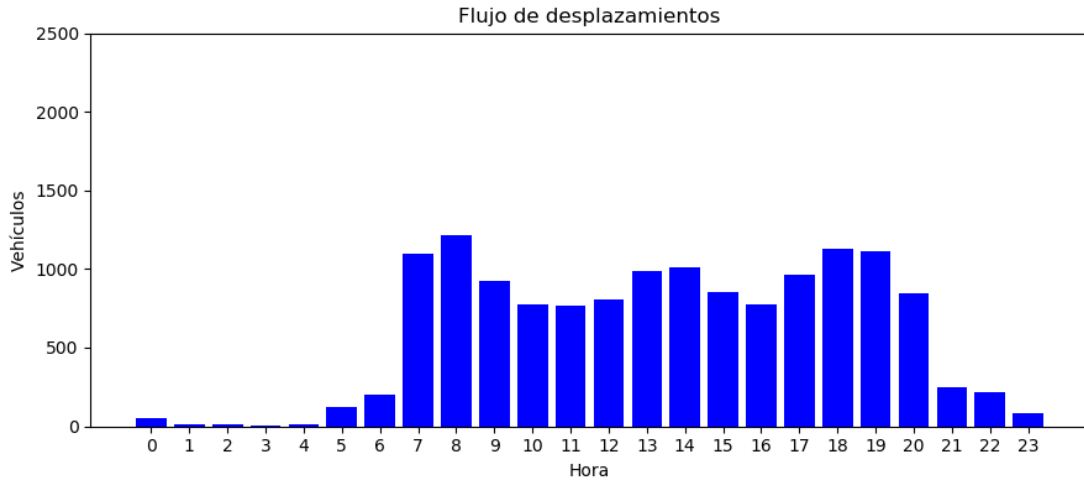


Figura 42: Cantidad de coches por hora en el acceso Alicante el 24/05/2018

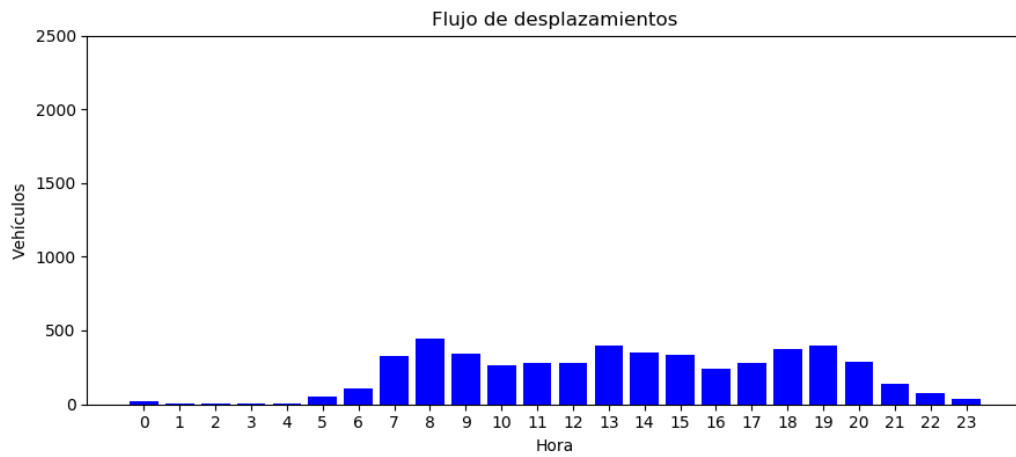


Figura 43: Cantidad de coches por hora en el acceso Bañeres el 24/05/2018

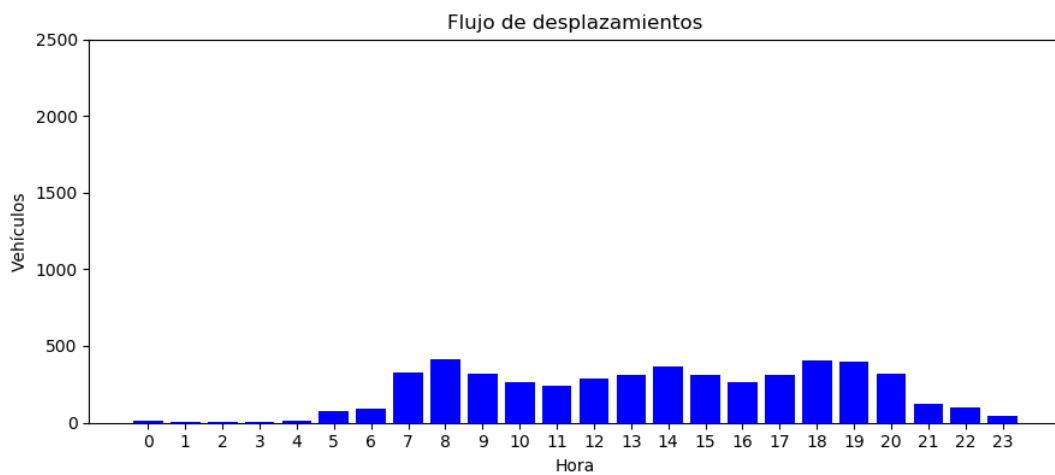


Figura 44: Cantidad de coches por hora en el acceso Batoi el 24/05/2018

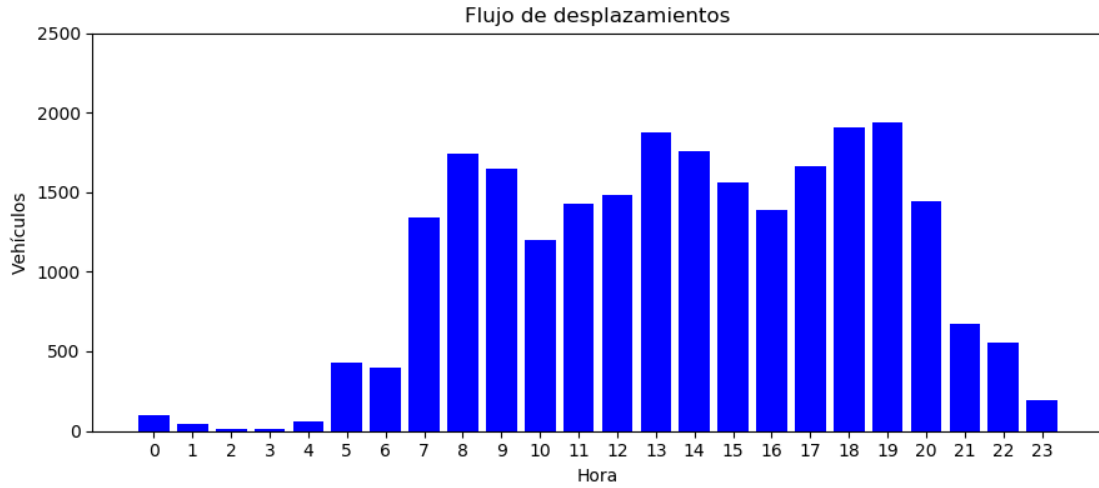


Figura 45: Cantidad de coches por hora en el acceso Valencia el 24/05/2018

Como ya se ha comentado se puede comprobar los accesos con mayor flujo son los más utilizados, los de Alicante y Valencia, por los cuales pasa una carretera principal.

A continuación las mismas gráficas pero un día de domingo, en concreto el 27 de Mayo de 2018 (figuras 46 - 49):

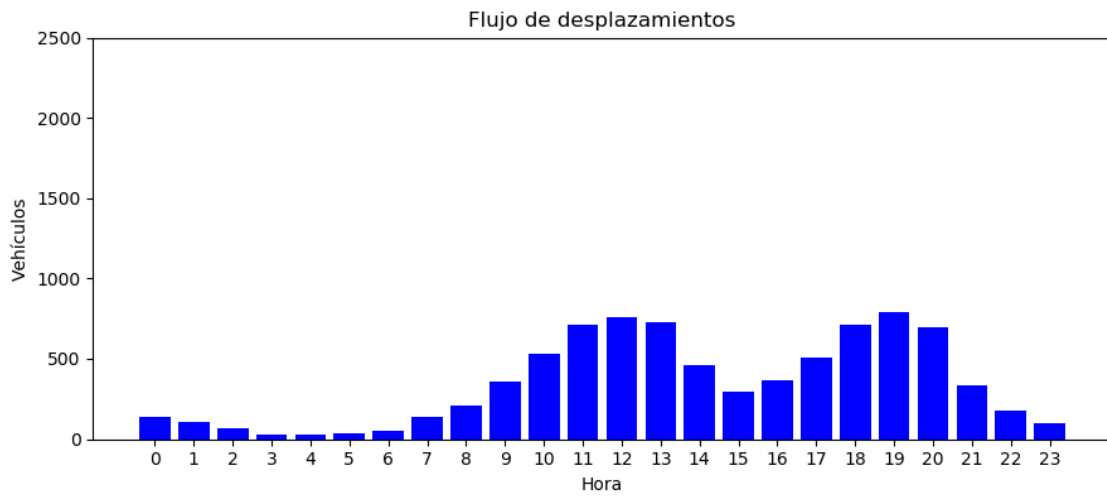


Figura 46: Cantidad de coches por hora en el acceso Alicante el 27/05/2018

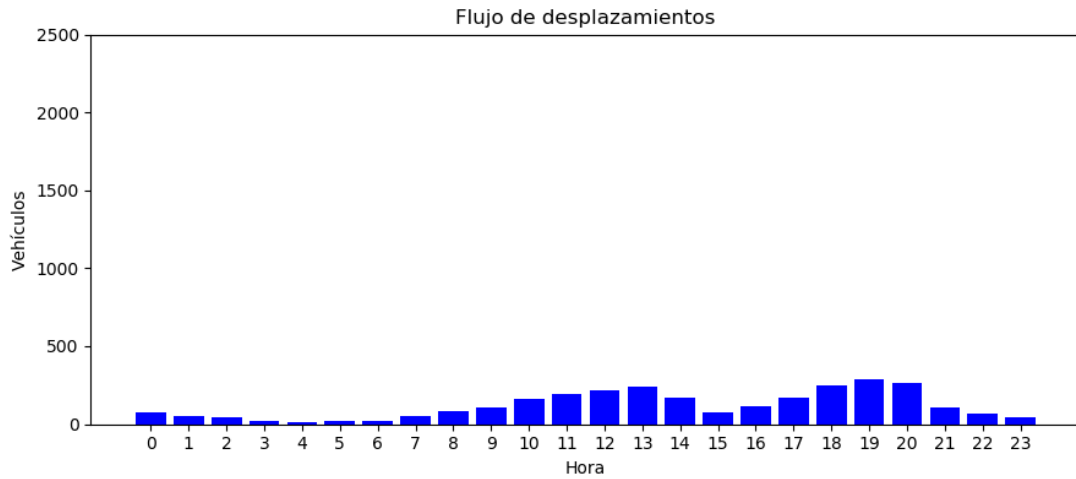


Figura 47: Cantidad de coches por hora en el acceso Bañeres el 27/05/2018

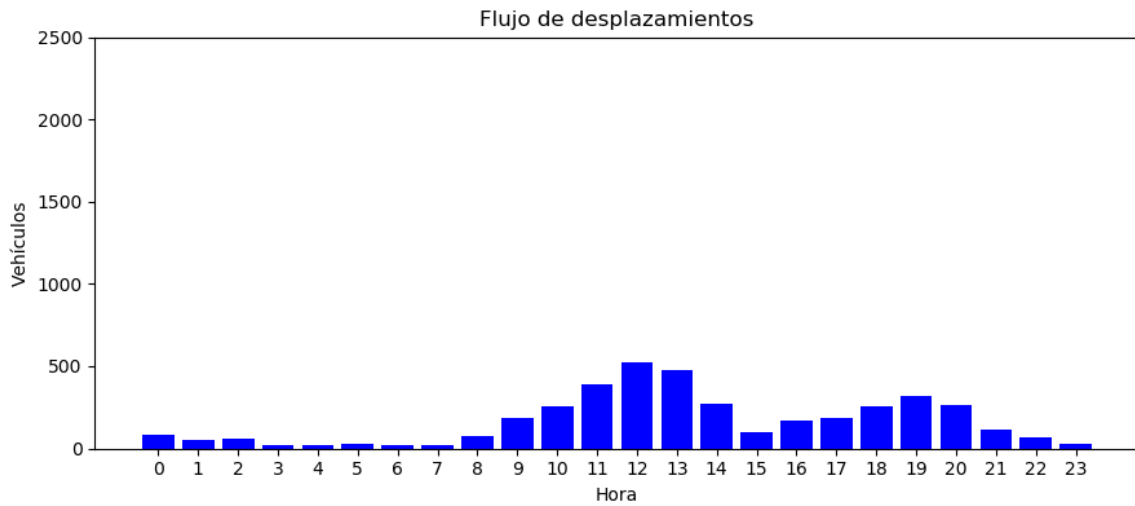


Figura 48: Cantidad de coches por hora en el acceso Batoi el 27/05/2018

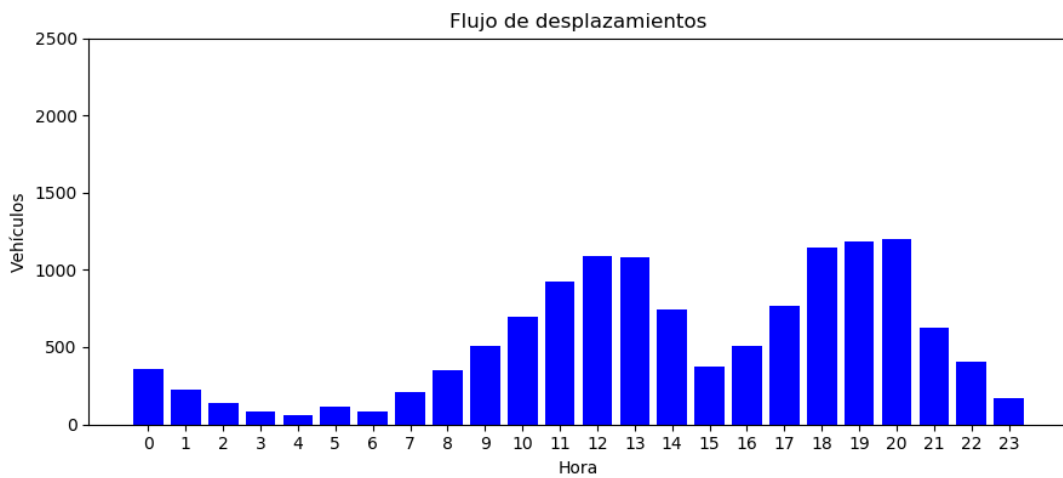


Figura 49: Cantidad de coches por hora en el acceso Valencia el 27/05/2018

6.7. Diferencias de hábitos de uso de la temporada laborable con la temporada estival

Un enfoque interesante puede ser el de analizar los datos enfocando en los propios vehículos, con este tipo de análisis se pueden comprobar patrones establecidos, o descubrir nuevos.

Analizando las entradas, salidas y la hora a la que se producen, podemos deducir si el propietario del vehículo trabaja en la ciudad y vive fuera o viceversa. También puede servir para comprobar hábitos, como la gente que viviendo en la ciudad prefiere pasar los festivos fuera o los visitantes ocasionales.

Para comenzar se coge una muestra de 1.000.000 matrículas al azar y se desea comprobar qué porcentaje de estos vehículos escapa a la recopilación de datos a causa de la colocación de las cámaras comentada en el punto 5.1.

De esta muestra de matrículas se comprueba que aproximadamente un 9.2% de los vehículos analizados utilizan las vías que escapan del alcance de las cámaras o salen habitualmente por alguno de los accesos no contemplados.

Para este análisis se ha contado como uso habitual de las salidas no contempladas que haya un 80% de entradas sin salidas para un vehículo. Es decir, si el 80% de las entradas de un vehículo no tiene registrada su salida correspondiente, este vehículo utiliza de forma habitual una salida donde que no se puede registrar.

A continuación se ha utilizado otro muestreo de 1.000.000 y comprobado qué porcentaje trabaja fuera y vive en la ciudad y viceversa. Para contar como trabajar fuera de la ciudad, el 80% de las salidas debe producirse entre las 6:00 y las 9:00 y las entradas entre las 17:00 y las 20:00. Estos tiempos también se aplican a su contraposición, cambiando las entradas por las salidas y viceversa. Es decir, si el 80% de las entradas se produce entre las 6:00 y las 9:00 y su salida correspondiente durante el día se da entre las 17:00 y las 20:00, se deduce que el propietario del vehículo trabaja en la ciudad y vive fuera de ella. Aquellos que no cumplen ninguno de estos dos patrones se cuentan como gente con otros hábitos de desplazamiento.

Con esto se ha podido comprobar que el 38.63% de los vehículos que salen son de gente que se supone que trabaja fuera de la ciudad. Asimismo, un 26.84% de los vehículos contemplados son de gente que vive fuera y trabaja o estudia (debemos tener en cuenta que hay una universidad y los horarios pueden ser similares a los del trabajo) en la ciudad. Y un 34.53% son de desplazamientos por otros motivos (figura 50).

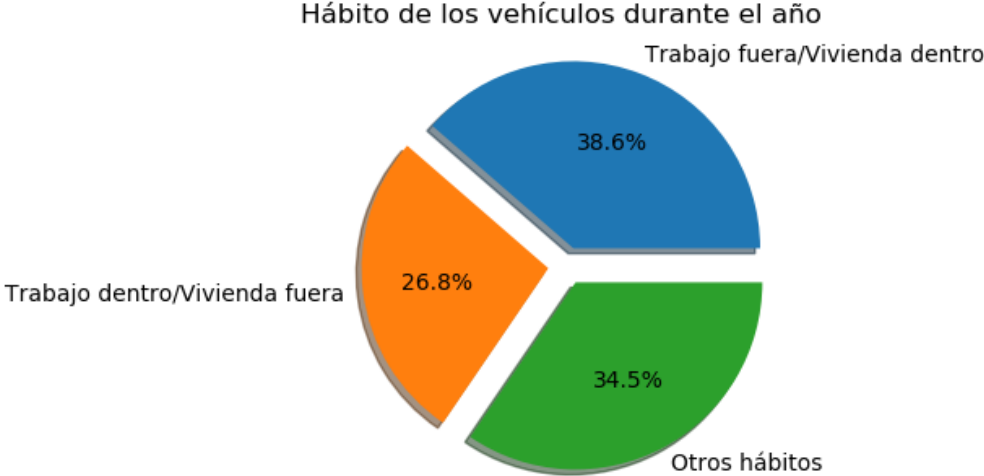


Figura 50: Hábitos de los vehículos durante el año

Para comprobar como cambia el hábito de tránsito durante la temporada estival, se ha realizado el mismo análisis durante los meses Julio y Agosto. Antes de continuar, hay que remarcar el hecho de que muchos trabajos cambian su horario durante esta época, teniendo horarios intensivos y acabando antes. Sin embargo se va a tener en cuenta los mismos grupos de horarios. Así, el 20.05% de los vehículos trabajan fuera y residen dentro de la ciudad, otro 22.20% al contrario, trabajan dentro y viven fuera, y un 57.75 son de otro tipo de desplazamientos.

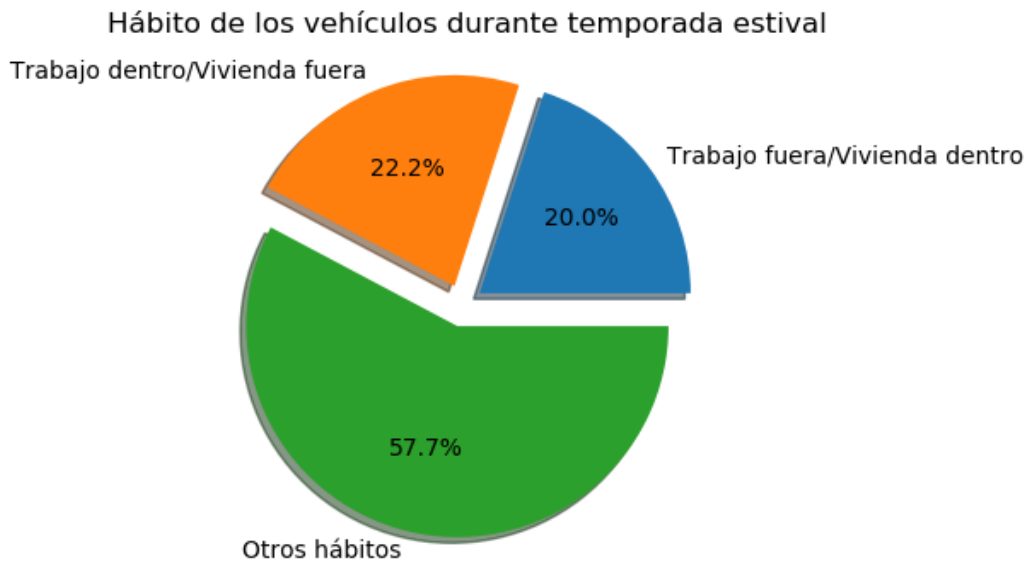


Figura 51: Hábitos de los vehículos durante temporada estival

Como es de esperar, el porcentaje de desplazamientos distintos de los planteados para trabajo aumenta enormemente (figura 51).

Estos desplazamientos se han calculado mediante la división del sumatorio del grupo de desplazamientos que cumple las condiciones deseadas multiplicado por 100 entre los desplazamientos totales

$$\frac{\sum \text{Desplazamientos} * 100}{\text{DesplazamientosTotales}} \quad (7)$$

En conclusión, este análisis ha demostrado que al llegar la temporada estival el tráfico cambia significativamente.

6.8. Análisis de velocidad

Otro tipo de enfoque interesante sería el de la velocidad puesto que es un aspecto muy importante en la conducción, este análisis puede descubrir zonas donde donde por norma general no se respetan los límites. Teniendo en cuenta la geografía del lugar, las limitaciones de velocidad y las velocidades a las que suelen ir los vehículos.

Se ha comprobado la velocidad media en cada zona, teniendo en cuenta los límites de velocidad y situación (Semáforos, pasos de cebra, etc.)

- Acceso de Valencia: este acceso tiene como peculiaridad que las cámaras están situadas muy cerca de semáforos. Además que la salida es el final de una cuesta. Así que no se han tenido en cuenta los registros cuya velocidad sea menor o igual a 15Km/H, puesto que se deduce que los vehículos registrados a estas velocidades en realidad están empezando a acelerar tras parar en el semáforo. La velocidad media de la entrada es 55Km/H, se acerca mucho a la velocidad límite que es 50Km/H. Sin embargo la velocidad media de la salida es notablemente superior al límite; 60Km/H frente a 40Km/H. Se puede deducir que esto se debe a la cuesta y que es una salida a autovía, donde los vehículos van más veloces a pesar del semáforo.
- Acceso de Alicante: la cámara de este acceso está situado justo al lado de una rotonda. Provocando que la entrada y salida sean extremadamente similares, unos 40Km; frente al límite de 30.
- Acceso de Bañeres: es una recta de límite de velocidad 50Km/H, la velocidad media es de 60Km/H
- Acceso del Revolcat: la cámara está justo antes de una curva, dando a una pendiente. Aquí también hay una gran diferencia entre la velocidad de entrada y salida. La de entrada es de 60Km/H debido a que va a favor de la pendiente y la salida es de 35Km/H. El límite de velocidad es de 30Km/H

De estos datos se puede deducir que hay un gran porcentaje de vehículos que se salta los límites de velocidad, ya sea por la geografía del lugar, o por tener el camino más o menos despejado y oportunidad.

Como comentario final respecto a este análisis, si en el acceso de Valencia no se hubiese descartado los registros con velocidad menor o igual a 15Km/H, la velocidad media descendería hasta 40Km/H, esto se debe a que la cámara capta muchos vehículos que están cogiendo velocidad después de parar en el semáforo.

7. Conclusiones

Las smart cities son el siguiente paso en la evolución de una ciudad. Adaptar una ciudad a las nuevas tecnologías es un paso necesario para mejorar el bienestar de los habitantes de esta. Iniciar una transformación digital otorga a la ciudad la capacidad de aumentar su competitividad generando nuevos servicios y empleos, entre otras cosas.

Como se ha comentado en puntos anteriores, esta transformación digital debe aplicarse en todos los ámbitos de la ciudad generando así sus versiones *smart*:

- Smart Governance: para una gestión de la ciudad desde su núcleo de gobierno efectiva.
- Smart Environment: creando una ciudad sostenible protegiendo la naturaleza y la salud de sus habitantes.
- Smart Economy: creando trabajos y fomentando una economía sostenible a prueba de crisis.
- Smart Mobility: Fomentando formas de desplazarse dentro y fuera de la ciudad fácil y amigable con el medio ambiente.
- Smart People: una ciudad para sus habitantes, mejorando la calidad de vida de estos y sus posibilidades formativas y de empleo.
- Smart Living: mejorando la salud y seguridad de los ciudadanos que habitan la smart city.

Tras realizar los análisis hemos podido comprobar una pequeña porción del gran potencial que nos brinda una Smart City. Aunque este trabajo se limite al ámbito del tráfico, los datos que nos provee una smart city pueden ser de provecho para múltiples estudios y soluciones. Incluso con la simpleza de los análisis documentados en este trabajo, pueden aplicarse en la toma de decisiones que afectan a la infraestructura de la ciudad. Diferentes análisis de distinta complejidad y enfoque pueden acometerse para buscar problemas ignorados a solucionar, o comenzar iniciativas para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Incluso con algunos fallos que pueden provocar la pérdida o no recogida de algunas entradas de datos, los datos recogidos por una smart city siempre pueden ser de utilidad. Y el paso del tiempo y el aumento de la cantidad de datos recogidos permitirán realizar cada vez análisis más completos y en un mayor número.

Es por esto que adaptar las infraestructuras de una ciudad aprovechando las nuevas tecnologías de toma de datos es un proceso útil para el desarrollo de una ciudad a largo plazo. A medida que el banco de datos de la ciudad crece, también se podrán tomar decisiones más completas y en mayor número.

También podría resultar interesante aplicar tecnologías como el *machine learning*, con el cual se podrían automatizar ciertos análisis y alertas durante la recogida de datos, creando así una autonomía en el funcionamiento de ciertas partes de la ciudad. Aumentando así el valor de la smart city y creando cierto énfasis en el aspecto "smart".

Así pues la potencia de una smart city es enorme, puesto que efectuando una inversión moderada, se dispone de una infraestructura útil que puede aprovecharse para mejorar la vida de los habitantes de la ciudad, y ahorrar a largo plazo bastante más de lo gastado o incluso obtener un buen retorno de inversión.

Concretando, ya que este trabajo se ha centrado en el aspecto de *smart mobility*, gracias a los análisis realizados, es posible comprobar el uso de los accesos a Alcoy, a qué horas hay más tráfico y qué días tienen un mayor uso. Análisis como los de flujo por horas en las entradas y salidas pueden diagnosticar puntos calientes donde el tráfico sea muy elevado y sea necesario algún trato especial de esos accesos a determinadas horas. También el análisis de desplazamientos de entradas y salidas durante todo el mes, revela patrones que pueden ser aprovechados de alguna forma.

Gracias a los análisis también se pueden descubrir fallos en el proceso de captación de datos, como se ha descubierto que hay ciertos puntos que las cámaras son incapaces de cubrir.

Incluso se podrían aplicar análisis distintos a los que se han utilizado en este trabajo para revelar más información útil que podría aprovecharse de distintas formas.

Si estos sistemas de cámaras se añadiesen en otros puntos de la ciudad, podrían ser

aprovechados para realizar distintos análisis con otras finalidades cuya utilidad también sería muy notable y también se podrían sacar distintas conclusiones.

En conclusión, los datos producidos por una *smart city* son de gran utilidad y potencia, y pueden proporcionar un gran valor a la ciudad.

Referencias

- [1] Michael Batty. «Big data, smart cities and city planning». En: *Dialogues in Human Geography* 3 (2013), págs. 1-6. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2043820613513390>.
- [2] Hafedh Chourabi. «Understanding Smart Cities: An Integrative Framework». En: *45th Hawaii International Conference on System Sciences* (2012), págs. 2289-2297. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6149291>.
- [3] Jayavardhana Gubbi. «Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions». En: *Future Generation Computer Systems* (2013). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>.
- [4] C. Harrison y col. «Foundations for Smarter Cities». En: *IBM Journal of Research and Development* 54 (2010), págs. 195-199. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5512826>.
- [5] Allan Russel Jim Davis Gloria J. Miller. *La Revolución de la información*. Profit, 2018, págs. 29-79. ISBN: 9788493608415.
- [6] Rosa M. Arce Ruiz Neus Baucells Aletà. *Análisis del concepto Smart City y la visión de los expertos en las Ciudades Inteligentes Españolas*. URL: <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-analisis-concepto-smart-city-vision-de-expertos-ciudades-inteligentes-espanolas>.
- [7] *Qué es Smart Mobility*. URL: <https://geographica.gs/es/blog/que-es-smart-mobility/>.
- [8] David L. Rogers. *The Digital Transformation Playbook*. Columbia Business School, 2016, págs. 31-49. ISBN: 9780231175449.
- [9] Jing Zhang Sehl Mellouli Luis F. Luna Reyes. «Smart government, citizen participation and open data». En: *IOS Press* (2014), págs. 1-4. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e2c5/8b04ebcb0c8e5a4d9f2627bb2d9e103b1183.pdf>.
- [10] *Smart Cities*. URL: https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en.

- [11] *Smart Economy*. URL: <https://web.ua.es/es/smart/smart-economy-economia-inteligente.html>.
- [12] *Smart Government: Gobernanza del futuro*. URL: <https://web.ua.es/es/smart/smart-government-gobernanza-del-futuro.html>.
- [13] *Smart Living: Microentorno de calidad*. URL: <https://web.ua.es/es/smart/smart-living-microentorno-de-calidad.html>.
- [14] *Smart Mobility: Movilidad Urbana*. URL: <https://web.ua.es/es/smart/smart-mobility-movilidad-urbana.html>.
- [15] *Smart People: comunidad Senspeople*. URL: <https://web.ua.es/es/smart/smart-people-comunidad-senspeople.html>.