



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Análisis de demanda de viajes hacia una comunidad
universitaria a partir de datos recolectados con una aplicación móvil.**

Trabajo previo a la obtención del grado académico de ingeniero automotriz.

Autor:

Alex Francisco Cabrera Vanegas

Director:

Ing. Iván Andrés Mendoza Vázquez Ph.D

Cuenca - Ecuador

2024

Análisis de frecuencia de viajes hacia un campus universitario a partir de datos de localización de una aplicación móvil.

Alex Cabrera-Vanegas.

Iván Mendoza-Vázquez, Daniel Cordero-Moreno

Escuela de Ingeniería Automotriz.

Universidad del Azuay

alex22@es.uazuay.edu.ec

RESUMEN

Este estudio analiza la movilidad hacia un campus universitario utilizando datos masivos (Big Data) de localización recolectados por la aplicación móvil “UDA” de la Universidad del Azuay. La investigación abarca datos de marzo a junio de 2024, con una muestra de 917 usuarios, incluyendo estudiantes, profesores y personal administrativo. Se emplearon técnicas de análisis espacial y temporal para identificar patrones de movilidad. Los horarios de mayor frecuencia de viajes son a las 7h00 y a las 14h00, con mayor afluencia en la mañana. Además, los miércoles presentan el mayor número de desplazamientos. Mapas de calor mostraron los principales orígenes de viajes, como hogares y paradas intermedias. Estos hallazgos ofrecen datos clave para optimizar el transporte y la infraestructura universitaria, sugiriendo posibles servicios de transporte especial y sentando bases para futuras investigaciones sobre movilidad y accesibilidad.

Palabras clave.

Frecuencia de viajes, análisis espacial y temporal, Big Data, patrones de movilidad, segmentación de viajes.

ABSTRACT

This study analyzes mobility patterns to a university campus using Big Data on location collected through the “UDA” mobile application of the University of Azuay. The research covers the period from March to June 2024, based on a sample of 917 users, including students, faculty, and administrative staff. Spatial and temporal analysis techniques were applied to identify mobility trends. The peak travel times are at 7:00 AM and 2:00 PM,

with the morning being the busiest. Wednesdays record the highest number of trips. Heat maps revealed key trip origins, such as homes and intermediate stops. These findings provide critical insights for optimizing university transport and infrastructure, suggesting potential special transport services and laying the groundwork for future studies on mobility and accessibility.

Keywords.

Travel frequency, spatial and temporal analysis, Big Data, mobility patterns, trip segmentation.

DEDICATORIA

A mis queridos padres Mario y Katty, por su amor incondicional, apoyo constante y por ser la base firme que me permitió llegar hasta aquí. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la importancia de la educación.

A mi esposa Joselyne, por su paciencia, comprensión y por ser mi compañera incansable en cada paso de este camino. Tu amor y apoyo han sido mi fuente de fortaleza, y sin ti, este logro no habría sido posible.

A mis hijos Samuel y Axel, por su alegría, su energía y su inspiración diaria. Ustedes son la razón de mi esfuerzo y mi mayor motivación para seguir adelante, buscando siempre ser un mejor ejemplo para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento al Profesor Iván Mendoza, quien fue un pilar fundamental en el desarrollo de esta tesis. Su guía experta, su paciencia y sus valiosos consejos fueron esenciales para orientar mi investigación y llevarla a buen puerto. Gracias por su disposición, por creer en mi proyecto desde el principio y por siempre motivarme a superarme. Su dedicación y compromiso con mis aprendizajes han sido una fuente constante de inspiración.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Movilidad Urbana y Patrón de Viajes	3
2.2 Datos de Localización y Georreferenciación	4
2.3 Filtrado y Validación de Datos	4
2.4 Segmentación Temporal y Espacial	4
2.5 Frecuencia de Viajes y Horas Pico.....	5
2.6 Uso de Microsoft Excel en el Análisis de Datos.....	5
3. MATERIALES Y METODOLOGÍA	6
3.1 MATERIALES	6
3.1.1 Datos de localización de la aplicación móvil:	6
3.1.2 Software Microsoft Excel:.....	6
3.1.3 Sistema de Información Geográfica (SIG):.....	6
3.2 METODOLOGÍA	6
3.2.1 Obtención de datos:	6
3.2.2 Preprocesamiento de Datos:	7
3.2.3 Validación de datos obtenidos por la app.....	8
3.2.4 Creación de polígono espacial del campus universitario:	8
3.2.5 Filtrado de Datos	9
3.2.5.1 Filtrado de datos por origen y destino	9
3.2.5.1.1 Validación del origen.....	10
3.2.5.2 Validación del destino	10
3.2.5.2 Filtrado de datos por día de la semana.....	10
3.2.5.3 Filtrado de datos por días feriados.....	11
3.2.5.4 Filtrado de viajes por distancia mínima y máxima.....	11
3.2.6 Segmentación Temporal	12
3.2.6.1 Segmentación por hora del día.....	12
3.2.6.2 Segmentación por día de la semana.....	12
3.2.7 Mapa de calor	13
3.2.8 Interpretación de patrones de viaje.....	13
4.RESULTADOS	14
4.1 Validación de datos.....	14

4.2 Viajes hacia el Campus	15
4.3 Frecuencia de Viajes por hora del día	16
4.4 Frecuencia de Viajes por Día de la Semana:.....	17
4.5 Comparación de viajes en los diferentes días de la semana.....	18
4.6 Distancia hacia el campus	18
4.7 Orígenes de viajes en horas pico.....	19
5.CONCLUSIONES	22
6. BIBLIOGRAFÍA	23
7. ANEXOS.....	24

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Unidades de los datos de cada viaje	7
Tabla 2: Características de los viajes	8
Tabla 3: Valores limitadores del campus.....	9
Tabla 4: Parámetros para validar el punto de origen	10
Tabla 5: Procedimiento de filtrado por día de la semana.	11
Tabla 6: Días feriados	11

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Polígono del campus universitario	9
Figura 2: Procedimiento para el análisis de desplazamientos hacia el campus. 14	
Figura 3 : Recorrido de validación del usuario de prueba.....	15
Figura 4: Viajes hacia el campus universitario.....	15
Figura 5: Puntos de origen y destino válidos.....	16
Figura 6: Frecuencia de viajes segmentado por hora del día.....	16
Figura 7: Frecuencia de viajes segmentado en día de la semana.....	17
Figura 8: Frecuencia de viajes de los diferentes días de la semana.....	18
Figura 9: Porcentaje de distancias hacia el campus universitario.....	18
Figura 10: Mapa de calor de los orígenes de viajes hacia el campus	19
Figura 11: Mapa de calor de desplazamientos en la mañana en hora pico.....	20
Figura 12: Mapa de calor de desplazamientos en la tarde en hora pico	21
Figura 13: Comparativa de hora pico en la mañana (rojo) y tarde (azul).....	21

1.INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la movilidad urbana ha experimentado una transformación significativa gracias al desarrollo de tecnologías de la información y comunicación (TIC) y el uso creciente de dispositivos móviles con capacidades de geolocalización. Estas innovaciones, combinadas con el análisis de Big Data, han transformado el estudio de los desplazamientos, permitiendo mejorar los patrones de transporte en las ciudades. En entornos específicos como los campus universitarios, los sistemas inteligentes interconectados sustentados en TIC facilitan una administración eficiente de los recursos y el diseño de soluciones para la movilidad (Copaja-Alegre1 & Esponda-Alva, 2019).

El análisis de la movilidad en estos espacios es fundamental para mejorar tanto la infraestructura como la eficiencia de los servicios. Este tipo de análisis no solo permite identificar flujos de personas y sus dinámicas, sino que también facilita la planificación urbana orientada a optimizar la movilidad, la equidad en el acceso a la educación y la calidad de vida de los ciudadanos (Batty et al., 2012).

En este contexto, las aplicaciones móviles que recopilan datos de localización juegan un papel clave, proporcionando información valiosa sobre los patrones de desplazamiento de estudiantes y profesores. Sin embargo, el manejo y análisis de estos grandes volúmenes de datos presenta desafíos técnicos que requieren técnicas eficientes de filtrado, segmentación y análisis para obtener resultados precisos (Batty et al., 2012).

Un ejemplo relevante es el estudio realizado en el Área Metropolitana de Madrid, donde datos de geolocalización de Twitter fueron utilizados para analizar la movilidad hacia los campus universitarios. Este estudio aprovechó la popularidad de la red social entre los jóvenes para identificar áreas de influencia y analizar los tiempos de viaje y diferencias socioeconómicas en función de la ubicación de los estudiantes (Osorio Arjona, 2022). Los hallazgos muestran que los estudiantes tienden a vivir cerca de sus centros educativos, resaltando la importancia de los factores geográficos en la movilidad universitaria.

El análisis de la movilidad urbana puede utilizarse para comprender el comportamiento y mejorar los servicios, el transporte y el uso del área. El estudio de Ahlers Dirk et al., (2016) presenta un sistema de análisis visual de los movimientos de las personas en un gran campus universitario. Un campus puede entenderse como una ciudad en miniatura insertada en una ciudad. El enfoque visual del trabajo muestra las variaciones de densidad

de estudiantes en diferentes horas del día mediante mapas de calor que son fáciles de interpretar.

En Cuenca, el crecimiento del parque automotor, que aumentó en un 24% entre 2019 y 2022 (INEC, 2023), y la consecuente congestión vial generan demoras significativas y un impacto negativo en el acceso a la educación y la seguridad vial. Frente a esta situación, es crucial diseñar estrategias de transporte sostenibles y accesibles que respondan a las necesidades de los estudiantes.

Este trabajo tiene como objetivo general analizar la frecuencia de viajes hacia el campus universitario mediante datos de localización obtenidos de la app de la Universidad del Azuay “UDA”, utilizando herramientas accesibles como Microsoft Excel para procesar y analizar la variación de desplazamientos según la hora del día y el día de la semana. La información obtenida contribuirá a mejorar la planificación de rutas, la capacidad del transporte público y el uso eficiente de los recursos en el campus, promoviendo la sostenibilidad y eficiencia operativa de la institución educativa.

Los objetivos específicos de este estudio son:

- Clasificar los viajes que tienen como destino el campus universitario, con el fin de filtrar y analizar únicamente los desplazamientos relevantes.
- Segmentar la demanda de viajes hacia el campus por hora y por día de la semana, permitiendo identificar las horas pico y los días de mayor afluencia. La información obtenida contribuirá a mejorar la planificación de rutas, la capacidad del transporte público y el uso eficiente de los recursos en el campus, promoviendo la sostenibilidad y eficiencia operativa de la institución educativa.

Estudios anteriores indican que la segmentación temporal y espacial de los datos permite identificar patrones específicos de movilidad, lo que resulta fundamental en la planificación de sistemas de transporte en áreas educativas (Liu & Shi, 2018). La introducción de datos de localización móvil facilita un análisis detallado y en tiempo real de la movilidad universitaria, abordando así las limitaciones de los métodos tradicionales basados en encuestas y conteos manuales (Goodchild, 2007; Batty et al., 2012).

Los resultados de esta investigación pueden contribuir significativamente a la planificación urbana en Cuenca, facilitando la toma de decisiones para mejorar la movilidad y reducir la congestión en torno a los centros educativos. Al proporcionar una

comprensión detallada de los patrones de desplazamiento hacia el campus, el estudio puede apoyar el diseño de rutas de transporte más eficientes y optimizar la capacidad del transporte público en horarios pico. Esto no solo beneficiará a los estudiantes, al asegurarles un acceso más rápido y seguro al campus, sino también a la comunidad en general, al reducir el impacto del tráfico y promover una infraestructura de transporte sostenible. Además, al mejorar la accesibilidad y seguridad en el entorno universitario, se fortalece el acceso equitativo a la educación y se fomenta un ambiente urbano más inclusivo y sostenible.

2. MARCO TEÓRICO

El análisis de la movilidad y los patrones de desplazamiento en entornos urbanos, particularmente en campus universitarios, ha evolucionado significativamente en los últimos años gracias a la disponibilidad de tecnologías de geolocalización y el análisis de datos masivos. Este marco teórico aborda los conceptos clave relacionados con el análisis de frecuencia de viajes, los datos de localización provenientes de aplicaciones móviles, y las técnicas de filtrado y segmentación temporal utilizadas en el estudio de la movilidad.

2.1 Movilidad Urbana y Patrón de Viajes

La movilidad urbana se refiere al conjunto de desplazamientos que realizan las personas en una ciudad o entorno urbano, con el fin de acceder a bienes, servicios o actividades. Según Ratti Carlo & Claudel Matthew, (2016) los patrones de movilidad se estructuran en torno a nodos de interés, como centros educativos, laborales, comerciales y residenciales. En el contexto de un campus universitario, la movilidad es esencialmente circular, con los estudiantes, profesores y personal administrativo desplazándose desde diferentes puntos de origen hacia el campus y viceversa.

Los estudios de movilidad urbana han permitido identificar aspectos fundamentales como las horas pico, los puntos críticos de congestión y las preferencias modales de transporte. Según Batty et al., (2012), estos análisis ayudan a optimizar los sistemas de transporte público y a planificar infraestructuras más eficientes y sostenibles. En los campus universitarios, estos estudios son vitales para prever la demanda de transporte en función de los horarios académicos y los eventos que se desarrollan en la institución.

2.2 Datos de Localización y Georreferenciación

La recolección de datos de movilidad ha pasado de ser una actividad manual (encuestas de viajes, estudios en campo) a un proceso automatizado gracias a la proliferación de dispositivos móviles con capacidades de georreferenciación. Goodchild, (2007) describe la geolocalización como el uso de datos de coordenadas geográficas (latitud y longitud) para determinar la ubicación de un dispositivo en el espacio y el tiempo. Este tipo de datos, generalmente recogidos mediante aplicaciones móviles, proporciona una fuente masiva y precisa de información sobre los desplazamientos de las personas.

Los datos de localización obtenidos de aplicaciones móviles ofrecen la ventaja de ser recogidos en tiempo real y con una cobertura mucho mayor que los métodos tradicionales. Sin embargo, también presentan desafíos, como la necesidad de proteger la privacidad de los usuarios mediante la anonimización de los datos, y la filtración de "ruido" o puntos erróneos en los registros.

2.3 Filtrado y Validación de Datos

El proceso de filtrado de datos es una etapa crítica en el análisis de movilidad. Los datos de localización suelen contener errores o registros no válidos, como posiciones geográficas que no corresponden a un viaje real o puntos que representan situaciones estacionarias. Según Batty et al., 2012 los métodos de filtrado se utilizan para identificar y eliminar estos puntos de "ruido" que pueden distorsionar los resultados finales.

El filtrado implica la aplicación de criterios predefinidos para identificar los viajes válidos, como la distancia mínima recorrida, el tiempo mínimo de desplazamiento o el hecho de que el viaje comience fuera y termine dentro del campus (o viceversa). Este tipo de segmentación permite garantizar que solo se consideren desplazamientos reales y eliminar posibles errores derivados de la tecnología de geolocalización.

La validación de datos se define como un proceso crucial en el tratamiento de grandes volúmenes de datos para garantizar la precisión y relevancia de los análisis (Baquero-Larriva et al., 2025).

2.4 Segmentación Temporal y Espacial

La segmentación de datos es una técnica utilizada para agrupar los desplazamientos en función de variables temporales o espaciales. En estudios de movilidad, la segmentación temporal es particularmente relevante para identificar patrones de frecuencia de viajes a lo largo del día o de la semana. Ahlers Dirk et al., (2016) y Zhang et al., (2024) explican

que los datos de viajes pueden agruparse en franjas horarias (por ejemplo, mañana, tarde, noche) o en intervalos más pequeños, lo que permite visualizar con mayor precisión las horas de mayor y menor afluencia de personas.

La segmentación por días de la semana permite entender cómo varían los patrones de movilidad entre días laborales y fines de semana. En un campus universitario, por ejemplo, la frecuencia de viajes puede estar altamente influenciada por los horarios académicos y las actividades programadas dentro del campus. Los estudios de (Ahlers Dirk et al., 2016) sobre movilidad universitaria muestran cómo el análisis segmentado puede ayudar a los administradores del campus a tomar decisiones sobre la planificación del transporte y la infraestructura.

2.5 Frecuencia de Viajes y Horas Pico.

El análisis de la frecuencia de viajes se centra en cuantificar el número de desplazamientos realizados hacia un destino específico (en este caso, el campus universitario) en un determinado periodo de tiempo. Según Stipancic et al., (2019) el cálculo de frecuencias permite identificar las horas pico y los momentos en los que el campus experimenta mayor afluencia de personas, lo que es fundamental para optimizar los recursos de transporte.

La identificación de las horas pico también proporciona información clave para planificar servicios de transporte público, diseñar infraestructuras de acceso (como estacionamientos o ciclovías), y gestionar la capacidad de los edificios y aulas dentro del campus. El análisis de frecuencias, combinado con las técnicas de segmentación temporal, ofrece una herramienta efectiva para la toma de decisiones sobre la distribución de recursos y la gestión de la demanda de transporte.

2.6 Uso de Microsoft Excel en el Análisis de Datos

Si bien existen herramientas especializadas para el análisis de grandes volúmenes de datos, Microsoft Excel sigue siendo una de las herramientas más accesibles y versátiles para el filtrado, segmentación y visualización de datos. En este estudio, Excel se utiliza para aplicar técnicas de filtrado a (como el uso de tablas dinámicas), calcular frecuencias y generar gráficos de los resultados (Atlantic International University, 2024).

Excel permite trabajar con grandes conjuntos de datos mediante funciones estadísticas y de filtrado que son suficientemente poderosas para el análisis de movilidad. Además, su facilidad de uso lo convierte en una herramienta ideal para investigadores que no tienen

acceso a software especializado pero que necesitan realizar análisis complejos de datos masivos.

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 MATERIALES

Para la realización del presente estudio sobre el análisis de la frecuencia de viajes hacia el campus universitario a partir de datos de localización obtenidos de la aplicación móvil de la universidad “UDA”, se emplearán los siguientes materiales:

3.1.1 Datos de localización de la aplicación móvil: Se utilizaron los datos obtenidos mediante la app de los usuarios que han autorizado previamente el seguimiento y uso de su información de geolocalización. La recogida de datos se enmarca entre los meses de marzo a junio de 2024, habiendo sido posible recabar información de 917 usuarios y un total de 176.569 desplazamientos. Estos datos pasaron por procesos de filtrado y segmentación para obtener información importante acerca de los desplazamientos hacia el campus.

3.1.2 Software Microsoft Excel: Se utiliza Excel como herramienta principal para el procesamiento, filtrado y análisis de los datos. Excel permite aplicar técnicas de filtrado, segmentación y visualización gráfica, lo cual resulta adecuado para la manipulación de grandes volúmenes de datos de localización. El uso de funciones estadísticas en Excel permite cuantificar los patrones de viaje hacia el campus.

3.1.3 Sistema de Información Geográfica (SIG): Herramientas como Google Maps o QGIS son empleadas para verificar los desplazamientos en función de las coordenadas geográficas y para mapear los datos de manera visual y crear mapas de calor.

3.2 METODOLOGÍA

El proceso metodológico para realizar el análisis de la frecuencia de viajes hacia el campus universitario se divide en las siguientes etapas:

3.2.1 Obtención de datos: La aplicación captura datos como latitud, longitud, fecha y hora tanto del punto de origen como de destino. Estos datos se respaldan en un servidor de la universidad (base de datos) y se eliminan del dispositivo móvil cada vez que hay conexión a internet. Este proceso se realiza de forma continua, con una frecuencia mínima de un segundo.

La aplicación registra información únicamente cuando detecta movimiento del usuario. Existe un umbral de inactividad de dos minutos; una vez superado, se establecen los puntos de origen y destino, así como los tiempos de partida y llegada. Finalmente, los datos almacenados en el servidor se descargan según una fecha de corte específica para su posterior análisis.

3.2.2 Preprocesamiento de Datos: se extraen los datos recopilados por la aplicación móvil, los cuales se presentan en la Tabla 1 junto con sus respectivas unidades de medida.

Tabla 1: *Unidades de los datos de cada viaje*

Dato	Unidad
Usuario	-
Viaje ID	-
Fecha de partida	dd/mm/yyyy hh:mm
fecha de llegada	dd/mm/yyyy hh:mm
Latitud de origen	grados decimales
Longitud de origen	grados decimales
Latitud de destino	grados decimales
Longitud de destino	grados decimales
Tiempo total	Horas
Distancia total	Kilómetros

El usuario, viaje Id son datos sin unidades, “dd” corresponde al día, “mm” al mes “yyyy” al año, “hh” es la hora y “mm” son los minutos.

Para proteger la privacidad de los usuarios, los datos fueron anonimizados, eliminando cualquier identificador personal. Estos datos se almacenan en un archivo .csv (valores separados por comas) para su posterior análisis.

En el análisis de la frecuencia de viajes hacia el campus se descartaron los viajes que no tuvieran como destino el campus y aquellos en los que tanto el origen como el destino fueran dentro del campus universitario, además se excluyeron los fines de semana y días feriados, ya que representan días atípicos en cuanto a actividades académicas. Asimismo, La Tabla 2 muestra un ejemplo representativo de los datos recopilados para cada viaje realizado.

Tabla 2: Características de los viajes

	Ejemplo 1	Ejemplo 2
Usuario	006727cd1ec1d57b5620da98cf89f345	006727cd1ec1d57b5620da98cf89f345
Viaje id	121	197
Partida	6/3/2024 7:42	7/3/2024 13:49
Llegada	6/3/2024 7:49	7/3/2024 13:57
Latitud origen	-2.899	-2.894
Longitud origen	-78.985	-78.979
Latitud destino	-2.918	-2.918
Longitud destino	-79.003	-79
Tiempo	0.131	0.142
Distancia	3.578	4.147

3.2.3 Validación de datos obtenidos por la app: se realiza el seguimiento de un usuario de prueba, del cual conocemos su lugar de residencia y su ruta hacia el campus, observamos los que los puntos coinciden con la ruta utilizada en el mapa.

3.2.4 Creación de polígono espacial del campus universitario: utilizando Google Maps y la herramienta My Maps, se identificó el campus universitario y se delimitaron sus coordenadas. En la Figura 1 se muestran los puntos que marcan el polígono del campus, junto con las áreas de estacionamiento. Se obtuvieron las coordenadas de latitud y longitud mínimas y máximas del campus. El polígono fue extendido en sus alrededores para incluir las calles cercanas, ya que estudiantes, profesores y personal administrativo estacionan sus vehículos no solo en las zonas habilitadas dentro del campus, sino también en estacionamientos públicos en las áreas circundantes. Estos espacios adicionales fueron incorporados en el análisis para reflejar de mejor manera la realidad de los desplazamientos y el uso de zonas de parqueo alrededor de la universidad.

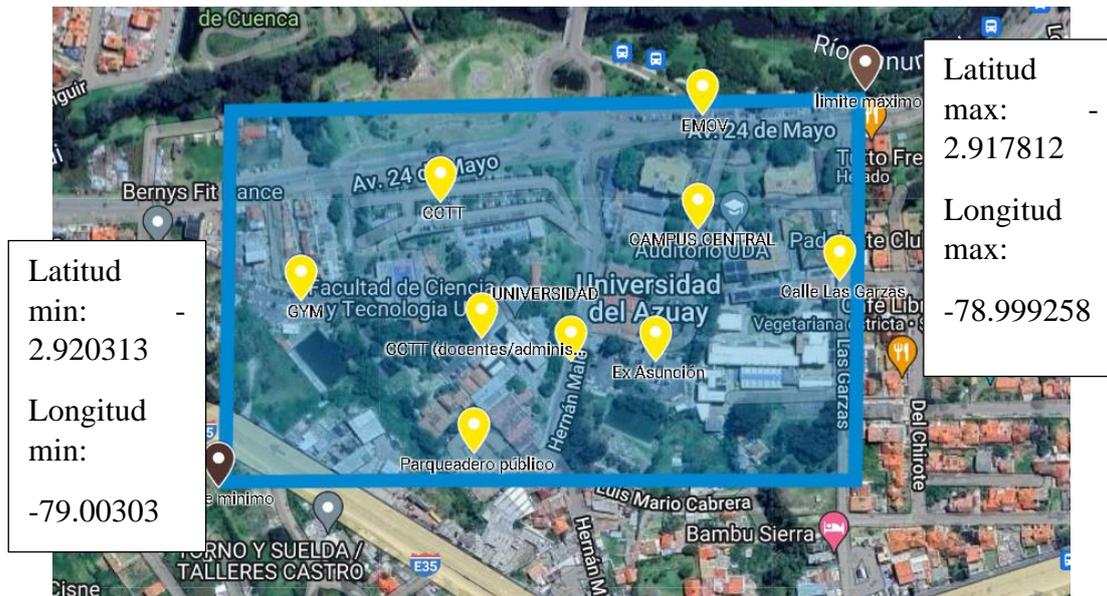


Figura 1: Polígono del campus universitario

La Tabla 3 presenta los valores máximos y mínimos de latitud y longitud del polígono de destino (campus universitario).

Tabla 3: Valores limitadores del campus

Coordenada	Máximo	Mínimo
Latitud	-2.917812	-2.92013
Longitud	-78.999258	-79.00303

3.2.5 Filtrado de Datos

Partiendo de la base de datos que contiene todos los viajes hacia cualquier destino durante el periodo indicado, la cual inicialmente consta de 176.569 desplazamientos, se realiza un proceso de filtrado para restringir la muestra únicamente a los viajes efectuados hacia el campus universitario, que es el enfoque principal de nuestro estudio. Este filtrado se lleva a cabo aplicando una serie de criterios específicos que se detallan a continuación. Como resultado, se obtienen un total de 12.983 viajes válidos, los cuales son utilizados para el análisis posterior de los patrones de movilidad hacia el campus.

3.2.5.1 Filtrado de datos por origen y destino: Se clasifica cada viaje realizado según su origen y destino. Los puntos de origen deben estar ubicados fuera del polígono que delimita el campus universitario, mientras que los puntos de destino deben encontrarse

dentro de dicho polígono. Este proceso asegura que solo se consideren los desplazamientos hacia el campus desde ubicaciones externas. Se realiza la validación de los orígenes y los destinos.

3.2.5.1.1 Validación del origen: el objetivo es determinar si el origen del viaje se encuentra fuera del polígono que delimita el campus. Esto implica que tanto la latitud como la longitud o uno de ellos deben estar fuera de los límites máximos y mínimos. Para llevar a cabo esta verificación, utilizamos las funciones “SI” y “O” en Excel. De esta manera, si cualquiera de las coordenadas (latitud o longitud) cumple los rangos establecidos, se considera que el origen está fuera del campus por lo tanto se considera como viaje válido. La Tabla 4 indica los parámetros que se necesita para validar los orígenes.

Tabla 4: *Parámetros para validar el punto de origen*

Coordenadas de origen	Condición	Fórmula	Validación
Latitud	<-2.92013 ó >-2.917812	SI(O(latitud<-2.92013;latitud>-2.917812);1;0)	Si la latitud y la longitud o una de ellas cumplen las condiciones
Longitud	<-79.00303 ó >-78.99925	SI(O(longitud<-79.00303;longitud>-78.99928);1;0)	

3.2.5.2 Validación del destino: para validar que el destino del viaje esté dentro del polígono del campus, es necesario que tanto la latitud como la longitud del destino estén dentro de los límites máximos y mínimos. Aquí usamos los comandos SI e Y porque ambas coordenadas deben cumplir las condiciones simultáneamente.

3.2.5.2 Filtrado de datos por día de la semana: El siguiente paso consiste en determinar el día de la semana en el que se realizó cada viaje. La Tabla 5 indica el procedimiento realizado.

Tabla 5: Procedimiento de filtrado por día de la semana.

Paso	Descripción	Fórmula / Acción
1	Identificar la columna de fechas.	Localizar la columna en la hoja de cálculo que contiene las fechas de los viajes.
2	Seleccionar la celda de destino.	Elegir la celda donde se desea mostrar el día de la semana correspondiente a la primera fecha.
3	Aplicar la función "TEXTO"	Utilizar la función "TEXTO" para extraer el día de la semana de la fecha. Fórmula: =TEXTO(A2; "dddd") (suponiendo que la fecha está en la celda A2)
4	Copiar la fórmula.	Arrastrar hacia abajo desde la esquina de la celda de destino para aplicar la fórmula a todas las fechas de la columna.
5	Eliminar sábados y domingos.	Filtrar por días y eliminar sábados y domingos
6	Revisar resultados.	Verificar la nueva columna para asegurar que todos los días de la semana se han convertido correctamente y que los sábados y domingos han sido eliminados.

3.2.5.3 Filtrado de datos por días feriados: se revisó en el calendario los días feriados los cuales se pueden observar en la Tabla 6 y se eliminan del análisis.

Tabla 6: Días feriados

Fecha	Feriado
29 de marzo	Viernes Santo
12 de abril	Fundación de Cuenca
3 de mayo	Día del Trabajo
24 de mayo	Batalla de Pichincha

3.2.5.4 Filtrado de viajes por distancia mínima y máxima: Para el análisis, se descartaron los desplazamientos cuya distancia mínima directa es inferior a 0,5 kilómetros, ya que estos puntos de origen se encuentran en las inmediaciones del campus.

Esto se debe a que los estudiantes suelen estacionar sus vehículos en las calles y zonas cercanas. Estos desplazamientos representan el 7% del total registrado. Asimismo, los viajes cuya distancia supera los 20 kilómetros, que constituyen menos del 3% del total, también fueron excluidos debido a su baja representatividad en el conjunto de datos analizados.

3.2.6 Segmentación Temporal

En este estudio, se emplea la segmentación temporal como herramienta clave para analizar los viajes hacia el campus universitario a lo largo de varios meses. Esta técnica permite dividir los datos de los desplazamientos en intervalos específicos, facilitando la identificación de patrones recurrentes en la movilidad de los usuarios. De este modo, se pueden detectar las horas pico de llegada, los días con mayor demanda y las variaciones en los viajes según los horarios de clases y otras actividades académicas.

Para visualizar de manera clara y precisa estos patrones, los resultados del análisis de frecuencia se presentan mediante gráficos de barras y líneas. Estas representaciones gráficas permiten observar los momentos de mayor afluencia al campus, así como los periodos de menor actividad, proporcionando una visión detallada de las fluctuaciones en el flujo de viajes. De este modo, la segmentación temporal no solo facilita la comprensión de los comportamientos de movilidad, sino que también establece una base sólida para la toma de decisiones en la planificación de transporte y la gestión de la infraestructura universitaria.

3.2.6.1 Segmentación por hora del día: partimos creando una nueva columna únicamente con la hora de llegada, mediante la función “TEXTO” y colocando como formato “hh”, a continuación, se procede a contar las frecuencias de los viajes en las distintas horas del día (de 00 a 23 h) y se realiza el conteo de los viajes por horas.

3.2.6.2 Segmentación por día de la semana: con la columna de días de la semana, contamos cuántos viajes se realizaron en cada día utilizando la función CONTAR.SI. Para hacer esto, se crea una lista de los días de la semana en otra columna (por ejemplo, lunes, martes, miércoles, etc.) y junto a cada día se usa la función CONTAR.SI para contar cuántos viajes corresponden a ese día. La fórmula es:

=CONTAR.SI(rango_de_días_de_la_semana; "lunes")

3.2.7 Mapa de calor: el archivo final lo guardamos en formato .csv, en el programa QGIS vamos a “capa” > “añadir capa” > “añadir capa de texto delimitado”. En la ventana que aparece seleccionamos el archivo .csv . En la sección "Geometría", seleccionamos las columnas que corresponden a la latitud (Y) y la longitud (X). Luego hacemos clic en "Añadir" para cargar la capa de puntos en el mapa. Dentro de la caja de herramientas de procesamiento, buscamos "Mapa de calor (Kernel density estimation)" en el cuadro de búsqueda, seleccionamos la opción "Mapa de calor" y se abrirá una nueva ventana para configurar el proceso.

En el campo de "Capa de entrada", selecciona la capa que contiene los puntos (con las coordenadas de latitud y longitud), ajustamos el "Radio de búsqueda" según el nivel de suavizado que deseemos. Esto definirá el área alrededor de cada punto que influirá en el mapa de calor. Seleccionamos el "Método de cálculo" y elegimos la unidad en la que se medirá el radio (en este caso en grados). Definimos el tamaño de la celda de salida, que controla la resolución del mapa de calor, damos clic en "Ejecutar" para generar el mapa de calor.

A continuación, damos doble clic en la capa de mapa de calor, en la ventana que se abre seleccionamos “simbología” > “tipo de renderizado” > “pseudocolor monobanda”. En la opción “interpolación” elegimos “lineal”, en la opción “rampa de color” seleccionamos “invertir rampa de color” y finalmente damos clic en aceptar.

3.2.8 Interpretación de patrones de viaje: Se interpretarán los resultados obtenidos, identificando las horas y días con mayor frecuencia de viajes y analizando los factores que podrían influir en estos patrones (horarios de clases, eventos especiales, transporte público, etc). La Figura 2 resume el procedimiento realizado para el análisis.

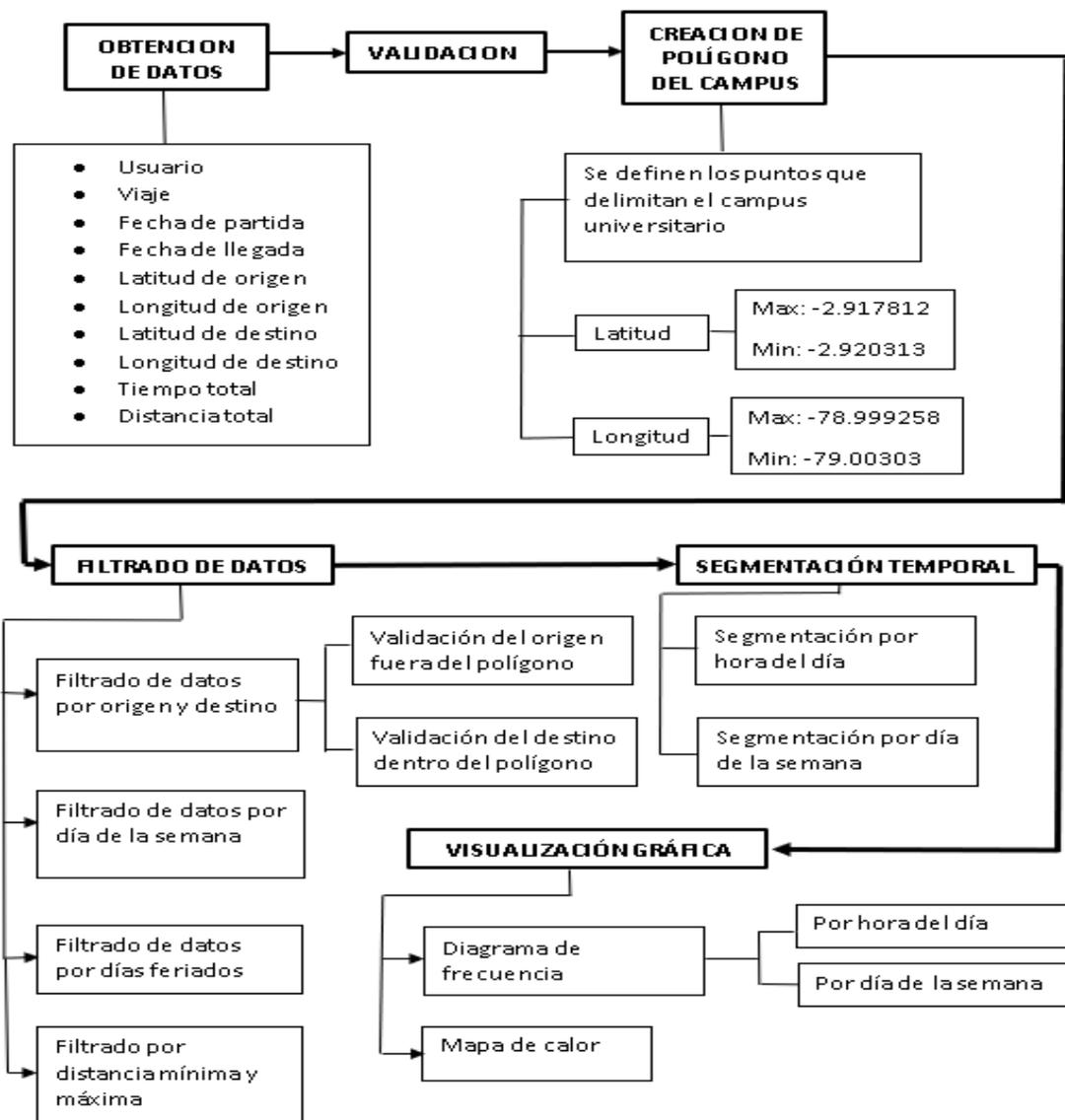


Figura 2: Procedimiento para el análisis de desplazamientos hacia el campus.

4.RESULTADOS

Los datos de geolocalización analizados permitieron reconocer y categorizar los viajes hacia el campus universitario en los 4 meses de recolección, divididos por día de la semana y hora del día. A continuación, se exponen los hallazgos más relevantes:

4.1 Validación de datos: el objetivo principal es validar parcialmente si los datos GPS recopilados por la aplicación son lo suficientemente precisos (con una tolerancia de error aceptable) para ser utilizados en este estudio. Para esto se realizó el seguimiento de un usuario de prueba, el cual siguió una ruta preestablecida anotando la hora a la que se encontraba en cada lugar de interés de su secuencia de viajes. Se verificó que los puntos

siguen los recorridos establecidos en la ruta, donde se reconoce su lugar de residencia, los puntos de parada y el campus universitario.

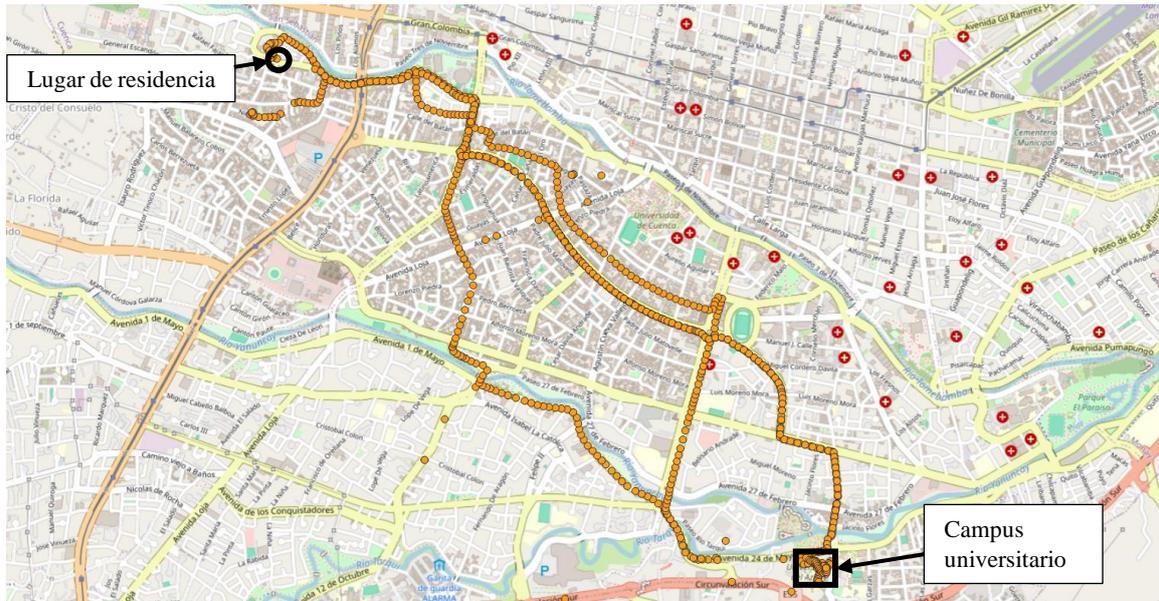


Figura 3 : Recorrido de validación del usuario de prueba

En la Figura 3 se puede apreciar que existen dos lugares en el recorrido donde la ruta se rompe, probablemente por la pérdida de la señal GPS, sin embargo, se estima que se perdieron 20 de una muestra de 600 puntos, lo que es menos del 4% de las observaciones. Esto valida el método de recopilación de datos de sensores GPS de la aplicación móvil.

4.2 Viajes hacia el Campus: se obtuvieron 12983 viajes válidos hacia el campus, de los cuales como se muestra en la Figura 4, el 63% de viajes se realizan en la mañana, mientras que el 37 % se los realizan en la tarde y noche.

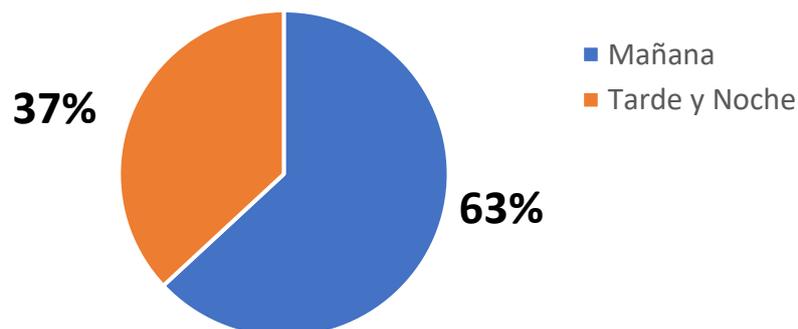


Figura 4: Viajes hacia el campus universitario.

La Figura 5 presenta los puntos de destino válidos, los cuales están dentro del polígono delimitado anteriormente, además de los orígenes validos de desplazamientos.

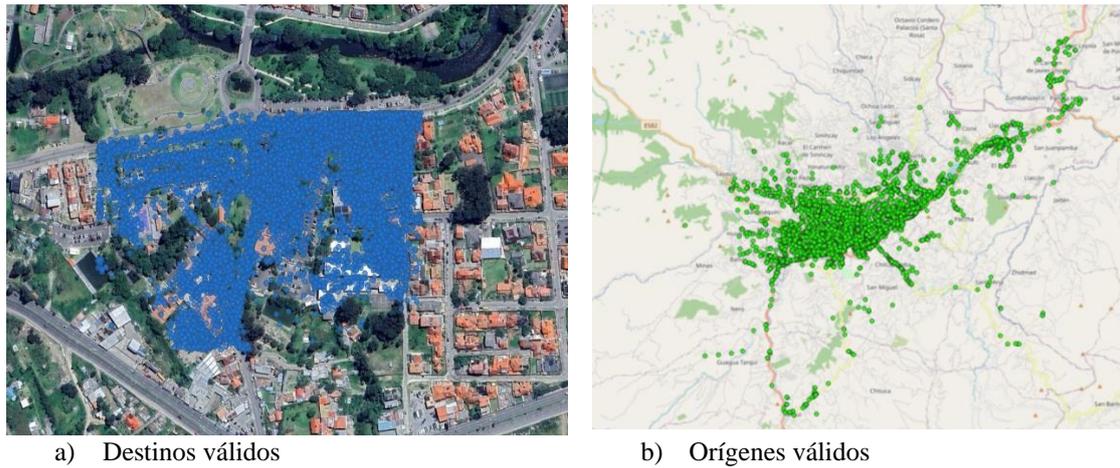


Figura 5: *Puntos de origen y destino válidos*

4.3 Frecuencia de Viajes por hora del día: el estudio de la frecuencia de viajes hacia el campus universitario segmentado por hora del día muestra un patrón en los traslados. Los resultados indican picos de viajes en las horas de 7 a 8 am y de 2 a 3 pm, lo que indica una correlación directa con el comienzo de tareas académicas y administrativas. La Figura 6 muestra la variación de los viajes a lo largo del día, en la cual se puede observar estos picos, apreciando que en la mañana el pico es mayor con 2662 viajes y en la tarde el pico disminuye un 46,8 %.

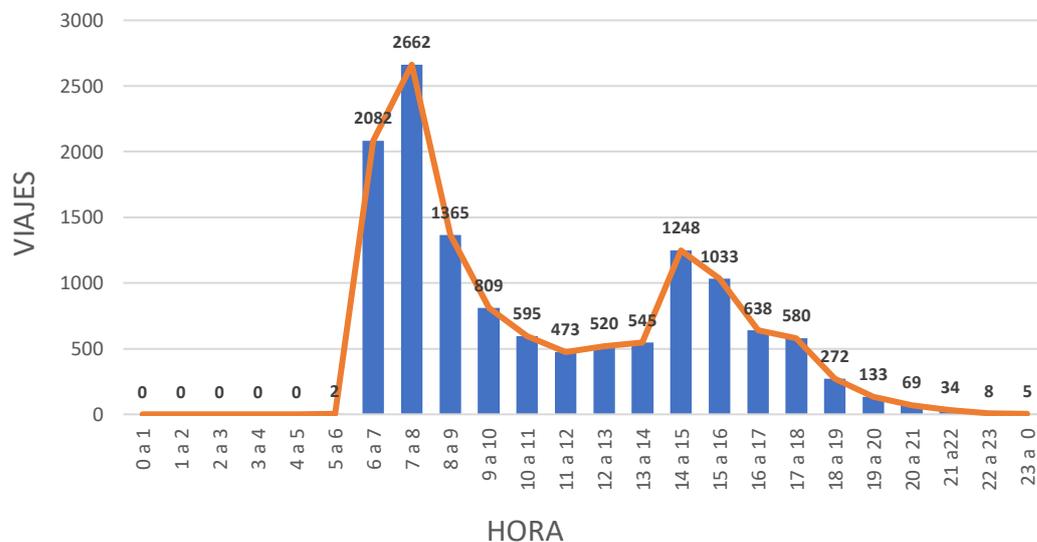


Figura 6: *Frecuencia de viajes segmentado por hora del día.*

4.4 Frecuencia de Viajes por Día de la Semana: el análisis realizado revela patrones importantes que se muestran en la Figura 7, el miércoles marca el máximo nivel de traslados hacia el campus, registrando un total de 3222 desplazamientos. Esta conducta indica que la mitad de la semana alberga el mayor número de actividades y eventos académicos, lo que coincide con un incremento en la presencia de estudiantes, docentes y personal de administración.

El martes representa el segundo día con la mayor cantidad de viajes, llegando a 2973 traslados. Este hecho fortalece la noción de que particularmente en los días intermedios, es cuando se intensifica la cantidad de actividades en el campus.

Desde el jueves, se nota una reducción en el número de viajes, registrándose 2637 desplazamientos en ese día. Específicamente, el viernes registra un descenso más marcado con 1,433 viajes, lo que equivale a una disminución del 44.5 % en relación al miércoles. Esto indica que tanto los alumnos como el personal suelen disminuir sus actividades en persona hacia el final de la semana, probablemente a causa de una programación reducida de clases o eventos.

El lunes, con 2718 desplazamientos, presenta una tendencia un poco más reducida respecto al martes y miércoles, pero más elevada que la del jueves y viernes. Este hallazgo podría estar vinculado con la circunstancia de que el lunes es el comienzo de la semana académica, con actividades todavía en fase de inicio.

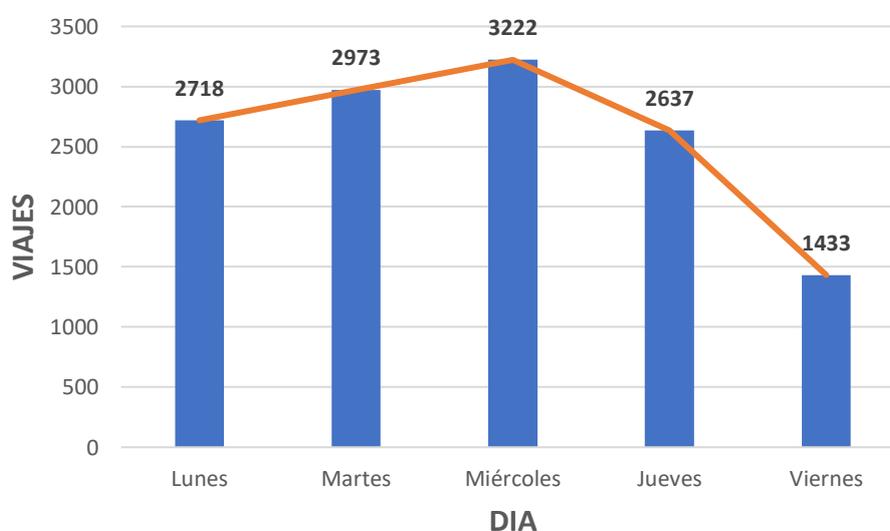


Figura 7: Frecuencia de viajes segmentado en día de la semana

4.5 Comparación de viajes en los diferentes días de la semana: al comparar la distribución de los viajes al campus por hora diaria en los distintos días de la semana, se notan algunas variaciones en la cantidad total de viajes, pero los picos horarios se conservan estables todos los días. La mayor cantidad de desplazamientos se produce de forma constante en dos intervalos de tiempo: entre las 7:00 y 8:00 a.m, y entre las 2:00 y 3:00 p.m, sin importar el día de la semana como se observa en la Figura 8.

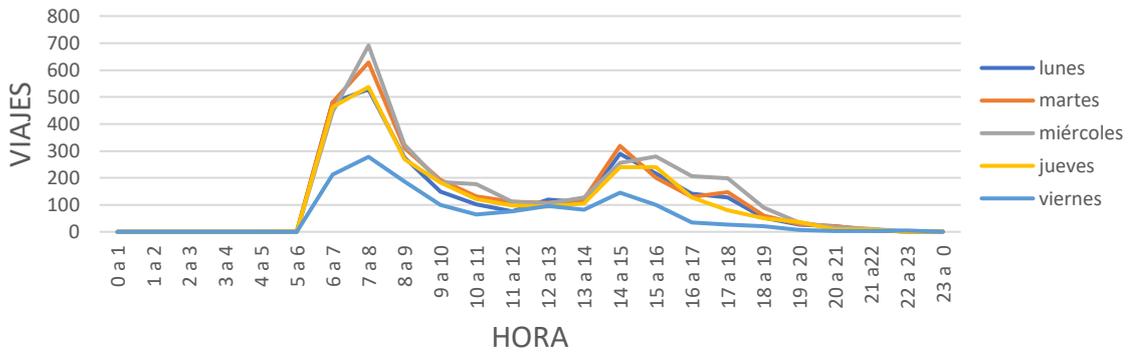


Figura 8: Frecuencia de viajes de los diferentes días de la semana

4.6 Distancia hacia el campus: en la Figura 9 se muestra el porcentaje de viajes realizados en función de la distancia recorrida.

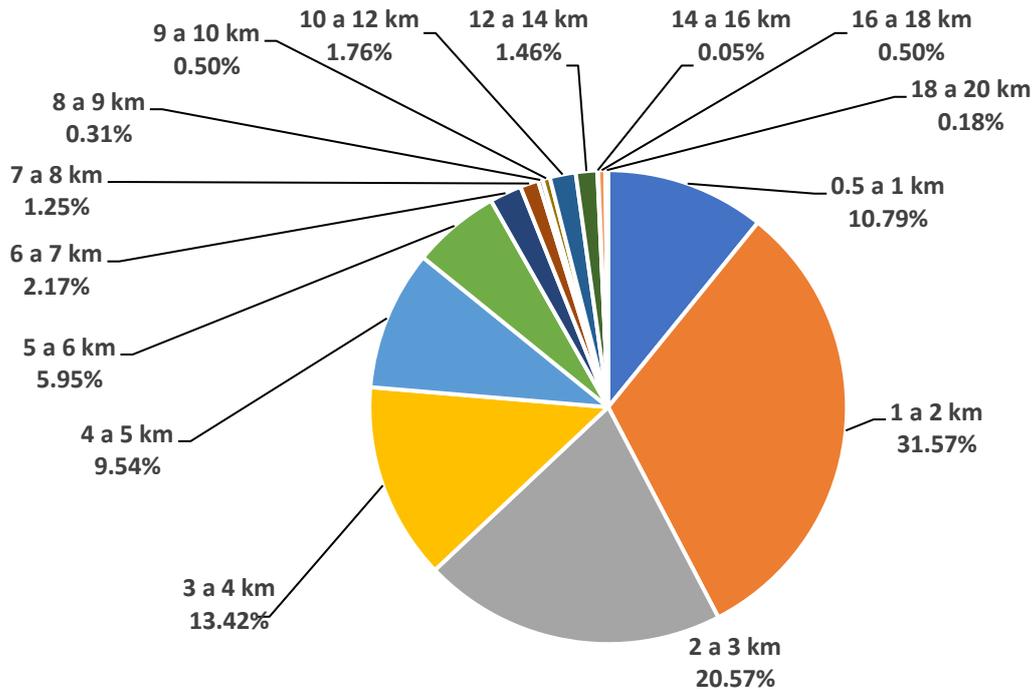
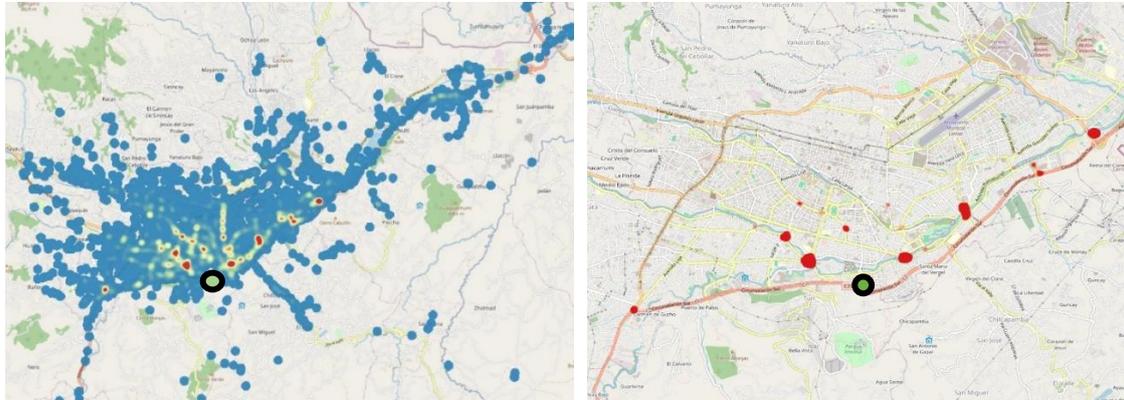


Figura 9: Frecuencia de distancias hacia el campus universitario.

4.7 Orígenes de viajes en horas pico: El mapa de calor que se presenta en la Figura 10 permite identificar fácilmente las áreas de concentración de estudiantes o personal que viajan al campus. Las zonas más cálidas indican un mayor número de orígenes de viajes, mientras que las zonas más frías indican menos actividad.



a) Mapa general

b) Zonas de mayor densidad de viajes

Figura 10: Mapa de calor de los orígenes de viajes hacia el campus

El mapa de calor muestra las áreas de mayor densidad de puntos de origen de desplazamientos hacia un campus universitario, representadas por zonas en tonos cálidos (rojo y amarillo) en contraste con las zonas de menor densidad, en tonos fríos (azul).

Los sectores con mayor concentración de orígenes incluyen:

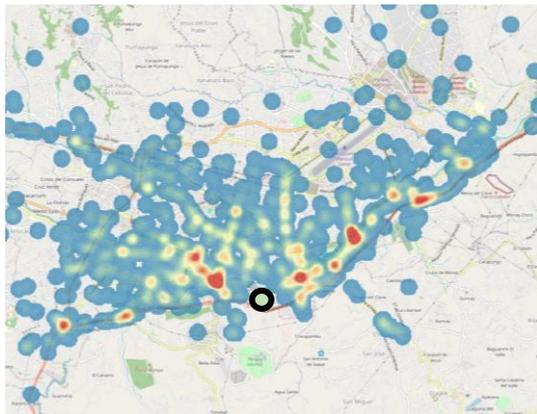
- Av. de las Américas y Circunvalación Sur (sector Control Sur).
- Av. 1ro de mayo y Felipe II.
- Redondel de los 3 puentes.
- Av. Remigio Crespo entre Agustín Cueva y Antonio Tamariz.
- Redondel del estadio.
- Remigio Crespo entre Alfonso Cordero y Luis Moreno Mora.
- Redondel de Gapal.
- Av. Max Uhle Y Av. Pumapungo.
- Redondel y parada de bus del Seguro Social.
- Av. 24 de mayo (sector hospital del río).

Lo cual refleja una tendencia de los estudiantes a residir o iniciar sus desplazamientos desde estas áreas. Esto podría estar vinculado a la cercanía geográfica, la disponibilidad

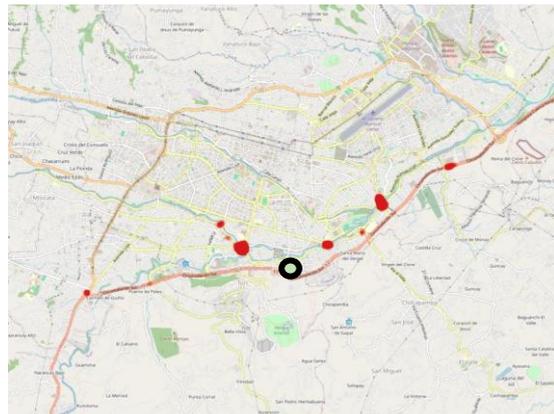
de servicios de transporte público o la existencia de zonas residenciales densamente pobladas.

Para el análisis, se agruparon los desplazamientos hacia el campus universitario en la hora pico de la mañana y tarde. Esto permitió observar cómo varían los puntos de origen según el momento del día. Por la mañana, se detectó una mayor concentración de desplazamientos desde áreas específicas como se indica en la Figura 11 estos orígenes son:

- Av. de las Américas y Circunvalación Sur (sector Control Sur)
- Av. 12 de Octubre y Circunvalación Sur (redondel)
- Av. 1ro de Mayo y Felipe II
- Redondel de los 3 puentes
- Redondel de Gapal
- Av. 24 de mayo y Vía al Valle
- Redondel Max Uhle
- Parada de bus (sector Empresa Eléctrica)
- Redondel del Seguro Social



a) Hora pico en la mañana



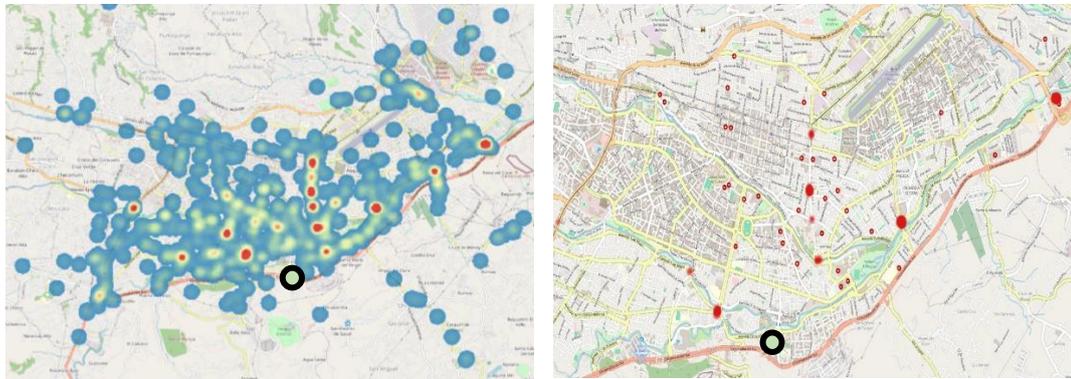
b) Zonas de mayor densidad

Figura 11: Mapa de calor de desplazamientos en la mañana en hora pico

En contraste, durante la tarde, los orígenes de los viajes se indican en la Figura 12, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- Av. 1ro de Mayo y Felipe II.
- Redondel de los 3 puentes.

- Av. Huayna Cápac y Av. Pumapungo.
- Av. Huayna Cápac entre Juan Jaramillo y Viracochabamba.
- Av. Huayna Cápac y Mariscal Lamar.
- Av. Max Uhle Y Av. Pumapungo.
- Av. 24 de mayo (sector hospital del río).



a) Hora pico en la tarde

b) Zonas de mayor densidad

Figura 12: Mapa de calor de desplazamientos en la tarde en hora pico

Estos patrones ayudan a entender mejor las dinámicas diarias de movilidad y a diseñar estrategias de transporte más efectivas y sostenibles.

Realizando una comparativa entre el horario pico de la mañana y de la tarde, se puede evidenciar que existen puntos en común, como se puede apreciar en la Figura 13, para mejor apreciación se invierte los colores en el horario de la tarde.

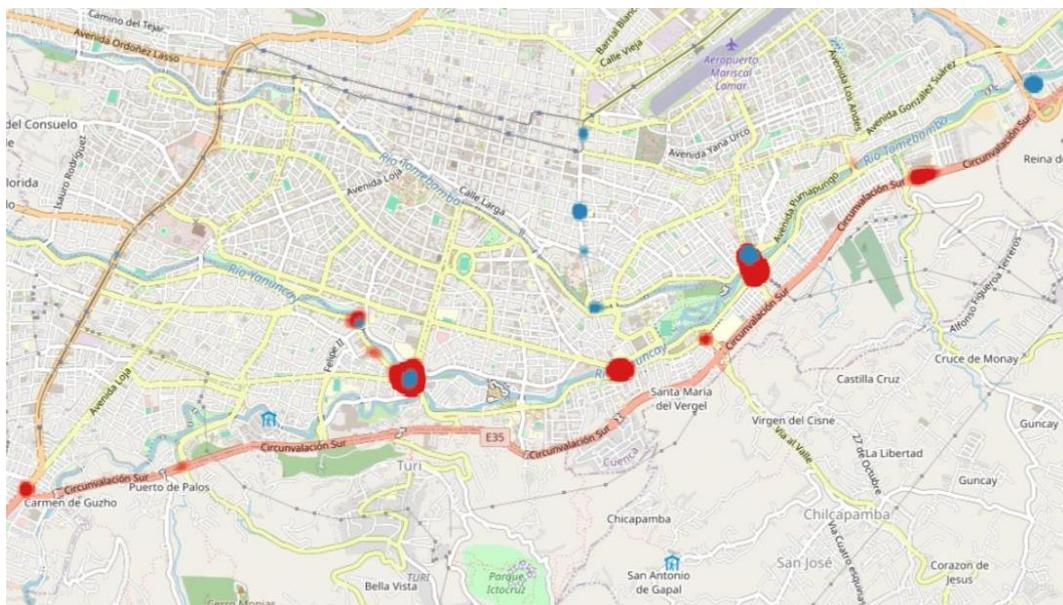


Figura 13: Comparativa de hora pico en la mañana (rojo) y tarde (azul)

5.CONCLUSIONES

Se registraron 12,983 viajes válidos hacia el campus, el 63% de estos desplazamientos ocurrieron en la mañana, mientras que el 37% se realizaron en la tarde y noche. Los horarios pico fueron de 7 a 8 a.m. y de 2 a 3 p.m., coincidiendo con el inicio de actividades académicas y administrativas. Por la mañana, el flujo alcanza su máximo con 2640 viajes, mientras que en la tarde disminuye un 51 %.

El miércoles se destacó como el día con mayor cantidad de traslados hacia el campus, con 3,222 viajes, reflejando el auge de actividades académicas y administrativas a mitad de la semana. El martes ocupó el segundo lugar con 2,973 viajes, confirmando que los días intermedios concentran la mayor parte de las actividades en el campus.

Desde el jueves, el número de desplazamientos disminuye considerablemente, con 2,637 viajes registrados. El viernes mostró una caída aún más pronunciada, con solo 1,433 traslados, lo que representa un descenso del 55.5% respecto al miércoles. Esto sugiere una reducción de actividades presenciales hacia el final de la semana, posiblemente debido a una menor programación académica o administrativa.

El lunes, con 2,718 desplazamientos, tiene un volumen menor que el martes y miércoles, pero supera al jueves y viernes. Esto podría estar relacionado con el inicio progresivo de actividades en la semana académica.

Además, los viajes hacia el campus son de distancias cortas, lo que sugiere que muchos de sus usuarios viven o pasan gran parte de su tiempo en las cercanías. También, muestra que medios de transporte como caminar, usar bicicletas o scooters podrían ser opciones prácticas para estas distancias. Por ello, es fundamental garantizar que las infraestructuras de movilidad estén en buenas condiciones o incluso mejorarlas, para que llegar al campus sea más fácil y accesible para todos.

Finalmente, al comparar los horarios pico de la mañana y la tarde, los mapas de calor muestran similitudes y diferencias en los patrones de movimiento según la hora del día.

Los resultados anteriores plantean los posibles lugares donde los estudiantes inician sus viajes al campus incluyendo hogares y paradas intermedio, que facilitan la toma de decisiones sobre posibles implementaciones de servicios de transporte especiales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Ahlers Dirk, Gebuhr Aulie Kristoffer, Eriksen Jeppe, & Krogstie John. (2016). *Visualizing a City Within a City – Mapping Mobility Within a University Campus* (A. Leon-Garcia, R. Lenort, D. Holman, D. Staš, V. Krutilova, P. Wicher, D. Cagáňová, D. Špirková, J. Golej, & K. Nguyen, Eds.; Vol. 166). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33681-7_41
- Atlantic International University. (2024, September 11). *Dominando Excel: Consejos y Técnicas Esenciales para un Aprendizaje Efectivo*. <https://www.aiu.edu/es/blog/dominando-excel-consejos-y-tecnicas-esenciales-para-un-aprendizaje-efectivo/>
- Baquero-Larriva, A., Álvarez-Coello, G. A., & Mendoza, I. (2025). A density-based heuristic for household detection in college communities through Big Data analysis. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 114. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20240938>
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *European Physical Journal: Special Topics*, 214(1), 481–518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Copaja-Alegre1, M., & Esponda-Alva, C. (2019). Technology and innovation towards the smart city. Advances, perspectives and challenges. *Bitacora Urbano Territorial*, 29(2), 59–70. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.68333>
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- INEC. (2023). *2023_BOLETIN_ESTRA*.
- Osorio Arjona, J. (2022). BIG DATA AND ORIGIN-DESTINATION MATRICES: MAPPING OF MOBILITY FLOWS IN SPAIN BASED ON TWITTER DATA AND COMPARISON WITH CELL PHONE DATA. *GeoFocus*, 2022(29), 115–130. <https://doi.org/10.21138/GF.776>
- Ratti Carlo, & Claudel Matthew. (2016). *The city of tomorrow: Sensors, networks, hackers, and the future of urban life* (New Haven: Yale University Press, Ed.). https://books.google.com.ec/books?id=mns8DAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ViewAPI&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Stipancic, J., Miranda-Moreno, L., Labbe, A., & Saunier, N. (2019). Measuring and visualizing space–time congestion patterns in an urban road network using large-scale smartphone-collected GPS data. *Transportation Letters*, 11(7), 391–401. <https://doi.org/10.1080/19427867.2017.1374022>
- Zhang, Z., Li, D., Zhang, Z., & Duffield, N. (2024). Mining Spatiotemporal Mobility Patterns Using Improved Deep Time Series Clustering. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(11), 374. <https://doi.org/10.3390/ijgi13110374>

7. ANEXOS

7.1 Hoja de calculo con los datos validos (Google drive) :

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1aL5m4F7I7A0OE1vtWCS1uuuJJJMYyuK-/edit?usp=sharing&ouid=102173811247909243582&rtpof=true&sd=true>