

Análisis del tráfico de Alcoy para el ordenamiento de la ciudad y propuesta de medidas para una ciudad inteligente (smart city)

MEMORIA PRESENTADA POR:

Jarold Antonio Imán Guevara

Máster Universitario en Dirección de Empresas (MBA)

Convocatoria de defensa: setiembre 2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera muy especial a mis padres:

Lorenzo Imán Salvo
Yolanda Guevara Guevara

Gracias por inculcarme a estudiar y alcanzar el éxito mediante la formación profesional, conseguir mis metas y luchar por un ideal. De ellos dos aprendí a no rendirme y en especial de ti mamá quién fuiste el motivo de cada paso que he seguido y seguiré en mi educación y espero lograr compartir todo lo aprendido como lo hiciste tú en tu vocación de profesora y maestra.

A mi esposa:
Micaela Judit Villalobos Ramos

A mi Hijo:
Leonardo Mateo Imán Villalobos

Ustedes son la nueva razón para inspirarme, querer reinventarme y disfrutar del regalo maravilloso que nos da nuestro Señor con la vida. Deseo que nuestra familia aumente, seguir creciendo y poder dar nuestro grano de arena para preservar la creación de Dios.

A mis hermanos (as), amigos (as), quienes me animan para no abandonar lo que me propongo y disfrutar de cada uno de mis éxitos.

Y gracias, Dios, por tu grandeza, por tu misericordia, por permitirme superarme a mí mismo, por enseñarme que las fronteras no existen.

AGRADECIMIENTO

Universitat Politècnica de València – Campus de Alcoy:

Donde encontré enseñanza de primer nivel y excelente calidad de sus profesionales

Ayuntamiento de Alcoy:

Por brindarme información para mi trabajo de fin de máster y espero que mi contribución sea de ayuda en los objetivos que se ha planteado “la ciudad de los puentes”.

A mis compañeros del Máster Universitario en Dirección de Empresas (MBA)

Ha sido una experiencia única, llevar clases con compañeros de varias partes del mundo, aprender un poco de cada cultura y crecer en experiencia de vida.

Al Profesor: Pau Miró Martínez:

Por su apoyo y asesoramiento en mi trabajo de fin de máster, gracias a sus guías he volcado e integrado los conocimientos aprendidos en la “Universitat Politècnica de València” y así lograr este aporte que será punto de partida para muchas investigaciones futuras o complemento para muchas de ellas. Además, alentar a muchos profesionales que sigan mejorando las nuevas metodologías de análisis de Big Data y apostando por las Smart City que contribuyen hacer una ciudad sostenible y promover las buenas prácticas medioambientales.

Contenido

Capítulo I Introducción, Objetivos y Descripción del Problema	12
1.1 Introducción	12
1.2 Objetivos	13
1.3 Estructura del Proyecto	14
Capítulo II Marco Teórico	15
2.1 Smart City	16
2.1.1 Smart City en España	18
2.1.2 Smart City Alcoy	21
2.2 Internet de la Cosas (IoT)	22
2.3 Análisis de Datos	25
2.4 Software R Commander	26
2.5 Términos Relativos al Trabajo de Investigación	27
2.6 Conclusiones	28
Capítulo III SMART CITY Alcoy	29
3.1 Alcoy Smart City	30
3.2 Alcoy Smart City en Movilidad	35
3.3 Información sobre Transporte	38
3.4 Conclusiones	39
Capítulo IV Metodología propuesta	40
4.1 Recolección y Análisis de Datos	41
4.1.1 Toma de registros de acercamientos y alejamiento en Alcoy	41
4.2 Metodología	46
4.3 Conclusión	47
Capítulo V Resultados	48
5.1 Proceso de Obtención de Datos y Descripción de Variables	49
5.1.1 Obtención de datos	49
5.1.2 Descripción de variables	52
5.2 Análisis Univariante	54
5.3 Análisis Bivariante	59
5.3.1 Análisis de variables cualitativas	59
5.3.2 Análisis de variable cualitativa y variable cuantitativa	62

5.3.3	Análisis de variables cuantitativas	63
5.4	Análisis Multivariante	70
5.4.1	Árbol de regresión	70
5.5	Conclusiones.....	79
Capítulo VI Herramienta de Diagnóstico y Pronóstico		80
6.1	Comportamiento de Movilidad en Días Festivos Alcoy.....	81
6.2	Herramienta de análisis comportamental de movilidad	84
6.2.1	Dashboard reporte de movilidad (enero a junio 2018 – 2019).....	84
6.2.2	Dashboard reporte de movilidad (julio a diciembre 2017 – 2018 – 2019)	86
6.2.3	Dashboard reporte de movilidad (2017 – 2018 – 2019).....	88
6.3	Conclusiones.....	94
Capitulo VII Conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación		95
Bibliografía		97
Anexo I		99

Ilustraciones

Ilustración 1: Diagrama de Venn que muestra la superposición de las tecnologías de IoT en su aplicabilidad a.....	23
Ilustración 2: Aplicación R. Fuente imagen: Google.....	26
Ilustración 3: Calle Entença ayuntamiento de Alcoy, Fuente imagen: Google.....	30
Ilustración 4: Puntos de instalación de sensores de carga y descarga calle Na Saurina d'Entença y alrededores. Fuente: (eSMARTCIY.es, 2020).....	31
Ilustración 5: Alcoy Smart City. Fuente imagen: Ayuntamiento de Alcoy.....	33
Ilustración 6: Accesos a la ciudad de Alcoy. Fuente: Smart City Alcoy.....	35
Ilustración 7: Calidad del aire. Fuente: Smart City Alcoy.....	36
Ilustración 8: Indicadores del transporte urbano. Fuente: Alcoy Smart City.....	36
Ilustración 9: Rutas saludables. Fuente: Smart City Alcoy.....	37
Ilustración 10: Mapa de puntos de recarga. Fuente: Smart City Alcoy.....	37
Ilustración 11: Parque de vehículos. Fuente: Diputación de Alicante adaptada al presente trabajo.....	38
Ilustración 12: Mapa de Alcoy y puntos de recogida de datos. Fuente: Google maps.....	41
Ilustración 13: Avenidas de acceso Valencia, Fuente: (Pascual, 2019).....	42
Ilustración 14: Zona acceso Banyeres. Fuente: (Pascual, 2019).....	43
Ilustración 15: Cámara de acceso a Alicante. Fuente: (Pascual, 2019).....	43
Ilustración 16: Cámara de acceso a Batoi. Fuente: (Pascual, 2019).....	44
Ilustración 17: Cámara de acceso a Revolcat. Fuente: (Pascual, 2019).....	44
Ilustración 18: Cámara de acceso a Valencia. Fuente: (Pascual, 2019).....	45
Ilustración 19: Base de datos con registros sin transformar.....	49
Ilustración 20: Base de datos con registros transformados.....	50
Ilustración 21: Base de datos con las nuevas variables.....	52
Ilustración 22: Histograma promedio cuenta de automóviles.....	54
Ilustración 23: Histograma por intervalos del promedio cuenta de automóviles.....	55
Ilustración 24: Gráfico de caja y bigote promedio cuenta de automóviles.....	55
Ilustración 25: Histograma promedio de velocidad.....	56
Ilustración 26: Histograma con tabla de rango promedio de velocidad.....	57
Ilustración 27: Gráfico de caja y bigote promedio de velocidad.....	57
Ilustración 28: Gráfico de barra entradas de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	58
Ilustración 29: Gráfico de barras apiladas Tramo y Día de la semana en porcentaje por filas... 60	60
Ilustración 30: Gráfica de barras en paralelo Tramo y Día de la semana en porcentaje por filas.....	60
Ilustración 31: Gráfico de barras en paralelo Entrada y Dirección en porcentaje por filas.....	61
Ilustración 32: Gráfica de caja Promedio de velocidad y Dirección.....	62
Ilustración 33: Gráfica de caja Cuenta de automóviles y Tramos.....	63
Ilustración 34: Gráfica XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y año.....	64
Ilustración 35: Gráfica XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y día de semana en cada año.....	65
Ilustración 36: Gráfico XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y dirección.....	65
Ilustración 37: Gráfico XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y entrada.....	66
Ilustración 38: Gráfica XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y mes para cada año.....	66

Ilustración 39: Gráfico XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y tipo de día para cada año.	67
Ilustración 40: Gráfico XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y tramo horario para cada año.	67
Ilustración 41: Gráfico Box Plot dirección con entrada y promedio de velocidad para cada año.	68
Ilustración 42: Gráfico Box Plot entrada con tramos horarios y cuenta de automóviles.	69
Ilustración 43: Árbol de decisión algoritmo CART variable repuesta "Entrada". Fuente: Ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.	75
Ilustración 44: Árbol de decisión algoritmo CART variable respuesta "Entrada". Fuente: Ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.	76
Ilustración 45: Árbol de decisión algoritmo CART variable repuesta "Tramo". Fuente: Ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.	77
Ilustración 46: Árbol de decisión algoritmo CART variable repuesta "Tramo". Fuente: Ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.	78
Ilustración 47: Comparativo de movilidad durante cada festivo año 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.....	81
Ilustración 48: Comparativo de movilidad durante cada festivo por acceso a la ciudad año 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	82
Ilustración 49: Comparativo de movilidad durante cada festivo año 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	82
Ilustración 50: Comparativa de movilidad durante cada festivo por acceso a la ciudad años 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	83
Ilustración 51: Dashboard reporte de movilidad enero a junio 2018 - 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	85
Ilustración 52: Dashboard reporte de movilidad julio a diciembre 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	87
Ilustración 53: Dashboard reporte de movilidad 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	89
Ilustración 54: Propuesta de algoritmo. Fuente: Elaboración propia.	90
Ilustración 55: Movimiento vehicular 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.	91
Ilustración 56: Movimiento vehicular acceso Banyeres. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaborado propia.	92
Ilustración 57: Movimiento vehicular acceso Alicante. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	92
Ilustración 58: Media móvil acceso Banyeres. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	93
Ilustración 59: Media móvil acceso Alicante. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.	93
Ilustración 60: Gráfica de barra movimiento vehicular por cada año de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	99
Ilustración 61: Gráfico de barra días de la semana acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.	100
Ilustración 62: Gráfico de barra de direccionamiento de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	101

Ilustración 63:Gráfica de barra por mes acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.	102
Ilustración 64: Gráfica de barra por tipo de día de la semana acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.	103
Ilustración 65: Gráfica de barra por tramo acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.	104

Tablas

Tabla 1: Ciudades inteligentes en España. Fuente: Red de Ciudades Inteligentes de España....	20
Tabla 2: Variables transformadas. Fuente: Elaboración propia.....	49
Tabla 3: Rangos de la variable tramo.....	50
Tabla 4: Código de las variables.....	51
Tabla 5: Tabla de festivos nacional, comunitat valenciana y ayuntamiento de Alcoy año 2019	51
Tabla 6: Tabla resumen de base de datos.....	52
Tabla 7: Resumen estadístico.....	54
Tabla 8: Resumen estadístico.....	56
Tabla 9: Frecuencia de entradas de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	58
Tabla 10: Tabla de contingencia Tramos y Día de la semana.....	59
Tabla 11: Tabla de contingencia Entrada y Dirección.....	61
Tabla 12: Frecuencia del movimiento vehicular por cada año a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	99
Tabla 13: Frecuencia por cada día de la semana a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	100
Tabla 14: Frecuencia de direccionamiento de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	101
Tabla 15: Frecuencia por mes a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	102
Tabla 16: Frecuencia de tipo día o fin de semana de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	103
Tabla 17: Frecuencia por tramos de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.....	104

Resumen

Hoy en día, muchas ciudades disponen de tecnologías de la información y comunicaciones para mejorar y optimizar la gestión del consumo energético y atenuar el impacto medioambiental de vehículos, esto como parte del compromiso de mejorar la calidad de vida de las personas y del medioambiente.

Alcoy Smart City, es un proyecto, en que la ciudad de Alcoy dispone de cámaras de video y sensores distribuidos en puntos estratégicos para monitorear el entorno urbano en tiempo real, lo que permite reaccionar a tiempo, establecer un control automatizado, recopilar información para la toma de decisiones inteligentes y facilitar diversos servicios, para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. La red distribuida de nodos de sensores, así como los centros de datos donde se almacenan y comparten los datos del sensor para retroalimentar al sistema, construye el cuerpo principal de la infraestructura de la ciudad inteligente.

El presente trabajo de fin de máster tiene como objetivo el análisis estadístico del tráfico vehicular en Alcoy durante el periodo que comprende los últimos días del mes de julio 2017 a diciembre del 2018 tomados de los datos que registran estas cámaras, en el mes de mayo del presente año el ayuntamiento de Alcoy en su página de open data publicó los registros del año 2019 y estos últimos también fueron considerados en la base de datos para el análisis. Los resultados obtenidos del análisis de la movilidad de vehículos, servirá para proponer al ayuntamiento la implementación de parámetros de sostenibilidad en el marco de una smart city.

Además, se va a crear una herramienta de cálculo para extraer, procesar y mostrar información relevante en tiempo real, de modo que se pueda pronosticar comportamiento actitudinal de los conductores de vehículos en determinadas estacionalidades, días, semanas y festividades importantes del año en la ciudad. Estos pronósticos serán la base que ayude al ayuntamiento de Alcoy a tomar las mejores decisiones.

Palabras clave: smart city, análisis estadístico, tráfico de vehículos.

Abstrac

Today, many cities have information and communication technologies to improve and optimize the management of energy consumption and mitigate the environmental impact of vehicles, this as part of the commitment to improve the quality of life of people and the environment.

Alcoy Smart City, is a project, in which the city has video cameras and sensors distributed at strategic points to monitor the urban environment in real time, allowing to react in time, establish automated control, collect information for taking smart decisions and facilitate various services, to improve the quality of life of citizens. The distributed network of sensor nodes, as well as the data centers where sensor data is stored and shared to feed back to the system, builds the main body of the smart city infrastructure.

The purpose of this master's thesis is to statistically analyze vehicle traffic in Alcoy during the period from the last days of July 2017 to December 2018, taken from the data recorded by these cameras, in May this year the city council of Alcoy on its open data page published the records for the year 2019 and the latter were also considered in the database for analysis. The results obtained from the analysis of vehicle mobility will serve to propose to the city council the implementation of sustainability parameters within the framework of a smart city.

In addition, a calculation tool will be created to extract, process and display relevant information in real time, so that attitudinal behavior of vehicle drivers can be predicted in certain seasons, days, weeks and important festivities of the year in the city. These forecasts will be the basis that helps the Alcoy city council to make the best decisions.

Keywords: smart city, statistical analysis, vehicle traffic

Capítulo I Introducción, Objetivos y Descripción del Problema

1.1 Introducción

En los últimos años en avance de la tecnología como la transformación digital, Internet de las cosas, gemelos digitales, microprocesadores de mayor capacidad y otros dispositivos tecnológicos que se están desarrollando para diversos usos en un amplio abanico de sectores que producen bienes o brindan algún servicio, ha generado que se plantee la necesidad de aprovechar estas herramientas para incrementar el rendimiento de los recursos disponibles en beneficio de la sociedad, las grandes ciudades, medianas y en menor medida pequeñas cada año crecen en población, y como consecuencia de ello incrementan el consumo de recursos tangibles e intangibles, es en este contexto, que los dispositivos y herramientas tecnológicas disponibles servirán para una gestión de mayor eficiencia y armonía con el entorno para los administradores y tomadores de decisiones .

La ciudad de Alcoy como núcleo urbano está situado en un valle rodeado por la sierra de Mariola, Biscoi, L'Ombria, la Serreta, el Carrascal de la Font Roja, la Carrasqueta y Els Plans. La ciudad está atravesada por los ríos Riquer, Benisaidó y Molinar, afluentes del Serpis, motivo por el que a veces se la nombra como la ciudad de los tres ríos o la ciudad de los puentes por los muchos que tiene para vencerlos. Asimismo, la ciudad se sitúa a unos 615 metros sobre el nivel del mar en terreno montañoso (Wikipedia, Wikipedia, 2020).

Asimismo, la ciudad pertenece a la red española de ciudades inteligentes por lo que Alcoy Smart City es un proyecto de ciudad futuro que cuenta con infraestructura y tecnología de sostenibilidad en gestión energética, gestión de agua, gestión de residuos, gestión del aire; su compromiso con la educación se basa en proyectos colaborativo entre el ayuntamiento y los centros de educación para el emprendimiento y la creatividad; en lo concerniente al desarrollo económico es modelo en asesoramiento de transformación digital para empresas de los países europeos, en el aspecto cultural se ha desarrollado un servicio inteligente para la gestión de los espectáculos públicos, fomenta política de datos de forma abierta y reutilizable para fomentar la transparencia y participación ciudadana.

En el aspecto de sostenibilidad en movilidad la ciudad de Alcoy ha desarrollado plataformas y aplicaciones inteligentes como appweb de rutas saludables, puntos de recarga de coches eléctricos, transporte urbano, carrer bici, plan de movilidad y plan de accesibilidad e información del tráfico de acceso, el presente Trabajo de Fin de Máster se centra en esto último, en la que dispositivos de conteo de vehículos ubicados en la entrada y salida de la ciudad registran el flujo de la cantidad de coches.

El estudio del análisis del tráfico en Alcoy comprende tres periodos anuales, se hace uso de estadísticas y herramientas de aplicaciones, esto con la finalidad de pretender en el ordenamiento de la ciudad proponer medidas en el ámbito de sostenibilidad de movilidad en el entorno de ciudad inteligente (smart city).

1.2 Objetivos

El presente Trabajo de Fin de Máster pretende analizar los datos de los registros de información recogidos de la página oficial del ayuntamiento de Alcoy de entradas y salidas, para tal efecto, se establecen los siguientes objetivos:

- Descargar y transformar los registros de datos de entradas y salidas de vehículos a la ciudad de Alcoy entre los años 2017, 2018 y 2019.
- Analizar los registros de datos transformados para proporcionar propuestas de valor en el contexto de Alcoy Smart City.
- Proponer métricas de sostenibilidad en el transporte en el ordenamiento de la ciudad.
- Contribuir a mejorar las condiciones de calidad de vida de los habitantes
- Identificar variables que afectar la congestión y entradas recomendable a evitar,
- Proponer tableros de control “dashboard” para que usuarios del ayuntamiento y la sociedad tomen decisiones en función de su visualización.
- Proponer un algoritmo que sirva como herramienta de toma de decisión.

1.3 Estructura del Proyecto

El presente trabajo tiene la siguiente estructura:

El capítulo 1, resume de manera breve los temas que componen el presente trabajo, contextualizando al lector. Se describen los objetivos que persigue la investigación y la ejecución del proyecto. Además, se presenta una breve descripción de cada capítulo que compone el trabajo.

El capítulo 2, evidencia la investigación realizada, con relación a los temas a tratar dentro del presente trabajo, exponiéndose en un contexto del marco teórico.

El capítulo 3, describe la Smart City Alcoy, indicando cada uno de los aspectos que la componen y la utilidad de cada uno. Además, centra la explicación en el aspecto de movilidad, el cual es relevante para llevar a cabo del presente proyecto.

El capítulo 4, describe la metodología utilizada en el presente trabajo, desde la obtención de los datos, su procesamiento de estos para la generación de información, posterior análisis en R Commander y finalmente la obtención de los resultados.

El capítulo 5, referencia la descripción de las variables, el proceso realizado para el análisis univariante, bivariante y multivariante, generando las observaciones pertinentes de los hallazgos encontrados.

El capítulo 6, genera una herramienta de diagnóstico para el pronóstico de sucesos con relación a los datos obtenidos en tiempo real, buscando generar un complemento a Smart City Alcoy, para visualizar la información de manera gráfica y amigable, con el fin de agilizar la toma de decisiones, para el beneficio de la comunidad.

El capítulo 7, finaliza con las conclusiones generales del trabajo, además presenta algunas sugerencias que se han de tener en cuenta en el futuro, con relación a la movilidad y otros aspectos que contiene el análisis del presente proyecto. Además, se proponen de manera sugerida algunas líneas de investigación que se pueden seguir con base en la información descargada del opendata.

Capítulo II Marco Teórico

La finalidad del apartado haremos mención a las bases teóricas, conceptuales y de investigación relacionada con el problema del presente trabajo de fin de máster, como es de suponer los términos asociados del presente trabajo están en el contexto.

Para tal fin, la terminología de revisión bibliográfica consiste en recopilar información relevante y necesaria para que aclare definiciones sobre la problemática del tema del presente trabajo y las recientes publicaciones de investigaciones sobre la materia. En ese sentido, se hace una búsqueda de antecedentes teóricos y búsqueda de fuentes bibliográficas, sitios web, entre otras fuentes, a continuación, se procede a contextualizar los siguientes términos.

2.1 Smart City

Con respecto a la definición no existe entre diferentes autores una acepción única para el término “Smart City”, para el autor Rochet lo define de este modo:

“Un conjunto de procesos que animan sistemas físicos más o menos complejos, naturales, hechos por el hombre o no, que les permiten recopilar datos, interpretarlos para darles significado, tomar medidas correctivas, aprender de ellos y adaptarse a nuevas situaciones. Esta adaptación funciona desde el exterior del sistema hacia el interior (el sistema se adapta a las nuevas restricciones del entorno: se adapta al frío o al calor) o, por el contrario, de adentro hacia afuera cuando el sistema adapta el entorno a los requisitos de su entorno proyectos. Por supuesto, las dos interacciones están vinculadas: un sistema inteligente está en simbiosis con su entorno, y no hay ciudad inteligente sin un territorio inteligente” (Rochet, 2018).

Para el autor Barlow tiene otra forma de expresar este término:

“Una ciudad inteligente alienta a las personas a caminar, encontrarse, hablar y congregarse en las calles, en las tiendas y en los espacios públicos..... Sobre todo, es un lugar donde las personas se sienten seguras, no porque estén rodeadas de policías y cámaras, sino porque la infraestructura ciberfísica de la ciudad está diseñada intencionalmente con el propósito de crear una atmósfera de confianza, comunidad y responsabilidad compartida..... Proporcionan una combinación de soluciones de transporte que reducen la congestión del tráfico y disminuyen las emisiones nocivas de los vehículos. Proporcionan cobertura de banda ancha y Wi-Fi sin interrupciones..... Las ciudades inteligentes llevan la eficiencia energética al siguiente nivel; generan más poder del que consumen. Las ciudades inteligentes cultivan sus propios alimentos y fabrican productos a partir de materiales reciclados. Miden el uso del agua por gota y conservan los recursos naturales por tonelada. Son tacaños, pero en el buen sentido: en una ciudad inteligente, nada se desperdicia. Las ciudades inteligentes tienen contenedores de basura inteligentes que funcionan con energía solar que indican cuándo se están llenando. Puede que no parezca un gran problema, pero los contenedores de basura inteligentes le ahorran a las ciudades millones de dólares al año al reducir los costos de recolección de basura. Las ciudades inteligentes tienen farolas inteligentes equipadas con sensores que detectan baches, miden el flujo de tráfico, escuchan disparos y ayudan a los conductores a encontrar espacios de estacionamiento vacíos. Tienen sistemas inteligentes que facilitan a los ciudadanos la obtención de permisos y licencias sin tener que hacer cola en el ayuntamiento. Eliminan la fricción y la complejidad de los procesos, como el pago de impuestos, el registro de niños para la escuela, y encontrar atención médica para un padre anciano” (Barlow, 2018, págs. 6,7).

Ahora, en relación con trabajos de investigación que últimamente se ha publicado en web of science, tenemos los siguientes:

Intelligent vehicle network system and smart city management based on genetic algorithms and image perception: Mediante el uso de varias tecnologías de Internet de las cosas y tecnologías de comunicación, las ciudades inteligentes pueden responder de forma rápida e inteligente a diversas solicitudes de servicio de las ciudades, realizando así la operación y gestión

inteligente de las ciudades, fortaleciendo la gestión de las instalaciones urbanas y mejorando la calidad de los servicios urbanos. Mejorar la eficiencia operativa de los sistemas de redes de automóviles inteligentes y los sistemas de gestión de ciudades inteligentes. En este artículo, los autores analizan el sistema de red de vehículos inteligentes y la gestión de ciudades inteligentes basadas en algoritmos genéticos y percepción de imágenes. Mediante el uso de computación distribuida y paralela, los datos urbanos masivos se pueden almacenar, procesar y analizar rápidamente, se puede extraer información útil, que puede ayudar a las ciudades inteligentes a tomar decisiones efectivas y mejorar la eficiencia del uso de la infraestructura y los recursos. Los resultados de la simulación muestran que la estrategia de coordinación propuesta puede lograr la programación de consumo mínimo de energía, maximizando así los beneficios del centro de datos, mejorando así efectivamente la capacidad de tráfico urbano y aliviando la congestión del tráfico urbano (Li D. D., 2020).

Distributed perception and model inference with intelligent connected vehicles in smart cities:

La rápida penetración de los vehículos inteligentes conectados ICV (por sus siglas en inglés Intelligent Connected Vehicles) se ha convertido en el principal motor de crecimiento de la industria automotriz en los últimos años. La red vehicular urbana que consiste en ICV está evolucionando hacia una plataforma inteligente distribuida para la detección generalizada, la conexión y la computación en el Sistema de Transporte Inteligente ITS (por sus siglas en inglés Intelligent Transportation System) y las ciudades inteligentes. En este artículo, proponen los autores que los vehículos estacionados PV (por sus siglas en inglés Parked Vehicles) podrían explotarse para la percepción del entorno y la inferencia del modelo. Describimos la arquitectura del sistema y sus escenarios de aplicación típicos de la percepción del entorno distribuido para carreteras de la ciudad, estacionamientos, así como para edificios comerciales y residenciales. Los PV están motivados para ayudar en la inferencia del modelo de aprendizaje profundo para los datos de imagen capturados en tales aplicaciones. Con respecto a la diversidad de PV en la capacidad de aprendizaje profundo, un mecanismo de incentivo diferencial está diseñado elaboradamente basado en la teoría del contrato para emular la participación de PV. El experimento sobre el conjunto de datos de referencia de reconocimiento de señales de tráfico alemán se lleva a cabo para verificar la efectividad y la eficiencia del enfoque propuesto (Li C. W., 2020).

An intrusion detection system for connected vehicles in smart cities: En un futuro muy cercano, el transporte pasará por un período de transición que dará forma a la industria más allá del reconocimiento. Los vehículos inteligentes han jugado un papel importante en el avance de los sistemas de transporte inteligentes y conectados. La disponibilidad continua del servicio en la nube vehicular en las ciudades inteligentes se está convirtiendo en una necesidad crucial del suscriptor que requiere una mejora en la arquitectura de gestión del servicio vehicular. Además, a medida que las ciudades inteligentes continúan implementando tecnologías diversificadas para lograr servicios en la nube variados y de alto rendimiento, aún prevalecen los problemas de seguridad con respecto a las entidades de comunicación que comparten información personal del solicitante. Para mitigar estas inquietudes, presentamos un marco de disponibilidad de servicio en la nube continuo seguro y automatizado para vehículos inteligentes conectados que permite un mecanismo de detección de intrusos contra ataques de seguridad y proporciona servicios que cumplen con los requisitos de calidad de servicio QoS (por sus siglas en inglés quality of service) y calidad de experiencia QoE (por sus siglas en inglés quality of experience) de los usuarios. La disponibilidad continua del servicio se logra agrupando los vehículos inteligentes

en grupos específicos del servicio. Los cabezales de clúster se seleccionan para fines de comunicación con entidades de terceros confiables TTP (por sus siglas en inglés trusted third-party) que actúan como mediadores entre los solicitantes de servicios y los proveedores. Los servicios óptimos se entregan a los proveedores de servicios seleccionados a los solicitantes. Además, la detección de intrusiones se logra mediante un análisis de tráfico de datos trifásico, una técnica de reducción y clasificación utilizada para identificar solicitudes de servicio confiables positivas contra solicitudes falsas que pueden ocurrir durante los ataques de intrusión. La solución adopta mecanismos de aprendizaje automático de árbol de creencias y decisiones profundas utilizadas para fines de reducción y clasificación de datos, respectivamente. El marco se valida a través de simulaciones para demostrar la efectividad de la solución en términos de detección de ataques de intrusión. La solución propuesta logró una precisión general del 99,43% con una tasa de detección del 99,92% y una tasa de 0,96% de falsos positivos y falsos negativos de 1,53% (Aloqaily, 2019).

Selection of effective machine learning algorithm and Bot-IoT attacks traffic identification for internet of things in smart city: Identificar el tráfico de ataques cibernéticos es muy importante para la seguridad de Internet de las cosas IoT (por sus siglas en inglés Internet of thing) en las ciudades inteligentes. Recientemente, la comunidad de investigación en el campo de la seguridad de IoT se esfuerza por construir un modelo de identificación de tráfico de anomalías, intrusiones y ataques cibernéticos utilizando algoritmos de aprendizaje automático ML (por sus siglas en inglés machine learning) para el análisis de seguridad de IoT. Sin embargo, el problema crítico y significativo aún no se ha estudiado en profundidad: cómo seleccionar un algoritmo de ML efectivo cuando hay una cantidad de algoritmos de ML para el sistema de detección de ataques cibernéticos para la seguridad de IoT. En este artículo los autores proponen un nuevo modelo de marco y un algoritmo híbrido para resolver este problema. En primer lugar, se aplica el conjunto de datos de identificación BoT-IoT y sus 44 características efectivas se seleccionan de una serie de características para el algoritmo de aprendizaje automático. Luego, se seleccionan cinco algoritmos de aprendizaje automático efectivos para la identificación de identificación de tráfico malicioso y de anomalías, y también se seleccionan las métricas de evaluación de rendimiento del algoritmo ML más ampliamente. Para averiguar qué algoritmo de ML es efectivo y se debe utilizar para seleccionar la anomalía de IoT y la identificación del tráfico de intrusión, se aplica un enfoque de conjunto suave biyectivo y su algoritmo. Luego aplicamos el algoritmo propuesto basado en el enfoque bijective soft set. Nuestros resultados experimentales muestran que el modelo propuesto con el algoritmo es efectivo para la selección del algoritmo ML a partir de un número de algoritmos ML (Shafiq, 2020).

2.1.1 Smart City en España

En el ámbito de medir el grado de avance en transformación digital para una ciudad de cualquier país puede variar del índice que se use como ICIM (IESE), Global Cities Index (A. T. Kearney), Global Financial Centres Index (GFCI), Global Power City Index (MMF), Quality of Living City ranking (Mercer), Global Liveability Index (Economist Intelligence Unit) y Sustainable Cities Index (ARCADIS).

En relación, a los índices antes mencionados, solo haremos mención del primer índice ICIM (IESE) Cities in Motion, en la que analiza cuales son las ciudades más inteligentes del mundo en

base a diferentes parámetros; en concreto, en el año 2018 las ciudades de España catalogadas como las más inteligentes tenemos a Madrid y Barcelona.

Este indicador de ranking de posición analiza cada año el grado de desarrollo de 174 ciudades de 80 países en 9 parámetros considerados como factores críticos de progreso en la transformación digital como lo es: la economía, el capital humano, la cohesión social, el medio ambiente, la gobernanza, la planificación urbana, la proyección internacional, la tecnología y movilidad y el transporte. En general, según este índice las principales ciudades de los países de Europa que están liderando la transformación hacia un modelo más digital y accesible (Economía, 2019).

Ahora bien, Madrid, es la capital y la ciudad más poblada de España, en el ranking general ocupa el puesto 24. Destaca en las dimensiones de movilidad y transporte (9), y proyección internacional (17). Está comprometida con el desarrollo de una urbe sostenible. La plataforma MINT (Madrid INTELigente) permite a los ciudadanos dar a conocer al Ayuntamiento con su móvil inteligente cualquier incidencia en la gestión y la calidad de los servicios públicos urbanos, como una acera en mal estado o un fallo de alumbrado en una farola, para conseguir que sea más sostenible. La urbe cuenta también con la plataforma de participación ciudadana “Decide Madrid”, lanzada para contribuir a la democracia directa en la gestión de la ciudad y que permite decidir a los ciudadanos un amplio abanico de cuestiones relacionadas con la urbe (School, 2020).

Con respecto a Barcelona, es la segunda ciudad española mejor posicionada y ocupa el puesto 28 del índice general. Tiene un buen desempeño en casi todas las dimensiones y destaca especialmente en gobernanza, planificación urbana, proyección internacional, tecnología y movilidad y transporte, dimensiones en las que se sitúa en el top 30. La Ciudad Condal sobresale por su creciente población de diseñadores industriales y su prominente uso de teléfonos inteligentes, y es pionera en la gestión del tráfico mediante big data. Es considerada una de las veinticinco urbes más tecnológicas del mundo, según Business Insider y 2thinknow, y está llevando a cabo el proyecto C-MOBILE, enmarcado en los sistemas inteligentes de transporte cooperativos, para aumentar la conciencia del uso de la red viaria. El sistema de navegación puede alertar si viene una ambulancia, la policía o los bomberos, si el semáforo se va a poner rojo o si hay un peatón por la acera que va a cruzar (School, 2020).

Asimismo, sin menospreciar a otras ciudades españolas consideradas en la categoría de smart city, todas ellas pertenecen a la red española de ciudades inteligentes (RECI), entidad adjunta al ministerio de economía y empresa, y la institución como red plantea como objetivo (RECI, s.f.), lo siguiente:

“El objetivo es intercambiar experiencias y trabajar conjuntamente para desarrollar un modelo de gestión sostenible y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, incidiendo en aspectos como el ahorro energético, la movilidad sostenible, la Administración electrónica, la atención a las personas o la seguridad”

Asimismo, la red se ha organizado en grupos de trabajo como: grupo 1 innovación social que trata y comparte buenas prácticas, resultados de estudios y otras cuestiones relacionadas con las temáticas de accesibilidad, cultura y deporte, participación ciudadana y e-participación, salud y teleasistencia, seguridad y gestión de servicios públicos de emergencia, turismo y ocio, educación, gobierno abierto y open data; en el grupo 2 energía trata y comparte buenas

prácticas, resultados de estudios y otras cuestiones relacionadas con las temáticas de eficiencia energética, rehabilitación energética, certificación energética e instalaciones municipales; en el grupo 3 medio ambiente trata y comparte buenas prácticas, resultados de estudios y otras cuestiones relacionadas con las temáticas de calidad ambiental, edificación sostenible, gestión de edificios públicos, gestión de infraestructuras públicas, gestión de parques y jardines públicos, equipamiento urbano, habitabilidad, recogida y tratamiento de residuos y urbanismo, en el grupo 4 movilidad urbana trata y comparte buenas prácticas, resultados de estudios y otras cuestiones relacionadas con las temáticas de movilidad eléctrica y sistema inteligentes de transporte, finalmente, el grupo de trabajo 5 gobierno, economía y negocios trata y comparte buenas prácticas, resultados de estudios y otras cuestiones relacionadas con las temáticas de administración electrónica e interoperabilidad, infraestructura común de la ciudad inteligente, gobierno abierto y transparencia, áreas empresariales inteligentes, empleo e innovación (RECI, s.f.). En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra la relación de ciudades inteligentes en toda España a la fecha junio del 2020, cabe preciso mencionar que, existe en proceso de solicitud de reconocimiento ante la mencionada red peticiones de ayuntamientos para ser consideradas como ciudades inteligentes, por ejemplo, como el ayuntamiento de Gandía ha solicitado en diciembre del 2019 para ser considerada y adherida a la red de ciudades inteligentes.

El grado de avance de la digitalización de las ciudades/ayuntamiento en España, estará en función por un lado del presupuesto que disponen y del grado de compromiso para adaptarse a la estrategia digital que propone la comisión europea en sus tres grandes pilares que son la Inteligencia artificial para que permita combinar la capacidad económica e industrial con una infraestructura digital de alta calidad para generar valor de los productos y servicios en pequeñas y medianas empresas; el otro pilar son los datos industriales, sociales, económicos que transformará profundamente el modo en que producimos, consumimos, vivimos y nos socializamos, finalmente, el tercer pilar tecnología y sostenibilidad como se sabe la digitalización es un factor clave en la lucha contra el cambio climático y en la consecución de la transición ecológica. Por ello, el desarrollo digital europeo tiene que ir acompañado de una clara concienciación sobre el efecto de las emisiones de carbono en el sector digital. Se pretende vincular la estrategia digital al objetivo de una Europa neutral en emisiones GEI para 2050. Para ello, se apuesta decididamente por el valor de los datos, el despliegue de redes 5G y la sensorización (RECI, s.f.).

Tabla 1: Ciudades inteligentes en España. Fuente: Red de Ciudades Inteligentes de España.

Albacete (Albacete)	Alcalá de Henares (Madrid)	Alcobendas (Madrid)
Alcorcón (Madrid)	Alcoy (Alicante)	Algeciras (Cádiz)
Alicante (Alicante)	Almería (Almería)	Alzira (Valencia)
Aranjuez (Madrid)	Arganda del Rey (Madrid)	Ávila (Ávila)
Badajoz (Badajoz)	Barcelona (Barcelona)	Benalmádena (Málaga)
Benidorm (Alicante)	Bilbao (Bizkaia)	Burgos (Burgos)
Cáceres (Cáceres)	Cartagena (Murcia)	Castellón de la Plana (Castellón)
Ciudad Real (Ciudad Real)	Collado Villalba (Madrid)	Córdoba (Córdoba)
Coruña, A (Coruña, A)	Cuenca (Cuenca)	Elche (Alicante)
Estepona (Málaga)	Fuengirola (Málaga)	Getafe (Madrid)
Gijón (Asturias)	Granada (Granada)	Guadalajara (Guadalajara)

Hospitalet de Llobregat, L' (Barcelona)	Huelva (Huelva)	Huesca (Huesca)
Jaén (Jaén)	León (León)	Logroño (Rioja, La)
Lorca (Murcia)	Lugo (Lugo)	Madrid (Madrid)
Majadahonda (Madrid)	Málaga (Málaga)	Marbella (Málaga)
Mérida (Badajoz)	Molina de Segura (Murcia)	Móstoles (Madrid)
Motril (Granada)	Murcia (Murcia)	Orihuela (Alicante)
Oviedo (Asturias)	Palencia (Palencia)	Palma de Mallorca (Balears, Illes)
Palmas de Gran Canaria, Las (Palmas, Las)	Pamplona/Iruña (Navarra)	Paterna (Valencia)
Ponferrada (León)	Pozuelo de Alarcón (Madrid)	Puerto de Santa María, El (Cádiz)
Rivas Vaciamadrid (Madrid)	Roquetas de Mar (Almería)	Rozas de Madrid, Las (Madrid)
Salamanca (Salamanca)	San Bartolomé de Tirajana (Palmas, Las)	San Cristóbal de La Laguna (Santa Cruz de Tenerife)
Sant Boi de Llobregat (Barcelona)	Sant Cugat del Vallès (Barcelona)	Santa Cruz de Tenerife (Santa Cruz de Tenerife)
Santander (Cantabria)	Santiago de Compostela (Coruña, A)	Segovia (Segovia)
Sevilla (Sevilla)	Talavera de la Reina (Toledo)	Tarragona (Tarragona)
Toledo (Toledo)	Torrejón de Ardoz (Madrid)	Torrent (Valencia)
Valencia (Valencia)	Valladolid (Valladolid)	Vigo (Pontevedra)
Vitoria-Gasteiz (Álava)	Zaragoza (Zaragoza)	

2.1.2 Smart City Alcoy

La ciudad de Alcoy pertenece a una de las 83 ciudades inteligentes distribuidas en territorio español. El ayuntamiento de Alcoy tiene una población de 58.994 habitantes (INE, 2019) y se encuentra en Alicante, al norte de la provincia de Alicante.

La ciudad tiene una rica historia en la época de la Primera República en la que después de una revuelta social declaró su independencia, posteriormente, se restableció el orden público con la llegada de tropas federales, en los años 1900 la ciudad fue un referente del calor del desarrollo industrial en España de sectores como de armería, textiles, papelera, metalúrgica, y recientemente, aceitunas, cosméticos, entre otros, la ciudad es muy conocida por sus puentes, su fiesta local de moros y cristianos, entre otros atractivos.

Ahora, si nos enfocamos para el presente trabajo en lo referente a los accesos de conexión terrestre su infraestructura ha estado condicionado desde siempre por una topografía accidentada, lo que ha obligado a la construcción de obras públicas como la autovía A7, autovía del Mediterráneo, que comunica la ciudad con Alicante por el Sur y con Játiva-Valencia por el Norte, con enlaces a la A-3 y a la A-31, ambas hacia Madrid. La red viaria se complementa con la línea 47 de Renfe Media Distancia, conocida como Valencia-Játiva-Alcoy (Wikipedia, Ayuntamiento de Alcoy, 2020).

2.2 Internet de la Cosas (IoT)

El Internet de las cosas (IoT) es un paradigma relativamente reciente en la historia de la informática en red que refleja los cambios en el uso del dispositivo. Las primeras redes de computadoras estaban compuestas por un número relativamente pequeño de dispositivos fijos que generalmente estaban conectados con enlaces por cable. Por ejemplo, las primeras iteraciones de ARPANET, el predecesor de Internet moderno, utilizaron grandes computadoras centrales ubicadas en las principales universidades como nodos de comunicación y las líneas telefónicas de larga distancia sirvieron como enlaces de comunicación. Los datos que fluyeron a través del enlace de comunicación fueron el resultado de una solicitud de un usuario humano en un extremo del enlace para recibir datos producidos por un humano en el otro extremo. La revolución de la computación personal de la década de 1980 y la revolución de banda ancha de fines de la década de 1990 y principios de la década de 2000 aumentaron el número de nodos y el ancho de banda, la confiabilidad y la velocidad de los enlaces, pero el caso de uso básico fue el mismo: los humanos que solicitan contenido generado por humanos. Este paradigma de comunicación se conoce comúnmente como comunicación "humano a humano" (H2H) en la literatura. Pero ¿Qué pasa si los humanos no están en ambos extremos del enlace de comunicaciones? Y si (Song, 2017, pág. 104):

- ¿Un sensor de movimiento está hablando con un sistema de seguridad?
- ¿Un sensor de tráfico está hablando con un semáforo?
- ¿Un automóvil inteligente está hablando con otro automóvil inteligente (para evitar un accidente)?

A medida que pensamos en las necesidades futuras de una ciudad inteligente, se hace cada vez más claro que ya no tenemos un "Internet de los seres humanos", sino más bien un "Internet de las cosas". Aquí, la mayoría de la comunicación será "máquina a máquina" (M2M) en lugar de H2H. El paradigma IoT tiene muchas tecnologías habilitadoras, la mayoría de las cuales se superponen entre sí en función y terminología (Song, 2017, pág. 104).

- **IPV6:** Protocolo de Internet versión 6. La proliferación explosiva de dispositivos inalámbricos requerirá la adopción de IPV6, que contiene un espacio de direcciones ampliado para que los dispositivos individuales puedan ser direccionados sin traducción de direcciones de red (NAT).
- **M2M:** (por sus siglas en inglés Machine-to-machine communication) comunicación de máquina a máquina. Llamada comunicación de tipo máquina MTC (por sus siglas en inglés machine-type communication), en la literatura de MCN se expandió el soporte del tipo de baja velocidad de datos, pero se necesitará una comunicación consistente que utilicen las máquinas, en lugar de una alta velocidad de datos pero una comunicación en ráfagas característica de la comunicación H2H.
- **WSN:** (por sus siglas en inglés Wireless sensor networks) redes de sensores inalámbricos. Las ciudades inteligentes se llenarán hasta el borde con dispositivos de detección, muchos de los cuales serán inalámbricos.
- **MANET:** (por sus siglas en inglés Mobile ad hoc networks) Redes móviles ad hoc. Será necesario que los sensores inalámbricos formen sus propias topologías de red "sobre la marcha" a medida que se agregan y eliminan sensores.

- **CR:** (por sus siglas en inglés Cognitive radio) Radio cognitiva. Los sensores inalámbricos no solo necesitarán adaptarse a las necesidades en la capa de red sino también en la capa PHY para encontrar espectro abierto y utilizarlo de manera eficiente. Una diferencia que rompe con la tradición de CR es que proponemos que se elimine el paradigma del usuario primario (PU) / usuario secundario (SU) y, en su lugar, todos los nodos se traten como "nodos pares" iguales.

Debe quedar claro a partir de esta descripción que todas estas tecnologías tienen un alto grado de superposición entre sí, como se muestra en la Ilustración 1.

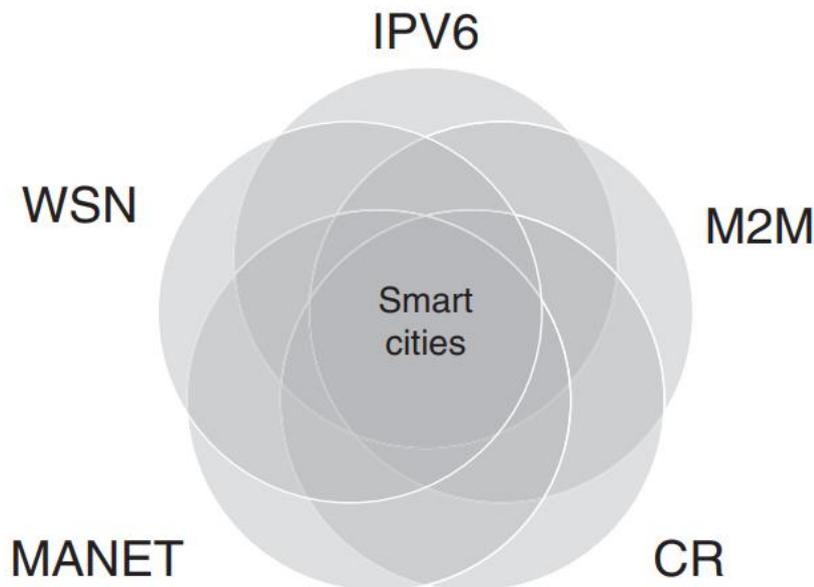


Ilustración 1: Diagrama de Venn que muestra la superposición de las tecnologías de IoT en su aplicabilidad a ciudades inteligentes. Fuente: (Song, 2017).

Ahora, en relación con los trabajos de investigación que últimamente se ha publicado en web of science, tenemos los siguientes:

IoT and Blockchain in the Development of Smart Cities: Con el advenimiento y la proliferación de Internet, la cuarta revolución industrial está en pleno apogeo. Como resultado, las diferentes tecnologías tienen el potencial de impactar el curso del desarrollo humano. En otras palabras, las poblaciones mundiales se están moviendo hacia centros urbanos en crecimiento y, como resultado, están surgiendo ciudades inteligentes como la integración de actividades y tecnologías humanas. Estas ciudades inteligentes están construidas sobre diferentes tecnologías, como blockchain e Internet de las cosas (IoT). En consecuencia, las aplicaciones de estas tecnologías en las ciudades inteligentes actuales y futuras no solo cambiarán la naturaleza de la interacción humana y la gobernanza, sino también la forma en que se llevan a cabo los negocios. Este documento propone un estudio experimental (cualitativo y cuantitativo) que determinará el impacto de las tecnologías blockchain e IoT en el desarrollo de ciudades inteligentes. Su objetivo es obtener información de preguntas como la forma en que los modelos comerciales actuales se están preparando para esta interrupción, los desafíos que enfrentarán y las posibles contribuciones que las dos tecnologías tendrán en el desarrollo empresarial. Los resultados del estudio proporcionarán la razón por la cual las empresas deberían comenzar a prestar atención a estas tecnologías y comenzar un plan de adopción temprana que

transformará lentamente sus modelos comerciales a medida que las ciudades inteligentes maduren (Khrais, 2020).

The construction of smart city information system based on the Internet of Things and cloud computing: Con el rápido desarrollo y la aplicación y cooperación profundas de los nuevos conceptos y tecnologías traídos por Internet de las cosas y la computación en la nube en todo el mundo, todos los ámbitos de la vida se han movido gradualmente hacia una sociedad moderna "inteligente". Estas tecnologías han penetrado gradualmente en el campo de las ciudades inteligentes. El sistema urbano tradicional, el sistema que se ha transmitido desde la antigüedad, tiene un modo de operación muy ineficiente y engorroso, y la información entre los sistemas no se ha compartido e interconectado de manera efectiva. Para resolver esta serie de problemas, este estudio primero estudia el desarrollo de Internet de las cosas, las tecnologías relacionadas con la computación en la nube y las ciudades inteligentes, y luego se enfoca en las tecnologías clave de Internet de las cosas y la computación en la nube en el campo de la estructura y aplicación. Bajo el apoyo de estas dos tecnologías, propuso un sistema de ciudad inteligente basado en Internet y la computación en la nube. La arquitectura del sistema, el diseño del sistema de la aplicación, la plataforma de soporte de la aplicación, varias redes de transmisión y sensores típicos se estudian en detalle y en diferentes niveles. En los sistemas de ciudades inteligentes basados en Internet de las cosas, las redes de sensores a menudo se ubican en entornos de comunicación poco confiables, y esto generalmente hace que la transmisión de información falle. Si el sensor elige transmitir nuevamente después de que la transmisión de información falla es un problema optimizado. Este estudio de investigación propone un algoritmo de agregación de datos basado en la cadena de Markov para resolver el problema de transmitir dichos datos nuevamente. Los resultados experimentales muestran que el sistema puede compartir, intercambiar y fusionar información entre varios subsistemas de detección, resolver el fenómeno de la isla de información anterior y satisfacer las necesidades reales de las ciudades inteligentes (Jiang, 2020).

2.3 Análisis de Datos

La disponibilidad de grandes volúmenes de datos y el uso generalizado de las herramientas informáticas ha transformado el análisis de datos orientándolo hacia determinadas técnicas especializadas denominadas minería de datos. Las técnicas de minería de datos persiguen el descubrimiento automático del conocimiento contenido en la información almacenada de modo ordenado en bases de datos. Estas técnicas tienen como objetivo descubrir patrones, perfiles y tendencias a través del análisis de los datos utilizando tecnología de reconocimiento de patrones, segmentación, clasificación y otras técnicas estadísticas avanzadas de análisis de datos. De hecho, las técnicas estadísticas que utiliza la minería de datos coinciden en su mayoría con las técnicas estadísticas de análisis multivariante de datos (Pérez López, 2005, pág. 38).

Para el autor (Song, 2017, pág. 80) lo define “Es el procedimiento perpetuo en la que los datos se recopilan, limpian y catalogan sistemáticamente para permitir un análisis adecuado con el objetivo de producir ideas procesables a tiempo”.

2.4 Software R Commander

R Commander (<https://www.rcommander.com/>) puede entenderse como un lenguaje de programación muy intuitivo adecuado para análisis estadístico e incluso como generador de gráficos. La sintaxis de la programación está diseñada para trabajar en un entorno pensado para el uso con interfaces de códigos.



Ilustración 2: Aplicación R. Fuente imagen: Google.

En el presente trabajo de fin de máster los registros que se obtienen del open data de ingresos y salidas por movilidad, serán analizados con la aplicación R Commander, Ilustración 2, asimismo, se hace uso de plugins para acceder a los paquetes y obtener resultados gráficos como soporte del trabajo.

2.5 Términos Relativos al Trabajo de Investigación

En este punto haremos mención a determinados términos que se consideran conveniente para ser considerados como los que a continuación se mencionan (BOE, 1998):

Vehículo: aparato apto para circular por las vías o terrenos a que se refiere el artículo 2 de La Ley sobre Tráfico, Circulación de vehículos a Motor y Seguridad Vial.

Vehículo de motor: Vehículo provisto de motor para su propulsión. Se excluyen de esta definición los ciclomotores, los tranvías y los vehículos para personas de movilidad reducida.

Automóvil: Vehículo de motor que sirve, normalmente, para el transporte de personas o cosas, o de ambas a la vez, o para la tracción de otros vehículos con aquel fin. Se excluyen de esta definición los vehículos especiales.

Turismo: Automóvil destinado al transporte de personas que tenga, por lo menos, cuatro ruedas y que tenga, además del asiento del conductor, ocho plazas como máximo.

Autobús o autocar: Automóvil que tenga más de 9 plazas incluida la del conductor, destinado, por su construcción y acondicionamiento, al transporte de personas y sus equipajes. Se incluye en este término el trolebús, es decir, el vehículo conectado a una línea eléctrica y que no circula por raíles.

2.6 Conclusiones

- España con sus ciudades inteligentes tiene que seguir apostando a largo plazo en el proceso de transformación digital para que su desarrollo sea sostenible en el tiempo, en consecuencia, los actores decisores del gobierno, la comunidad, los ayuntamientos y los ciudadanos deben de continuar con el plan estratégico que formulan las instituciones públicas responsables de impulsar el proyecto.
- Las recientes investigaciones en materia de almacenamiento de datos muestran una tendencia a almacenar los registros de los datos que se generan en las diversas aplicaciones y sensores en sistemas descentralizados o blockchain, ello debido a que son sistemas de mayor seguridad a la manipulación de los registros, entre otras ventajas.
- El grado de avance en transformación digital que tiene la ciudad de Alcoy en relación a otras ciudades de mayor población como las ciudades de Madrid y Barcelona, es relativamente bajo, no obstante, también es una oportunidad para los responsables del ayuntamiento si lo vemos como “benchmarking” y establecer políticas de mejora en otras dimensiones que proporcionen herramientas de aplicaciones de valor a la sociedad.

Capítulo III SMART CITY Alcoy

El ayuntamiento de Alcoy ha dispuesto recursos y elementos para el desarrollo de su comunidad a nivel tecnológico. Pues debido a los cambios tecnológicos que experimenta la población se ve enfrentado a nuevos retos. Es por ello, por lo que ha implementado en su plan estratégico el impulso hacia la creación de una ciudad inteligente, atendiendo con ello de manera eficiente y con el uso de nueva tecnología el análisis de los diferentes aspectos que componen la ciudad, a nivel social, vial, medioambiental, industrial entre otros, identificando en tiempo real los retos por los que atraviesa el territorio y permita tomar las medidas necesarias que garanticen mejor calidad de vida para sus habitantes.

3.1 Alcoy Smart City

El ayuntamiento de Alcoy en su estrategia de **Desarrollo Urbano Sostenible e Integrado (DISU)** impulsa una urbe futurista y lo estructura en tres ejes: ciudad inteligente, integradora y sostenible. La reurbanización de una de las principales calles que atraviesa el ayuntamiento de norte a sur, asimismo, servirá como proyecto de laboratorio urbano de Smart city. En “ciudad sostenible” se recoge la revitalización del centro histórico, infraestructuras verdes, el incremento del suelo terciario y la rehabilitación de antiguos espacios industriales para nuevos usos, entre otros. Uno de los proyectos más adelantados de Alcoydemà Ilustración 3, es la reurbanización de la calle Entença y que busca dar prioridad a los peatones. Además, el proyecto contempla ensanchar las aceras, dotar de arbolado y mobiliario urbano y disminuirá el tráfico, la velocidad y la contaminación para convertirla en una calle más agradable para pasear, ayudando a la dinamización comercial. Al tratarse de una vía con mucho tránsito es un buen referente para probar y tomar datos y extrapolarlos al resto del municipio (ambiente, 2020).



Ilustración 3: Calle Entença ayuntamiento de Alcoy, Fuente imagen: Google.

El Proyecto **Street Lab Na Saurina d’Entença**, se entiende la calle como un laboratorio para testar soluciones nuevas bajo condiciones urbanas reales, en su primera fase contempla la creación del Lab a lo largo de la calle. Es decir, la planificación, diseño y organización del futuro uso del laboratorio y la dotación de medios para su aplicación. El proyecto demostrará que la importancia de la tecnología radica en su capacidad para mejorar la vida de las personas. Además, recoge la colaboración entre las empresas y los agentes del Sistema Valenciano de Innovación con la creación de nuevos servicios en beneficio de los ciudadanos, pero que también

dan lugar a nuevos modelos de negocio y actividades empresariales. Tiene los auspicios de las universidades Politécnica de Valencia y la de Alicante, que han diseñado conjuntamente con los técnicos municipales el modelo de calle inteligente para Entença. Hay pocos ejemplos de implantación de 'La Street' y ninguno como el de Alcoy que cuenta con la colaboración de instituciones universitarias y con la intención de crear nuevos modelos de negocio (ambiente, 2020).

Tecnología de smart city para mejorar la **movilidad del municipio de Alcoy** se refuerzan con las recientes obras de urbanización en esta calle de la localidad y que incorpora la introducción de dispositivos smart para mejorar las condiciones de movilidad, sostenibilidad, seguridad y acceso. En concreto, Ilustración 4, se van a instalar balizas luminosas indicadoras en los pasos de peatones, cámaras de control de tráfico, puntos WiFi sobre los báculos de semáforos, dos puntos de recarga rápidos y semirrápidos, placas solares para el apoyo a estos puntos, sensores en zonas de carga y descarga, así como un semáforo en el paso de cebra frente al acceso al Mercat Sant Roc (eSMARTCIY.es, 2020).

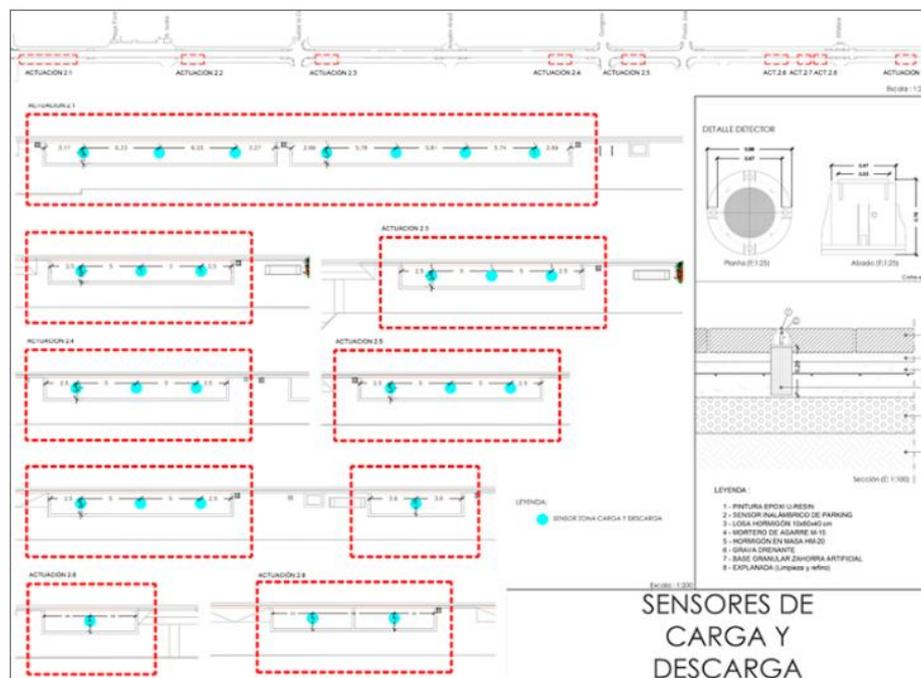


Ilustración 4: Puntos de instalación de sensores de carga y descarga calle Na Saurina d'Entença y alrededores.

Fuente: (eSMARTCIY.es, 2020)

Alcoy **tecnología para controlar los movimientos del suelo**, consiste en monitorizar el suelo de la ciudad con sensores que permitan conocer en tiempo real todos los movimientos y peligros que se puedan producir, la ciudad de Alcoy está rodeada de barrancos y tierras inestables por lo que conocer la situación de los movimientos de los suelos en tiempo real puede ser de gran ayuda para prevenir cualquier tipo de peligro. El proyecto "Nodos IoT Alcoi" se centra en la realización de las acciones previas para la puesta en marcha de un sistema de dispositivos IoT que puedan mandar la información en tiempo real. La tecnología IoT es un proceso en el que las cosas están conectadas entre ellas mediante Internet, Internet of Things (IoT), estas redes de dispositivos conectados entre sí se le llama nodos. Nodos de infraestructuras para monitorizar las estructuras críticas de la ciudad como puentes, laderas y taludes, con estas se podrán prevenir desastres naturales. También se espera instalar nodos de edificios para el estudio de

los edificios públicos, nodos económicos orientados a recopilar información de comercios, empresas y polígonos industriales (Alzamora, 2020).

Es considerada una herramienta tecnológica adecuada a la ciudad debido a la necesidad evolutiva. El gobierno ha enfocado sus recursos a la mejora continua de su comunidad contemplando en ello la innovación tecnológica para poner en marcha una ciudad inteligente a través de la obtención de datos en tiempo real que, de manera estratégica aporta en la toma de decisiones y acciones de mejora continua. De esta manera aumenta la calidad de vida de sus habitantes. Además, permite tomar medidas de manera oportuna y eficiente que contribuyan al desarrollo sostenible de la comunidad en diferentes aspectos (Alcoy, s.f.).

Esta herramienta permite el ordenamiento de la ciudad con datos e información real captada por las diferentes cámaras ubicadas de manera estratégica en la ciudad de Alcoy.

Dentro de los aspectos que evalúa Smart City en Alcoy, se puede observar Ilustración 5, y se encuentran los siguientes:

Geo portal: En este espacio se brinda información con relación a la ubicación geográfica sobre el estado de obras, rutas turísticas, puntos Wifi, entre otros.

Sostenibilidad: En cuanto a la sostenibilidad, abarca aspectos como energía, agua, residuos y aire. Así las cosas, brinda información relacionada a los diferentes proyectos y de gestión de cada uno de estos elementos. Como la implementación de celdas fotovoltaicas o paneles solares en algunos de los edificios de la ciudad, aportando a la conservación del medio ambiente. Pozos de agua y los niveles en los que se encuentran, así como recomendaciones para el buen uso del agua. Gestión de residuos y la calidad del aire, basada en la información arrojada por los sensores ubicados en las diferentes zonas de la ciudad.

Educación: Es uno de los aspectos más importantes que favorecen la calidad de vida de los ciudadanos de Alcoy, razón por la cual, se identifican proyectos de colaboración a las instituciones educativas, la creatividad y el emprendimiento de los jóvenes de la ciudad a través de concursos y cátedras para promover la participación en proyectos tecnológicos que continúen aportando en el desarrollo de la comunidad. Además, diferentes programas de participación para incluir a los niños y generar interés en procesos tecnológicos y de innovación.

Innovación: Aspecto relevante que aporta de manera significativa en el desarrollo sostenible y productivo de la comunidad. En este se presenta información sobre los proyectos de innovación que adelanta la gobernación en conjunto con instituciones educativas o gubernamentales de la Comunidad Valenciana a nivel político, social, educativo, etc., evidenciando problemáticas en cada uno y solucionando desde el ámbito innovador, proporcionando recursos o alternativas para la mejora en dichos ámbitos de la ciudad.

Dato abierto: Con este aspecto se busca promover la participación ciudadana, al permitir visualizar información de manera clara, con el fin de encontrar posibles soluciones a situaciones de complejidad desde el punto de vista de la ciudadanía desde su cotidianidad y cercanía.

Desarrollo económico: Espacio que fomenta la participación ciudadana en aspectos económicos, con el fin de brindar soluciones que permitan el crecimiento de la ciudad, desde el punto de vista emprendedor, empleabilidad, industria, entre otros.

Cultura: La base de las Smart City parte de la cultura ciudadana. La tecnología implementada es intuitiva para el acceso de cualquier usuario. Así mismo, esta sección brinda información sobre eventos, actividades, museos y en general la agenda de la ciudad, permitiendo visualizar respectivas estadísticas e históricos.

Modernización: Se brinda información acerca de los proyectos que se adelantan con relación a los servicios públicos prestados por el ayuntamiento.

Turismo: Brinda información de acuerdo con la geolocalización a cerca de planes y rutas turísticas, además cuenta con el enlace de la página oficial de turismo de la ciudad de Alcoy.

Infraestructura: En cuanto al aspecto de infraestructura brinda información sobre línea verde, zonas wifi y el estado de las obras en vía pública que se encuentre en marcha. Además, permite de manera interactiva manifestar al ayuntamiento las incidencias en el espacio público.

Movilidad: En cuanto a movilidad se puede visualizar la situación del tráfico, rutas y buses urbanos, puntos de parqueo, entre otros.

Con lo anterior, permite a la comunidad estar informados en tiempo real acerca de las diversas áreas y proyectos que maneja la gobernación, además, mantener una interacción y participación ciudadana para el buen manejo de los recursos.

La comunidad puede acceder a los diferentes programas de capacitación para beneficio y desarrollo de la ciudad y sus habitantes, desde los más jóvenes hasta los adultos mayores, buscando eficiencia en las respuestas hacia y para los ciudadanos.



Ilustración 5: Alcoy Smart City. Fuente imagen: Ayuntamiento de Alcoy.

Actualmente y debido a la pandemia del Covid-19 el ayuntamiento ha implementado una solución con la Smart City para contrarrestar los efectos que ha traído consigo. El gobierno municipal ha adquirido un sistema de gestión integral de control de temperatura corporal, control de aforo, seguridad, lectura de matrículas, recuento de personas y ciclistas, especialmente importante en unos momentos como los actuales. Este sistema de gestión cuenta con la implementación de 160 cámaras distribuidas por la ciudad, además cuenta con cámaras termográficas que se colocan en diferentes instalaciones municipales como la entrada en el Ayuntamiento de Alcoy, el Ivam Cada Alcoy, la oficina de Turismo, entre otros (elperiodic.com, 2020).

Para gestionar todos estos proyectos Smart, la ciudad ha creado una «Smart Office», un órgano abierto para coordinar e impulsar de forma transversal todas las acciones relacionadas con el fin de que Alcoy se consolide como ciudad inteligente. En este órgano participan técnicos, políticos, universidad y otros centros educativos representantes del tejido económico y social, empresas locales u otras administraciones. También hay que recordar que Alcoy es, con solo dos ciudades españolas más, parte de la red europea de ciudades dentro del proyecto «Digital Cities Challenge», después de realizar este programa de la Comisión Europea, donde Alcoy ha aplicado la tecnología para retener talento cualificado, crear nuevos puestos de trabajo en el mundo digital e impulsar el emprendimiento (Technologies, 2020).

3.2 Alcoy Smart City en Movilidad

Teniendo en cuenta la finalidad del presente trabajo, se hace especial énfasis en la aplicación de movilidad en la Smart City. Dentro de esta, se pueden encontrar diversas funcionalidades que muestran en tiempo real la situación sobre tráfico en cada uno de los accesos, velocidades, transporte urbano, ciclovías, puntos de recargas de los coches eléctricos, entre otros.

Los aspectos que incluye el área de movilidad en la Smart City son:

Información del tráfico en los accesos: Además de visualizar el tráfico en cada acceso a la ciudad, Ilustración 6, las velocidades y cantidades de vehículos que ingresan o salen, se puede visualizar un histórico de información sobre el comportamiento del tráfico en los últimos años, meses o días, según el requerimiento establecido en la web, la calidad del aire en cada zona de la ciudad, las recargas de ECARS y el estado de los pozos de agua de Alcoy. Sin embargo, esta información no evidencia comportamientos futuros en la movilidad con ayuda de los históricos, por lo que no es posible predecir el comportamiento futuro en fechas específicas.

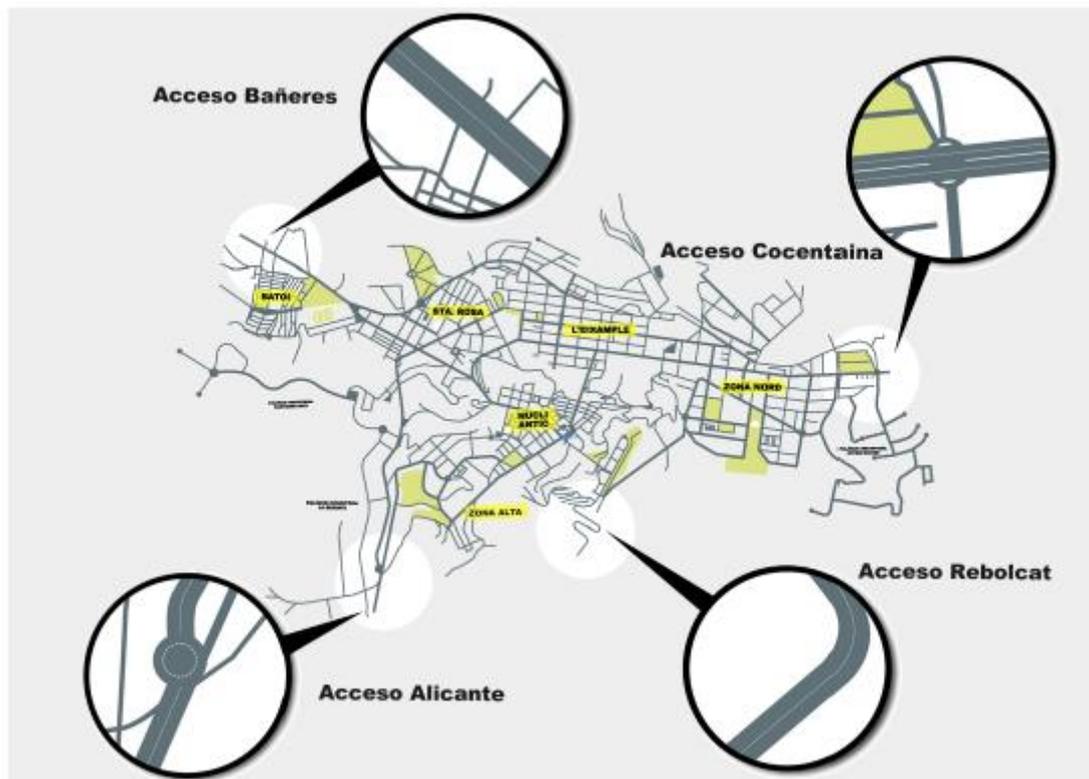


Ilustración 6: Accesos a la ciudad de Alcoy. Fuente: Smart City Alcoy

En cuanto a la calidad del aire, Ilustración 7, se evidencian los datos en tiempo real, clasificada en tres niveles, bueno, moderado y malo, de acuerdo con la normativa RD102/2011 y la Ley 39/2017. De esta manera se genera un mapa de la ciudad en el que se encuentra dicha información por cada zona.



Ilustración 7: Calidad del aire. Fuente: Smart City Alcoi.

Transporte urbano y bonos: Este aspecto permite visualizar la cantidad de bonos emitidos a pensionados, en paro y estudiantes, Ilustración 8, validando también datos estadísticos sobre el uso del transporte público. En este espacio se puede evidenciar información de manera histórica y conocer la movilidad interna de Alcoi en fechas específicas a partir del 2015.

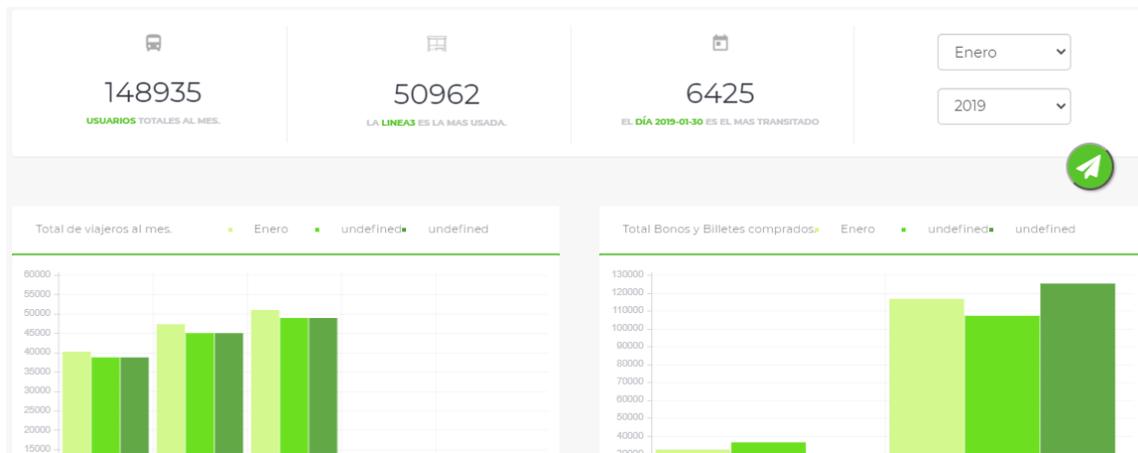


Ilustración 8: Indicadores del transporte urbano. Fuente: Alcoi Smart City.

APP Web rutas saludables: Aplicación que busca informar a la comunidad sobre las diversas rutas alternas que pueden tomar para evitar el uso de transporte público o privado, Ilustración 9. Evidencia rutas para peatones y ciclistas promoviendo el aprovechamiento de la vista en la ciudad y la ecología teniendo en cuenta las condiciones climáticas y de aire evaluadas con los diferentes sensores. Dichos sensores permiten informar sobre las rutas con mayor sombra, menor ruido, menor cantidad de alérgenos, entre otros, brindando alternativas para las condiciones requeridas por las personas que deseen acceder a este tipo de movilidad interna.

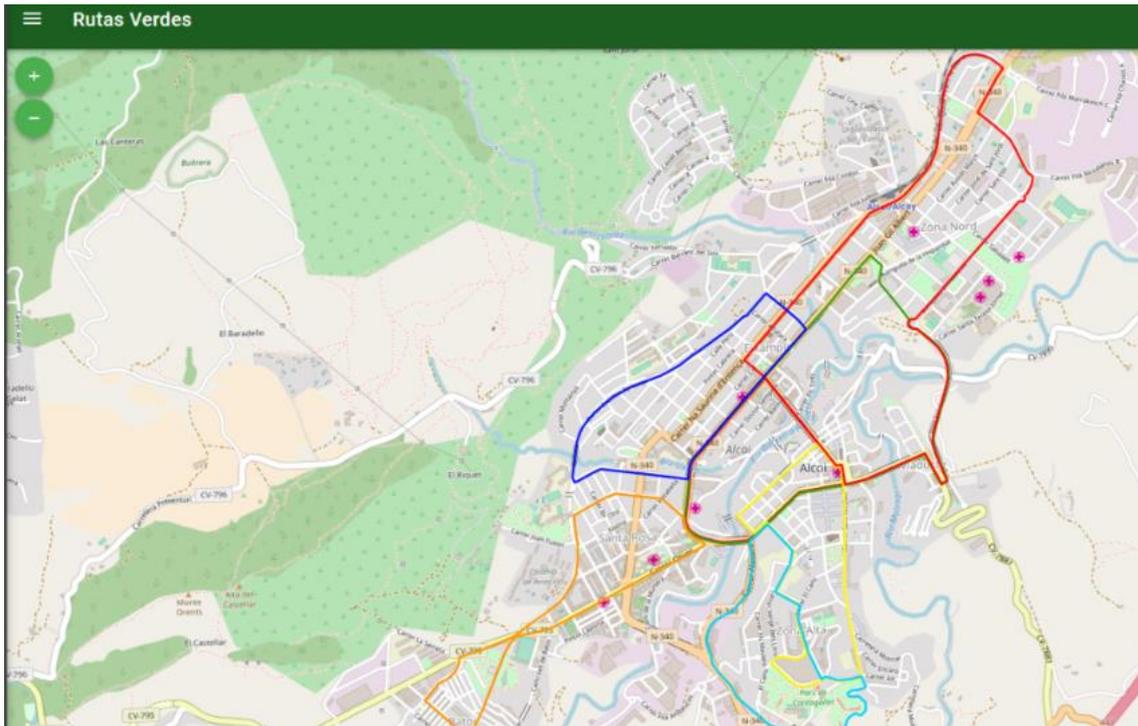


Ilustración 9: Rutas saludables. Fuente: Smart City Alcoi.

Puntos de recarga coches eléctricos: Alcoi contribuye con la conservación del medio ambiente con 8 puntos de recarga eléctrica para los coches, Ilustración 10. Servicio proveniente de Fenie Energía. Los puntos se encuentran ubicados en diferentes zonas de la ciudad para la comodidad de los usuarios. Este espacio permite identificar el más cercano, de acuerdo con la ubicación geográfica o la APP directa de dicha empresa.

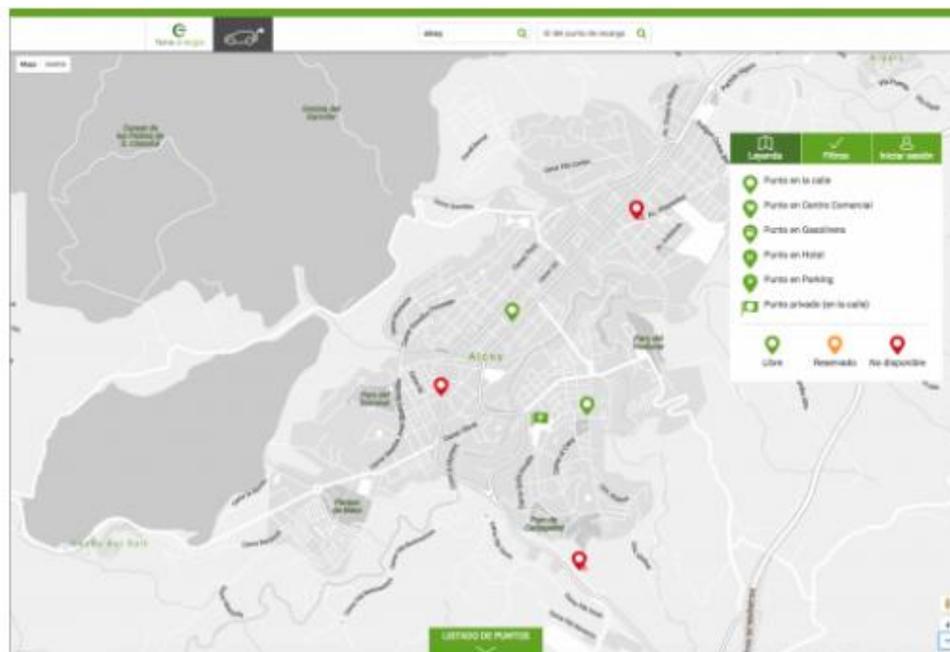


Ilustración 10: Mapa de puntos de recarga. Fuente: Smart City Alcoi.

3.3 Información sobre Transporte

En la Ilustración 11, se puede observar cómo ha ido evolucionando para cada tipo de vehículo y año el número de vehículos en el ayuntamiento de Alcoy (Alicante, 2020).

TIPO	2003 *	2004 *	2005 *	2006 *	2007 *	2008 *	2009 *	2010 *	2011 *	2012 *	2013 *	2014 *	2015 *	2016 *
Total	34.399	35.308	35.989	36.542	38.177	38.401	38.194	38.253	38.095	37.817	37.169	36.924	37.258	37.535
Turismos	26.310	26.934	27.185	27.324	28.265	28.407	28.276	28.348	28.211	28.036	27.567	27.271	27.451	27.974
Motos	2.494	2.583	2.860	3.170	3.587	3.755	3.860	3.946	4.037	4.085	4.110	4.158	4.259	4.308
Furgonetas - Camiones	4.884	5.040	5.148	5.182	5.375	5.318	5.167	5.071	4.939	4.844	4.653	4.495	4.380	4.332
Autobuses	56	55	61	62	63	63	65	61	60	58	58	56	55	54
Tractores	161	160	150	151	171	168	159	164	181	159	158	173	203	177
Otros	494	536	585	653	716	690	667	663	667	635	188	771	910	690

Ilustración 11: Parque de vehículos. Fuente: Diputación de Alicante adaptada al presente trabajo.

Ficha técnica:

Mes de diciembre tomado como referencia.

Fecha de consulta: 30/10/2018

Fuente: Dirección General de Tráfico.

* Hay vehículos para los que no consta en el municipio. En la provincia de Alicante:

3.4 Conclusiones

- Smart City Alcoy permite conocer en tiempo real datos en varios de los aspectos que componen la ciudad, permitiendo a la comunidad conocer con detalle cada aspecto, con el fin de buscar la participación ciudadana.
- Las aplicaciones con información real permiten a la comunidad en general conocer en tiempo real información relevante como el tráfico, calidad del aire, la movilidad, rutas, entre otros, facilitando y mejorando la calidad de vida.
- La Smart City garantiza seguridad en la información recolectada, sin embargo, es de aclarar que los datos específicos pueden brindar información relevante para soluciones más complejas, por ejemplo, determinar el destino final de los vehículos que ingresan y salen de la ciudad de Alcoy, validando aspectos como empleabilidad, industria, entre otros.

Capítulo IV Metodología propuesta

En el presente apartado se detalla los diferentes accesos o puntos de recogida de datos y que posteriormente servirán para los diferentes análisis de la información que se pretenda realizar. Es conveniente mencionar que los registros de los datos obtenidos comprenden el periodo de julio del 2017 hasta diciembre del 2019.

4.1 Recolección y Análisis de Datos

La calidad de la recolección de datos que se obtenga de los diferentes dispositivos electrónicos que el ayuntamiento de Alcoy ha instalado en sus diferentes entradas y salidas a la ciudad será un factor determinante en el análisis de los datos y la interpretación a los resultados, a continuación, se detalla la toma de los registros de los datos.

4.1.1 Toma de registros de acercamientos y alejamiento en Alcoy

En lo concerniente a las cámaras para la toma de acercamientos y alejamientos para los accesos a la ciudad se puede ver en la Ilustración 12, y son los que a continuación se mencionan:

- Acceso Revolcat.
- Acceso Alicante.
- Acceso Batoi.
- Acceso Valencia.

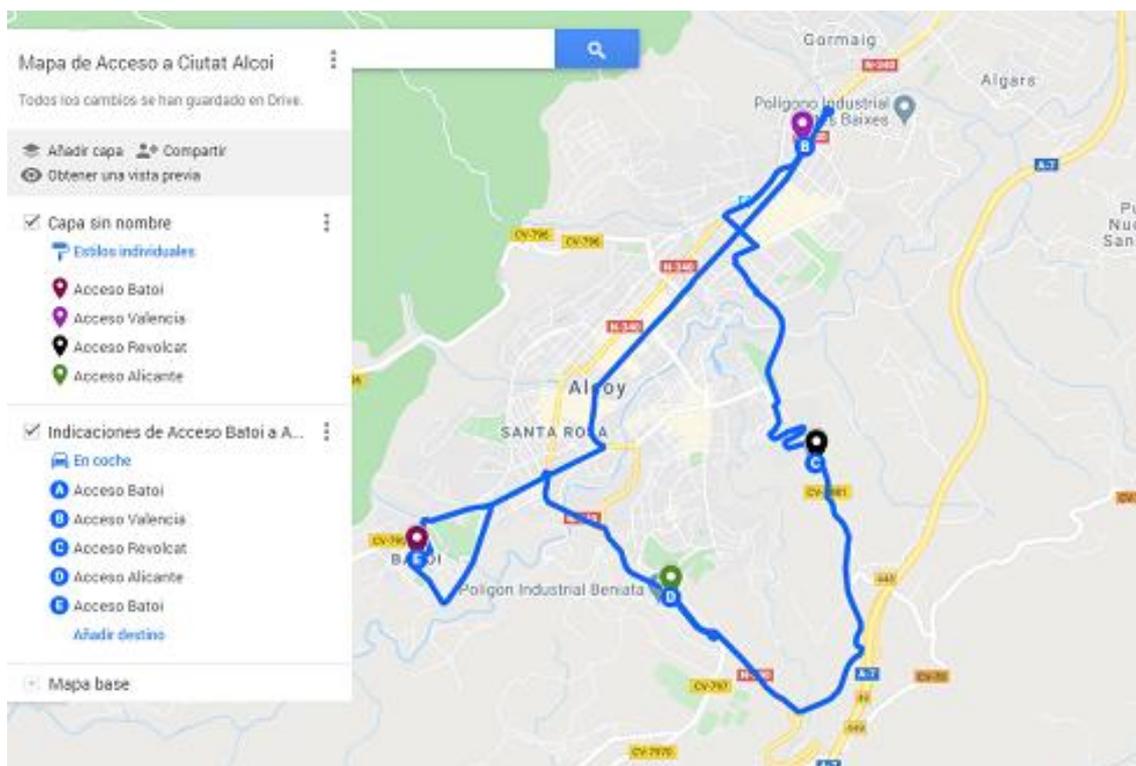


Ilustración 12: Mapa de Alcoy y puntos de recogida de datos. Fuente: Google maps.

Los accesos de Batoi, el Revolcat y Alicante sólo tienen una cámara, la cual controla las salidas como las entradas en ambos sentidos de la circulación. Mientras que el acceso de Valencia tiene una cámara por sentido (Pascual, 2019).

Es preciso mencionar ciertos aspectos a tener en cuenta respecto a la disposición de las cámaras y que 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 la Ilustración 13 e Ilustración 14, se pueden ver las zonas de control donde se captan los datos en verde, y las zonas donde potencialmente se pierden registros en rojo.



Ilustración 13: Avenidas de acceso Valencia, Fuente: (Pascual, 2019).



Ilustración 14: Zona acceso Banyeres. Fuente: (Pascual, 2019).

Las imágenes que se muestra a continuación (Ilustración 15, Ilustración 16, Ilustración 17, Ilustración 18) muestran un vistazo a pie de calle del estado y ubicación de las cámaras.



Ilustración 15: Cámara de acceso a Alicante. Fuente: (Pascual, 2019).

En la Ilustración 15, se muestra que la cámara está instalada en el semáforo situado en la rotonda y controla los carriles de entrada y salida.



Ilustración 16: Cámara de acceso a Batoi. Fuente: (Pascual, 2019).

En la Ilustración 16, se puede ver claramente que la cámara está situada en la farola y controla los dos carriles.



Ilustración 17: Cámara de acceso a Revolcat. Fuente: (Pascual, 2019).

En la Ilustración 17, la cámara está instalada en la farola de la esquina y controla ambos carriles.



Ilustración 18: Cámara de acceso a Valencia. Fuente: (Pascual, 2019).

En la Ilustración 18, 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.

4.2 Metodología

La metodología planteada para el siguiente trabajo tiene la siguiente estructura:

- **Objetivos:** Se mencionan los objetivos que se quieren alcanzar en el presente trabajo.
- **Marco teórico:** Se referencia información relevante bibliográfica del tema del presente proyecto de fin de máster, así como, investigaciones reciente publicadas en web of science sobre smart city.
- **Recogida de datos:** La recogida de datos es a través de la descarga de la página web Open Data Portal de datos abiertos de Alcoy (<https://opendata.alcoi.org/data/ca/dataset/entradas-salidas>), la extensión de los archivos están en “csv” y “json”, se opta por archivo “csv” del periodo de julio 2017 a diciembre 2019.
- **Análisis:** El análisis de los registros obtenidos de la página web del ayuntamiento son previamente partidos y transformados a extensión “xls” para ser procesados en tablas dinámicas y obtener los resúmenes, y a su vez, este resumen se procesa en R commander para obtener los estadísticos.
- **Resultados:** El resumen de la tabla dinámica se ingresa al programa estadístico de R Commander para para el análisis de la información de variables univariantes, análisis de variables bivalente y análisis multivariante.
- **Herramienta de diagnóstico:** Esta parte del trabajo comprende el desarrollo de la herramienta en Excel en una presentación dinámica en esquema Dashboard, esto con la finalidad de proporcionar al usuario una mayor comprensión de indicadores y toma de decisiones para medidas de ser el caso, y de igual modo, se propone algunos modelos de pronósticos.

4.3 Conclusión

- Las cámaras y sus dispositivos de sensores instalados en los accesos y salidas en la ciudad de Alcoy, ha permitido ir almacenando información de registros de diversos conductores, sin embargo, la cantidad instalada no es suficiente sería adecuado instalar cámaras para que registre en otros ángulos, además, si consideramos que parte de los registros se puede perder en caso de averías de estos dispositivos, estas cámaras adicionales servirían como cámaras gemelas.

Capítulo V Resultados

Los registros de la base de datos descargados del opendata del ayuntamiento de Alcoy sobre las entradas y salidas de la ciudad, transformadas, procesadas y acondicionada a las necesidades del presente trabajo, ha servido como base de datos de entrada en la aplicación del software estadístico Rcommander, y como salida de la ejecución de software se obtienen resultados de las variables analizadas.

5.1 Proceso de Obtención de Datos y Descripción de Variables

El proceso de obtención de datos se tiene como partida la descarga de archivos en extensión csv del open data de los años 2017, 2018 y 2019 de la página web (<https://opendata.alcoi.org/data/ca/dataset/entradas-salidas>) del ayuntamiento de Alcoy, y la base de datos ha pasado por el siguiente proceso:

5.1.1 Obtención de datos

Partición: en esta parte los archivos en extensión csv del año 2017 con 6.445.720 filas (498 MB) se partió en 22 archivos en Excel de aproximadamente 10 MB, la del año 2018 con 15.993.386 filas (1.234 MB) se partió en 50 archivos de Excel en de aproximadamente 12 MB, y finalmente, la información del año 2019 con 9.836.538 filas (665MB) se partió en 52 archivos de Excel de aproximadamente 7 MB.

Transformación: los registros del archivo de Excel partido tienen formato texto, para su procesamiento, a los registros se les transforma de las variables fecha y hora a registros numéricos.

hora	velocitat	entrada	direccio	fecha
00:02:13	48	AF_Acceso_Revolcat	Acercamiento	2019-02-12 00:02:13
00:03:43	82	AF_Salida_Cocentaina	Alejamiento	2019-02-12 00:03:43
00:05:06	48	AF_Acceso_Banyeres	Acercamiento	2019-02-12 00:05:06
00:06:11	66	AF_Salida_Cocentaina	Alejamiento	2019-02-12 00:06:11
00:06:22	45	AF_Acceso_Banyeres	Acercamiento	2019-02-12 00:06:22
00:06:40	33	AF_Entrada_Cocentaina	Acercamiento	2019-02-12 00:06:40

Ilustración 19: Base de datos con registros sin transformar.

En la Ilustración 19, muestra la base de datos sin transformación, y en la Tabla 2, se muestra los códigos de las fórmulas utilizadas para la transformación.

Tabla 2: Variables transformadas. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Código
Hora	=+B2*1
Fecha primera transformación	=VALOR.NUMERO(G2)
Fecha segunda transformación	=TEXTO(IZQUIERDA(H2;12);"DD/MM/AA")*1

fecha	dhora	hora	velocitat	entrada	direccio
12/02/2019	00:02:13	0:02:13	48	AF_Acceso_Revocat	Acercamiento
12/02/2019	00:03:43	0:03:43	82	AF_Salida_Cocentaina	Alejamiento
12/02/2019	00:05:06	0:05:06	48	AF_Acceso_Banyeres	Acercamiento
12/02/2019	00:06:11	0:06:11	66	AF_Salida_Cocentaina	Alejamiento
12/02/2019	00:06:22	0:06:22	45	AF_Acceso_Banyeres	Acercamiento
12/02/2019	00:06:40	0:06:40	33	AF_Entrada_Cocentaina	Acercamiento
12/02/2019	00:06:58	0:06:58	79	AF_Entrada_Cocentaina	Acercamiento
12/02/2019	00:07:53	0:07:53	24	AF_Entrada_Cocentaina	Acercamiento

Ilustración 20: Base de datos con registros transformados.

En la Ilustración 20, se muestra el resultado final de la base de datos transformada para luego ser procesada.

Creación: en esta parte se procede a crear variables secundarias que tienen como origen los registros de la base de datos.

Variable Tramo. Como se puede ver, en la Tabla 3, se muestra los criterios que se han tomado cuenta para la asignación de tramos en función de una franja horaria.

Tabla 3: Rangos de la variable tramo.

TRAMO_1A	06:00:00	TRAMO_4B	21:00:00
TRAMO_1B	10:00:00	TRAMO_5A	21:00:01
TRAMO_2A	10:00:01	TRAMO_5B	23:59:59
TRAMO_2B	14:00:00	TRAMO_6A	00:00:00
TRAMO_3A	14:00:01	TRAMO_6B	01:00:00
TRAMO_3B	17:00:00	TRAMO_7A	01:00:01
TRAMO_4A	17:00:01	TRAMO_7B	05:59:59

Para obtener el tramo al que corresponde la franja horaria, la función de Excel toma el valor de la columna C2=hora, y el código utilizado en el proceso para obtener el resultado es el que a continuación se muestra:

```

=+SI(Y(C2>=TRAMO_1A;C2<=TRAMO_1B);"TRAMO 6-10";SI(Y(C2>=TRAMO_2A;C2<=TRAMO_2B);"TRAMO 10-14";SI(Y(C2>=TRAMO_3A;C2<=TRAMO_3B);"TRAMO 14-17";SI(Y(C2>=TRAMO_4A;C2<=TRAMO_4B);"TRAMO 17-21";SI(Y(C2>=TRAMO_5A;C2<=TRAMO_5B);"TRAMO 21-24";SI(Y(C2>=TRAMO_6A;C2<=TRAMO_6B);"TRAMO 0-1";SI(Y(C2>=TRAMO_7A;C2<=TRAMO_7B);"TRAMO 01-06";"Problema"))))))))
  
```

Otras variables. En la Tabla 4, se muestran las variables creadas y el código en Excel utilizado.

Tabla 4: Código de las variables.

Variable	Código
Mes	=+NOMPROPIO(TEXT0(A2;"mmm"))
Día	=+NOMPROPIO(TEXT0(A2;"ddd"))
Tipo de día	=SI(O(I2="Sábado";I2="Domingo");"Fin de semana";"Día de semana")
Festivo	=SI.ERROR(BUSCARV(A2;TABLA;3;0);"Día no festivo")
Parámetro de velocidad	=SI(D2<=120;"Velocitat acceptable";"Velocitat NO Aceptable")

Asimismo, para crear la variable "Festivo" la fórmula busca el valor en la tabla "TABLA" y dará como resultado el festivo o caso contrario no festivo, en la Tabla 5, se muestra las fechas y sus respectivos festivos, esta tabla se elaborado también para los años 2019, 2018 y 2017.

Tabla 5: Tabla de festivos nacional, comunitat valenciana y ayuntamiento de Alcoy año 2019

Fecha	Tipo	Festivo
01/01/2019	España	Año nuevo
06/01/2019	España	Epifanía del Señor o día de Reyes
19/04/2019	España	Viernes Santo
01/05/2019	España	Día del Trabajo
15/08/2019	España	Asunción de la Virgen
12/10/2019	España	Fiesta Nacional de España o día de la Hispanidad
01/11/2019	España	Todos Santos
06/12/2019	España	Día de la Constitución
18/04/2019	España	Inmaculada Concepción
25/12/2019	España	Natividad del Señor o Navidad
19/03/2019	C. Valenciana	Día de San José
22/04/2019	C. Valenciana	Lunes de Pascua
09/10/2019	C. Valenciana	Día de la Comunitat Valenciana
22/01/2019	Valencia	San Vicente Mártir.
29/04/2019	Valencia	San Vicente Ferrer
05/03/2019	Castelló	Fiestas de la Magdalena
29/06/2019	Castelló	San Pedro
05/05/2019	Alicante	Santa Faz
24/06/2019	Alicante	Fogueres de Sant Joan
04/05/2019	Alcoy	Fiesta local de Alcoy
05/05/2019	Alcoy	Fiesta local de Alcoy
06/05/2019	Alcoy	Fiesta local de Alcoy

En la Ilustración 21, se muestra el resultado de los registros de la base de datos con sus nuevas variables.

TRAMO HORARIO	Mes	Día	Tipo de día	Festivo	Parámetro
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable
TRAMO 0-1	Febrero	Martes	Día de semana	Día no festivo	Velocitat acceptable

Ilustración 21: Base de datos con las nuevas variables.

Selección: esta parte consiste en procesar cada archivo de Excel partido, para transformar la base de datos con registros nativos a otro resumido con el uso de tabla dinámica, el resultado de dicha selección se muestra en la Tabla 6. En la columna RTD, muestra el total de registros obtenidos por cada año al aplicar la tabla dinámica. En la columna %RTD&BD, es la cantidad de datos obtenidos con respecto al número de registros de la base de datos expresada en porcentaje. En la columna filtros, son los registros obtenidos al aplicar filtros para limpiar datos atípicos, y finalmente, en la columna % F&RTD, es la cantidad de datos después del filtro y los registros obtenidos de los resúmenes de las tablas dinámicas para cada año y expresado en porcentaje.

Tabla 6: Tabla resumen de base de datos.

Año	Base de datos	RTD	% RTB&BD	Filtro	% F&RTD
2017	6.445.720	115.258	1,79%	97.970	85%
2018	15.993.386	239.140	1,50%	200.590	84%
2019	9.836.538	203.918	2,07%	166.000	81%
Total de Registros	32.275.644	558.316	1,73%	464.560	83%

5.1.2 Descripción de variables

En el presente apartado se procede a realizar una descripción de las variables que serán analizadas.

Tramo horario: el registro hora de la base de datos de las entradas y salidas a la ciudad de Alcoy se le ha clasificado en tramo según criterio establecido en la Tabla 3, esto con la finalidad de transformar en variable cualitativa categórica.

Festivo: el registro fecha de la base de datos de las entradas y salidas a la ciudad de Alcoy, se ha comparado con los festivos del calendario anual para cada año, en la Tabla 5, se muestra los

festivos del año 2019, y para otros años la base de datos ha realizado la consulta para festivos de otros años, asimismo, esta es una variable categórica.

Año: variable ordinal que se obtienen de la base de datos, mediante fórmula de Excel se transforma de dato numérico fecha a dato tipo texto por año.

Mes: variable ordinal que se obtienen de la base de datos, mediante fórmula de Excel se transforma de dato mes tipo texto.

Día de la semana: variable ordinal que se obtienen de la base de datos, mediante fórmula de Excel se transforma si la variable es día de la semana o fin de semana.

Entrada: variable ordinal que representa las entradas y salidas de la ciudad de Alcoy.

Dirección: variable ordinal que representación el acercamiento (ingreso a la ciudad) y alejamiento (salida de la ciudad) de las diferentes entradas y salidas de la ciudad de Alcoy.

Cuenta de automóviles: variable cuantitativa de tipo discreta representa el número de coches que ingresa y salen de la ciudad de Alcoy, distribuido en tramos horarios.

Promedio Velocidad: variable cuantitativa de tipo continua representa el promedio de la velocidad de los coches que ingresan y salen de la ciudad de Alcoy, distribuido en tramos horarios.

5.2 Análisis Univariante

En este apartado se extraen perfiles partiendo de los resúmenes estadísticos obtenidos del resumen de la base de datos y en función de los resultados que se obtengan se podrá determinar a priori algunas conclusiones, ahora bien, se procede a analizar la siguiente variable:

Cuenta de Automóviles: esta es una variable cuantitativa discreta, en la Tabla 7, se muestra el resumen estadístico, y se puede mencionar que el promedio del número de coches es de 695. Tiene una alta variabilidad con respecto al promedio debido a que la desviación estándar es mayor al promedio. Lo mismo se puede decir del coeficiente de simetría (skewness) es mayor a 1 por lo que la distribución es extremadamente sesgada. Esto se puede comprobar en la Ilustración 22, la mayor concentración de valores está al lado izquierdo de la gráfica.

Tabla 7: Resumen estadístico

mean	695
sd	1.034,38
se(mean)	4,80
IQR	759,25
cv	1,49
skewness	3,53
kurtosis	21,68
0%	1
25%	46,75
50%	351
75%	806
100%	15.363
n	46.456

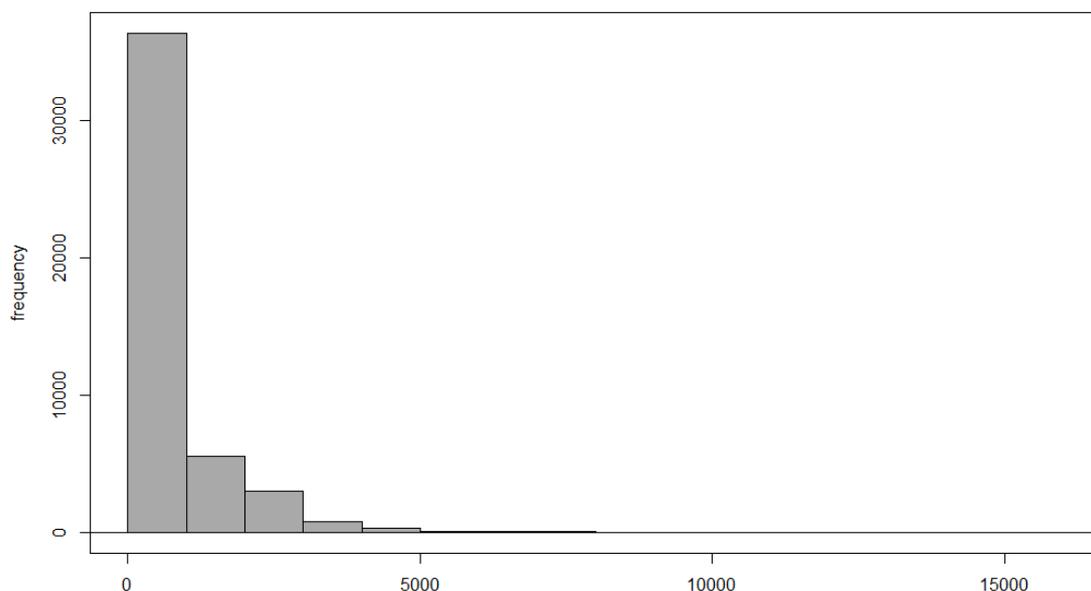


Ilustración 22: Histograma promedio cuenta de automóviles.

En la Ilustración 22, e, Ilustración 23, se muestra la gráfica y tabla de distribución por intervalos respectivamente, los datos se concentran en los 3 primeros intervalos del lado izquierdo.

(0,1000]	(1000,2000]	(2000,3000]	(3000,4000]	(4000,5000]	(5000,6000]	(6000,7000]	(7000,8000]
36.335	5.572	3.063	820	310	120	78	64
(8000,9000]	(9000,10000]	(10000,11000]	(11000,12000]	(12000,13000]	(13000,14000]	(14000,15000]	(15000,16000]
41	10	18	10	9	3	2	1

Ilustración 23: Histograma por intervalos del promedio cuenta de automóviles.

En la Ilustración 24, representa la forma de los datos, teniendo en cuenta la proximidad a la mediana y los rangos intercuartílicos que nos indicarán lo agrupados o disgregados que se encuentran los datos centrales. Se puede observar para la variable promedio cuenta de automóviles bastantes datos atípicos, esta gráfica se corrobora ya que presentan una desviación estándar muy alta en relación al valor de la media.

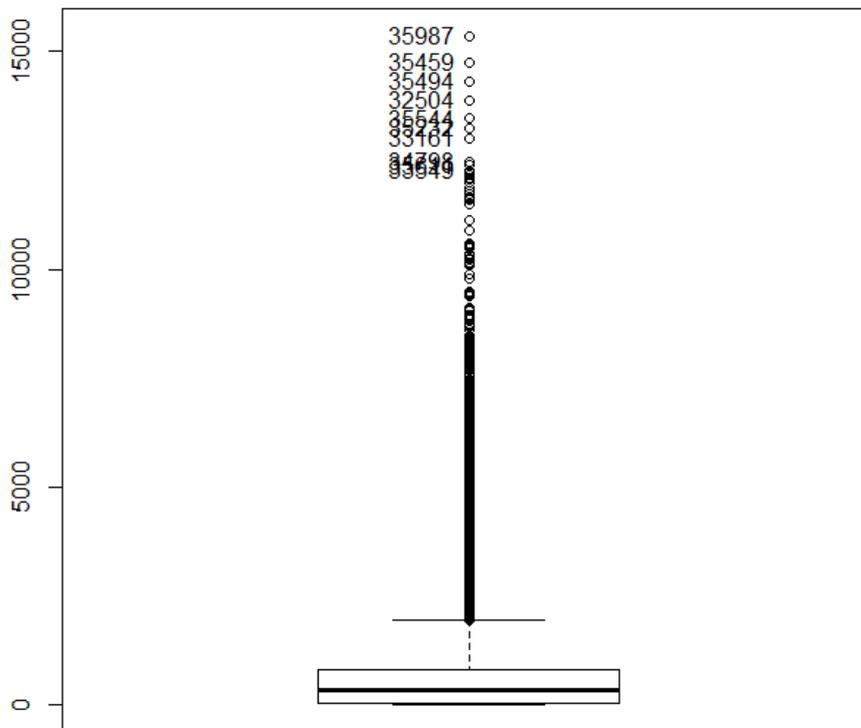


Ilustración 24: Gráfico de caja y bigote promedio cuenta de automóviles.

Test de normalidad: a la variable promedio cuenta velocidad se le va a comparar teniendo en cuenta dos hipótesis y para un nivel de significancia del 5%, para tal fin, se hace uso de Rcommander el test de normalidad Anderson-Darling.

H_0 : Los datos siguen una distribución Normal

H_1 : Los datos no siguen una distribución Normal

$$p\text{-valor} = 2,2e-16$$

Como p-valor menor que α (0,05) valor de significancia, se rechaza la hipótesis nula H_0 , lo cual significa que la variable cuenta velocidad no sigue una distribución Normal.

Promedio velocidad: esta es una variable cuantitativa continua, en la Tabla 8, se muestra el resumen estadístico, y se puede mencionar que el promedio de velocidad en los coches es de 51,28 km/hora. Tiene una alta variabilidad con respecto al promedio debido a que la desviación estándar es alta 20,43. Con respecto, al coeficiente de simetría (skewness) para un valor de -0,22 se puede afirmar que la distribución es aproximadamente sesgada.

Tabla 8: Resumen estadístico

mean	51,28
sd	20,43
se(mean)	0,09
IQR	18,88
cv	0,40
skewness	-0,22
kurtosis	0,82
0%	0
25%	41,62
50%	52,11
75%	60,50
100%	119,50
n	46.456

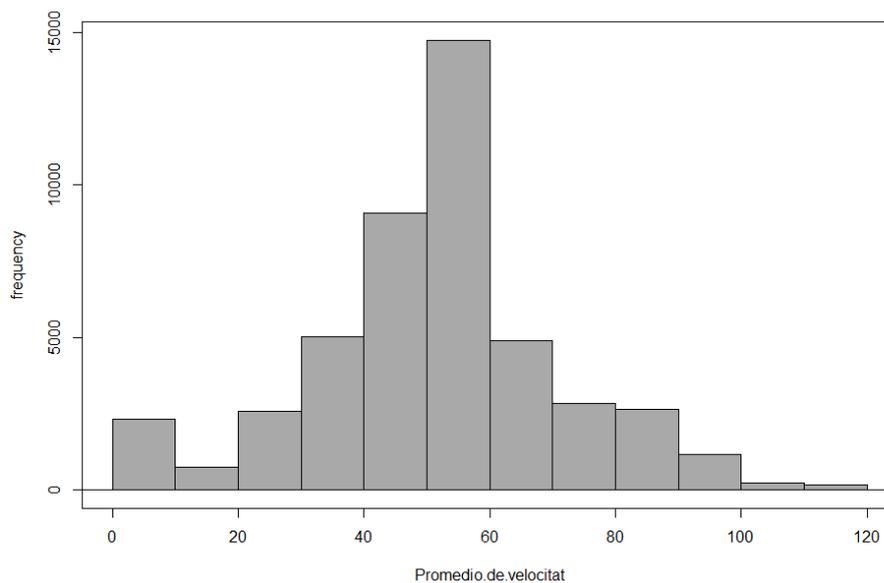


Ilustración 25: Histograma promedio de velocidad.

En la Ilustración 25, e, Ilustración 26, se tiene las barras y los valores de los intervalos, la distribución de los datos, tienen una forma casi de una distribución normal.

(0,10]	(10,20]	(20,30]	(30,40]	(40,50]	(50,60]
2.315	738	2.583	5.020	9.073	14.752
(60,70]	(70,80]	(80,90]	(90,100]	(100,110]	(110,120]
4.911	2.848	2.657	1.177	219	163

Ilustración 26: Histograma con tabla de rango promedio de velocidad.

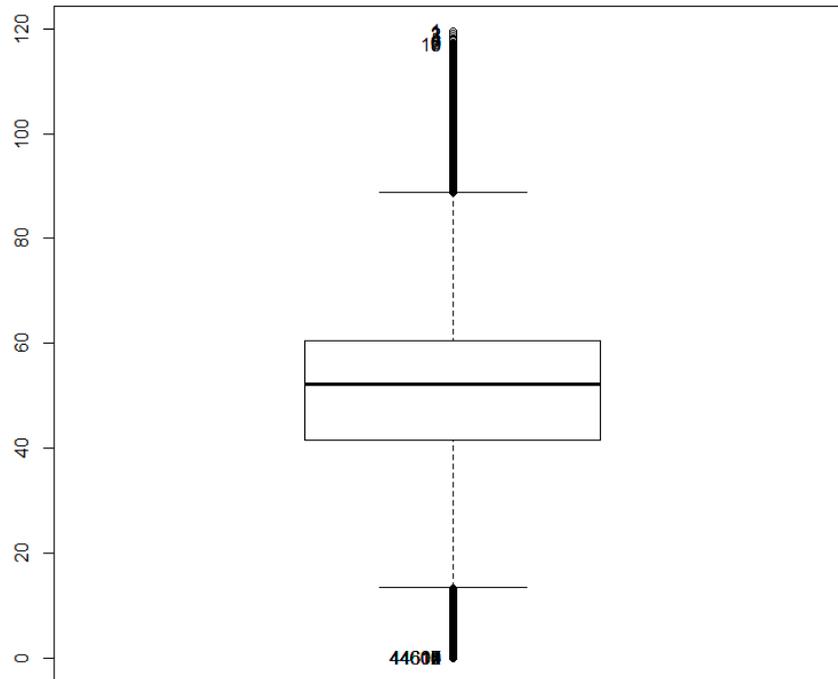


Ilustración 27: Grafico de caja y bigote promedio de velocidad.

En la Ilustración 27, representa la forma de los datos, teniendo en cuenta la proximidad a la mediana y los rangos intercuartílicos que nos indicarán lo agrupados o disgregados que se encuentran los datos centrales. Se puede observar para la variable promedio de velocidad bastantes datos atípicos, pero, en menor proporción si lo comparamos con la variable cuenta de automóviles.

Test de normalidad: a la variable promedio de velocidad se le va a comparar teniendo en cuenta dos hipótesis y para un nivel de significancia del 5%, para tal fin el test de normalidad Anderson-Darling.

H_0 : Los datos siguen una distribución Normal

H_1 : Los datos no siguen una distribución Normal

$$p\text{-valor} = 2,2e-16$$

Como p-valor menor que α (0,05) valor de significancia, se rechaza la hipótesis nula H_0 , lo cual significa que la variable cuenta velocidad no sigue una distribución Normal.

Acceso: esta es una variable cualitativa, en la Ilustración 28, se puede observar que en promedio los conductores acceden a la ciudad de Alcoy, mayormente, por los accesos de Banyeres y Revolcat, y menor proporción por la salida de Cocentaina, tal como, se muestra en la Tabla 9, que es un resumen de la frecuencia por cada acceso.

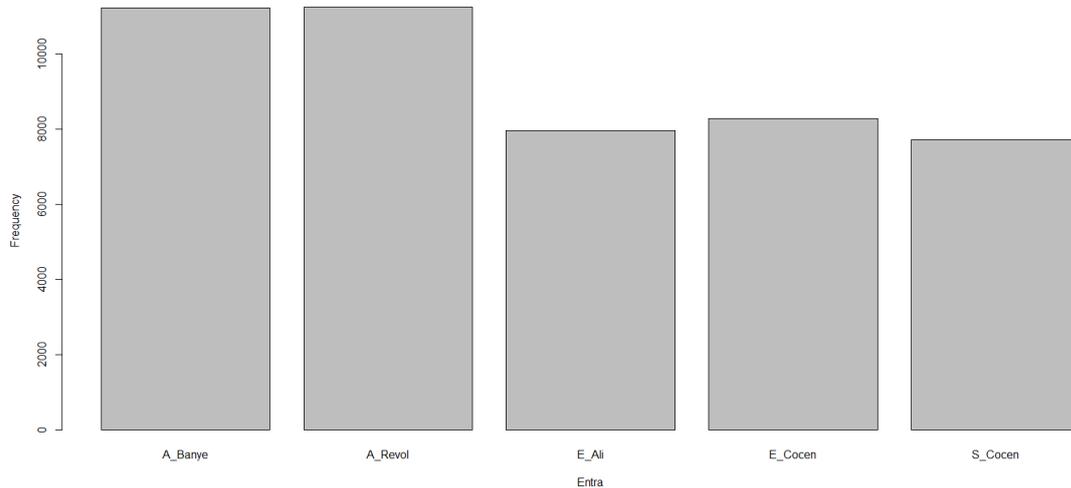


Ilustración 28: Gráfico de barra entradas de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tabla 9: Frecuencia de entradas de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Acceso	Frecuencia	Porcentaje
Acceso_Banyeres	11.217	24,15 %
Acceso_Revolcat	11.251	24,23 %
Entrada_Alicante	7.967	17,16 %
Entrada_Cocentaina	8.287	17,84 %
Salida_Cocentaina	7.719	16,62 %

Las variables cualitativas año, día, dirección, mes, tipo y tramo, se detallan en el Anexo I, del presente documento.

5.3 Análisis Bivariante

En esta sección procederemos a seguir trabajando con la misma base de datos con la que se trabajó en el análisis univariante, analizaremos el tipo de relación existente entre (i) variables cualitativas, (ii) variable cualitativa y variable cuantitativa, para finalmente analizar la relación entre, (iii) variables cuantitativas.

5.3.1 Análisis de variables cualitativas

Análisis de Tramos y Día de la semana: vamos a establecer la relación existente entre estas variables.

Test de independencia:

Se procede a realizar el Test de Independencia para las dos variables de las que se dispone: Tramos y Día de la semana.

Test de hipótesis:

H_0 : las dos variables son independientes

H_1 : las dos variables están relacionadas

Se observa que:

$$p\text{-valor} < 0,9828; X\text{-squared} = 20,423; df = 36$$

Al tener un p-valor mayor que α (0,05) se acepta la H_0 , lo cual significa que las variables cualitativas Tramos y Días de la semana son independientes.

Tabla de contingencia:

La tabla de contingencias de los porcentajes totales por fila se recoge los siguientes datos en la Tabla 10.

Tabla 10: Tabla de contingencia Tramos y Día de la semana.

Tramo	Dom	Jue	Lun	Mar	Mier	Sab	Vie	Total
Tra_00-01	1,8%	1,7%	1,8%	1,7%	1,8%	1,8%	1,8%	12,3%
Tra_01-06	1,9%	1,8%	1,8%	1,9%	1,8%	1,9%	1,8%	12,9%
Tra_06-10	1,9%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,1%	2,2%	15,1%
Tra_10-14	2,1%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	15,7%
Tra_14-17	2,0%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	15,3%
Tra_17-21	2,1%	2,2%	2,2%	2,3%	2,2%	2,1%	2,2%	15,4%
Tra_21-24	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	13,3%
Total	13,6%	14,3%	14,5%	14,5%	14,4%	14,2%	14,5%	100,0%

El siguiente gráfico de barras, Ilustración 29, muestra complementa la tabla de contingencia de porcentajes por filas y facilita observar que los valores porcentuales de tramos por día semana tienen la misma proporción de datos, además, éstas no varían en función de los días de la semana

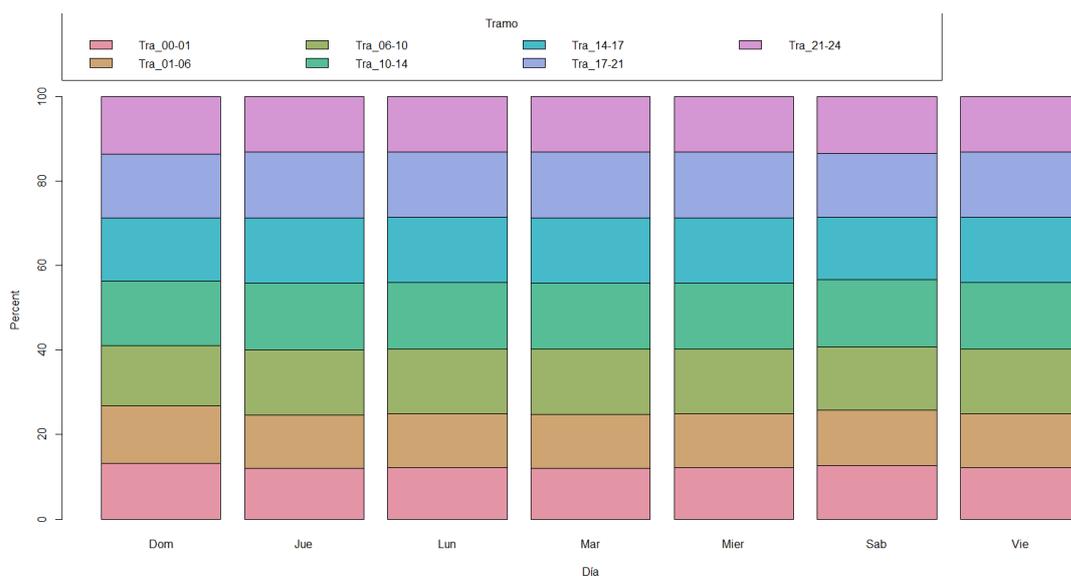


Ilustración 29: Gráfico de barras apiladas Tramo y Día de la semana en porcentaje por filas.

En la Ilustración 30, muestra otra forma gráfica de ver los resultados de la tabla de contingencia, en la que los pequeños cambios porcentuales son más visibles, los tramos de 00 a 01 horas, 01 a 06 horas y 21 a 24 horas tienen las barras más pequeñas en relación a los otros tramos.

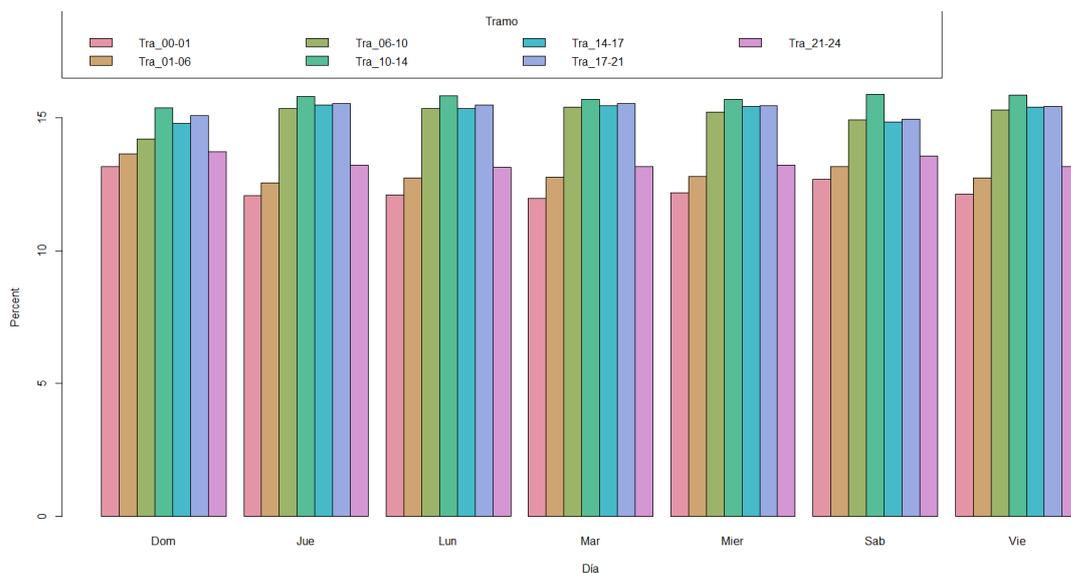


Ilustración 30: Gráfica de barras en paralelo Tramo y Día de la semana en porcentaje por filas.

Análisis de Entrada y Dirección: vamos a establecer la relación existente entre estas variables.

Test de independencia:

Se procede a realizar el Test de Independencia para las dos variables de las que se dispone: Entrada y Dirección.

Test de hipótesis:

H₀: las dos variables son independientes

H₁: las dos variables están relacionadas

Se observa que:

$$p\text{-valor} < 2.2e-16; X\text{-squared} = 2.350,9; df = 4$$

Al tener un p-valor menor que α (0,05) se rechaza la H_0 , lo cual significa que las variables cualitativas Entradas y Dirección están relacionada.

Tabla de contingencia:

La tabla de contingencias de los porcentajes totales por fila se recoge los siguientes datos en la Tabla 11.

Tabla 11: Tabla de contingencia Entrada y Dirección.

Acceso	Acer	Ale	Total
A_Banye	11,9%	12,3%	24,2%
A_Revol	12,1%	12,1%	24,2%
E_Ali	8,4%	8,7%	17,2%
E_Cocen	12,6%	5,2%	17,8%
S_Cocen	5,4%	11,2%	16,6%
Total	50,4%	49,6%	100,0%

El siguiente gráfico, Ilustración 31, de barras en paralelo muestra que el acercamiento y alejamiento en los accesos de Banyeres, Revolcat y Alicante es uniforme. Por el contrario, entrada y salida de Cocentaina es irregular, siendo mayor en el acercamiento entrada Cocentaina e inverso en la salida Cocentaina.

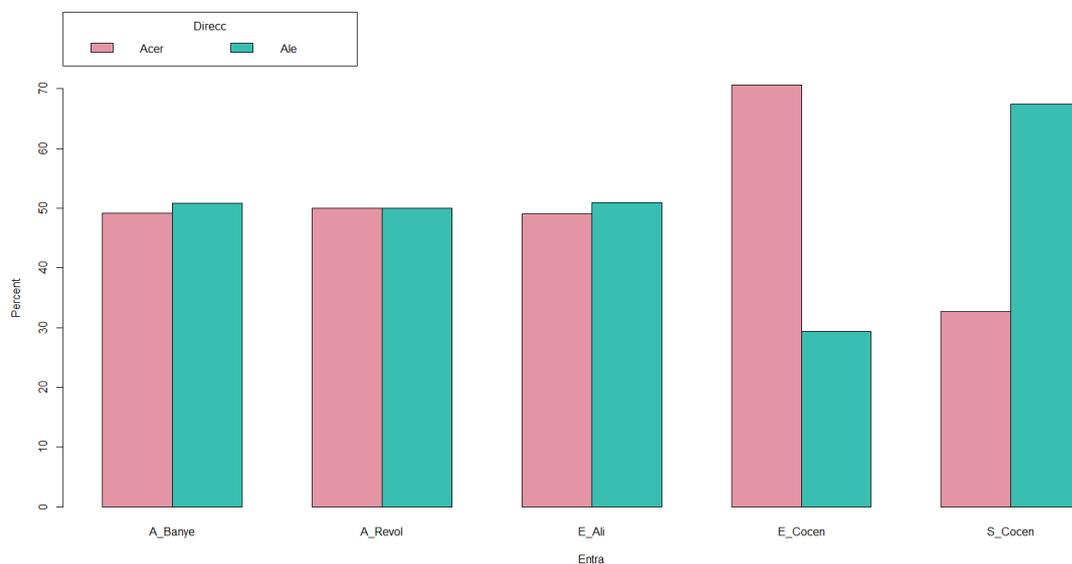


Ilustración 31: Gráfico de barras en paralelo Entrada y Dirección en porcentaje por filas.

5.3.2 Análisis de variable cualitativa y variable cuantitativa

En la parte del análisis univariante, se comprobó que las dos variables cuantitativas no siguen una distribución Normal, por lo que, en este caso se realizará directamente una prueba no paramétrica para comparar las medianas, concretamente, Test de Kruskal-Wallis.

Test no paramétricos – Test de Kruskal-Wallis

El Test de hipótesis en todos los casos que se presentan a continuación:

$H_0: M_1=M_2=M_3= \dots M_k$ (Todos los factores con la misma mediana).

$H_1: \neg(M_1=M_2=M_3= \dots M_k)$ (Existe algún factor con mediana diferente).

Para ello, se emplean las combinaciones de las variables cuantitativas Cuenta de automóviles y Promedio de velocidad con las variables cualitativas Dirección y Tramos.

Promedio de velocidad y Dirección:

En la Ilustración 32, muestra en la caja de bigotes el comportamiento de la variable promedio de velocidad con respecto a la variable cualitativa de alejamiento y acercamiento a la ciudad de Alcoy. El mismo gráfico muestra que en el acercamiento existe un número significativo de registros atípicos en relación al alejamiento. y se puede afirmar que las medianas en ambas cajas se acercan, pero no es la misma (acercamiento=50,25 y alejamiento=50,50). Asimismo, ambas cajas tienen diferentes valores en el primer y tercer cuartil.

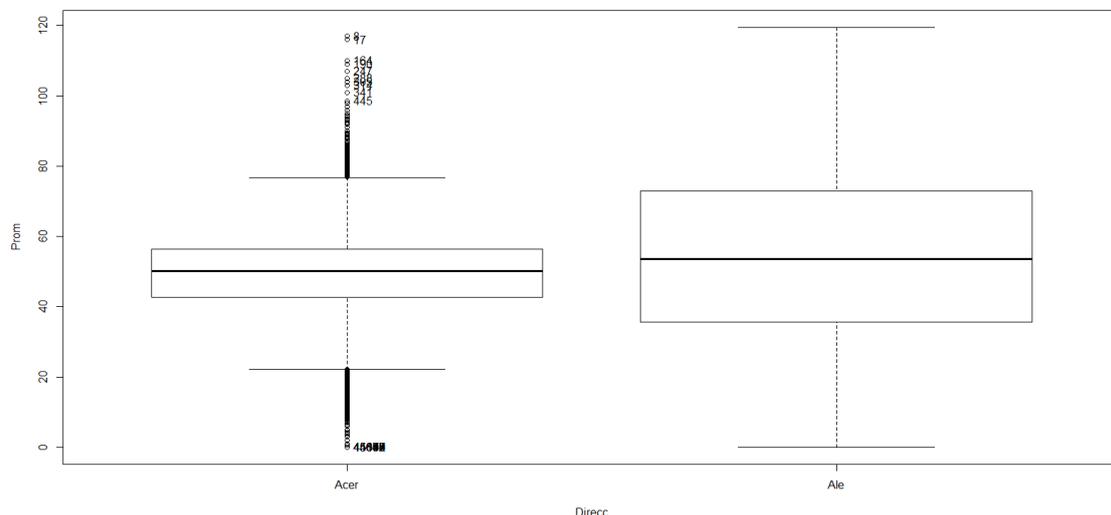


Ilustración 32: Gráfica de caja Promedio de velocidad y Dirección.

Para continuar, se aplica la hipótesis para el Test no paramétricos – Test de Kruskal-Wallis.

H_0 : Los factores de las medianas del promedio de velocidad son iguales para todas direcciones

H_1 : Existe algunas medianas del promedio de velocidad diferente para todas direcciones

Aplicando el test de Kruskal-Wallis, tenemos lo siguiente:

Kruskal-Wallis chi-squared = 1.113,9	df = 2	p-value < 2.2e-16
--------------------------------------	--------	-----------------------------

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula, las medianas no son iguales el valor de significancia es menor al 5%.

Cuenta de automóviles y tramos:

En la Ilustración 33, muestra que en cada tramo horario las cajas tienen valores atípicos por encima. Asimismo, las medianas en cada tramo son diferentes (tramo 00 a 01 horas=24; tramo 01 a 06 horas=71; tramo 06 a 10 horas=551; tramo 10 a 14 horas=680; tramo 14 a 17 horas=449; tramo 17 a 21 horas= 657; tramo 21 a 24 horas=181). Los tramos de 00 a 01 horas y 01 a 06 horas la caja es parecida a una línea, es decir, que los Q1, Q2 y Q3 tienen valores muy cercanos.

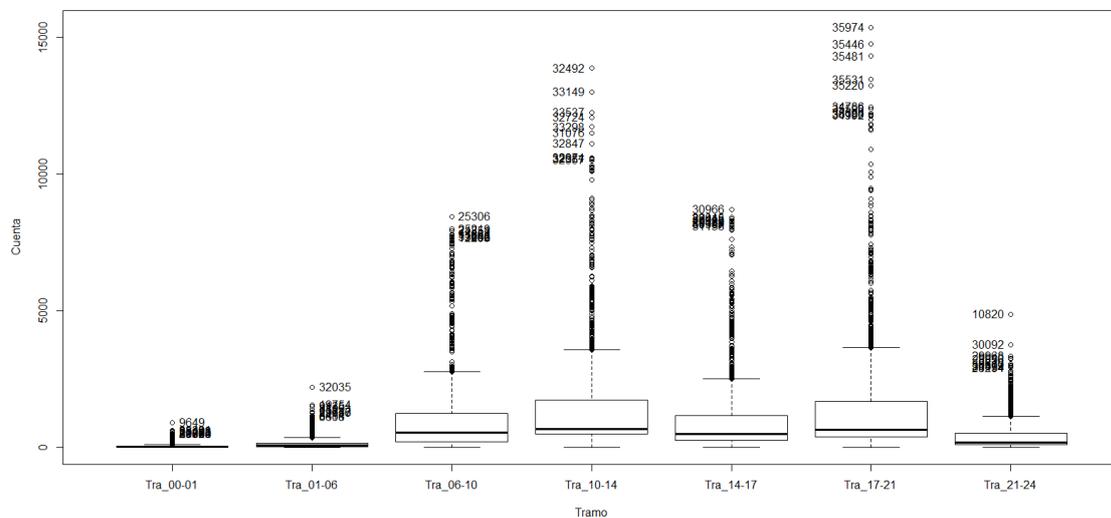


Ilustración 33: Gráfica de caja Cuenta de automóviles y Tramos.

Para continuar, se aplica la hipótesis para el Test no paramétricos – Test de Kruskal-Wallis.

H_0 : Los factores de las medianas de cuenta de automóviles son iguales en todos los tramos.

H_1 : Existe algunas medianas de cuenta de automóviles diferente en todos los tramos.

Aplicando el test de Kruskal-Wallis, tenemos lo siguiente:

Kruskal-Wallis chi-squared = 13.643	df = 6	p-value < 2.2e-16
-------------------------------------	--------	-----------------------------

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula, el valor de significancia es menor al 5%, las medianas de cuenta de automóviles en cada tramo son diferente.

5.3.3 Análisis de variables cuantitativas

En primer lugar, se procede a realizar la matriz de correlaciones de las dos únicas variables cuantitativas de la base de datos, esto permitirá averiguar si la variable cuenta de automóviles

y promedio de velocidad están relacionadas entre ellas, así como para comprobar cuán fuerte sería dicha relación en el caso de que existiera.

	Cuenta de automóviles	Promedio de velocidad
Cuenta de automóviles	1,000000000	-0,003246508
Promedio de velocidad	-0,003246508	1,000000000

En función de los resultados obtenidos, las variables cualitativas promedio de velocidad y cuenta de automóviles no están relacionadas.

Gráfico XY

En la Ilustración 34, muestra que no hay correlación directa entre las variables cuantitativas para cada año, en todo caso, una muy ligera relación 2018.

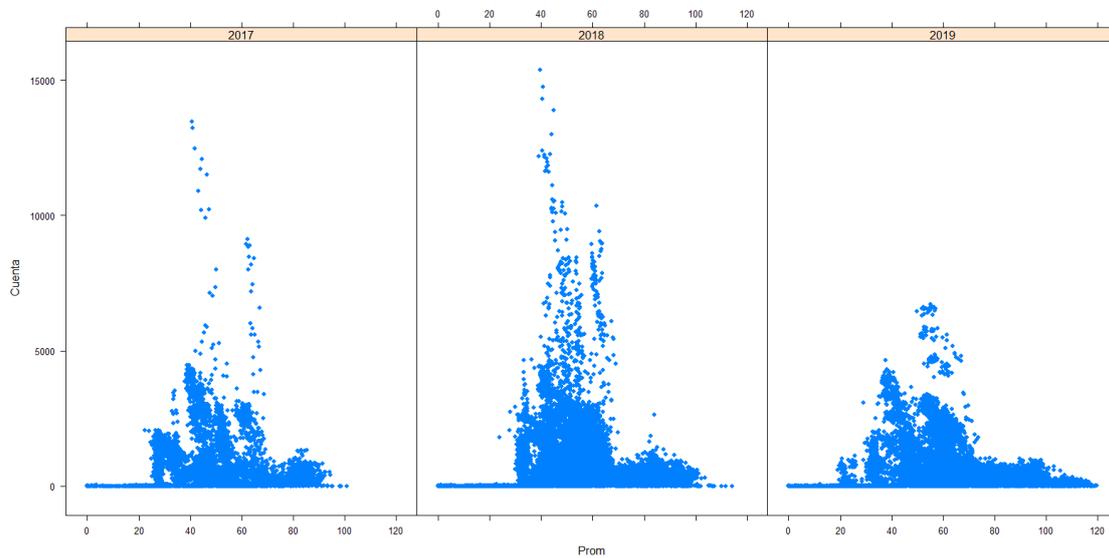


Ilustración 34: Gráfica XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y año.

En la Ilustración 35, muestra que no hay correlación directa entre las variables cuantitativas para cada día de la semana, en todo caso, gráficamente el día domingo presenta una ligera diferencia en relación a los otros días de la semana.

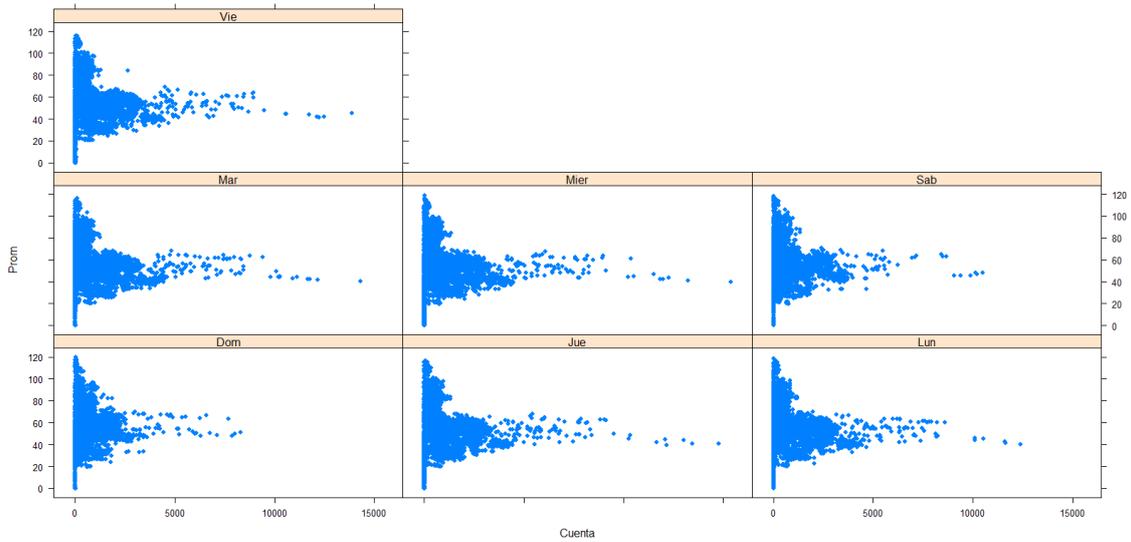


Ilustración 35: Gráfica XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y día de semana en cada año.

En la Ilustración 36, muestra que no hay correlación directa entre las variables cuantitativas por cada acceso de ingreso a la ciudad de Alcoy.

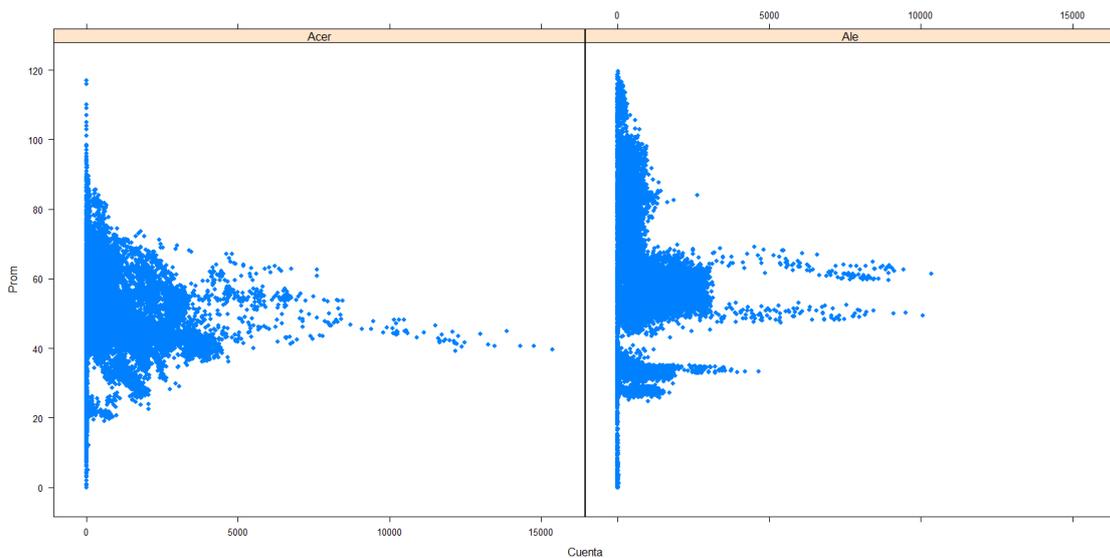


Ilustración 36: Gráfico XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y dirección.

En la Ilustración 37, muestra que no hay correlación directa entre las variables cuantitativas por cada entrada a la ciudad de Alcoy.

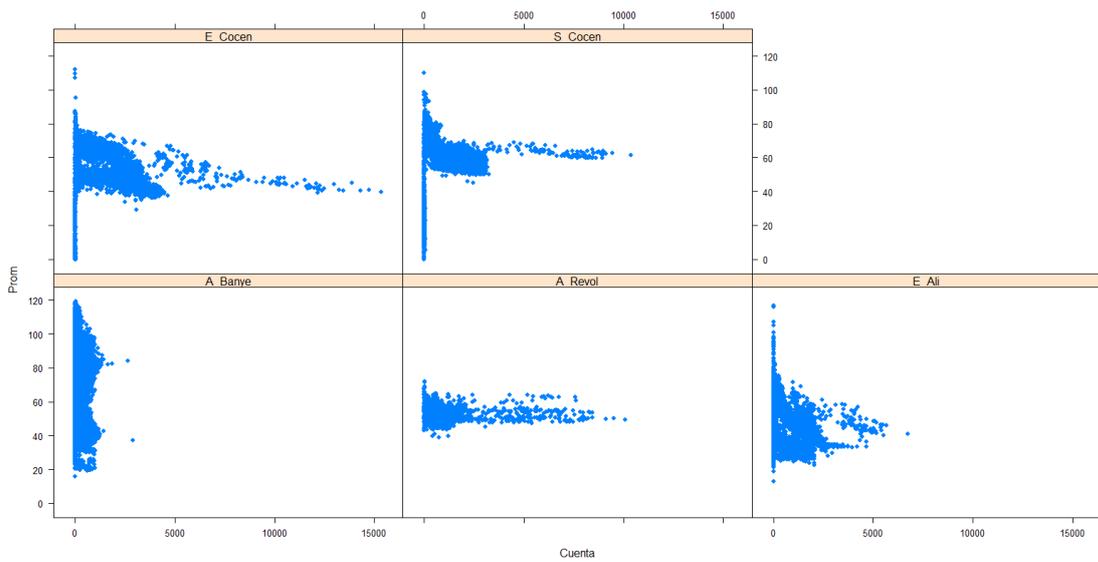


Ilustración 37: Gráfico XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y entrada.

En la Ilustración 38, muestra que no hay correlación directa entre las variables cuantitativas para cada mes del año, sin embargo, se ve una débil relación para los meses de diciembre y enero.

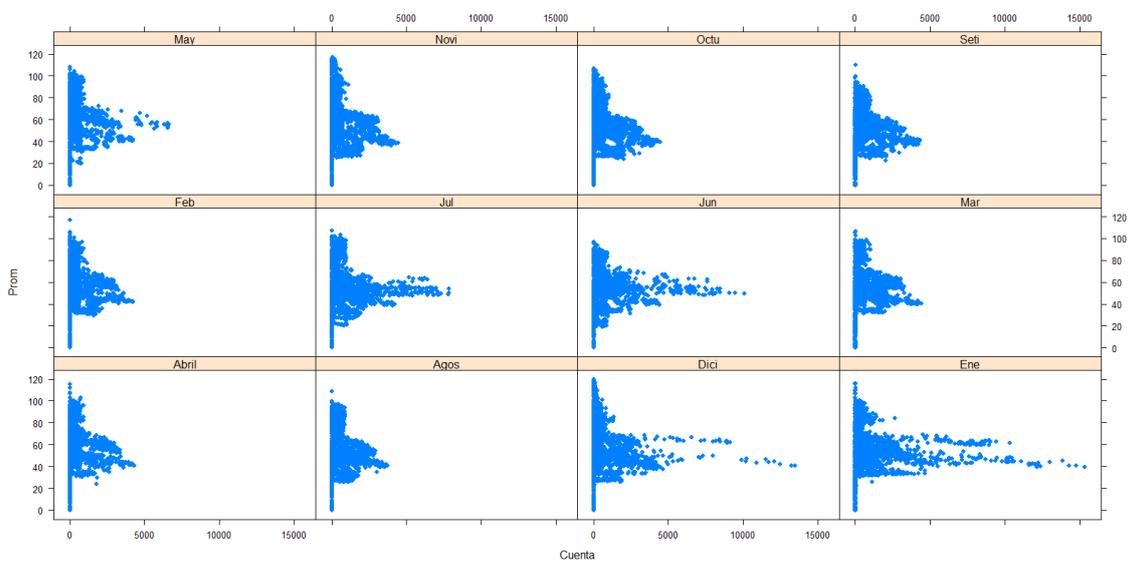


Ilustración 38: Gráfica XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y mes para cada año.

En la Ilustración 39, muestra que no hay correlación directa entre las variables cuantitativas para cada tipo de día se la semana.

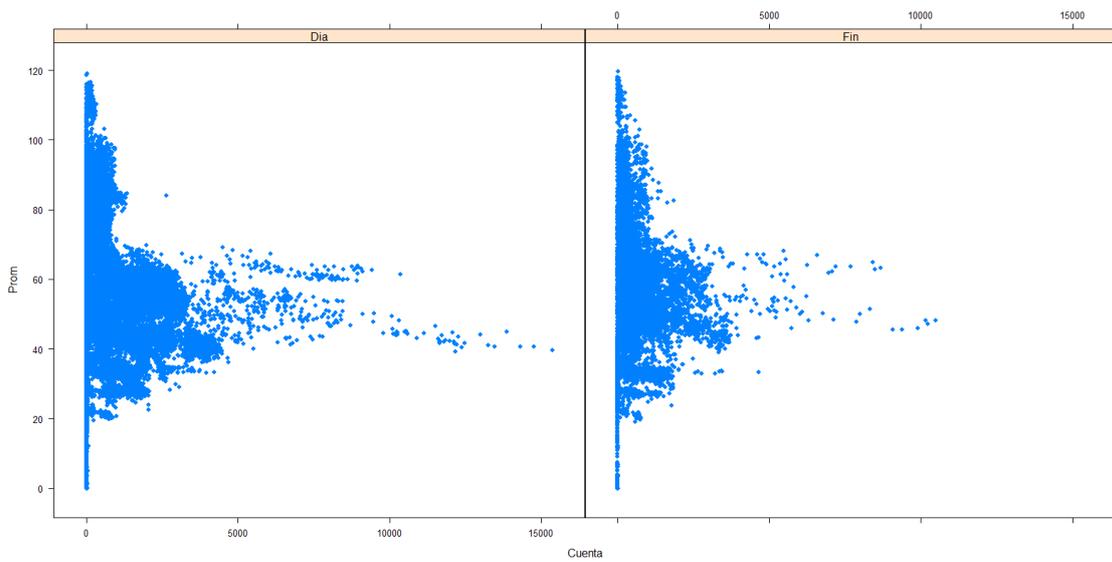


Ilustración 39: Gráfico XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y tipo de día para cada año.

En la Ilustración 40, muestra que no hay correlación directa entre las variables cuantitativas para cada tramo horario, sin embargo, se ve una débil relación para los tramos 10-14 horas, tramo 14-17 horas y tramo 17-21 horas.

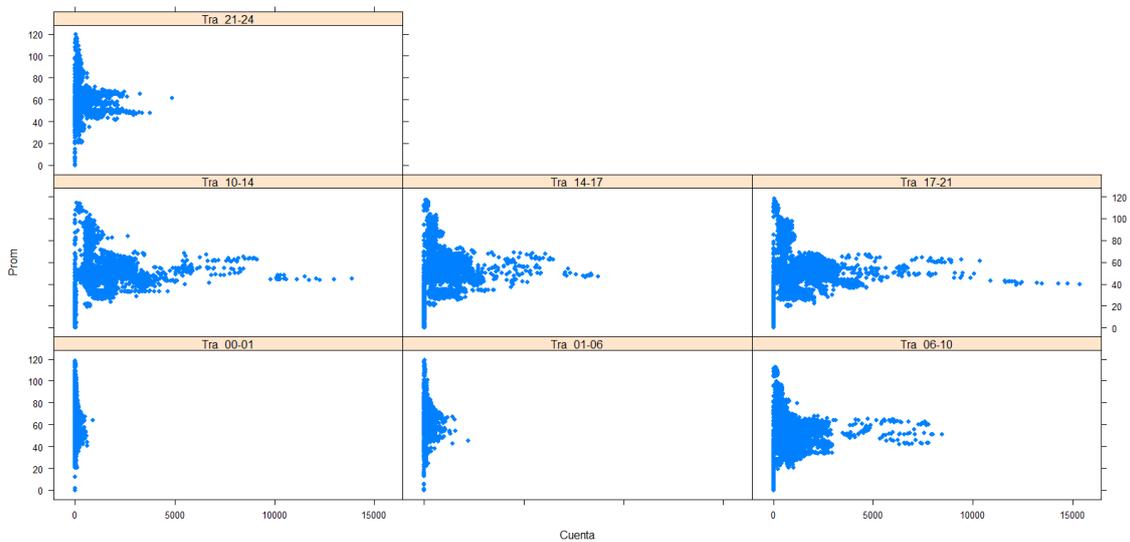


Ilustración 40: Gráfico XY promedio de velocidad con cuenta de automóviles y tramo horario para cada año.

Gráficos Box Plot

En la Ilustración 41, se puede observar que en el acceso a Banyeres el acercamiento y alejamiento presentan ambos valores atípicos por debajo y encima de la caja y tienen diferentes valores de Q1, Q2 y Q3. Por el acceso a Revolcat, el acercamiento y alejamiento también tiene valores atípicos por debajo y encima de la caja, pero no tan alejados como el acceso de Banyeres. Entrada alicante, las cajas de acercamiento y alejamiento muestran Q1, Q2 y Q3 muy heterogéneos, comportamiento muy similar a salida de Cocentaina. En cambio, entrada de Cocentaina alejamiento tiene el mismo Q1, Q2 y Q3, que contrasta, con el acercamiento para este acceso.

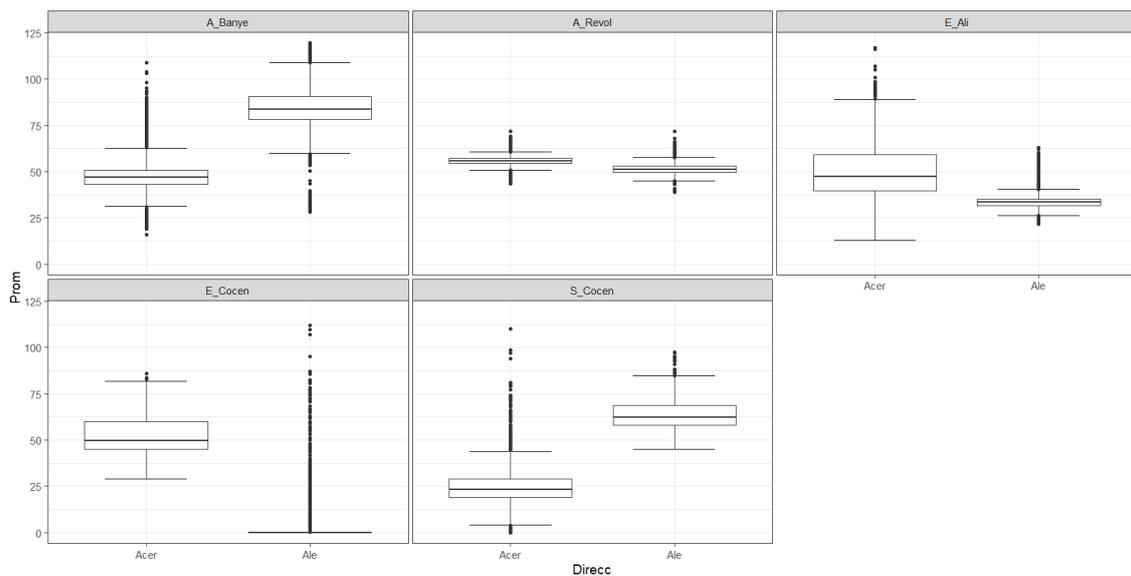


Ilustración 41: Gráfico Box Plot dirección con entrada y promedio de velocidad para cada año.

En la Ilustración 42, el acceso Banyeres para los diferentes tramos horarios los valores de la distribución de Q1, Q2 y Q3 tienen un comportamiento uniforme, a excepción de algunos valores atípicos. El acceso Revolcat, tiene una distribución de datos entre los tramos de 06 a 21 horas con innumerables registros atípicos, para los otros tramos presenta registros atípicos en menor proporción. El acceso Alicante, tiene una distribución de datos entre los tramos de 06 a 24 horas con Q1, Q2 y Q3 muy cercanos a la mediana, además presenta registros atípicos por encima de la caja, para los otros tramos presenta registros atípicos en menor proporción con Q1, Q2 y Q3 muy muy cercanos parecidos a una línea recta. Entrada y salida de Cocentaina, presentan valores atípicos por encima de la caja, las medianas en cada tramo son diferentes, y la distribución de los cuartiles está más alejada de la mediana.

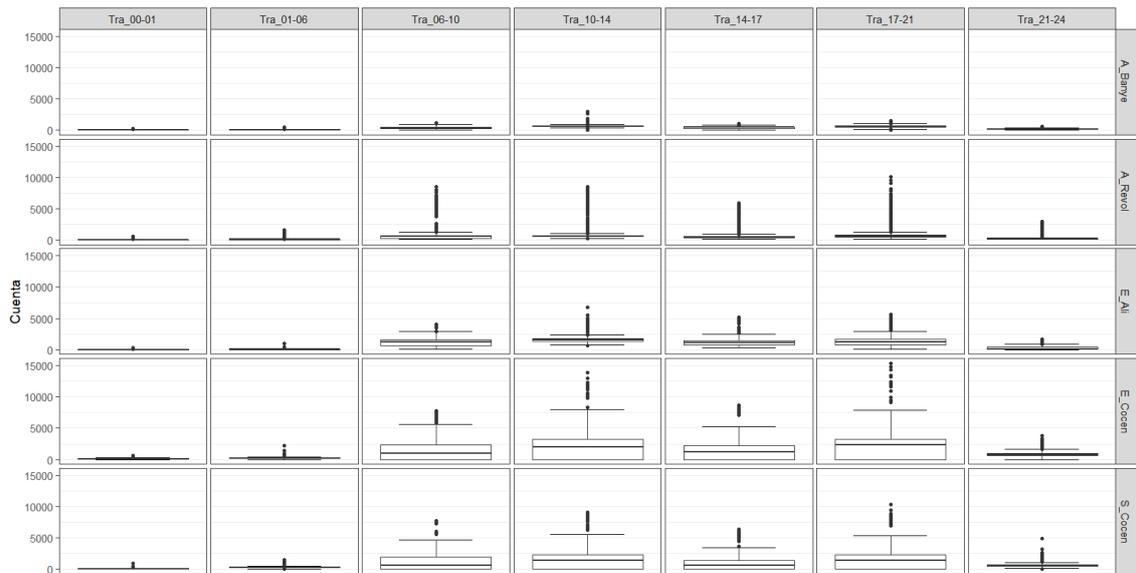


Ilustración 42: Gráfico Box Plot entrada con tramos horarios y cuenta de automóviles.

5.4 Análisis Multivariante

En el análisis multivariante se procede a realizar un filtrado de la información con la que se ha estado trabajando en los análisis anteriormente mencionados, este procedimiento de filtrado se hace para evitar el solapamiento de los elementos en los objetos gráficos y que al final no permita realizar una interpretación coherente, razón por la cual se procede a trabajar con la base de datos filtrada y se considera los registros de los festivos de Alcoy, a continuación se muestra el análisis realizado

5.4.1 Árbol de regresión

El árbol de regresión es un método de segmentación o clasificación de datos, el algoritmo CART (Classification and Regression Trees) es el que usaremos para testear, y se fundamenta en que la variable respuesta "Y" estará en función de las covarianzas de las otras variables "X", los paquetes instalados son:

```
Library(rpart)
```

```
Library(rpart.plot)
```

Input: El código de entrada y como variable de respuesta consideramos "Entrada"

```
mod1 <- rpart(Entrada ~ ., data=Alcoy1)
```

```
print(mod1)
```

```
prp(mod1), ver Ilustración 43
```

otra forma de presentar el objeto gráfico

```
rpart.plot(mod1, main="Árbol de Decisión Festivos Alcoy", ycompress=TRUE), ver Ilustración 44
```

Output:

```

n= 216
node), split, n, loss, yval, (yprob)
* denotes terminal node
 1) root 216 160 A_Banyeres (0.26 0.26 0.13 0.17 0.18)
 2) Prom>=80.46452 28 0 A_Banyeres (1 0 0 0 0) *
 3) Prom< 80.46452 188 132 A_Revolcat (0.15 0.3 0.15 0.2 0.21)
 6) Prom< 56.90696 133 85 A_Revolcat (0.21 0.36 0.17 0.17 0.09)
 12) Prom>=47.12923 72 29 A_Revolcat (0.29 0.6 0.014 0.083 0.01
4)
 24) Direccio=Acerca 49 28 A_Banyeres (0.43 0.43 0.02 0.12 0)
 48) Prom< 53.75933 31 12 A_Banyeres (0.61 0.16 0.032 0.19
0) *
 49) Prom>=53.75933 18 2 A_Revolcat (0.11 0.89 0 0 0) *
 25) Direccio=Aleja 23 1 A_Revolcat (0 0.96 0 0 0.043) *
 13) Prom< 47.12923 61 40 E_Ali (0.11 0.082 0.34 0.28 0.18)
 26) Prom>=32.00295 41 20 E_Ali (0.17 0.12 0.51 0.2 0)
 52) Prom>=38.60238 25 17 E_Cocen (0.28 0.2 0.2 0.32 0)
 104) Cuenta< 948 14 7 A_Banyeres (0.5 0.36 0 0.14 0) *
 105) Cuenta>=948 11 5 E_Cocen (0 0 0.45 0.55 0) *
 53) Prom< 38.60238 16 0 E_Ali (0 0 1 0 0) *
 27) Prom< 32.00295 20 9 S_Cocen (0 0 0 0.45 0.55)
 54) Direccio=Aleja 9 0 E_Cocen (0 0 0 1 0) *
 55) Direccio=Acerca 11 0 S_Cocen (0 0 0 0 1) *
 7) Prom>=56.90696 55 28 S_Cocen (0 0.15 0.11 0.25 0.49)

```

```

14) Direccio=Acerca 26 12 E_Cocen (0 0.23 0.23 0.54 0)
28) Prom< 63.17245 9 3 A_Revolcat (0 0.67 0.33 0 0) *
29) Prom>=63.17245 17 3 E_Cocen (0 0 0.18 0.82 0) *
15) Direccio=Aleja 29 2 S_Cocen (0 0.069 0 0 0.93) *

```

Interpretación:

Antes que nada, tenemos que explicar que el algoritmo CART distribuye los registros de la data en dos nodos aplicando “criterio de división” en la que consiste en enviar a ambos lados registros lo más puros posibles, es decir, en el nodo trata de dividir para que los registros vayan al lado derecho o izquierdo de la mejor forma posible.

En relación a lo mencionado, anteriormente, en el nodo 1 la raíz principal tiene 216 observaciones con un promedio de cuenta de automóviles de 160 que acceden por Banyeres, y que tiene dos nodos hijos 2 y 3, y continuación procedemos a detallar lo que muestra el árbol en los nodos puros:

- En el nodo 2. El 13% de la muestra son automóviles que tienen un promedio de velocidad mayor igual de 80 que acceden a Alcoy por Banyeres, este nodo termina en este ramal.
- En el nodo 48. El 14% de la muestra son automóviles con un promedio de velocidad < 53,75933, acceden a la ciudad de Alcoy por el acceso de Banyeres, en este nodo tenemos un 3,2% de pérdida y una media de la predicción final de la rama del 19%.
- En el nodo 49. El 8% de la muestra son automóviles con un promedio de velocidad >= 53,75933, se accede a la ciudad de Alcoy por Revolcat, en este nodo tenemos un 11% de divisiones y un 89% de observaciones antes de la división del nodo anterior.
- En el nodo 25. El 11% de la muestra con direccionamiento de alejamiento de la ciudad de Alcoy, salen de Alcoy por el Revolcat, en este nodo tenemos un 96% de observaciones antes de la división del nodo anterior y una probabilidad de ocurrencia en este nodo del 4,3%.
- En el nodo 104. El 6% de la muestra con un promedio de cuenta de automóviles < 948 acceden a la ciudad de Alcoy por Banyeres, en este nodo tenemos 50% de divisiones, un 36% de observaciones antes de la división anterior y un 14% de media de predicción final en este ramal.
- En el nodo 105. El 5% de la muestra con un promedio de cuenta de automóviles >= 948 acceden a la ciudad de Alcoy por la entrada de Cocentaina, en este nodo tenemos 45% de pérdida y un 55% de media de predicción final en este ramal.
- En el nodo 53. El 7% de la muestra con un promedio de velocidad < 38,60238 acceden a la ciudad de Alcoy por la entrada de Alicante.
- En el nodo 54. El 4% de la muestra con direccionamiento de alejamiento salen de la ciudad de Alcoy por la entrada de Cocentaina.
- En el nodo 55. El 5% de la muestra con direccionamiento de acercamiento ingresan a la ciudad de Alcoy por la salida de Cocentaina.
- En el nodo 28. El 4% de la muestra con promedio de velocidad < 63,17245 acceden a la ciudad de Alcoy por Revolcat, este nodo tiene un 67% de observaciones antes de la división anterior y un 33% de pérdida de registros.
- En el nodo 29. El 8% de la muestra con promedio de velocidad >=63,17245 acceden a la ciudad de Alcoy por la entrada Cocentaina, en este nodo tiene un 18% de pérdida de registros y un 82% de media de predicción final en este ramal.

- En el nodo 15. El 13% de la muestra con direccionamiento de alejamiento salen de la ciudad de Alcoy por la salida de Cocentina, en este nodo tiene el 6,9% observaciones antes de la división anterior y una probabilidad de ocurrencia en este nodo del 93%.

Input: El código de entrada, y como variable de repuesta consideramos "Tramo"

```
mod1 <- rpart(Tramo ~ ., data=Alcoy1)
```

```
print(mod1)
```

prp(mod1), ver Ilustración 45.

y otra forma de ver el elemento gráfico será:

```
rpart.plot(mod1, main="Árbol de Decisión Festivos Alcoy",ycompress=TRUE)
```

```
print(mod1), ver Ilustración 46.
```

Output:

```
n= 216
node), split, n, loss, yval, (yprob)
* denotes terminal node

 1) root 216 181 Tram_ 10-14 (0.13 0.13 0.15 0.16 0.15 0.15 0.13)
   2) Cuenta< 214.5 94 66 Tram_ 00-01 (0.3 0.23 0.13 0.074 0.085 0.05
   3 0.13)
     4) Prom>=32.06548 74 46 Tram_ 00-01 (0.38 0.3 0.11 0 0.054 0 0.1
     6)
       8) Cuenta< 63.5 30 8 Tram_ 00-01 (0.73 0.27 0 0 0 0 0) *
       9) Cuenta>=63.5 44 30 Tram_ 01-06 (0.14 0.32 0.18 0 0.091 0 0.
     27)
       18) Entrada=E_Cocen,S_Cocen 7 2 Tram_ 00-01 (0.71 0.29 0 0 0
       0 0) *
       19) Entrada=A_Banyeres,A_Revolcat,E_Ali 37 25 Tram_ 01-06 (0.
       027 0.32 0.22 0 0.11 0 0.32)
         38) Cuenta< 133.5 23 12 Tram_ 01-06 (0.043 0.48 0.13 0 0 0
         0.35)
           76) Prom>=53.07333 14 6 Tram_ 01-06 (0 0.57 0.21 0 0 0 0
           .21) *
           77) Prom< 53.07333 9 4 Tram_ 21-24 (0.11 0.33 0 0 0 0 0.
     56) *
       39) Cuenta>=133.5 14 9 Tram_ 06-10 (0 0.071 0.36 0 0.29 0
     0.29) *
     5) Prom< 32.06548 20 13 Tram_ 10-14 (0 0 0.2 0.35 0.2 0.25 0) *
     3) Cuenta>=214.5 122 94 Tram_ 10-14 (0 0.049 0.16 0.23 0.2 0.23 0.
     13)
     6) Cuenta< 394.5 31 23 Tram_ 14-17 (0 0.19 0.16 0.065 0.26 0.13
     0.19)
       12) Entrada=E_Cocen,S_Cocen 8 2 Tram_ 01-06 (0 0.75 0 0 0.12 0
       0.12) *
       13) Entrada=A_Banyeres,A_Revolcat,E_Ali 23 16 Tram_ 14-17 (0 0
       0.22 0.087 0.3 0.17 0.22)
         26) Cuenta>=266.5 11 7 Tram_ 17-21 (0 0 0.27 0.091 0.27 0.36
         0) *
         27) Cuenta< 266.5 12 7 Tram_ 21-24 (0 0 0.17 0.083 0.33 0 0.
     42) *
     7) Cuenta>=394.5 91 65 Tram_ 10-14 (0 0 0.16 0.29 0.18 0.26 0.11
     )
       14) Entrada=A_Banyeres,A_Revolcat 36 22 Tram_ 10-14 (0 0 0.11 0
       .39 0.14 0.33 0.028) *
       15) Entrada=E_Ali,E_Cocen,S_Cocen 55 43 Tram_ 10-14 (0 0 0.2 0.
       22 0.2 0.22 0.16)
```

```

30) Cuenta>=1382.5 30 19 Tram_ 10-14 (0 0 0.17 0.37 0.1 0.33
0.033)
) *
60) Prom< 42.35216 10 5 Tram_ 10-14 (0 0 0.1 0.5 0.2 0.2 0
0.05) *
61) Prom>=42.35216 20 12 Tram_ 17-21 (0 0 0.2 0.3 0.05 0.4
0.32)
31) Cuenta< 1382.5 25 17 Tram_ 14-17 (0 0 0.24 0.04 0.32 0.08
12 0.19) *
62) Cuenta>=664.5 16 9 Tram_ 14-17 (0 0 0.19 0.062 0.44 0.
*)
63) Cuenta< 664.5 9 4 Tram_ 21-24 (0 0 0.33 0 0.11 0 0.56)
*
  
```

Interpretación

Este árbol de decisión es más ancho que el explicado anteriormente, pero el principio es el mismo, procedemos a explicar cada nodo puro:

- En el nodo 8. El 14% de la muestra con promedio de cuenta de automóviles < 63,5 acceden a la ciudad de Alcoy por el tramo horario de 00-01 horas, en este nodo, el 73% tiene un criterio de división y 27% de registros que se pierde.
- En el nodo 18. El 3% de la muestra por la entrada de Cocentaina ingresan a la ciudad por el tramo horario 00-01, este ramal, tienen un 71% de criterio de división y un 29% de registros con pérdidas.
- En el nodo 76. El 6% de la muestra con promedio de velocidad < 53,07333 accede a la ciudad de Alcoy en el tramo horario 01-06 horas, en este nodo, tiene un criterio de división del 57% de los registros, 21% con número de observaciones en cada rama antes de la división y 27% de predicción de probabilidad en este nodo.
- En el nodo 77. El 4% de la muestra con promedio de velocidad < 53,07333 accede a la ciudad de Alcoy en el tramo horario 21-24 horas, en este nodo, tiene un criterio de división del 11% de los registros, 33% con número de observaciones en cada rama antes de la división y 56% de predicción de probabilidad en este nodo.
- En el nodo 39. El 6% de la muestra con promedio de cuenta de automóviles >= 133,5 acceden a la ciudad de Alcoy en el tramo horario 06-10 horas, en este nodo, tiene un 7,1% de número de observaciones en cada rama antes de la división, 36% de Pérdida de registros, un 29 % de media de predicción final y un 29% de predicción de probabilidad en este nodo.
- En el nodo 5. El 9% de la muestra con promedio de velocidad < 32,06548 acceden a la ciudad de Alcoy por el tramo horario de 10-14 horas, en este nodo, el 20% tiene un criterio de división, 35% de registros que se pierde, 20% de media de predicción final y un 29% de predicción de probabilidad.
- En el nodo 12. El 4% de la muestra con entrada y salida a Cocentaina acceden y salen a la ciudad por el tramo horario 01-06, este ramal, tienen un 75% de criterio de división, 12% de registros de pérdida y un 12% de predicción de probabilidad.
- En el nodo 26. El 5% de la muestra con promedio de cuenta de automóviles >= 266,5 acceden a la ciudad de Alcoy en el tramo horario 17-21 horas, en este nodo, tiene un 27% de número de observaciones en cada rama antes de la división, 9,1% de Pérdida de registros, un 27 % de media de predicción final y un 36% de predicción de probabilidad.
- En el nodo 27. El 6% de la muestra con promedio de cuenta de automóviles < 266,5 acceden a la ciudad de Alcoy en el tramo horario 21-24 horas, en este nodo, tiene un 17% de número de observaciones en cada rama antes de la división, 8,3% de Pérdida de registros, un 33 % de media de predicción final y un 42% de predicción de probabilidad.

- En el nodo 14. El 17% de la muestra acceden a la ciudad de Alcoy por las entradas de Banyeres y Revolcat en el tramo horario de 10 a 14 horas, en este nodo, 11% de criterio de división, un 39% de número de observaciones en cada rama antes de la división, 14% de Pérdida de registros, un 33 % de media de predicción final y un 2,8% de predicción de probabilidad.
- En el nodo 60. El 5% de la muestra acceden a la ciudad de Alcoy con un promedio de velocidad de $< 42,35216$ en el tramo horario de 10-14 horas, en este nodo, tiene un 10% de número de observaciones en cada rama antes de la división, 50% de Pérdida de registros, un 20 % de media de predicción final y un 20% de predicción de probabilidad.
- En el nodo 61. El 9% de la muestra acceden a la ciudad de Alcoy con un promedio de velocidad de $\geq 42,35216$ en el tramo horario de 17-21 horas, en este nodo, tiene un 20% de criterio de división, 30% de número de observaciones en cada rama antes de la división, 5% de Pérdida de registros, un 40 % de media de predicción final y un 5% de predicción de probabilidad.
- En el nodo 62. El 7% de la muestra con promedio de cuenta de vehículos $\geq 664,5$ acceden a la ciudad de Alcoy en el tramo horario de 14-17 horas, en este nodo, tiene un 19% de criterio de división; 6,2% de número de observaciones en cada rama antes de la división: 44% de Pérdida de registros; un 12 % de media de predicción final y un 19% de predicción de probabilidad.
- En el nodo 63. El 4% de la muestra con promedio de cuenta de vehículos $< 664,5$ acceden a la ciudad de Alcoy en el tramo horario de 21-24 horas, este nodo, tiene 33% de número de observaciones en cada rama antes de la división: 11% de Pérdida de registros y un 56% de predicción de probabilidad.

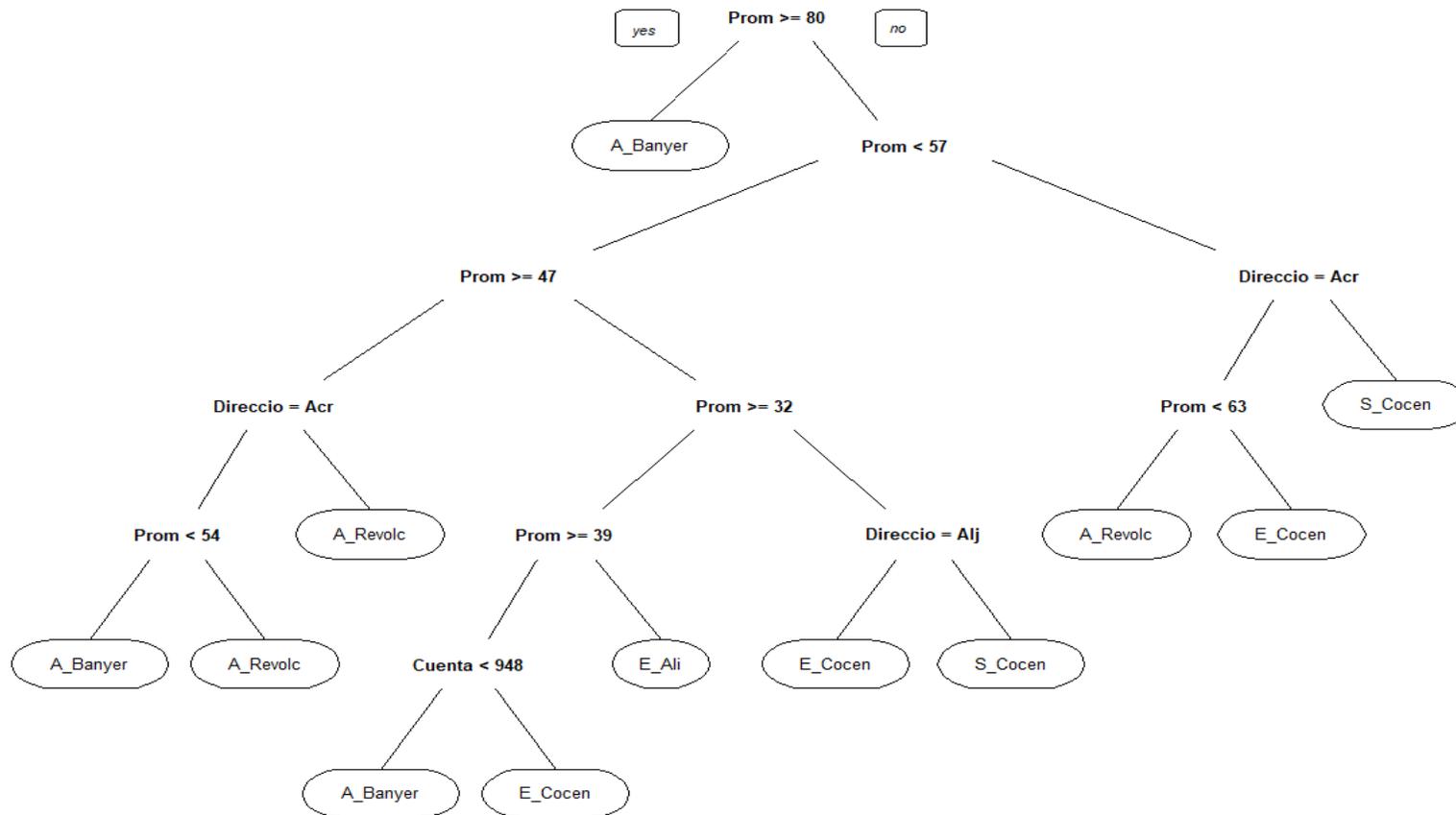


Ilustración 43: Árbol de decisión algoritmo CART variable repuesta "Entrada". Fuente: Ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.

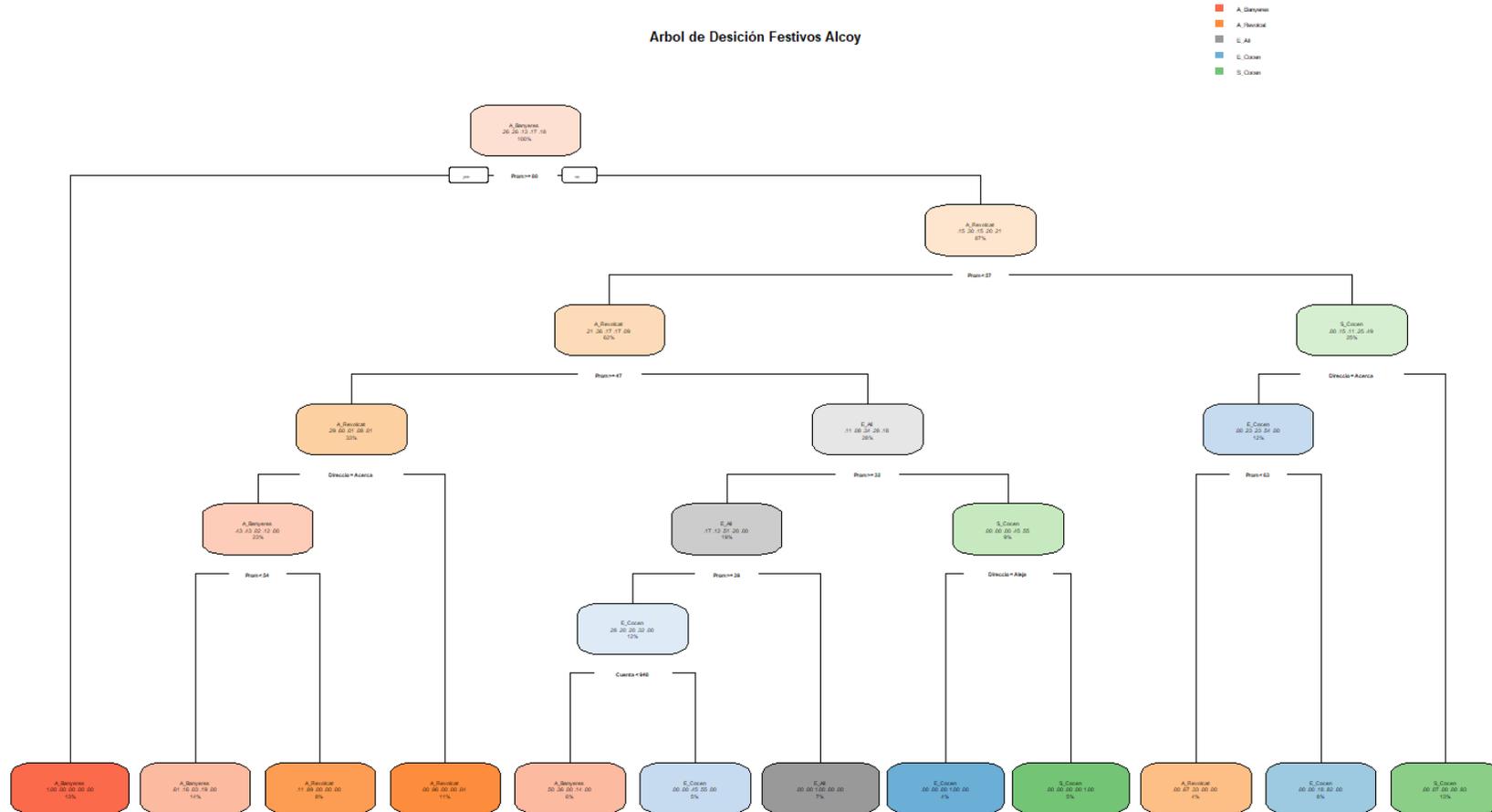


Ilustración 44: Árbol de decisión algoritmo CART variable respuesta "Entrada". Fuente: Ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.

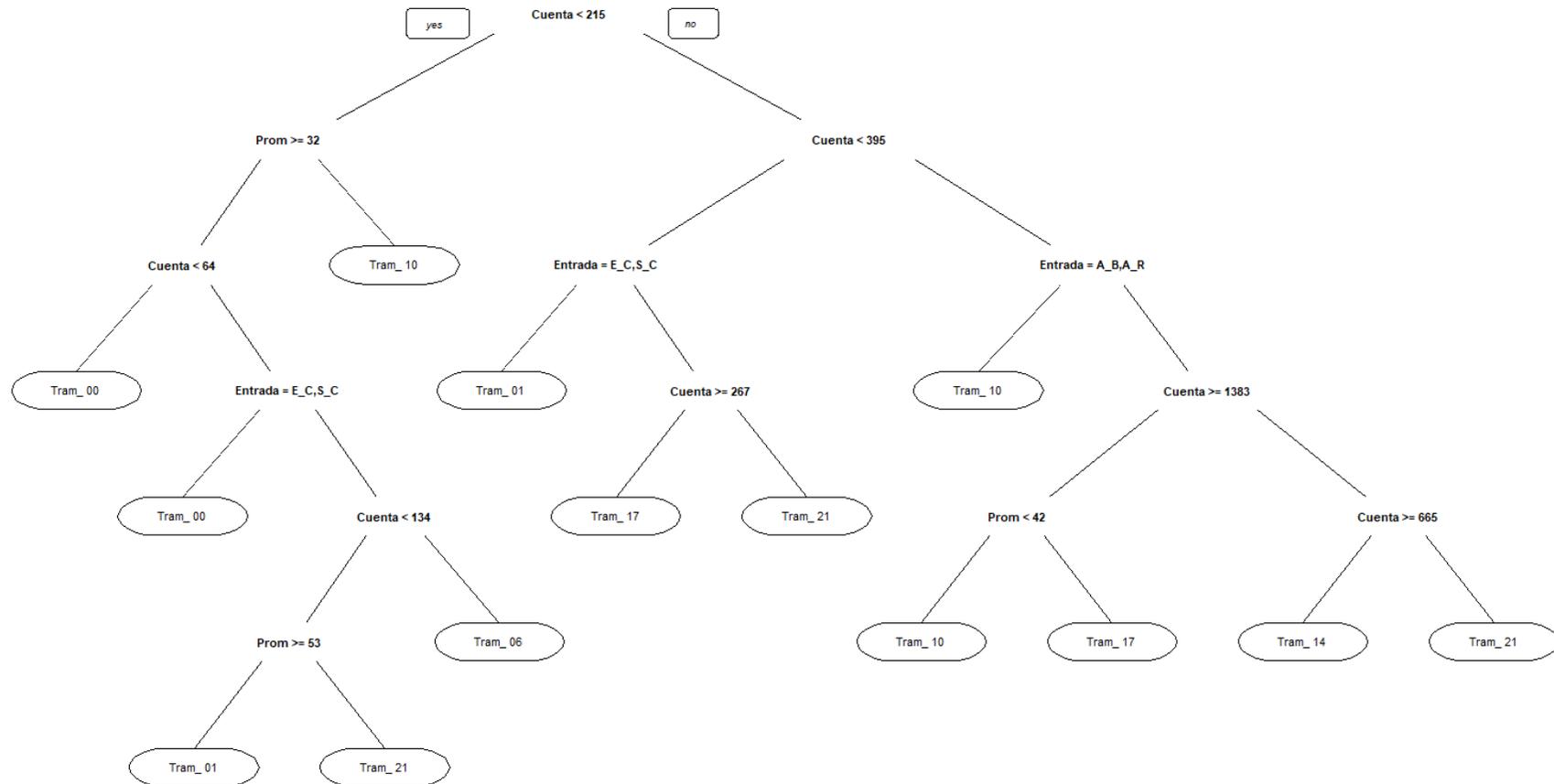


Ilustración 45: Árbol de decisión algoritmo CART variable repuesta "Tramo". Fuente: Ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.

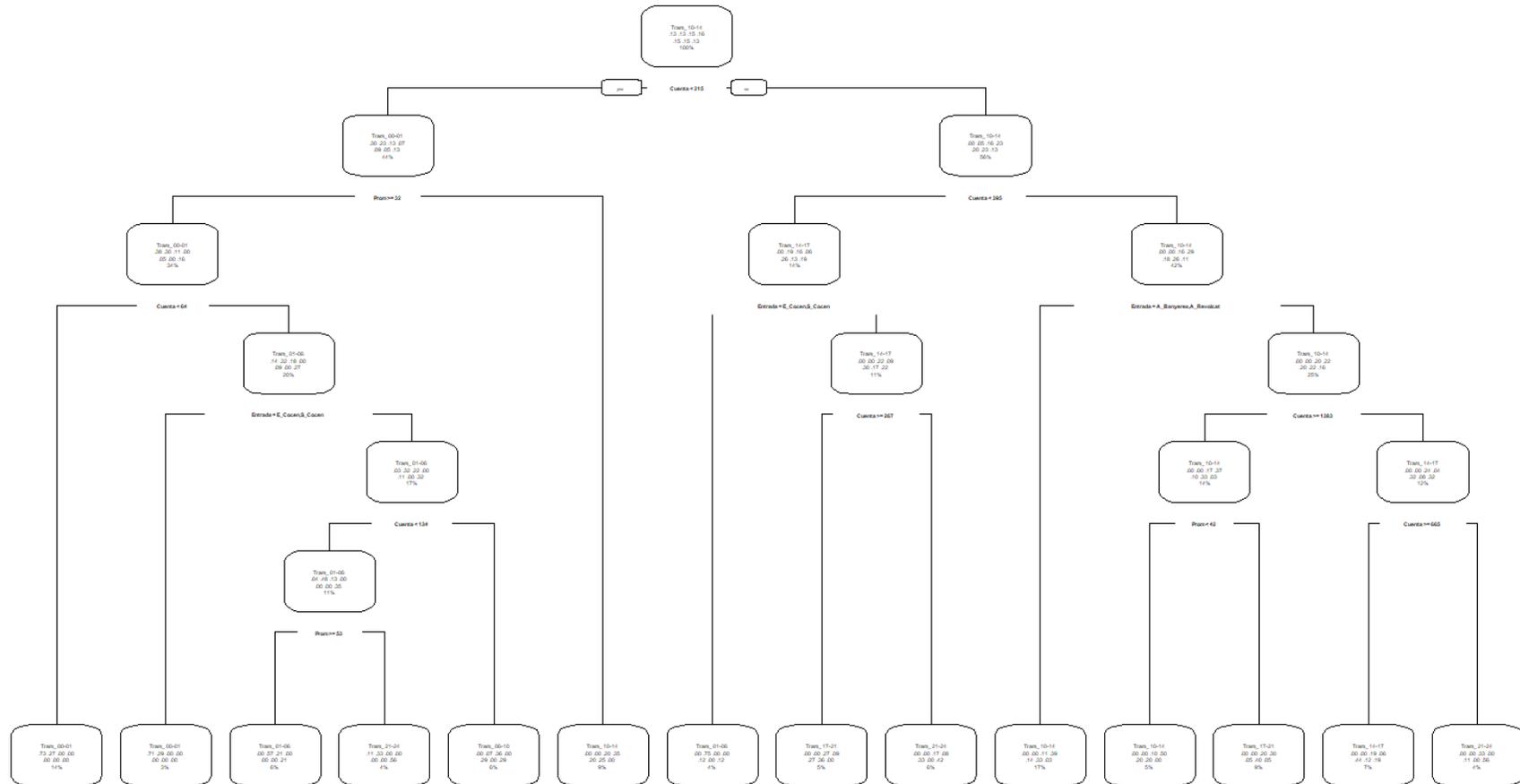


Ilustración 46: Árbol de decisión algoritmo CART variable repuesta "Tramo". Fuente: Ayuntamiento de Alcoi elaboración propia.

5.5 Conclusiones

- En el procesamiento de los registros de la base de datos del opendata de entradas y salidas en la ciudad de Alcoy, se puede identificar que para el año 2017 los datos disponibles son a partir del 27 de julio, en algunos días del año 2018 y 2019 no hay registro de datos de ingreso y salida a la ciudad, se asumen que por posibles defectos técnicos las cámaras no captaron la información.
- En el análisis univariante las variables cuantitativas cuenta de automóviles y promedio de velocidad los datos no tienen una distribución normal; en el gráfico de cajas para ambas variables tienen una cantidad apreciable de datos atípicos y las medianas para ambas variables son diferentes, así mismo, la variable cualitativa acceso muestra que los vehículos mayormente acceden por Revolcat y Banyeres.
- En el análisis bivalente de variables cualitativas se ha determinado que con el test de independencia los tramos horarios y días de la semana son independientes; es decir que, el comportamiento de las variables no tiene relación, por lo que en todos los tramos se comporta igual para cada día de la semana. Por otro lado, en la tabla de contingencia para las entradas y dirección son variables relacionadas, en ese sentido, el comportamiento de ellas tiene relación, por lo que no todas las entradas se comportan igual según el direccionamiento de alejamiento y acercamiento a Alcoy.
- En el análisis bivalente de variable cualitativa y variable cuantitativa la prueba no paramétrica de Test de Kruskal-Wallis, las primeras variables en analizar fue promedio de velocidad y dirección, con el Test de Kruskal-Wallis se afirma que existe algunas medianas del promedio de velocidad diferente para todas direcciones de acercamiento y alejamiento, algo similar se presenta en el análisis de las variables cuenta de automóviles y tramos.
- En el análisis bivalente de variables cuantitativas cuenta de automóviles y promedio de velocidad que son las únicas variables cuantitativas de la base de datos, al realizar la matriz de correlación muestra que no hay relación entre ambas variables. Esto se comprueba también en el gráfico XY en la que el grupo de datos no presente un patrón claro que se pueda extraer alguna deducción para cada año.
- En el análisis multivariante, dada la característica de las variables de la base de datos sólo se ha realizado el análisis de segmentación con el algoritmo de CART, en resumen, cuando la variable dependiente es "Entrada" el árbol es relativamente pequeño y muestra que el 14% de los automóviles con un promedio de velocidad $< 53,75933$, acceden a la ciudad de Alcoy por el acceso de Banyeres, en cambio, cuando la variable dependiente es "Tramo" el árbol relativamente mediano de tamaño y muestra que el 17% acceden a la ciudad de Alcoy por las entradas de Banyeres y Revolcat en el tramo horario de 10 a 14 horas.

Capítulo VI Herramienta de Diagnóstico y Pronóstico

Alcoy es una ciudad reconocida por sus festividades, su ambiente histórico por la revolución industrial y su denominación “Ciudad de los puentes” por la cantidad de conexiones con dichos elementos. Lo cual es un atractivo que anualmente genera gran movilidad de turistas a nivel nacional e internacional. Además, cuenta con diversas festividades durante el año que ocasionan un comportamiento diferente en comparación con los demás días.

Con el análisis de la movilidad en cada acceso de la ciudad se evalúa el comportamiento de ingresos y salidas, además, permite aprovechar la información para ajustar áreas como la cultura y el turismo en la ciudad.

Con el presente análisis se pretende brindar alternativas que solucionen problemáticas que radiquen desde la movilidad, teniendo en cuenta la información de los accesos en la ciudad, aportando ideas que contribuyan al mejoramiento y calidad de vida de los habitantes de Alcoy.

6.1 Comportamiento de Movilidad en Días Festivos Alcoy

De acuerdo con los datos obtenidos de los años 2017, 2018 y 2019 Alcoy tiene días festivos que hacen parte de la cultura local, nacional o mundial como, año nuevo, asunción de la virgen, día de la comunidad valenciana, día de la constitución, día de san José, moros y cristianos, semana santa, entre otros.

Con el fin de validar el comportamiento de la movilidad en los diferentes accesos de la ciudad para estos días, se han generado diferentes estadísticas para evaluar la posibilidad de brindar al ayuntamiento una herramienta que permita realizar un diagnóstico de la situación y tomar medidas necesarias en futuras festividades para el ordenamiento de la ciudad como se evidencia a continuación:

Inicialmente se realizó la comparación de los meses de enero a junio de los años 2018 y 2019, ya que esta información se encuentra incompleta para el año 2017

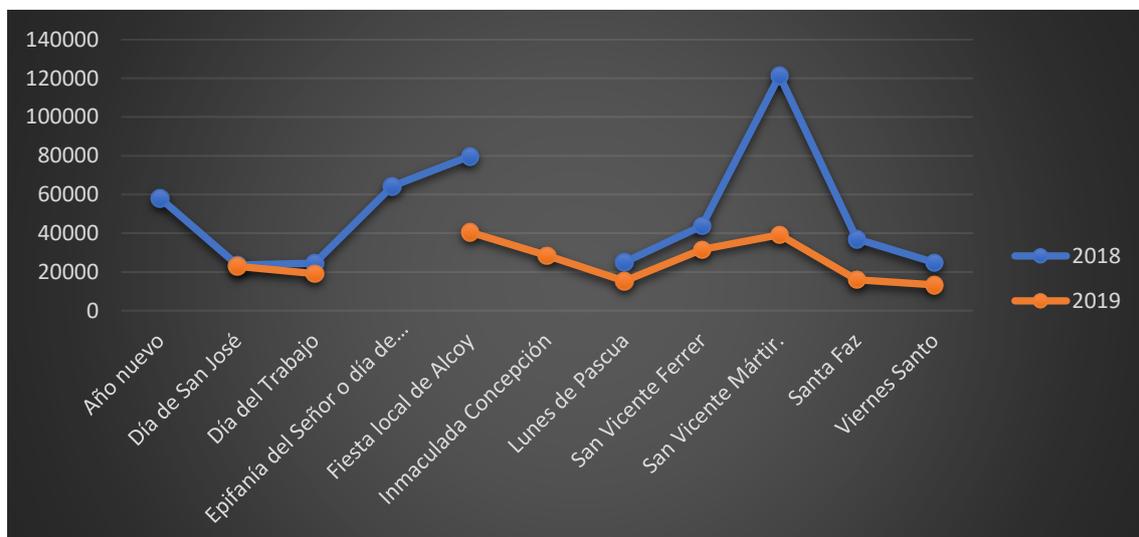


Ilustración 47: Comparativo de movilidad durante cada festivo año 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

Como se evidencia en Ilustración 47, la movilidad para el año 2018 se generó en mayor proporción para las festividades de San Vicente Mártir y fiesta local de Alcoy (Moros y Cristianos). Por su parte, en el año 2019 se evidencia una reducción significativa de movilidad, obteniendo mayor interacción en la fiesta local de Alcoy. Cabe resaltar que presuntamente a causa de fallas en la conectividad se ha generado un lapso sin información tanto en el año 2018 como en el año 2019.

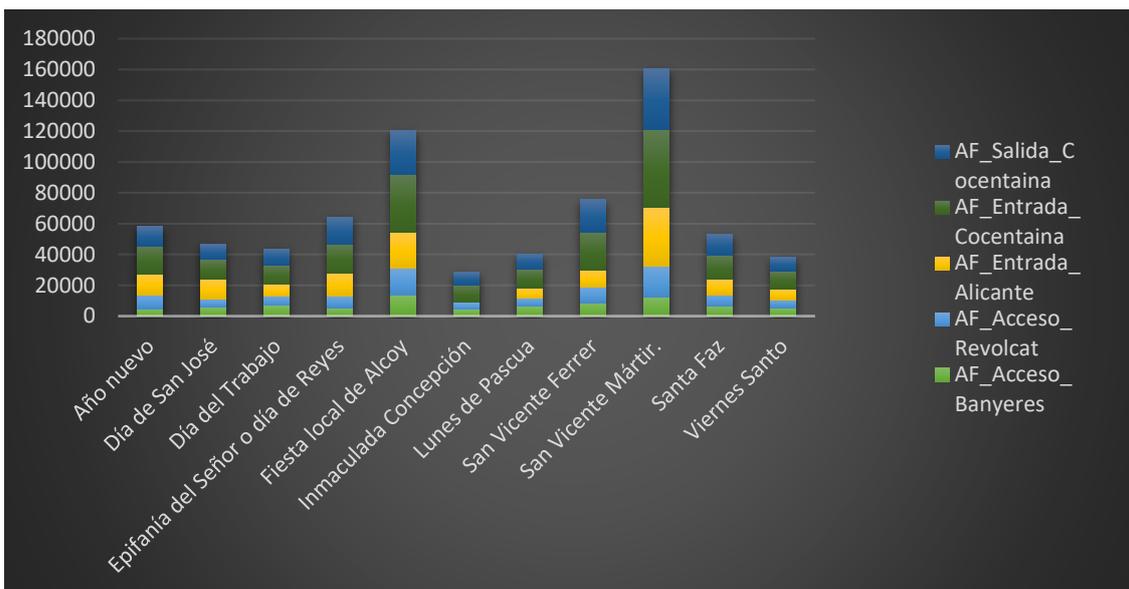


Ilustración 48: Comparativo de movilidad durante cada festivo por acceso a la ciudad año 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

En cuanto al comportamiento en términos de movilidad en cada una de las entradas Ilustración 48, se refleja gran afluencia en la entrada de Cocentaina y Alicante, especialmente durante la fiesta local de Alcoy y San Vicente Mártir. Por su parte, para la festividad de San Vicente Ferrer el ingreso con mayor afluencia es Revolcat.

Para los meses de julio a diciembre se cuenta con la información completa para realizar la comparación de los 3 años, 2017, 2018 y 2019:

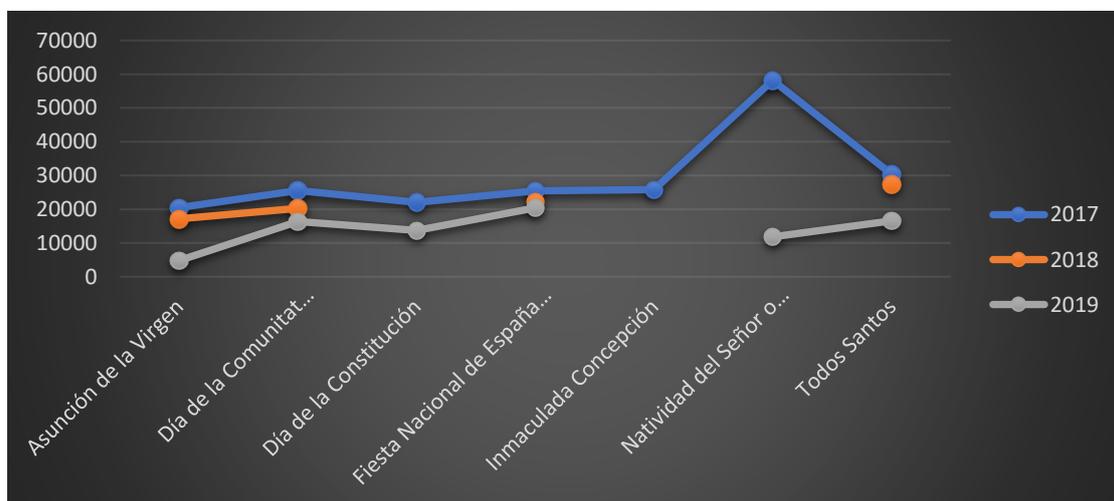


Ilustración 49: Comparativo de movilidad durante cada festivo año 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

En la Ilustración 49, se evidencian presuntas fallas técnicas en las cámaras al momento de la recolección de información, especialmente en el año 2018 y en parte del 2019. Con la información obtenida se puede visualizar un pico sobresaliente en la festividad de Navidad durante el año 2017.

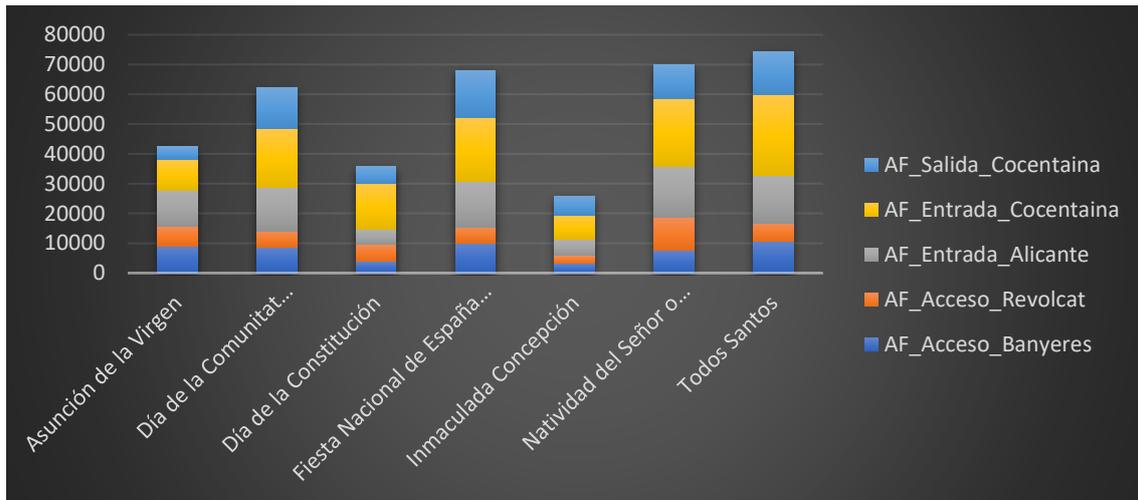


Ilustración 50: Comparativa de movilidad durante cada festivo por acceso a la ciudad años 2017, 2018 y 2019.
Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

Con relación a la afluencia en cada una de las entradas de la ciudad, Ilustración 50, se puede visualizar en mayor proporción la movilidad en el acceso de Cocentaina, al igual que en el caso anterior. La festividad con menor cantidad de vehículos es la Inmaculada Concepción. Por su parte, las festividades con mayor movilidad en los accesos son en Navidad y todos los santos.

Con base en la información anterior, se puede observar una disminución en la afluencia de vehículos en las festividades de Alcoy en los últimos años, lo cual permite evaluar aspectos a nivel de turismo para incentivarlo y mejorar condiciones de comercio.

6.2 Herramienta de análisis comportamental de movilidad

En la actualidad con la evolución tecnológica es posible monitorear espacios de la ciudad, obtener información en tiempo real y pronosticar situaciones para la toma de decisiones oportuna y eficiente. Por tal razón, en el presente apartado se presenta una herramienta que permite moldear los datos obtenidos por la Smart City Alcoy y convertirlos en información fácil de entender y procesar para la gestión de la ciudad.

Con el big data implementado en la ciudad de Alcoy, el cual almacena diariamente información de movilidad, aire, cultura, entre otros, se sugiere implementar una herramienta de Business Intelligence que permita visualizar la información de manera gráfica para mayor entendimiento. Asimismo, se busca realizar la programación de la herramienta para generar pronósticos de las diferentes áreas y situaciones de la ciudad.

6.2.1 Dashboard reporte de movilidad (enero a junio 2018 – 2019)

La creación del dashboard contempla 6 aspectos relevantes de movilidad en los accesos a la ciudad de Alcoy, tal como se puede visualizar en la Ilustración 51. Inicialmente se puede observar el mapa de la ciudad con la ubicación de cada uno de los accesos. Posteriormente, se visualiza una gráfica de anillo con el comportamiento de flujo vehicular en los festivos de cada año evaluado. El siguiente cuadro, tiene como contenido una gráfica que evidencia el comportamiento del tráfico vehicular en cada uno de los accesos, con relación a la dirección de estos, si se encuentran saliendo o ingresando a la ciudad. En el siguiente grafico se evidencia el comportamiento vehicular en las festividades con relación a la dirección, como en el anterior caso, si para dichas festividades los vehículos se encuentran ingresando o saliendo de la ciudad. Posteriormente, se visualiza un gráfico sobre la afluencia vehicular en cada uno de los tramos provenientes de cada acceso de la ciudad de Alcoy y finalmente se presenta una tabla informativa sobre el comportamiento de la velocidad en cada tramo de los accesos de la ciudad.

Para el presente proyecto se han realizado dos dashboard con estructuras iguales Ilustración 51 e Ilustración 52. Pues la información de los 3 años evaluados no es homogénea. Como se ha mencionado anteriormente, el año 2017 contiene información a partir de los últimos días del mes de julio hasta diciembre, por lo que ha sido conveniente evaluar los meses de enero a junio de manera separada para los años 2018 y 2019 al no contar con dicha información en el año 2017. En el segundo dashboard se permite evaluar la información desde julio a diciembre de los 3 años.

A continuación, en la Ilustración 51, se evidencia la estructura del dashboard con el reporte de movilidad enero a junio del 2018 y 2019.

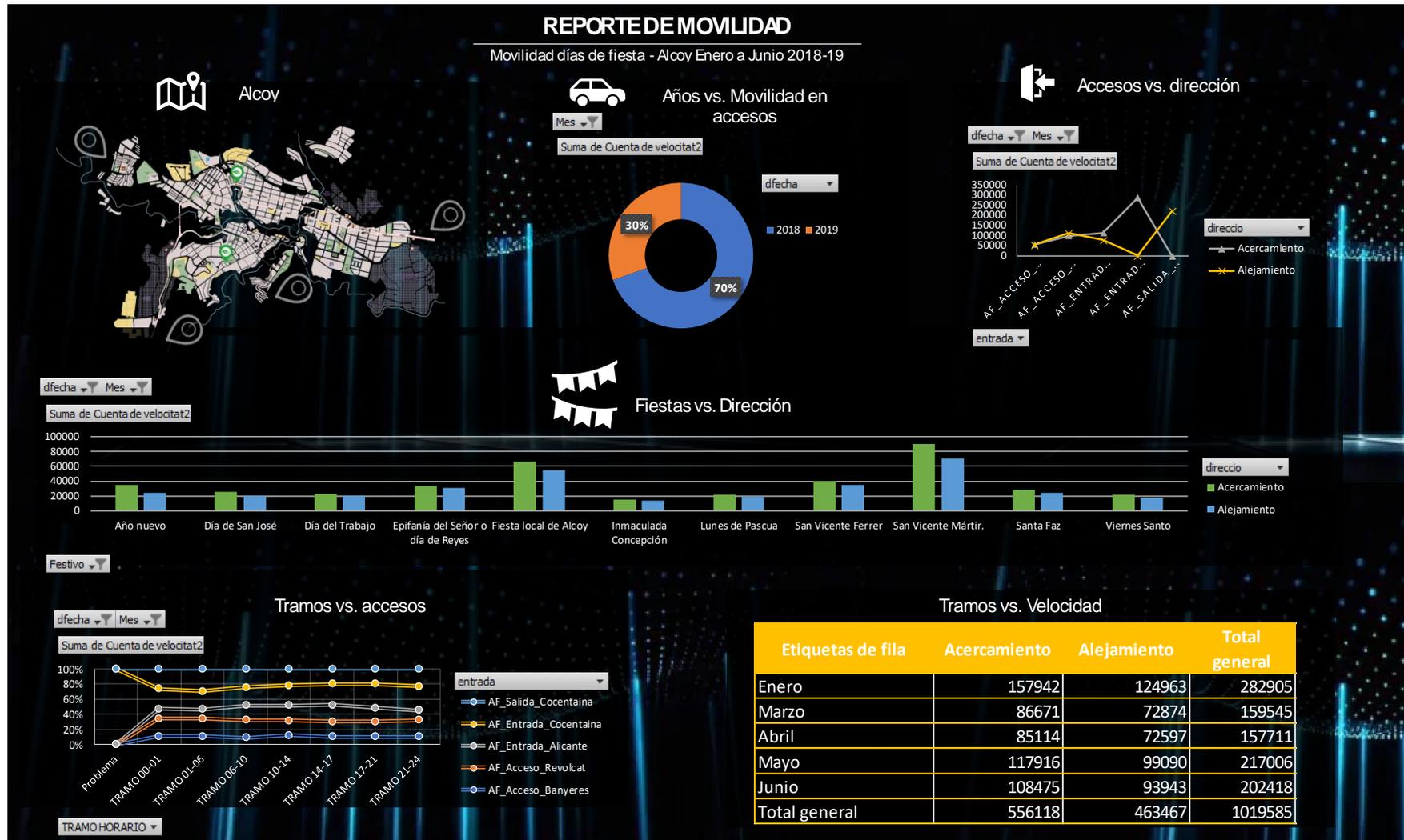


Ilustración 51: Dashboard reporte de movilidad enero a junio 2018 - 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

Este dashboard permite visualizar en primer lugar la disminución vehicular en los días festivos en la ciudad de Alcoy, mostrando un 70% de afluencia en el año 2018 y un 30% en el año 2019.

En cuanto a los accesos y la dirección de los vehículos, se puede observar mayor movilidad ingresando por el acceso de Cocentaina.

Por su parte, la gráfica de las festividades y el direccionamiento a la ciudad permite observar que, existe mayor afluencia vehicular ingresando a Alcoy en las festividades de San Vicente Mártir y Moros y cristianos.

La grafica sobre el flujo vehicular y los tramos en cada acceso de la ciudad permiten visualizar posibles estancamientos, sin embargo, en el presente análisis se evidencia un flujo estable en cada tramo.

Finalmente, se dispone de una tabla en el mismo dashboard para evaluar la cantidad de vehículos ingresando y saliendo de Alcoy en cada mes del año donde se presentan festividades, observando mayor afluencia vehicular ingresando a la ciudad que saliendo de la misma, sin embargo, los datos no cuentan con una brecha muy lejana.

6.2.2 Dashboard reporte de movilidad (julio a diciembre 2017 – 2018 – 2019)

A continuación, en la Ilustración 52, se evidencia la estructura del dashboard con el reporte de movilidad julio a diciembre del 2017, 2018 y 2019:

El presente dashboard permite evaluar el comportamiento vehicular en los días festivos durante los meses de julio a diciembre de los últimos años.

Contiene una gráfica de anillo, la cual evidencia una afluencia vehicular mayor durante el año 2017 con un 55%, seguido por el año 2018 con un 23% y el año 2019 con un 22%. Lo anterior permite evaluar aspectos culturales para atraer mayores turistas para las festividades del año.

La siguiente grafica evidencia el comportamiento que hay en cada uno de los accesos de la ciudad con relación a la dirección de los vehículos que transitan. En este caso se puede ver mayor movilidad especialmente de ingresos por el acceso de Cocentaina.

Posteriormente, se evidencia la gráfica de festividades con relación a la dirección de los vehículos, en la cual se puede observar que, la fiesta de todos los santos es la que contiene mayor tráfico vehicular ingresando a la ciudad. Mientras que, la festividad con más egreso de vehículos es la fiesta nacional de España.

En el siguiente grafico se muestra el estado del tráfico en los tramos de los diferentes accesos a la ciudad de Alcoy, evidenciando en este caso una normalidad en el tráfico con excelente fluidez. Finalmente, se muestra una tabla informativa para validar el comportamiento vehicular en cuanto a ingresos y salidas para los meses del año con festividades, encontrando así, mayor afluencia vehicular ingresando.

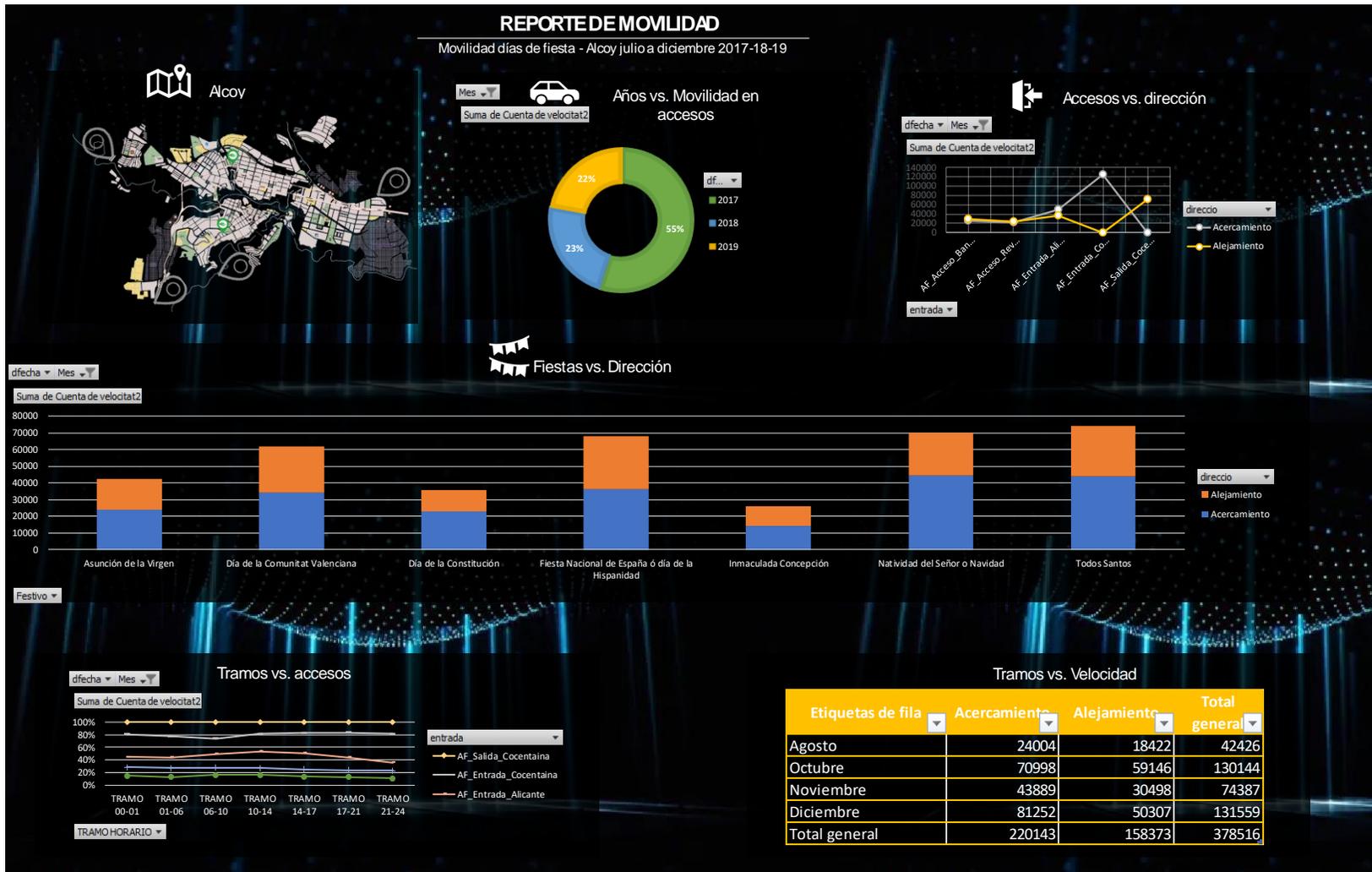


Ilustración 52: Dashboard reporte de movilidad julio a diciembre 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

6.2.3 Dashboard reporte de movilidad (2017 – 2018 – 2019)

Se busca analizar diferentes aspectos en términos de movilidad en la ciudad de Alcoy con base en los datos recolectados durante los últimos años.

De ese modo se transforman los datos en información que permite ser visualizada en gráficas y estadísticas fáciles de interpretar. A continuación, se puede evidenciar aspectos como: tráfico vehicular en los últimos años, movilidad en cada acceso de la ciudad, tramos y densidad vehicular, entre otros. Así las cosas, se genera el siguiente tablero de control, Ilustración 53.

En primer lugar, se encuentran definidos cada uno de los accesos de la ciudad a través de un mapa. Posteriormente, se genera una gráfica circular que evidencia el comportamiento vehicular en los últimos años. Con ello podemos observar una disminución significativa para el año 2019. El año 2017 muestra menor porcentaje debido a la cantidad inferior de datos recolectados.

De manera siguiente, se encuentra graficado el comportamiento vehicular de los años con relación a la dirección, evidenciando mayor flujo vehicular entrando a la ciudad y en menor proporción saliendo de la misma.

La siguiente gráfica, evidencia el tráfico vehicular por cada uno de los accesos de la ciudad durante los últimos años. De esta manera se puede observar que, el acceso por Alicante ha tenido una reducción en el flujo vehicular durante el año 2019, mientras que, Revolcat, ha mantenido un crecimiento durante los años evaluados.

Posteriormente, se muestra un gráfico que permite evaluar el tráfico en los días del año, identificando así días entre semana y fines de semana. Por último, se ha dispuesto un gráfico que analiza el flujo vehicular en cada uno de los tramos por las direcciones (Alejamiento, acercamiento). De esta manera se refleja en tiempo real si hay un comportamiento denso o fluido. Para el caso actual, se identifica un tráfico fluido en cada tramo.

Con la herramienta anterior se busca crear un complemento a la Smart City Alcoy, teniendo en cuenta la información capturada con sus cámaras y sensores, los cuales se encuentran ubicados en puntos estratégicos de la ciudad.

En consecuencia, se genera un tablero informativo el cual pretende crear un tablero de control en base al histórico de datos, para generar alertas que permitan al Ayuntamiento tomar decisiones de manera oportuna en beneficio del mejoramiento continuo de la ciudad, especialmente en movilidad. Asimismo, permite tomar medidas preventivas con apoyo de proyecciones o pronósticos de acuerdo con información histórica.

Esta herramienta se enfoca en los días festivos del año, visualizando el comportamiento de movilidad incluyendo otros aspectos como cultural, social y turístico para el ordenamiento de la ciudad en las próximas festividades.

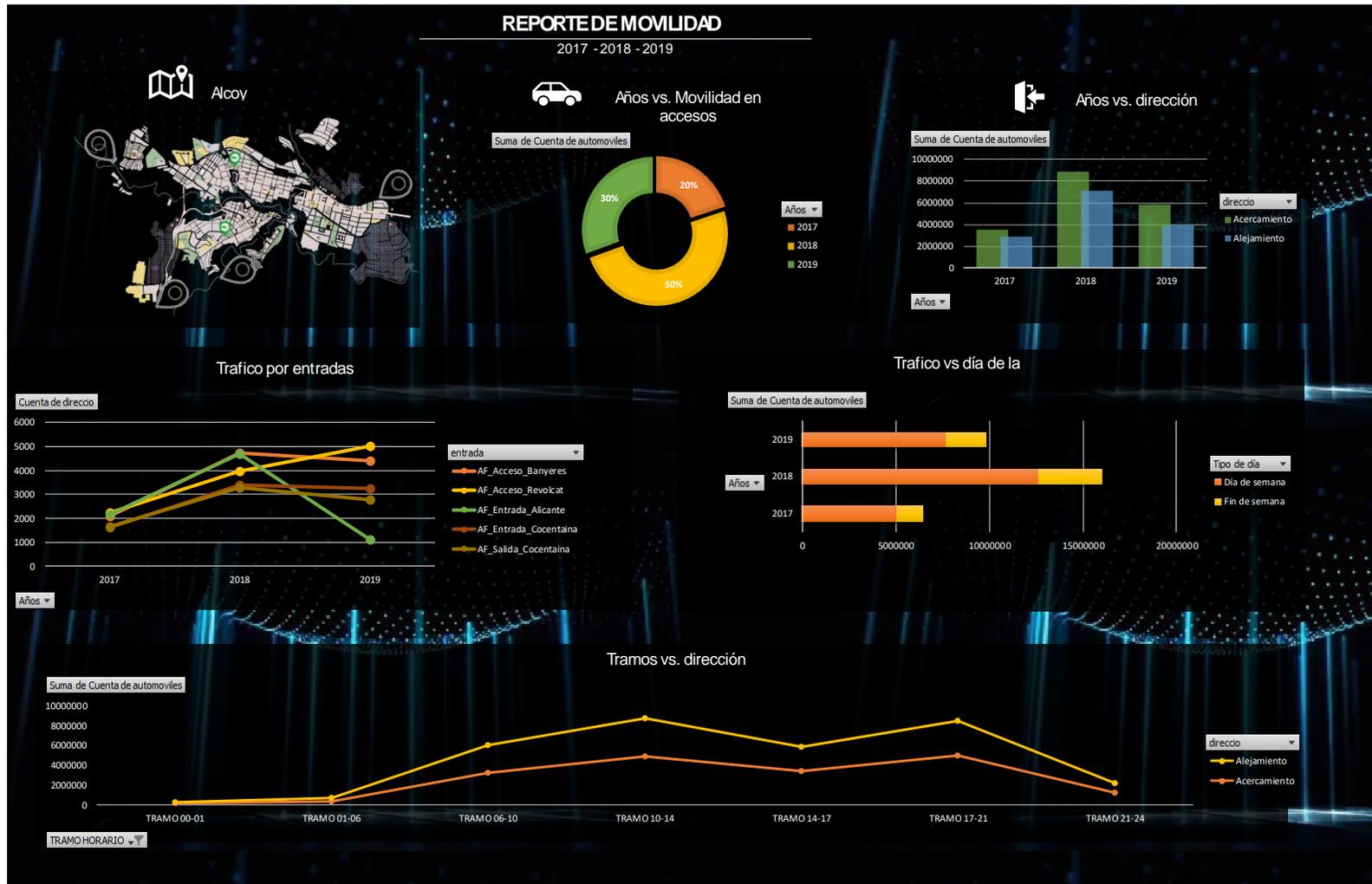


Ilustración 53: Dashboard reporte de movilidad 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoi, elaboración propia.

Además, se pretende hacer uso completo de herramientas de inteligencia artificial, inteligencia de gobiernos, con el complemento dentro de la obtención de datos con el Big data de la Smart City Alcoy, con el fin de generar gráficas y estadísticas en tiempo real de acuerdo con las necesidades propias de la ciudad y consideradas por el ayuntamiento, orientando los datos a información concreta para la toma de decisiones. A su vez, disponer de herramientas que permitan pronosticar sucesos futuros.

A continuación, se presenta el algoritmo sobre la herramienta presentada:

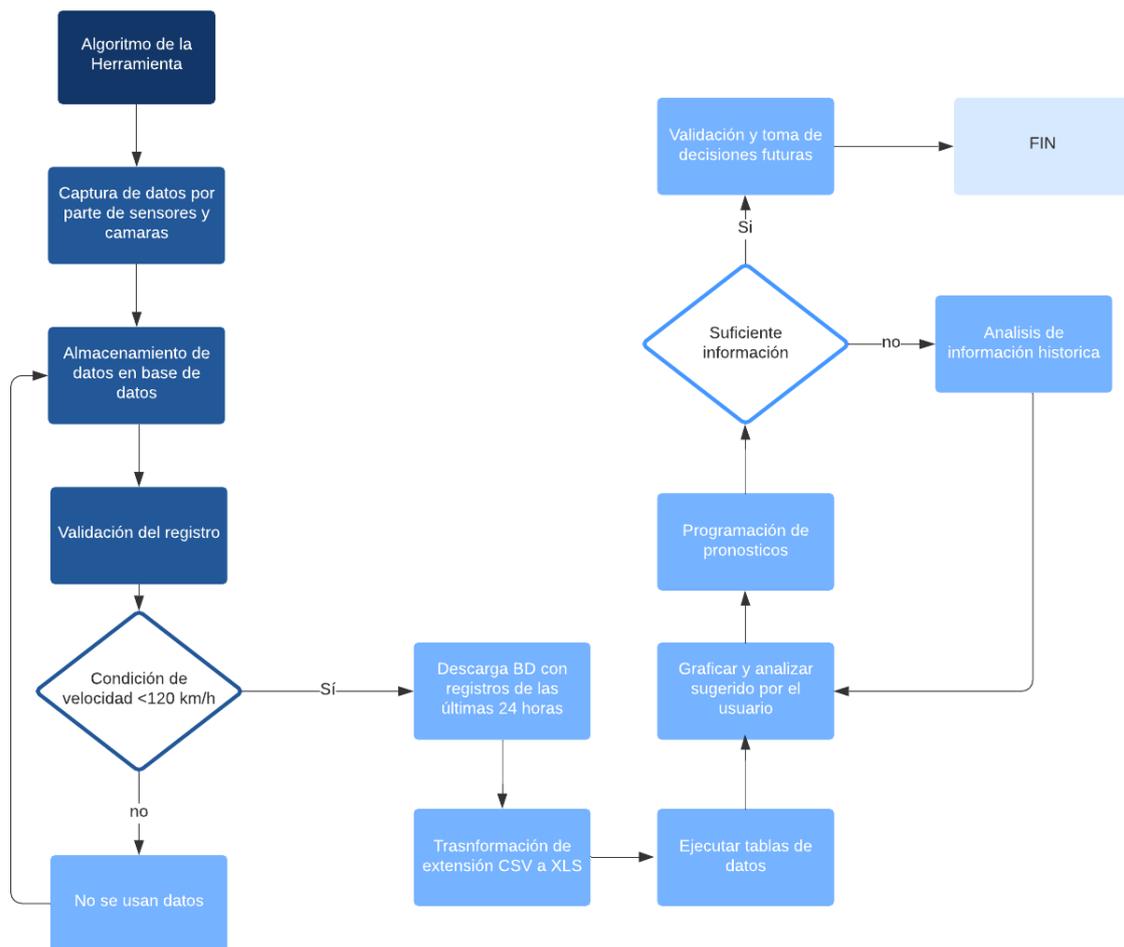


Ilustración 54: Propuesta de algoritmo. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la Ilustración 54, inicialmente se capturan los datos provenientes de las cámaras y sensores ubicados en la ciudad de Alcoy para ser almacenados dentro de una base de datos única, posteriormente, se validan los registros y se procede a validar principalmente la velocidad aceptada menor a 120 Km/h. Así Las cosas, se procede a descargar los datos validos de las últimas 24 horas, mientras que, los que corresponden a velocidades mayores se continúan almacenando. Esta información debe ser transformada, ya que la descarga genera en archivos con extensión CSV, con el fin de visualizarla en extensión XLS.

Con la información en el formato indicado, se procede a ejecutar las tablas dinámicas para graficar y analizar la información de acuerdo con lo sugerido por el usuario, además generar la programación de las proyecciones estadísticas. De esta manera se valida si la información obtenida es suficiente para generar dichas proyecciones. En caso de no contar con los datos suficientes, se generan informes a partir de las gráficas y el análisis previo realizado, en caso de tener suficientes datos se toman las decisiones correspondientes.

Para el presente proyecto se ha establecido la realización de la dinámica al realizar proyecciones con los datos obtenidos, haciendo uso de métodos como regresión lineal y media móvil, sin embargo, debido a la escasez de datos obtenidos en los últimos años, se ha presentado un R^2 muy cercano a 0, lo cual no evidencia tendencia alguna. Por lo anterior, se observa la conveniencia de contar con mayor cantidad de datos para poder proyectar situaciones y comportamientos.

Teniendo en cuenta que, solo se han obtenido datos de los últimos 3 años, no se puede generar proyección alguna, sin embargo, en el siguiente gráfico se muestra el comportamiento vehicular en estos años:

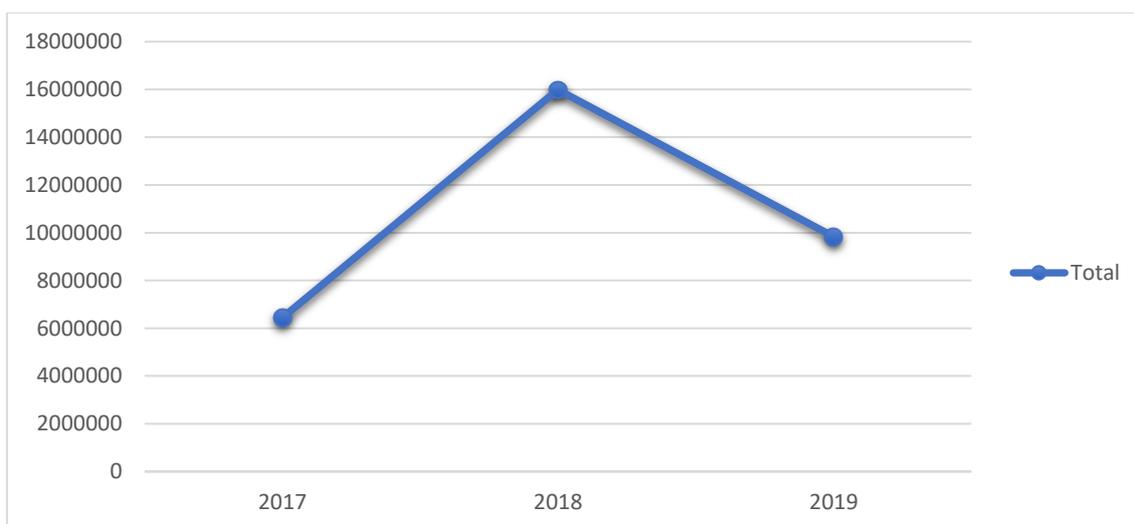


Ilustración 55: Movimiento vehicular 2017, 2018 y 2019. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy elaboración propia.

Durante el año 2017 se evidencia menor cantidad de vehículos, sin embargo, esto se debe a la información inferior obtenida en comparación con los años siguientes. Para el año 2018 hay un incremento en la circulación vehicular significativo, mientras que, el año 2019 refleja una caída en la afluencia de vehículos. Por una parte, se presume alguna falla en la conectividad de las cámaras y sensores que no permitieron la recolección total de los datos, y por otra parte la migración de población.

Sin embargo, con esta información se pueden estructurar y definir estrategias que promuevan el acercamiento de población a la ciudad de Alcoy, en cuanto a turismo, empleabilidad, industria, entre otros.

Como se ha mencionado anteriormente, solo se han obtenido datos de los últimos 3 años, no se puede generar proyección alguna, sin embargo, en el siguiente gráfico Ilustración 56 e

Ilustración 57, se muestra el comportamiento vehicular en estos años por el acceso de Banyeres y Alicante:

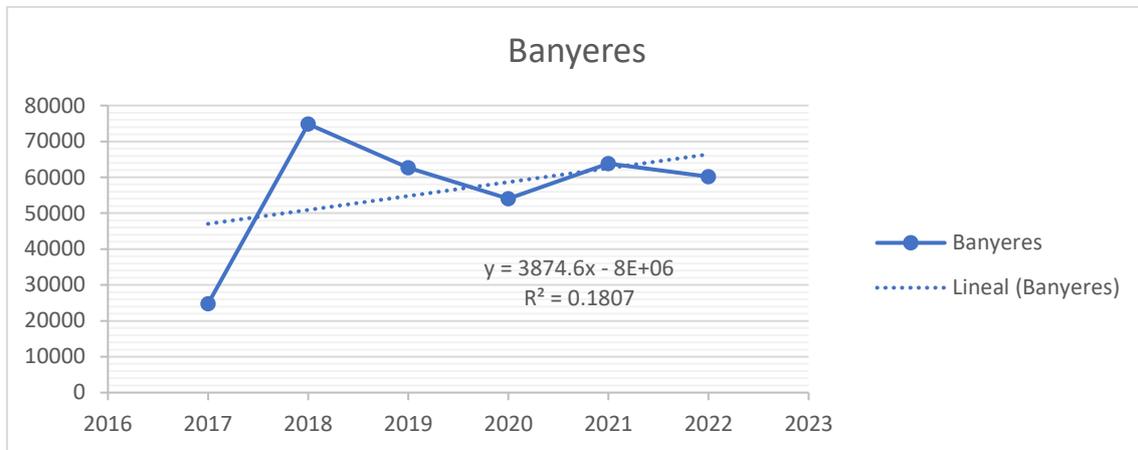


Ilustración 56: Movimiento vehicular acceso Banyeres. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaborado propia.

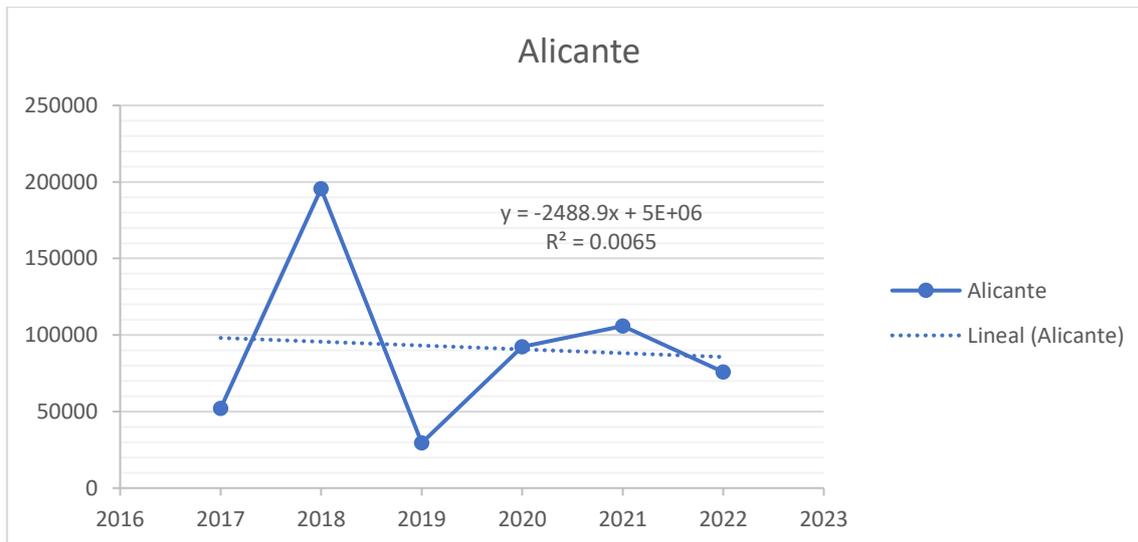


Ilustración 57: Movimiento vehicular acceso Alicante. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

Media móvil: Con el método media móvil, se ha seleccionado la misma información, con intervalos de 2, sin embargo, la situación no es más óptima, y se presentan los siguientes resultados ver Ilustración 58 e Ilustración 59:

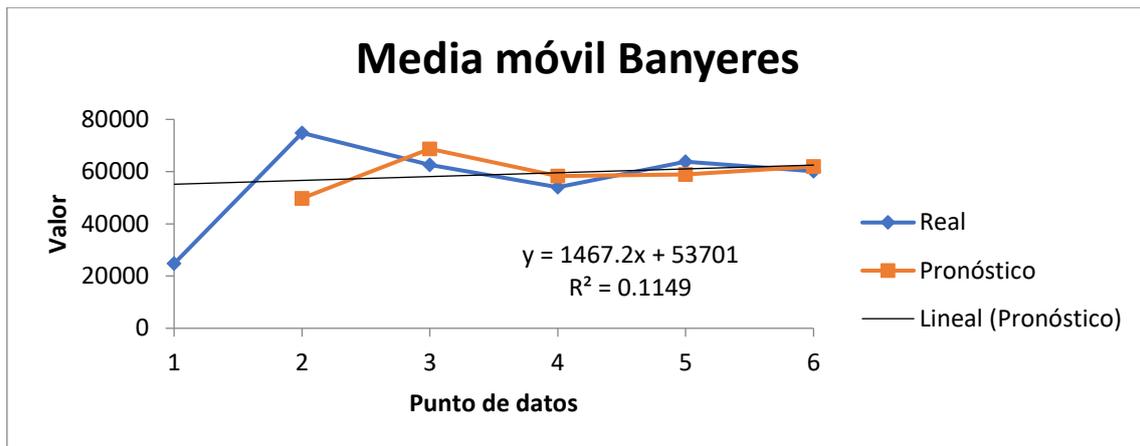


Ilustración 58: Media móvil acceso Banyeres. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

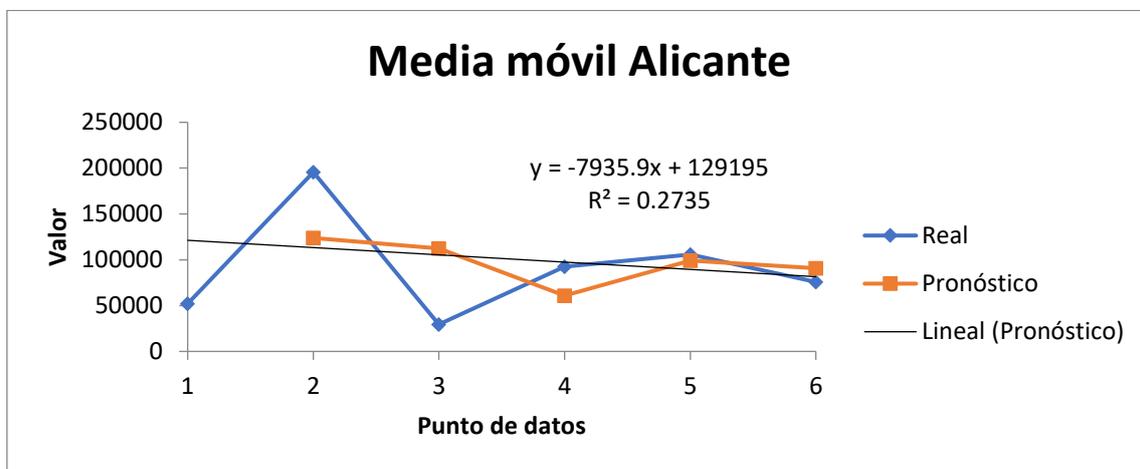


Ilustración 59: Media móvil acceso Alicante. Fuente: Open data ayuntamiento de Alcoy, elaboración propia.

Con este método la situación reflejada es similar a la anterior a las gráficas anteriores debido a que los registros disponibles son relativamente de pocos años.

6.3 Conclusiones

- Las herramientas tecnológicas y de inteligencia artificial pueden ser aprovechadas no solo para obtener información en tiempo real, sino para analizar y generar pronósticos que nos guíen hacia futuros sucesos y permitan tomar decisiones que beneficien la ciudad y sus diversos componentes, sociales, culturales, turísticos, de tráfico, entre otros.
- La herramienta sugerida busca complementar a las herramientas ya existentes en el portal de Smart City Alcoy, promoviendo las alternativas que ofrece la comunidad educativa en alcanzar los objetivos de programación para el diagnóstico y pronóstico de situaciones complejas.
- La visualización que poseen las herramientas de Business Intelligence son muy interactivas permitiendo el entendimiento de cualquier persona sin que esta posea alguna especialidad de programación o informática.
- Cabe resaltar que, durante el análisis de la información y la puesta en marcha de la herramienta, se visualizó inconvenientes tecnológicos provenientes de las cámaras, las cuales han interrumpido el ciclo de información generando vacíos evidentes en las gráficas.
- Se pudo observar un decrecimiento en la movilidad de la ciudad de Alcoy, lo cual debe ser evaluado para promover el turismo, crecimiento y reconocimiento de la comunidad.
- Se puede establecer una capacidad máxima de tráfico en cada entrada para pronosticar nuevas vías o rutas para los días con mayor flujo vehicular.
- Con los ejemplos de los pronósticos se busca evidenciar la carencia de datos para establecer proyecciones, por lo que, se recomienda tomar más cantidad de datos para programar pronósticos haciendo uso de las herramientas de inteligencia de negocios, las cuales permiten visualizar de manera interactiva y atractiva información para la toma de decisiones.

Capítulo VII Conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación

Las conclusiones del presente trabajo de fin de máster se resumen de la siguiente manera:

- La tendencia actual en diferentes ámbitos de la sociedad, empresa y en otros, es la transformación digital y en ella el almacenamiento de datos más segura y confiable es en un sistema descentralizado como lo es blockchain, esto para evitar la manipulación de los registros.
- Para que la ciudad de Alcoy alcance a otras ciudades en el nivel de desarrollo digital en comparación a otras ciudades de España, tiene que invertir e inyectar constantemente recursos en capital humano y tecnológico, para que desarrolle aplicaciones con valor para la sociedad, la empresa y en general para toda la ciudad en el uso eficiente de sus recursos
- El desarrollo de aplicaciones con información relevante para el ciudadano en tiempo con valor agregado para el ciudadano, empresario, emprendedor, y para otros interesados permitirá una mayor comodidad a los usuarios.
- La base de datos cargada a la aplicación estadística de R Commander para el análisis univariante no ha proporcionado información relevante. En el análisis bivariante en el año 2017, 2018 y 2019 el acceso de entrada a Cocentina es el que mayor tráfico ha tenido en el ingreso de coches y muestra todo lo contrario en el acceso de salida de Cocentina con mayor tráfico en la salida de coches. Y para los otros accesos y salidas el flujo de ingreso y salida de coche se mantiene uniforme.
- Los métodos de pronóstico utilizados tienen un coeficiente de correlación relativamente muy bajo y eso se debe en parte a que disponemos de registros de datos de las fiestas de Alcoy de dos años, No obstante, la implementación de la propuesta de algoritmo para la visualización de dashboard con algoritmos de inteligencia artificial permitirá que el sistema se vaya fortaleciendo en el tiempo conforme se vayan generando registros de datos.

Entre las recomendaciones que se plantean al ayuntamiento en el presente trabajo de fin de máster sería:

- Seguir testeando con la data disponible del open data de las entradas y salidas a la ciudad de Alcoy con otros modelos predictivos y en otros paquetes estadísticos como Rstudio o SPSS, muy probablemente, muestre resultados interesantes al cargar con estos paquetes y permita visualizar otros elementos.
- La información disponible del open data de los ingresos y salidas a la ciudad de Alcoy es muy limitada de 2.5 años. Además, con muy pocas variables lo que permite generar una limitada cantidad de variables hijas, sería oportuno que el ayuntamiento publique otras variables relevantes para un análisis más enriquecedor y haciendo hincapié dentro de la aplicación de la norma legal de confidencialidad de datos.
- El ayuntamiento de Alcoy debería de considerar la opción de implementar en las aplicaciones móviles y de escritorio los dashboard propuestos en el presente trabajo para que los usuarios puedan estar informados y de ser el caso tomen decisiones.

Como futuras líneas de investigación, en el presenta trabajo se plantea lo siguiente:

- El uso extensivo de terminales móviles inteligentes en diversos aspectos de nuestras vidas en la que emiten una amplia gama de información de las actuaciones de los usuarios en diferentes grupos de edades combinado con información disponible de las entradas y salidas de los accesos a la ciudad de Alcoy, puede crear aplicaciones de valor que detente a tiempo situaciones de riesgo como es incumplir reglas de tránsito, acceso a determinadas calles o comunicar cierre de alguna calle por obras públicas con mensajes de texto, u otras situación que el usuario considere de valor .
- Crear sinergias entre el ayuntamiento, empresas del polígono industrial y la UPV, en la que el ayuntamiento y las empresas proporcionaría recursos económicos bajo diversas modalidades en las diferentes carreras profesiones que tiene la UPV para que iniciativas que involucren a proyectos de aplicaciones para un entorno Smart City en Alcoy puedan salir adelante enfocados en movilidad, mejora de la productividad de las empresas en el uso racional de los recursos, entre otros.

Bibliografía

- Alcoy, A. d. (s.f.). *Alcoy Smart City-Plan Director* . Obtenido de https://www.alcoi.org/export/sites/default/es/ayuntamiento/descarga/Plan_director_Alcoi_Smart_City.pdf
- Alicante, D. d. (2020). *Diputación de Alicante*. Obtenido de <http://documentacion.diputacionalicante.es/9finanz.asp?codigo=03009>
- Aloqaily, M. O. (2019). An intrusion detection system for connected vehicles in smart cities. *Ad Hoc Networks*, 101842., 90.
- Alzamora. (2020). *Alzamora*. Obtenido de Alzamora: <https://pagina66.com/art/118706/alcoy-implantara-tecnologia-para-controlar-los-movimientos-del-suelo>
- ambiente, i. (2020). *i ambiente*. Obtenido de <https://iambiente.es/2018/10/a-por-la-capital-verde-europea-el-pantano-de-elche-convertido-en-un-museo-al-aire-libre/>
- Barlow, M. &.-B. (2018). *Smart cities, smart future: Showcasing tomorrow*. John Wiley & Sons.
- BOE. (23 de Diciembre de 1998). Real Decreto 2822/1998. *Real Decreto 2822/1998*. Madrid, Madrid, España: Boletín oficial del estado.
- Economía, E. P. (9 de Mayo de 2019). *Retina, El País Economía*. Obtenido de https://retina.elpais.com/retina/2019/05/08/innovacion/1557325968_735475.html
- elperiodic.com. (18 de Mayo de 2020). *elperiodic.com*. Obtenido de https://www.elperiodic.com/alcoi/ayuntamiento-alcoy-aplicara-soluciones-smart-lucha-contr-covid_681321
- eSMARTCIY.es. (2020). Obtenido de <https://www.esmartcity.es/2020/01/15/tecnologia-smart-city-mejorar-movilidad-municipio-alicantino-alcoy>
- INE. (2019). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2856#!tabs-tabla>
- Jiang, D. (2020). The construction of smart city information system based on the Internet of Things and cloud computing. *Computer Communications*, 150, 158-166.
- Khrais, L. (2020). IoT and Blockchain in the Development of Smart Cities. *Khrais, L. (2020). IoT and BIINTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED COMPUTER SCIENCE AND APPLICATIONS*, 153-159.
- Li, C. W. (2020). Distributed perception and model inference with intelligent connected vehicles in smart cities. *Ad Hoc Networks*, 102152.
- Li, D. D. (2020). Intelligent vehicle network system and smart city management based on genetic algorithms and image perception. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 106623., 141.
- Pascual, G. J. (Junio de 2019). Selección y análisis de un conjunto de datos de Alcoy Smart City . Universidad de Alicante.

- Pérez López, C. (2005). *Métodos estadísticos avanzados con SPSS*. Madrid: Thompson. Madrid.
- RECI. (s.f.). *Red Española de Ciudades Inteligentes*. Obtenido de <http://reddecidadesinteligentes.es/sobre-nosotros/>
- Rochet, C. (2018). *Smart Cities: Reality or Fiction*. John Wiley & Sons.
- School, I. B. (2020). *IESE Business School*. Obtenido de <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0509.pdf>
- Shafiq, M. T. (2020). Selection of effective machine learning algorithm and Bot-IoT attacks traffic identification for internet of things in smart city. *Shafiq, M. T. (2020). Selection of effective machine learning algorithm and Bot-IoT attacks traFuture Generation Computer Systems, 107, 433-442.*
- Song, H. S. (2017). *Smart cities: foundations, principles, and applications*. . John Wiley & Sons.
- Tecnologies, S. A. (2020). *Smartlighting A Journal on Lighting Technologies*. Obtenido de <https://smart-lighting.es/alcoy-utilizara-soluciones-smart-en-la-lucha-contra-la-covid-19/>
- Wikipedia. (2020). *Ayuntamiento de Alcoy*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Alcoy>
- Wikipedia. (04 de julio de 2020). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Alcoy>

Anexo I

Año: variable de tipo cuantitativa, en la Ilustración 60, se puede observar que en promedio el flujo vehicular fue menor en el año 2017, pero debemos de considerar que la data del año 2017 es aprox. 5 meses. Para el año 2019 en comparación con el 2018 disminuye en 8 puntos porcentuales, tal como, se muestra en la Tabla 12, que es un resumen de la frecuencia por cada año.

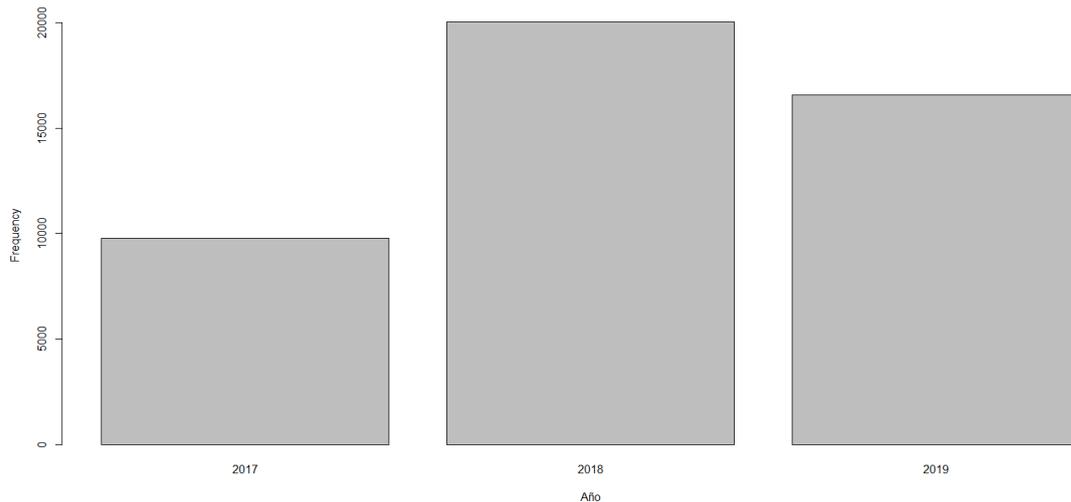


Ilustración 60: Gráfica de barra movimiento vehicular por cada año de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tabla 12: Frecuencia del movimiento vehicular por cada año a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Año	Frecuencia	Porcentaje
2017	9.797	21,10%
2018	20.059	43,19%
2019	16.585	35,71%

Días de la semana: variable de tipo cualitativa, en la Ilustración 61, se puede observar que en promedio el flujo vehicular es uniforme en cada día de la semana, los datos del gráfico se muestra en la Tabla 13, que es un resumen de la frecuencia por cada día.

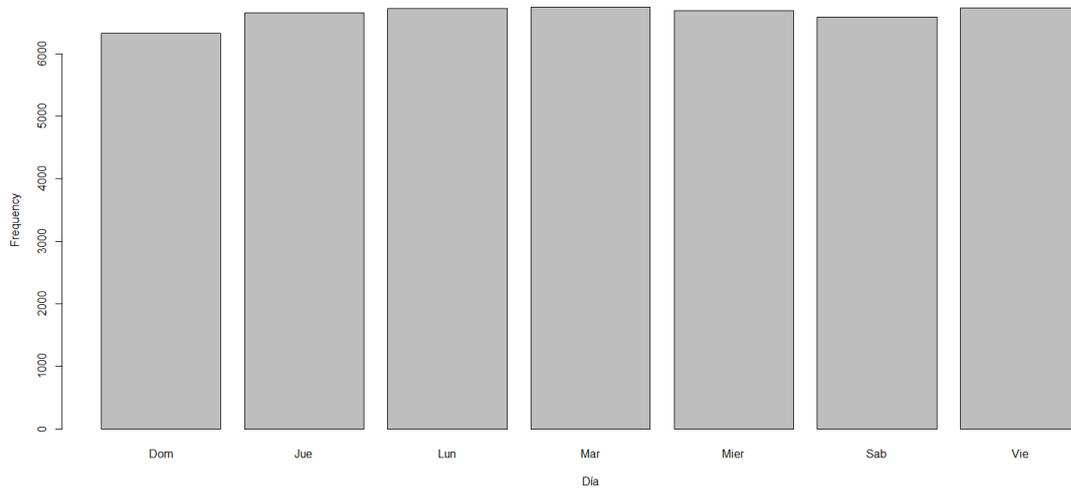


Ilustración 61: Gráfico de barra días de la semana acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tabla 13: Frecuencia por cada día de la semana a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Día	Frecuencia	Porcentaje
Dom	6.325	13,62%
Jue	6.655	14,33%
Lun	6.715	14,46%
Mar	6.747	14,53%
Mier	6.681	14,39%
Sab	6.581	14,17%
Vie	6.737	14,51%

Dirección: variable de tipo cualitativa, en la Ilustración 62, se puede observar que en promedio el acercamiento es ligeramente mayor al alejamiento, los valores del gráfico se muestra en la Tabla 14. Tabla 12

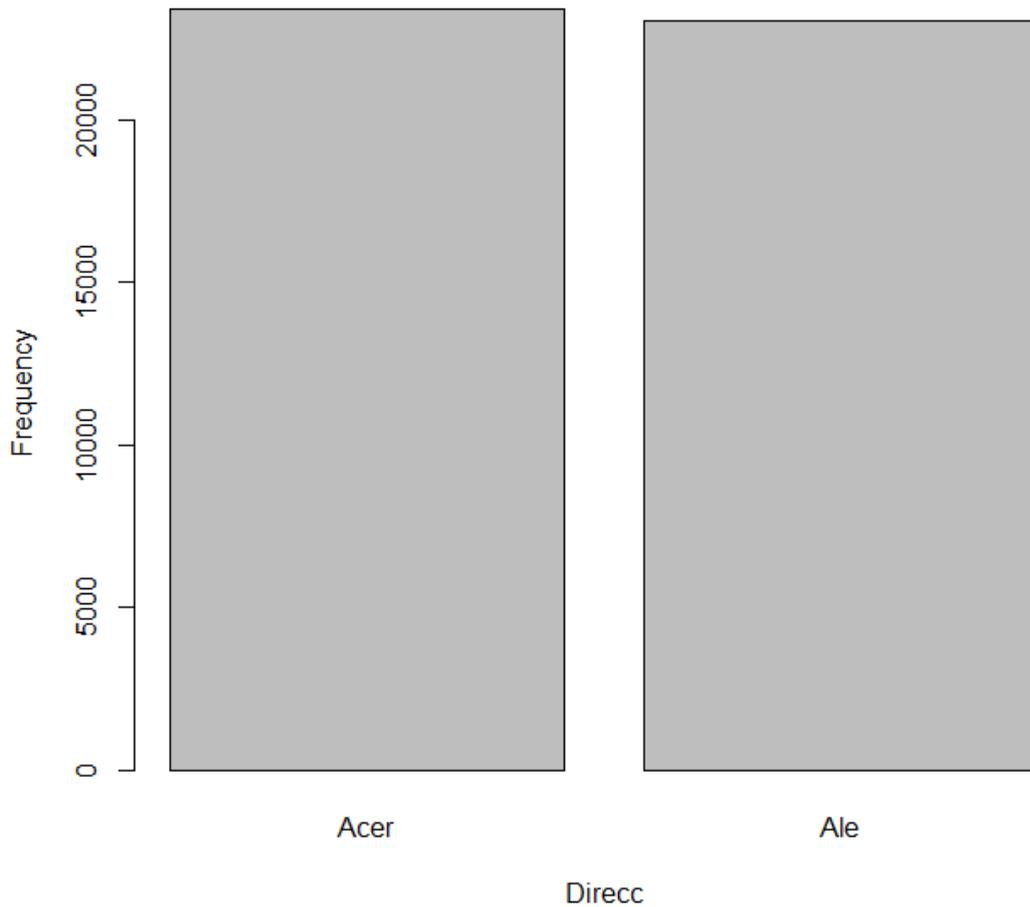


Ilustración 62: Gráfico de barra de direccionamiento de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tabla 14: Frecuencia de direccionamiento de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Año	Frecuencia	Porcentaje
Acercamiento	23.421	50,43%
Alejamiento	23.020	49,57%

Mes: variable de tipo cualitativa, en la Ilustración 63, se puede observar que en promedio el flujo vehicular es mayor en los meses de agosto, octubre y setiembre. En menor proporción en los meses de abril y diciembre, los valores de frecuencia y porcentaje, se muestra en la Tabla 15.

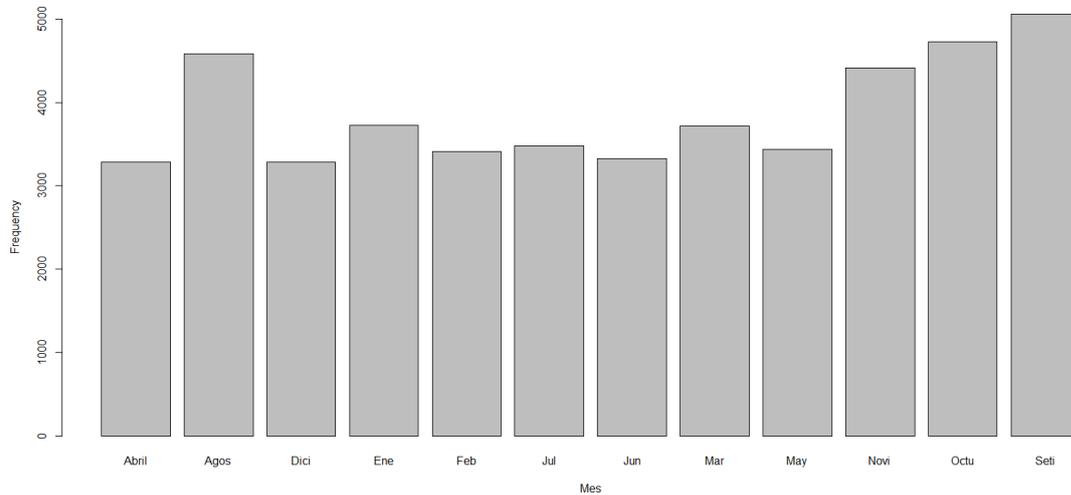


Ilustración 63: Gráfica de barra por mes acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tabla 15: Frecuencia por mes a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Mes	Frecuencia	Porcentaje
Abril	3.286	7,08%
Agos	4.585	9,87%
Dici	3.279	7,06%
Ene	3.725	8,02%
Feb	3.408	7,34%
Jul	3.481	7,50%
Jun	3.326	7,16%
Mar	3.714	8,00%
May	3.440	7,41%
Novi	4.409	9,49%
Octu	4.727	10,18%
Seti	5.061	10,90%

Tipo de día: variable de tipo cualitativa, en la Ilustración 64, se puede observar que el flujo vehicular en días laborables de lunes a viernes es mayor a los de fin de semana, pero debemos de considerar que los días de la semana agrupa 5 días, en contraste, los días de fin de semana solo son 2, en la Tabla 16, se muestra los valores de la variable analizada.

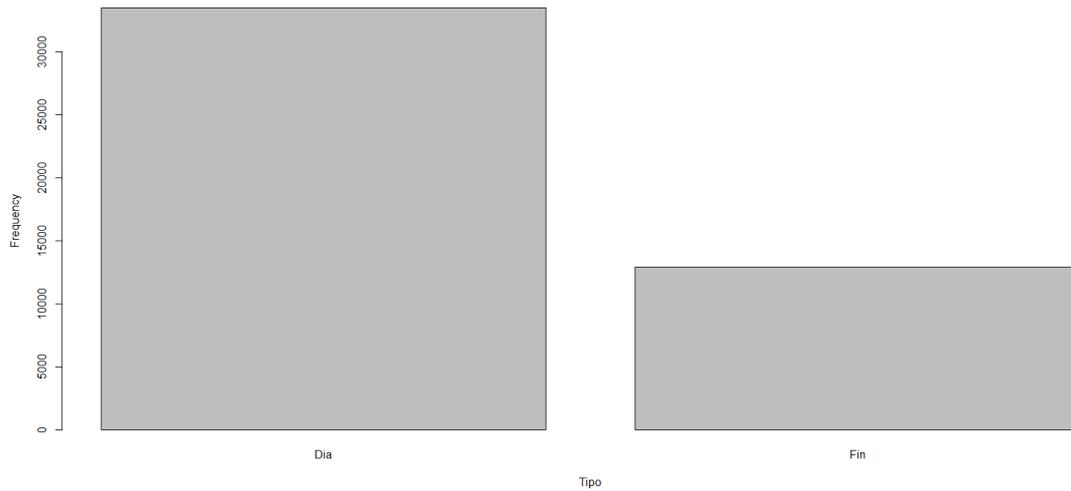


Ilustración 64: Gráfica de barra por tipo de día de la semana acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tabla 16: Frecuencia de tipo día o fin de semana de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Día de semana	33.535	72,21%
Fin de semana	12.906	27,79%

Tramo: variable de tipo cualitativa, en la Ilustración 65, se puede observar que en promedio el flujo vehicular se presenta en el tramo de 10 a 14 horas, y a continuación los tramos de 06 a 10 horas y 17 a 21 horas, sin embargo, el tramo de menor flujo es de 00 a 01 horas, en la Tabla 17, se muestra un resumen de la frecuencia por cada tramo.

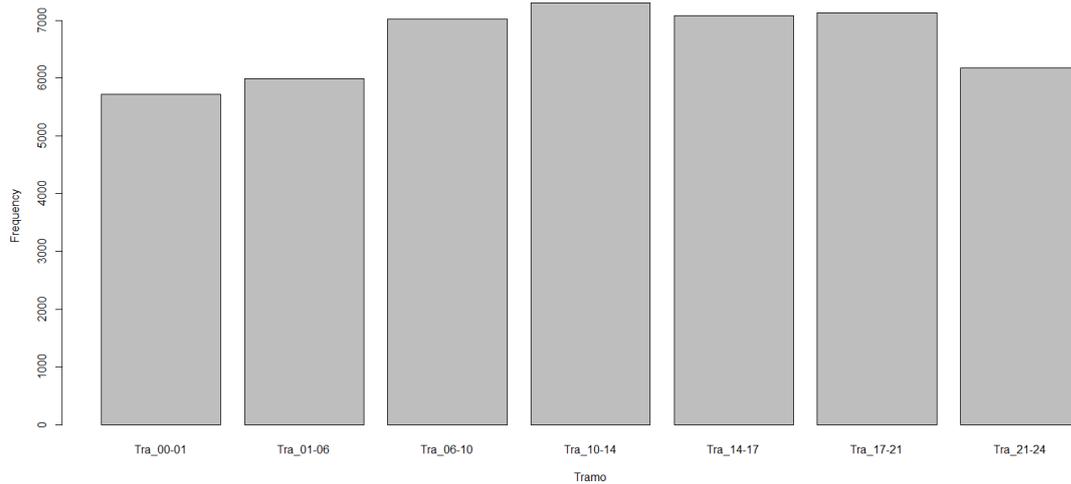


Ilustración 65: Gráfica de barra por tramo acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tabla 17: Frecuencia por tramos de acceso a la ciudad de Alcoy. Fuente: Open data Alcoy, elaboración propia.

Tramo	Frecuencia	Porcentaje
Tra_00-01	5.721	12,32%
Tra_01-06	5.995	12,91%
Tra_06-10	7.019	15,11%
Tra_10-14	7.310	15,74%
Tra_14-17	7.084	15,25%
Tra_17-21	7.132	15,36%
Tra_21-24	6.180	13,31%