

“Uso de medios de transporte alternativos en universidades, estudio de caso en la Universidad del Cauca, facultad de Ingeniería Civil”



Presenta:

Yiseth Natalia Mera Cabrera

Deiby Tatiana Trujillo Muñoz

Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil

Director:

Ing. Carlos Aníbal Calero Valenzuela

Codirector:

Sergio Andrés Córdoba Pareja

Popayán 2023

“Uso de medios de transporte alternativos en universidades, estudio de caso en la Universidad del Cauca, facultad de Ingeniería Civil”



Yiseth Natalia Mera Cabrera
Deiby Tatiana Trujillo Muñoz

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título en
Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil

Popayán 2023

RESUMEN

El aumento del parque automotor en Colombia suscita inquietudes en relación con la movilidad efectiva y el cuidado del medio ambiente, pues, unos de los causantes de detrimento son la congestión vehicular y la demanda de viajes desde y hacia diferentes lugares. Esta problemática se manifiesta de manera particular en el sector de Tulcán de la Universidad del Cauca, donde la oferta de estacionamientos es superada por la demanda.

En este contexto, el objetivo de la presente investigación se orienta en conocer las preferencias y percepciones de los usuarios y no usuarios de la bicicleta como medio de transporte alternativo. A fin de alcanzar este propósito se implementó un proceso de encuesta incluyendo variables previamente identificadas en la amplia literatura nacional e internacional. Los datos obtenidos fueron caracterizados y, en última instancia, sometidos a análisis mediante un modelo de regresión logística para evaluar su impacto.

En cuanto a la población estudiada, se observó que el 30.5% corresponden a usuarios de bicicleta, en su mayoría hombres de 20 a 25 años. Por otro lado, el 69.5% no han usado este medio de transporte, aunque el 28.6% han considerado factible la idea de hacerlo. Asimismo, se identificaron las variables con influencia significativa en el uso de esta opción de movilidad, entre las cuales se encuentran el género, la distancia, experiencia previa y percepción de velocidad.

En resumen, la investigación pone en manifiesto la relevancia de abordar la movilidad sostenible en el entorno universitario, proporcionando una visión detallada sobre los factores clave que influyen en la elección de la bicicleta como medio de transporte, además de resaltar cómo la experiencia previa con programas de bicicletas compartidas desempeña un papel fundamental en esta decisión.

ABSTRACT

The increase in the automotive fleet in Colombia raises concerns regarding adequate mobility and environmental conservation, as one of the main contributors to detriment is traffic congestion and the demand for travel to and from different locations. This issue is particularly evident in the Tulcán sector of the University of Cauca, where the supply of parking spaces falls short of the demand.

In this context, the objective of the present research is to understand the preferences and perceptions of both bicycle users and non-users as an alternative mode of transportation. A survey process was implemented to achieve this goal, incorporating variables previously identified in the extensive national and international literature. The collected data were characterized and ultimately analyzed using a logistic regression model to assess their impact.

Regarding the studied population, it was observed that 30.5% are bicycle users, predominantly males aged 20 to 25. On the other hand, 69.5% have not used this mode of transportation, although 28.6% have considered the idea feasible. Likewise, variables with significant influence on the use of this mobility option were identified, including gender, distance, prior experience, and perception of speed.

In summary, the research highlights the importance of addressing sustainable mobility in the university environment, providing a detailed insight into the key factors that influence the choice of the bicycle as a means of transportation. Additionally, it emphasizes how prior experience with shared bicycle programs plays a fundamental role in this decision.

AGRADECIMIENTOS

Queremos empezar expresando nuestros más sinceros agradecimientos a Dios por la oportunidad de vida brindada para la culminación de este y muchos más proyectos, a nuestros padres que día a día fueron un apoyo incondicional e inspiración para avanzar y ser mejores, agradecemos profundamente a nuestro tutor Carlos Anibal Calero cuya paciencia y dedicación jugaron un papel crucial en el desarrollo y culminación de este trabajo de grado.

No podemos pasar por alto el valioso aporte de Sergio Andrés Córdoba durante todo el proceso, su esfuerzo y dedicación fueron fundamentales para superar obstáculos y avanzar en cada etapa del proceso. Expresamos nuestro reconocimiento al Decano de nuestra facultad Juan Carlos Casas Zapata cuya voluntad y contribución permitieron que este estudio tomara forma desde sus inicios, al ingeniero Nixon Correa, por su disposición para brindar explicaciones y contribuir para el desarrollo de herramientas de análisis, valoramos enormemente la colaboración de los estudiantes Yenifer Marcela Guerrero Nupan, Juan Carlos Meneses Arboleda, Andrea Yamilex Burgos Ceballos, Vibiana Alejandra Meneses Garcés, Diana Carolina Palacio Tobar, Brayan Alexis Fernández Cortez quienes contribuyeron en la realización de las encuestas.

También deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Yamilex Burgos, quien desempeño un papel fundamental dejando una huella indeleble en este camino y cuya contribución es inmensamente apreciada. Por último, extendemos nuestra gratitud a la Universidad del Cauca por su empeño en formar en la integridad ética, pertinencia e idoneidad profesional, comprometida con el bienestar de la sociedad en armonía con el entorno.

DEDICATORIA

A nuestros seres queridos,

Este trabajo de grado es el resultado de un esfuerzo en conjunto, en el cual no solo refleja nuestras investigaciones y logros, sino también el apoyo y el amor que hemos recibido en esta amplia travesía.

A nuestros padres, cuyas enseñanzas de con integridad y rectitud han forjado el camino que seguimos, siendo un motivo de orgullo para nosotras. Agradecemos su incansable aliento y su papel como fuentes constantes de inspiración. A nuestros familiares y amigos, por su constante apoyo emocional y compartir la alegría por cada paso que damos hacia adelante.

Dedicamos este trabajo a ustedes, con gratitud infinita por ser nuestra fortaleza en los momentos difíciles y por celebrar con nosotras en los momentos de triunfo. Su apoyo ha sido esencial en este viaje y estamos profundamente agradecidas por tenerlos a nuestro lado a lo largo de este viaje de crecimiento y aprendizaje.

Con cariño,

Tatiana & Natalia

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1. Introducción	12
1.1. Problema de investigación	12
1.2. Justificación	15
1.3. Objetivos	15
1.4. Alcance del trabajo	15
1.5. Beneficios esperados	16
1.6. Organización del documento	16
Capítulo 2. Revisión de literatura	18
2.1. Transporte en la sociedad	18
2.2. Programa de bicicletas compartidas	20
2.3. Variables para considerar	22
2.4. Modelo de regresión	23
2.4.1. Población	24
2.4.2. Muestra	24
2.4.3. Variables estadísticas	26
2.4.4. Regresión lineal	27
2.4.5. Regresión logística	29
Capítulo 3. Metodología	42
Capítulo 4. Desarrollo del instrumento de recolección de datos.	44
4.1. Elaboración del cuestionario	44
4.2. Prueba piloto	44
4.3. Descripción de la muestra	45
4.3.1. Comparación entre grupos de análisis	45
Capítulo 5. Análisis de datos	54
5.1. Análisis de las variables independientes	54
5.1.1. Género	54
5.1.2. Lugar de residencia	54

5.1.3.	Edad	54
5.1.4.	Experiencia previa	55
5.1.5.	Percepción de distancia y cansancio	55
5.1.6.	Imprudencia y hurto	55
5.1.7.	Velocidad	56
5.2.	Estimación del modelo	56
Capítulo 6.	<i>Discusión de resultados</i>	62
Capítulo 7.	<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	65
7.1.	Conclusiones	65
7.2.	Recomendaciones y trabajo futuro	66
Capítulo 8.	<i>Referencias</i>	68

TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1. Campus Universitario Tulcán-Universidad del Cauca</i>	13
<i>Figura 2. Vista de parqueadero para automóviles.</i>	13
<i>Figura 3. Parqueadero de bicicletas de la Facultad de Ingeniería Civil.</i>	14
<i>Figura 4. Red de ciclorrutas nuevas en vías locales y principales.</i>	19
<i>Figura 5. Resumen de programa de red de ciclorrutas</i>	19
<i>Figura 6. Programa de bicicletas compartidas Universicleta.</i>	20
<i>Figura 7. Género de usuarios de Universicleta</i>	21
<i>Figura 8. Variables relevantes perceptibles en la literatura.</i>	23
<i>Figura 9. Variables cualitativas y cuantitativas</i>	26
<i>Figura 10. Metodología.</i>	42
<i>Figura 11. Caracterización de muestra.</i>	46
<i>Figura 12. Mapa de distribución de la muestra.</i>	47
<i>Figura 13. Concentración poblacional para la ciudad de Popayán.</i>	48
<i>Figura 14. Usuarios frecuentes</i>	50
<i>Figura 15. Usuarios potenciales.</i>	51
<i>Figura 16. Índice de potencial ciclista en la red de ciclorruta propuesta</i>	52
<i>Figura 17. Sectorización de medios de transporte.</i>	64
<i>Figura 18. Ingreso y egreso al campus universitario</i>	67

TABLA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Valores para Z (nivel de confianza).</i>	25
<i>Tabla 2. Valores para niveles de precisión absoluta.</i>	25
<i>Tabla 3. Usuarios frecuentes de la bicicleta como principal medio de transporte.</i>	49
<i>Tabla 4. Coeficientes del modelo 1 de regresión</i>	56
<i>Tabla 5. Coeficientes del modelo 2 de regresión</i>	57
<i>Tabla 6. Coeficientes del modelo 3 de regresión</i>	58
<i>Tabla 7. Resumen del modelo</i>	59
<i>Tabla 8. Prueba de bondad de ajuste Hosmer-Lemeshow</i>	60
<i>Tabla 9. Predicciones correctas</i>	60
<i>Tabla 10. Relación de probabilidades</i>	61

TABLA DE GRÁFICAS

<i>Gráfico 1. Pedidos de Universicicletas por mes</i>	21
<i>Gráfico 2. Regresión lineal</i>	28
<i>Gráfico 3. Regresión logística</i>	31
<i>Gráfico 4. Distribución de regresión logística positiva, negativa y sin correlación</i>	33
<i>Gráfico 5. Gráfica de residuos vs orden</i>	34
<i>Gráfico 6. Separación completa de variables</i>	36
<i>Gráfico 7. Distribución de probabilidad</i>	39
<i>Gráfico 8. Hechos desincentivadores al usar la bicicleta</i>	53
<i>Gráfico 9. Variables desincentivadoras para usuarios y no usuarios</i>	55
<i>Gráfico 10. Residuos de desviación</i>	59

Capítulo 1. Introducción

El empleo de la bicicleta con fines de transporte es una manera de aportar positivamente al medio ambiente y al buen tránsito del lugar, pues, se reconoce como una alternativa sostenible e incontaminada, razón por la que se vuelve fundamental comprender las variables que influyen en su uso. Tema que desempeña un papel trascendental en el entorno universitario, ya que su comprensión permite entender las percepciones y preferencias de la sociedad, las cuales se deben tener en cuenta para futuros estudios en busca de motivar el uso de este medio de movilidad. En este primer capítulo se presentan las particularidades que motivaron el desarrollo del tema del cual se trata el documento, así como el alcance y los objetivos planteados para ello.

1.1. Problema de investigación

Colombia presentó un crecimiento del 60% en el parque automotor entre los años 2010 y 2020, generando con ello congestión vehicular, altos niveles de contaminación y siniestralidad según la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI, 2020). Se conoce que la congestión ocasiona un costo monetario, lo que resulta en una pérdida de productividad e impacta el medio ambiente y la calidad de vida en los entornos urbanos (Bedoya-Maya *et al.*, 2022).

Por otro lado, también se ve necesario traer a colación la situación en Colombia, la cual se acopla a la realidad a nivel mundial, pues se encontró que el 56.4% de la población presenta exceso de peso, entre estos el 37.7% son jóvenes y adultos con sobre peso, de los que uno de cada cinco es obeso (Minsalud, 2018).

En este orden de ideas los campus universitarios, por su entorno educativo y proactivo son lugares privilegiados para comunicar la sostenibilidad y ayudar a reformar los patrones de transporte de la sociedad (Balsas, 2002). Dentro de estos espacios se proveen políticas que acostumbran a los ciudadanos al uso de alternativas de transporte, pues se prioriza los mismos según condiciones del desarrollo de las dinámicas académicas y administrativas. A pesar de dichos espacios, se presentan algunas problemáticas y necesidades que se deben abordar a escalas mayores.

En el contexto del sector Tulcán de la Universidad del Cauca, el cual alberga cuatro facultades como se muestra en la Figura 1, los usuarios han sido afectados por la demanda de estacionamientos requeridos, presentándose colas de vehículos, principalmente en los períodos pico del receptor, que corresponde sobre todo a los horarios de ingreso a clases (7:00, 9:00, 11:00, 13:00, 14:00, 16:00). Suceso que tiene influencia significativa en este estudio, ya que se pretende indagar acerca de una alternativa viable a la problemática experimentada. Una solución práctica es generar un cambio en el modo de transporte en los estudiantes, docentes y administrativos que utilizan su vehículo motorizado para transportarse hacia la universidad, aun viviendo cerca de esta.



Figura 1. Campus Universitario Tulcán-Universidad del Cauca

Fuente: Obtenido de Google Earth (2023).

En la Figura 2 se puede observar el estacionamiento dispuesto en el campus Universitario Tulcán, donde, la oferta de espacios es superada por la demanda, generando efectos como: el aparcamiento en zonas prohibidas por parte de automóviles y motocicletas, obstaculización de andenes y pasos peatonales que ponen en riesgo la seguridad de los actores involucrados e incluso demoras para acceder al servicio de estacionamiento.



Figura 2. Vista de parqueadero para automóviles.

En cuanto al aparcamiento para bicicletas, las condiciones tampoco son óptimas, dado que se dispone de un espacio con un diseño poco apropiado para todos los usuarios, limitando el acceso y su correcto uso; hecho que se detalla en la Figura 3, donde se observa ganchos libres y bicicletas ubicadas en las barandas de separación, disminuyendo la capacidad total del estacionamiento, por ende, los bici-usuarios deciden aparcar sus bicicletas en lugares no indicados para este fin.



Figura 3. Parqueadero de bicicletas de la Facultad de Ingeniería Civil.

Fuente: Elaboración propia.

Al observar los escenarios presentes del estacionamiento en el campus universitario; como una vía de solución se busca de incentivar el uso de la bicicleta. Hecho que se ha venido implementado mediante un programa de bicicletas compartidas en la Universidad del Cauca, con el que se pretende dar solución a problemas de movilidad y transporte de la comunidad; sin embargo, no se tiene claro los porcentajes de la población que pudiera hacer uso de este modo de transporte desde y hacia el campus, por ende, no se conoce la cantidad exacta de bicicletas necesarias en cada facultad.

De acuerdo con lo mencionado, se hace necesario la evaluación de alternativas de transporte para la población universitaria, de donde deviene el planteamiento de la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los factores que deben ser considerados para evaluar la viabilidad de atraer a más personas a utilizar la bicicleta como modo de transporte en las Facultades de Ingenierías, Educación y Ciencias Contables de la Universidad del Cauca? Así, este estudio se centra en analizar comportamientos y tendencias de las personas que pertenecen a las facultades de Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Ciencias Contables y Administrativas, y la facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, todas pertenecientes a la Universidad del Cauca en el sector Tulcán.

1.2. Justificación

El Plan Maestro de Movilidad (PMM) publicado en junio de 2015 para la ciudad de Popayán, menciona que, de acuerdo con los estudios de partición modal realizados, se encontró que el 6% de los viajes por día se realizan en bicicleta (Movilidad Futura, 2015). Además, menciona que, mediante un análisis de potencial ciclista, se encontró que el 52% de su población urbana serían usuarios potenciales de la bicicleta como modo cotidiano de transporte, exhibiéndose el potencial ciclista en la ciudad, lo que brinda una perspectiva alentadora a la presente investigación.

Dentro del conjunto de ventajas que ofrece la bicicleta, es crucial hacer énfasis en que su requerimiento de espacio es mucho menor para suplir la demanda de estacionamiento en comparación con vehículos motorizados, como los automóviles (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016). En paralelo a esta ventaja fundamental, al considerar el provecho en la salud, se ha observado que para quienes usan la bicicleta el mejoramiento de la condición física es notorio y altamente valorado (Ramírez *et al.*, 2017). Además, se identificó que una movilidad sostenible, como lo es el transporte activo y el público (deberá desplazarse hacia las estaciones de servicio público), se asociaron con múltiples beneficios nutricionales y metabólicos (Passi-Solar *et al.*, 2020), entre los más relevantes se mencionan el Índice de Masa Corporal (IMC) más bajo, una circunferencia de cintura más baja, menos obesidad, más vitamina D, menos colesterol y una menor inflamación hepática. Efectos importantes por considerar para la creación y desarrollo de estrategias en busca de motivar a la comunidad universitaria a usar estos modos de transporte alternativos como la bicicleta cuando se trate de desplazamientos hacia el campus universitario.

Atendiendo dichas situaciones es vital el identificar patrones de viaje de los sujetos en el sector Tulcán y cómo las características de los modos influyen en su elección de transporte, lo cual permitirá en el futuro mejorar los estados críticos de movilidad e incentivar el uso de la bicicleta.

1.3. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo de grado es conocer las percepciones y preferencias de los usuarios y no usuarios de la bicicleta como principal modo de transporte en el sector Tulcán de la Universidad del Cauca.

A partir de este se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las variables y su importancia para incentivar el uso de la bicicleta como principal modo de transporte en el campus.
- Conocer cuáles de los elementos en la infraestructura existente pueden ser susceptibles de mejora para motivar al uso de la bicicleta.

1.4. Alcance del trabajo

El alcance de este trabajo de grado se limita al análisis de la población perteneciente al Campus Universitario Tulcán de la Universidad del Cauca, donde se concentran la Facultad de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la educación, y Facultad de Ciencias contables, Económicas y Administrativas; lugar en el cual se identificó las preferencias y percepciones en cuanto a la

elección de modo de transporte y el estado de la infraestructura enfocados en el uso de la bicicleta, de Estudiantes, Docentes, y Administrativos.

Con base en los resultados obtenidos gracias al instrumento de recolección de datos aplicado en el sector de interés, la investigación se orientó en identificar las principales variables que influían en la elección de utilizar o no la bicicleta como medio de transporte, aplicando análisis estadístico. Es importante considerar que además de las variables que se pueden obtener mediante observación directa, existen otras variables no observables, sin embargo, en el contexto de este estudio, estas últimas no se tomarán dado que su inclusión requiere de una investigación individual más exhaustiva.

1.5. Beneficios esperados

El desarrollo de este proyecto de investigación trae como beneficio conocer las preferencias y percepciones de los distintos grupos que frecuentan el Campus Universitario Tulcán. Al realizar un análisis de estos permite crear estrategias personalizadas a fin de promover el uso de la bicicleta, pues comprender las razones para el no uso de este medio de transporte da paso a desarrollar acciones específicas y apropiadas. Estas acciones pueden traer consigo una mejora a la calidad de vida urbana, ya que dan solución a la problemática de estacionamiento en la Universidad del Cauca.

Además, por medio de la encuesta se obtuvo datos de los factores que influyen en los niveles de uso de las bicicletas, donde se destaca el reconocimiento de los principales hechos desincentivadores. Información que permite estudios futuros a fin de promover el uso de este medio de transporte, ya sea propio o mediante programas de bicicletas compartidas debido a que es un elemento esencial para fomentar la sostenibilidad.

1.6. Organización del documento

Con el fin de alcanzar cada uno de los objetivos establecidos, el presente documento se ha organizado en 8 capítulos, los cuales se encuentran constituidos de la siguiente manera:

- En este primer capítulo se define el problema que motivó la investigación, al igual que su justificación, seguido de los objetivos establecidos, el alcance y los beneficios esperados.
- El segundo capítulo expone la revisión de literatura, para la cual se analizan cuatro temáticas, en la primera se aborda el tema de transporte en la sociedad, donde se expone de manera general los problemas ocasionados por el vehículo privado y las ventajas del uso de la bicicleta, además de la situación de la infraestructura ciclista en Popayán. El siguiente ítem aborda el programa de bicicletas compartidas de la Universidad del Cauca, al cual le continúa el apartado sobre las variables para considerar en el estudio enfocadas en el uso de este medio de transporte, culminando con el enfoque en el modelo de regresión y las bases estadísticas imprescindibles para su debida comprensión.

- El tercer capítulo se centra en presentar la metodología seguida para desarrollar los objetivos propuestos, donde se expone el método utilizado para la recolección de datos, su forma de aplicación y tratamiento.
- El cuarto capítulo presenta el instrumento de recolección de datos, el cual trata la percepción de los modos de transporte y espacios de aparcamiento en la Universidad del Cauca, enfocados principalmente en el uso de la bicicleta. De igual manera se incluye el proceso para su elaboración y la descripción de la muestra, considerando la caracterización demográfica.
- En el quinto capítulo se expone los diferentes modelos obtenidos mediante la aplicación de métodos de selección de variables, en los cuales se incluyeron y se alternaron las características más significativas para ser usuario de bicicleta, esto en busca de una alternativa óptima.
- En sexto capítulo, se debatieron los resultados obtenidos mediante las respuestas proporcionadas por la comunidad universitaria y el empleo del modelo de regresión logística, teniendo en cuenta los objetivos planteados inicialmente.
- En el séptimo Capítulo se presentan las conclusiones, donde se incluyen los principales hallazgos obtenidos en el proceso de investigación, así como recomendaciones y trabajo futuro.
- Finalmente se presenta el capítulo 8, donde se exponen las referencias usadas en el desarrollo del trabajo de grado.

Capítulo 2. Revisión de literatura

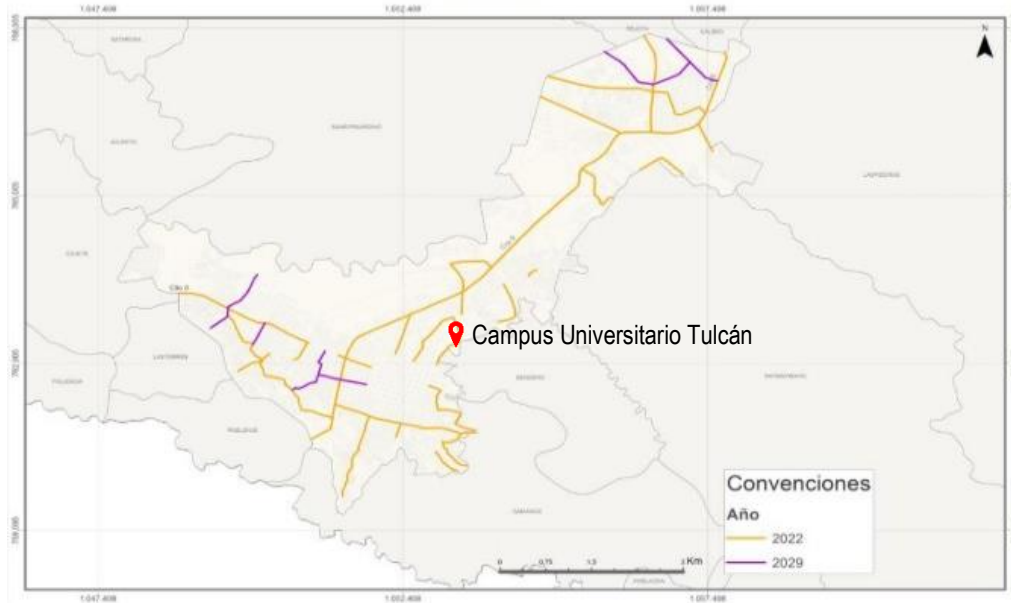
2.1. Transporte en la sociedad

Al vehículo privado como modo de transporte se le suele atribuir la responsabilidad de la mayoría de los problemas de movilidad en las ciudades, ya que este consume espacio urbano en circulación y cuando se encuentra estacionado (Torres, 2003), sumado a esto el número de ocupantes suele estar limitado al propio conductor, siendo además responsable de buena parte de la contaminación atmosférica y sonora en las ciudades, así como de la modificación de comportamiento de los peatones, dado que aumenta la percepción de peligrosidad en las calles, ya que al encontrarse gran cantidad de estos vehículos disminuye la comodidad obstaculizando el libre paso (Torres, 2003), situaciones que se ven reflejadas en el contexto problemático de la zona de interés.

En Colombia desde hace más de 20 años se ha implementado el programa de pico y placa para disminuir el uso del automóvil, sin embargo, de acuerdo con Bonilla (2019), el implementar restricciones drásticas generó crecimiento en el parque automotor y aumentó ligeramente el consumo de gasolina, lo que lo hace que sea ineficaz como medida para la disminución del uso del automóvil.

Una alternativa a las problemáticas generadas por el vehículo privado es la bicicleta, dado que, es uno de los medios de locomoción más rápidos y eficaces para los desplazamientos puerta a puerta, tiene un radio de acción de 7 kilómetros, es maniobrable y fácil de estacionar (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016). Adquiriendo importancia la presencia de ciclo infraestructura alrededor de la zona de estudio, dado que genera ventajas para bici usuarios.

En la Figura 4 se observa la intervención de ciclo-infraestructura proyectada en Popayán a corto, mediano y largo plazo, la cual incrementa en aproximadamente cuatro veces más las ciclorrutas identificadas en el año 2015, fecha en la que se publicó el plan de movilidad de Popayán, permitiendo así generar estrategias para incentivar el uso de la bicicleta como uno de los modos de transporte principal de la Ciudad



Fuente: Steer Davies Gleave

Figura 4. Red de ciclorrutas nuevas en vías locales y principales.

Fuente: Construcción de una red de ciclorrutas nuevas: en vías locales y en vías principales, por (Movilidad Futura, 2015)

Adicionalmente, en la Figura 5, se presenta a manera de resumen los proyectos existentes y planteados por Movilidad Futura (2015), con su respectiva fecha de planificación. La proyección de ciclorrutas permitirá sectorizar el mayor uso ciclista proyectado en la Ciudad.

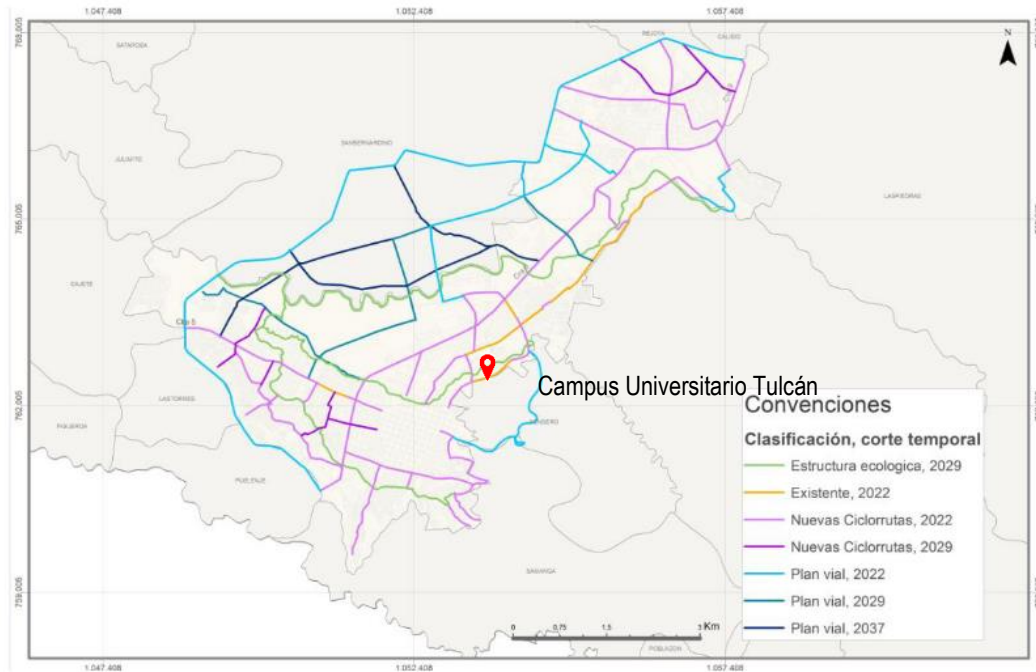


Figura 5. Resumen de programa de red de ciclorrutas

Fuente: Resumen de proyectos de red de ciclorrutas (Movilidad Futura, 2015)

2.2. Programa de bicicletas compartidas

Los programas de bicicletas compartidas se han convertido en una opción importante de transporte para resolver problemas como el consumo excesivo de recursos naturales, la congestión de tráfico y el sedentarismo (Eren Uz, 2020), además de los beneficios mencionados, pueden influir significativamente en los patrones de viaje al proporcionar un modo no motorizado rápido y eficiente al mismo tiempo, que también facilitan el acceso a otros modos como el transporte público (Aliari *et al.*, 2020).

Ahora bien, las universidades y grandes lugares de trabajo pueden reducir las barreras de elección del modo de transporte amigable, y así aumentar el desplazamiento activo (Shannon *et al.*, 2006). En la Universidad del Cauca estas barreras se buscan eliminar mediante la implementación del programa Universicleta, el cual se impulsó mediante el concepto de Universidad verde (Universidad del Cauca, 2023). Este tuvo inicio el 14 de febrero del 2019 con estaciones en la facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación y otra en la facultad de Ciencias Agrarias, se instalaron además nuevas estaciones en la facultad de Salud e Ingeniería Civil, con capacidad para aparcar 12 bicicletas, con el fin de generar un ambiente de bienestar integral, aportando así al medio ambiente, a la buena salud y reflejando de la misma manera reducción de costos en cuanto a la movilidad de la comunidad universitaria. A modo de ilustración, en la Figura 6 se muestra las bicicletas instaladas en la facultad de Ingeniería Civil.



Figura 6. Programa de bicicletas compartidas Universicleta.

Fuente: Elaboración propia.

Sin duda el éxito del programa está en el número de personas que accedan al servicio, de acuerdo con Jakovcevic *et al.* (2016), para conseguir nuevos usuarios en los sistemas de bicicletas compartidas se debe promocionar ventajas instrumentales (tiempo de viaje, costo y confianza) y garantizar un buen funcionamiento hasta que se empiecen a percibir los beneficios intrínsecos (seguridad, comodidad, entrenamiento y salud) de andar en este medio de transporte.

Según el informe más reciente de actividades del programa de Universicleta, presentado en el anexo 2, señala que el primer periodo del año 2023 comenzó el 13 de marzo y finalizó el 09 de junio, en el cual se promovió

activamente el uso de bicicletas como alternativa de transporte tanto en el campus universitario como en toda la ciudad. En esta labor, estudiantes voluntarios desempeñaron roles esenciales, encargándose del mantenimiento de los módulos y bicicletas, administrando el sistema, promoviendo y sensibilizando a la comunidad universitaria (Arcos Gómez, 2023).

Los resultados del uso durante este proceso se presentan en el Gráfico 1, donde se observa mediante diagramas de barras los préstamos de bicicletas en los meses de servicio durante el primer semestre de 2023, registrando una mayor demanda en el mes de abril.

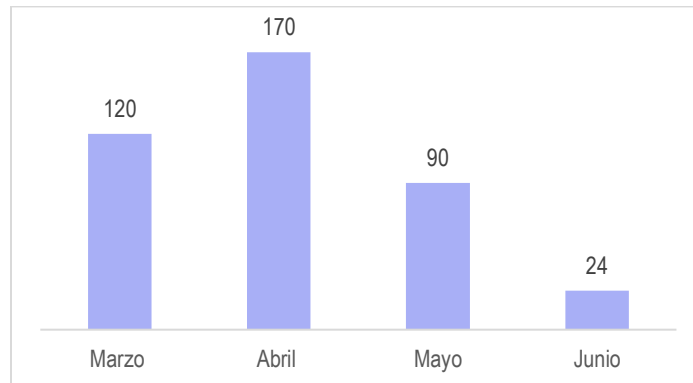


Gráfico 1. Pedidos de Universicicletas por mes

Fuente: Informe de actividades Universicicleta (Arcos Gómez, 2023)

La Figura 7 revela la composición de género entre estos usuarios, mostrando una leve predominancia de personas del sexo masculino.

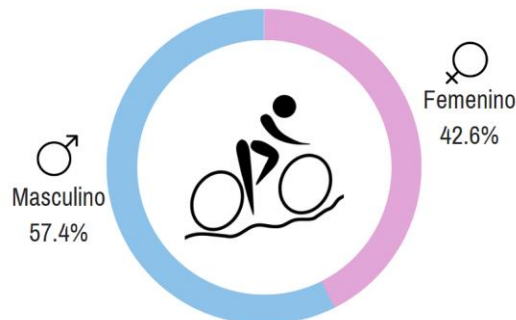


Figura 7. Género de usuarios de Universicicleta

Fuente: Informe de actividades Universicicleta (Arcos Gómez, 2023)

Por otra parte, es esencial tener en cuenta que para acceder al servicio de las bicicletas se debe realizar un pre-registro en la plataforma de Universicicleta. En este sentido, se destaca que el mes de marzo registró la mayor cantidad de inscritos, alcanzando un total de 183 usuarios, seguido por abril con 48 y finalmente mayo con 24. En este mismo informe se destaca las reducciones en las emisiones de carbono derivadas del uso de la bicicleta, debido a

que se logró una notable disminución de aproximadamente 58kg de CO₂ para inicios del mes de mayo (Arcos Gómez, 2023).

2.3. Variables para considerar

¿Es posible que más personas den uso de la bicicleta en el Campus Universitario Tulcán de la Universidad del Cauca? A fin de dar solución a esta pregunta es crucial identificar las características de un usuario típico de este modo de transporte, es por ello por lo que en primera instancia se hace un análisis para reconocer aquellas variables y condiciones relevantes que además podrían ser susceptibles a mejoras. Conforme a ello Balsas (2002), plantea crear un campus amable con los ciclistas y peatones, donde los esfuerzos están centrados en las siguientes siete medidas: estrategias, organización, planificación, instalaciones, promoción, educación y cumplimiento de la Administración de la Demanda del Transporte (TDM, por sus siglas en inglés).

Otra alternativa para impulsar el uso de este medio de transporte es penalizar el uso del automóvil y su estacionamiento en el campus, esto puede contribuir a un cambio en los patrones de movilidad, tal y como lo afirma Dell'Olio *et al.* (2014), quienes también destacan que la tarifa por estacionar en el campus es peor percibida que pagar un viaje en autobús o usar el sistema de bicicletas compartidas, tal conclusión indica que cobrar por estacionar dentro del campus tendría un efecto mayor que bajar el precio del boleto de autobús o bicicleta.

Por su parte Torcat y Mundó (2013), se centran en la ciclo-infraestructura, donde una de las propuestas para desarrollar la movilidad sostenible fue el diseño de una ciclovía completamente separada del tránsito de vehículos motorizados, evitando la colocación de barreras físicas y brocales para separar los flujos de otros modos de transporte, como también el incremento de estacionamientos para bicicletas en puntos estratégicos.

Entre las variables significativas para optar por el uso de la bicicleta como medio de transporte, se destaca la distancia, ya que es ideal para recorridos entre 1 km y 6 km, siendo mucho más eficiente y rápida que otros medios de transporte (Scheiner, 2010); a su vez el Ministerio de Transporte de Colombia (2016) señala la alta efectividad en términos de ocupación de espacio, consumo de energía y velocidad promedio para distancias cortas y medias. No obstante, es importante recordar la existencia de factores desincentivadores. Useche *et al.* (2019) mencionan que el riesgo de choque percibido, condiciones climáticas adversas y la falta de seguridad resultaron ser los más relevantes, asimismo, estos elementos juegan un papel importante en el presente estudio, ya que la ciudad de Popayán se caracteriza por escasez de una infraestructura ciclística segura y continua y factores climáticos inestables, tal como lo refieren los reportes de prensa en el Espectador (2023), el cual alude a las fuertes lluvias que ponen a la ciudad en emergencia. Otro punto clave es evaluado por S. R. Ramírez *et al.* (2017) donde enfatiza acerca de la influencia en la elección del modo de transporte según el género del usuario, en su estudio se destacó que para las féminas no es agradable su trayecto en bicicleta debido al acoso, comportamiento hostil de los demás transeúntes, y el posible hurto.

Agregado a lo anterior, también es preciso indagar sobre los cambios en la preferencia del modo de transporte después de la emergencia sanitaria; ya que Šinko *et al.* (2021), identificaron que antes del brote de COVID-19, el transporte público era el modo de transporte más popular, pero ha perdido popularidad y ahora ocupa el tercer

lugar, caminar y la bicicleta lo superan. Además, König y Dreßler (2021) mencionan que en su estudio más del 40% de los encuestados estuvieron de acuerdo o totalmente de acuerdo en usar la bicicleta más a menudo en un futuro. Estos cambios no solo se han evidenciado en ciudades fuera del país, Colombia también presentó esta tendencia; el periódico económico La República (2021) mostró el incremento que tuvo la importación y exportación de bicicletas durante el año 2020, dado que se importaron más de 87,000 bicicletas significando un crecimiento del 22% con respecto al 2019.

En síntesis, de las variables encontradas en artículos científicos e investigaciones, para el análisis en curso se destacan, la falta de seguridad, el riesgo de choque percibido, el género del ciclo usuarios, condiciones climáticas, escasez de una infraestructura ciclista segura y la distancia recorrida (Balsas, 2002; Pucher *et al.*, 2010; Ramírez *et al.*, 2017; Torcat y Mundó, 2013; Useche *et al.*, 2019), variables las cuales se presentan en la Figura 8 organizadas de acuerdo con su relevancia en los textos empleados para el desarrollo de la presente investigación.

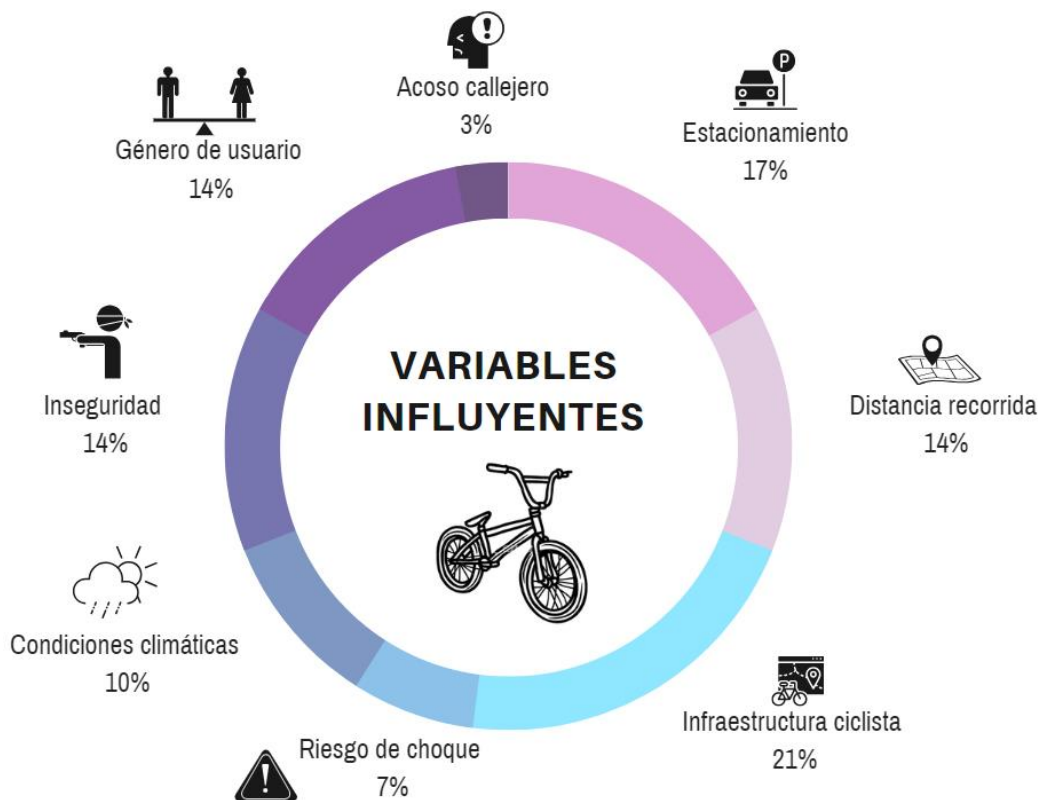


Figura 8. Variables relevantes perceptibles en la literatura.

2.4. Modelo de regresión

El problema en estudio tiene enfoque en estadística descriptiva y diferencial, es por ello por lo que inicialmente se presenta una revisión de conceptos necesarios y bases fundamentales para comprender el modelo estadístico a usar.

2.4.1. Población

En investigación, se trata de conocer características de los fenómenos de interés presentes en los diferentes campos del conocimiento y la relación que existe entre ellas, estas características se denominan variables y son estudiadas en un grupo específico de elementos pertenecientes a la población. Así, una vez establecidas, la población es definida como el conjunto de todos los elementos con una característica en común que es objeto de análisis (Gorgas G *et al.*, 2016).

En el caso de estudio, a fin de generar un enfoque definido a la hora de la colección de elementos, se define y delimita como población a la comunidad universitaria del sector Tulcán, donde se comprende el conjunto completo de los componentes con sus determinadas características, necesarias para aportar a la investigación.

2.4.2. Muestra

En muchas situaciones no es posible examinar a todos los elementos de la población en estudio, esto se debe a limitaciones en el control de diferentes factores como el tiempo, gastos y otros recursos. Frente a esta dificultad, la información se colecta en forma de muestras o conjunto de observaciones, las cuales se reúnen a partir de poblaciones (Walpole *et al.*, 1959).

El procedimiento para la selección de la muestra es una parte importante de la investigación, pues aumenta la probabilidad de obtener conclusiones válidas para la población, por esta razón se utiliza el método de muestreo probabilístico, basado fundamentalmente, en que todos los individuos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra, lo cual fue identificado por Palomino Rivera y Berrocal Ordaya (2018) en Abascal (2005).

Existen diferentes maneras de realizar un muestreo probabilístico, siendo las más frecuentes, el muestreo simple, sistemático, estratificado y el muestreo por conglomerados (Casal y Mateu, 2003). Referente al caso de estudio se tiene en cuenta un muestreo sistemático, el cual consta, esencialmente, en elegir el primer individuo al azar y el resto de manera sistemática (Casal & Mateu, 2003).

Aplicando este diseño de muestreo sistemático, el primer elemento en la muestra fue seleccionado de manera aleatoria en el sector Tulcán de la Universidad del Cauca, y, los otros elementos de la muestra fueron escogidos mediante la fórmula presentada por Villarroel del Pino (2019), multiplicando A hasta el número que complete el tamaño de la muestra. Es decir, $A + k, A + 2k, A + 3k, \dots, A + (n - 1)k$, donde:

$$k = \frac{N}{n}$$

Ecuación 1

y

N : elementos de la población,
 n : tamaño muestral,
 k : salto sistemático.

2.4.2.1. Tamaño de la muestra

El número de elementos de una muestra es llamado tamaño de la muestra (Gorgas G *et al.*, 2016) y se calculó usando la fórmula para poblaciones finitas explicada por Aguilar-Barojas (2005), donde se busca estimar la proporción de una población que presenta la característica que se desea analizar. La fórmula de tamaño de muestra es:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N - 1) + Z^2pq} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra

N : Tamaño de la población

Z : Nivel de confianza

p : Proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia

q : Proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1-p)

La suma de p y q siempre va a dar 1, en este caso se considera $p=0.5$ y $q=0.5$

d : Nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado.

A continuación, se presenta las tablas para estimar el valor de Z , el cual depende del error y el nivel de confianza que se desea obtener en la estimación en los diferentes parámetros relacionados con la investigación (Aguilar-Barojas, 2005).

Tabla 1. Valores para Z (nivel de confianza).

%Error	Nivel de confianza	Valor de Z calculado en tablas
1	99%	2.58
5	95%	1.6
10	90%	1.645

Fuente: nivel de confianza (Aguilar-Barojas, 2005)

Tabla 2. Valores para niveles de precisión absoluta.

%	Valor d
90	0.1
95	0.05
99	0.001

Fuente: nivel de precisión absoluta (Aguilar-Barojas, 2005)

2.4.3. Variables estadísticas

2.4.3.1. Variable cualitativa y variable cuantitativa

En la selección de la muestra, también es necesario conocer el nivel de medición o el tipo de variable que se analiza, pues su correcta identificación orienta la elección de la prueba estadística a utilizar.

A continuación, en la Figura 9 se definen las variables cualitativas y cuantitativas.

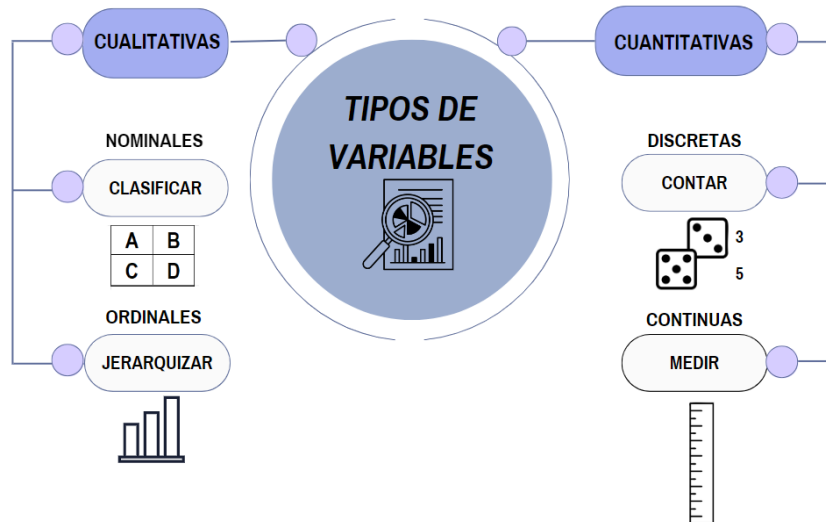


Figura 9. Variables cualitativas y cuantitativas

Fuente: Tipos de variables (Martínez González et al., 2014).

Para establecer el tipo de variable, se recurre a una definición sencilla. Si los datos que se obtienen son numéricos, la variable es cuantitativa, para la cual hay dos tipos de posibilidades: discreta cuando el número de valores posibles es un número finito o que se “puede contar”, y continuas cuando corresponde a una escala que cubre un rango de valores sin interrupciones o saltos (Triola, 2015). En el caso de que los datos obtenidos al medir la variable sean categorías, la variable es cualitativa, la cual puede ser ordinal o nominal que a su vez puede ser dicotómica o multicotómica (Aguilar-Barojas, 2005).

2.4.3.2. Variable aleatoria

Los estadísticos utilizan la palabra experimento para describir cualquier proceso que genere un conjunto de datos. En la mayoría de los casos los resultados dependerán del azar, por lo tanto, no se pueden predecir con certeza. Así, al conjunto de todos los resultados posibles de un experimento estadístico se le llama espacio muestral (Walpole et al., 1959).

Una variable aleatoria es una función que asocia un número real con cada elemento del espacio muestral (Walpole et al., 1959), esto es, variable porque diferentes valores numéricos son posibles y aleatoria porque cada valor observado depende de cuál de los posibles resultados experimentales resulte (Devore, 2008).

Se tienen dos tipos de variables aleatorias: **Variable aleatoria discreta**, que es aquella donde es posible contar el conjunto de resultados posibles (representan datos que se obtienen por conteo), y **variable aleatoria continua** que es aquella que puede tomar valores en una escala continua (representan datos que provienen de mediciones) (Walpole *et al.*, 1959).

2.4.3.3. Variables ficticias

En el análisis de regresión la variable dependiente está frecuentemente influenciada por variables de escala de razón y por variables que son esencialmente cualitativas o de escala nominal, como naturaleza, género, raza, etc., por lo tanto, una forma en la que se puede cuantificar tales atributos es mediante la construcción de **variables ficticias o dummies** (Gujarati, 2003). Habitualmente a la variable ficticia se le asigna el valor de 1 en presencia de la cualidad y 0 en caso contrario (Parra, 2016).

Al usar variables categóricas como predictor se deberá verificar que estas se hayan codificado correctamente, es decir, si presenta un nivel se considera el de referencia (normalmente codificado como 0) y el resto de los niveles se comparan con él. Pero si este presenta más de dos niveles se codificará como variables dummy (Amat Rodrigo, 2016), teniendo cada categoría su propia columna binaria.

2.4.3.4. Variables latentes

Las variables latentes son una categoría que involucran observaciones indirectas. En tal sentido, se presentan algunas variables que no son observables de una forma directa, las cuales son cuantificadas mediante otras observables que contienen información relacionada (Sanchez Rivero, 2001).

Los modelos de variables latentes se presentan con una variedad de denominaciones, como los son: modelos de ecuaciones estructurales, modelos mixtos o modelos de efectos aleatorios, modelos jerárquicos o multinivel, modelos de respuesta al ítem, modelos de factor común, modelos de clases latentes y modelos de perfil latente (Torres Iribarra, 2018).

Dentro de este espectro, una de las técnicas estadísticas más adecuadas para el análisis de variables latentes es el llamado, precisamente, Análisis de Clases Latentes, este enfoque se adentra en la relación existente entre variables categóricas, ya sean dicotómicas o politómicas, mediante la introducción de una o más variables latentes (Sanchez Rivero, 2001). Vale la pena destacar que no presentan una unidad de medida específica y, por lo tanto, cualquier estimación está sujeta a un error asociado (Pedrero *et al.*, 2008). Por ello, es importante considerar la influencia que estas pueden tener al ser incluidas en una investigación.

2.4.4. Regresión lineal

En investigación, a menudo se requiere resolver problemas que implican conjuntos de variables de las cuales se sabe que tienen alguna relación inherente entre sí (Walpole *et al.*, 1959), es decir, variables "X" y "Y" que parecerían estar relacionadas entre sí, pero no de una forma determinística. Así pues, el análisis de regresión es la parte de la estadística que se ocupa de investigar la relación entre dos o más variables relacionadas en una forma no determinística (Devore, 2008).

Mediante el modelo matemático de ajuste lineal, se aproxima la relación de dependencia entre una variable aleatoria dependiente "Y" que es la que se pretende predecir mediante una variable independiente "X" y un término aleatorio, de tal forma que el análisis de regresión se ajusta a una línea recta, donde se minimiza las divergencias entre valores de salida previstos y reales (Walpole *et al.*, 1959). La respuesta "Y" se relaciona con la variable independiente "X" a través de la ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \epsilon \quad \text{Ecuación 3}$$

Siendo:

β_0 = Intersección

β_1 =Pendiente

ϵ =Variable aleatoria.

La variable aleatoria ϵ también se conoce como término de error aleatorio o desviación aleatoria. Sin este, cualquier par observado (x, y) queda exactamente sobre la línea de regresión verdadera $Y = \beta_0 + \beta_1 x$, la inclusión de este término de error aleatorio permite que (x, y) quede por encima o por debajo de esta. Así, los puntos $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ provenientes de una muestra de observaciones se dispersan en torno a dicha línea, como se muestra en el Gráfico 2 (Devore, 2008).

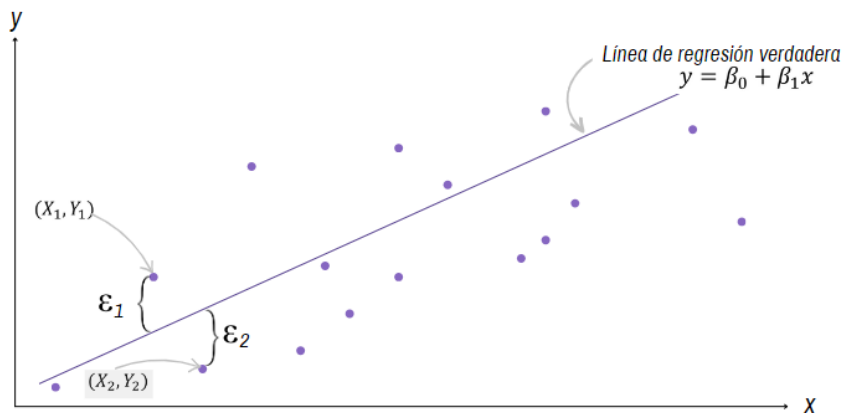


Gráfico 2. Regresión lineal

Fuente: *tomada de probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Devore, 2008).

Un aspecto importante del análisis de regresión es, en términos sencillos, evaluar los parámetros β_0 y β_1 , es decir, estimar los llamados coeficientes de regresión. Suponga que se denota los estimados b_0 para β_0 y b_1 para β_1 . Entonces, la recta de regresión ajustada, o estimada, es dada por:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad \text{Ecuación 4}$$

donde \hat{y} es el valor pronosticado o ajustado. Es evidente que la recta ajustada es un estimado de la verdadera recta de regresión. Se espera que la recta ajustada esté más cerca de la verdadera línea de regresión cuando se dispone de una gran cantidad de datos.

El criterio de los mínimos cuadrados está diseñado para brindar una recta ajustada que resulte en la cercanía entre la recta y los puntos graficados. Genera una recta que minimiza la suma de los cuadrados de las desviaciones verticales de los puntos de esta (Walpole *et al.*, 1959).

La estimación de los mínimos cuadrados del coeficiente de pendiente b_1 de la línea de regresión verdadera es:

$$b_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Ecuación 5}$$

y la estimación de los mínimos cuadrados de la intersección de la línea de regresión verdadera es:

$$b_0 = \frac{\sum y_i - b_1 \sum x_i}{n} \quad \text{Ecuación 6}$$

Es posible tener la presencia de más de una variable independiente, dándose el caso de la **regresión lineal múltiple**, cuyo objetivo es construir un modelo probabilístico que relacione una variable dependiente y más de una variable independiente, (Devore, 2008). La ecuación general que modela el problema es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde β_0 y β_1 son los parámetros por estimar (coeficientes de regresión) de forma que el modelo resultante se ajuste lo mejor posible a las observaciones y ϵ es un término aleatorio.

2.4.5. Regresión logística

Un caso de aplicación muy importante de la regresión lineal múltiple es la regresión logística, que ocurre cuando una o más de las variables independientes son variables categóricas, indicadoras o ficticias, siendo ampliamente utilizado gracias a que permite un análisis multivariado, mientras que la regresión lineal es un modelo similar, pero para una variable dependiente continua (Shipe *et al.*, 2019).

La regresión logística es una técnica estadística que tiene como objetivo producir a partir de un conjunto de observaciones un modelo que permita la predicción de valores tomando una variable categórica, a menudo binaria, en función de una o más variables independientes continuas y/o binarias (De Azevedo Gonzalez, 2018), esto con el objetivo de explicar o pronosticar la pertenencia a un grupo, dada una observación aleatoria. Por lo tanto, trata de identificar qué características o factores diferencian los grupos definidos por la variable dependiente, pero con la ventaja de poder considerar cualquier nivel de medición de las variables independientes.

El análisis de regresión logística tiene dos modalidades: si se considera una variable dependiente binaria, se trata de una regresión logística binaria, y si por contrario se tiene más de dos categorías, se trata de regresión logística

multinomial (Ferre Jaén, 2019). De Azevedo Gonzalez (2018), encontró en BELFIORE (2015) que en la regresión logística la variable dependiente es frecuentemente binaria, por tal motivo, sigue una distribución de Bernoulli, con una probabilidad desconocida. En este caso, la variable aleatoria está dada por:

$$Y = \begin{cases} 1, & \text{si hay éxito} \\ 0, & \text{si hay fracaso} \end{cases}$$

Con el fin de inquirir la probabilidad de modificación en el uso de modo transporte de los usuarios del caso en cuestión, la variable dependiente se codifica como uno y cero, representando la probabilidad de uso y no uso de la bicicleta como medio de transporte respectivamente; conforme a Gujarati (2003) dado que Y es una variable aleatoria de Bernoulli se puede expresar como:

$$P(Y = 1) = P \quad \text{Ecuación 8}$$

Y

$$P(Y = 0) = 1 - P \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde la probabilidad de éxito es $0 \leq P \leq 1$ y la probabilidad de fracaso es $1 - P$. Con el modelo de regresión logística se realiza la estimación de la probabilidad P desconocida, dada una combinación lineal de las variables independientes.

La ecuación para el modelo de regresión logística binaria simple está dada de la siguiente manera (López-Roldán & Fachelli, 2016):

$$P = P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(a+bx)}} \quad \text{Ecuación 10}$$

y, por lo tanto:

$$P(Y = 0) = 1 - \frac{1}{1 + e^{-(a+bx)}} = 1 - P \quad \text{Ecuación 11}$$

Este modelo se puede ver claramente representado en el Gráfico 3, para el cual los coeficientes a y b se interpretan como sigue:

a : representa la posición de la curva sobre el eje horizontal o de abscisas, y sitúa la curva más hacia la derecha o hacia la izquierda.

b : representa la pendiente de la curva en su punto de inflexión, en función de su valor más alto o bajo se tendrá una pendiente de la curva más inclinada o menos.

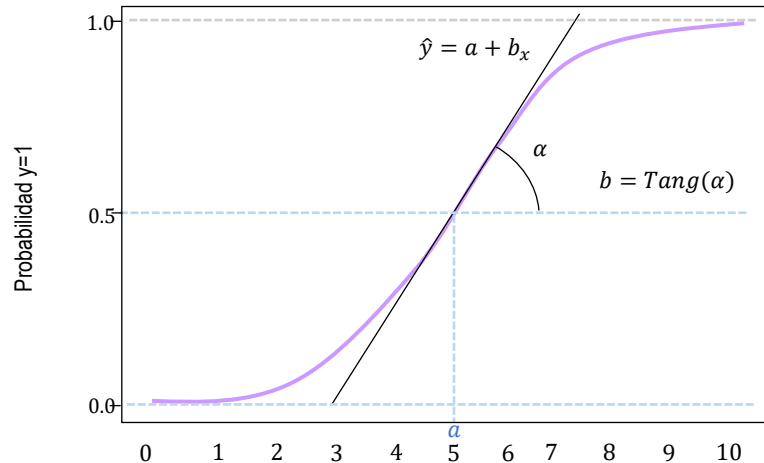


Gráfico 3. Regresión logística

Fuente: Representación del modelo de regresión logística simple, tomado de (López-Roldán & Fachelli, 2016).

La variación de la pendiente implicará una distinta capacidad discriminadora de los valores de y . Una buena variable independiente predictora es la que genera una curva con una elevada pendiente, cuando el valor absoluto de b es alto; si b se acerca al valor 0 su capacidad predictora se reduce. Por tanto, el objetivo del análisis de regresión logística consiste en encontrar las variables con el mayor coeficiente asociado.

La interpretación de los coeficientes de la regresión logística difiere del caso de la regresión lineal. Aquí el coeficiente no es la medida de cuánto variará Y ante una variación en una unidad de X , sino el cambio producido por una variación de una unidad de X en el logaritmo neperiano (\log) del cociente de probabilidades de los dos sucesos, la denominada transformación logit (López-Roldán & Fachelli, 2016).

Al cociente entre la probabilidad de que ocurra un hecho frente a la probabilidad de que no suceda es denominado como **odds ratio** y se interpreta como la ventaja de la opción 1 frente a la opción 0, su campo de variación va desde 0 a $+\infty$ y su interpretación es en función de que el valor sea igual, menor o superior a la unidad (Medina Moral, 2003):

$$\text{odds ratio} = \frac{P}{1 - P} = \frac{\text{Probabilidad de que ocurra un suceso}}{\text{Probabilidad de que no ocurra un suceso}} \quad \text{Ecuación 12}$$

- Si toma valor de 1 significa que la probabilidad de que ocurra la alternativa es la misma de que no ocurra
- Si ratio es menor a 1 indica que la ocurrencia de la alternativa 1 tiene menor probabilidad de ocurrencia que la alternativa 0
- Si ratio es mayor a 1 la opción 1 es más probable que la 0

Así:

$$\frac{P(y = 1)}{P(y = 0)} = \frac{\frac{1}{1 + e^{-(a+bx)}}}{1 - \frac{1}{1 + e^{-(a+bx)}}} = e^{a+bx} \quad \text{Ecuación 13}$$

Finalmente, si a la expresión se le aplica la transformación logarítmica nos queda la transformación logit que permite identificar el modelo en forma lineal y aditiva:

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = a + bx \quad \text{Ecuación 14}$$

En consecuencia, el coeficiente de regresión logística b se interpreta como el cambio que se produce en la transformación logit (López-Roldán & Fachelli, 2016), es decir, el número de veces que incrementa el logaritmo de la ventaja de la opción 1 frente a la 0 cuando incrementa en una unidad x (Medina Moral, 2003).

Ahora, la regresión múltiple, representa el caso donde hay más de una variable independiente, y se puede considerar como una generalización de la regresión logística binaria, la combinación lineal para este conjunto de variables se define (De Azevedo Gonzalez, 2018):

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad \text{Ecuación 15}$$

Por lo tanto, el logit se describe como se muestra en la siguiente ecuación:

$$L_i = \ln\left(\frac{P}{(1-P)}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad \text{Ecuación 16}$$

De donde al utilizar el antilogaritmo para aislar P , se obtiene el modelo para la regresión logística binaria múltiple (De Azevedo Gonzalez, 2018; Epidat4, 2014).

$$P = P(y = 1) = \frac{1}{1 + e^{(-\beta_0 - \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 - \dots - \beta_k X_k)}} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$= \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)}}$$

Siendo β_i los coeficientes a estimar y X_i el vector de las variables independientes. La probabilidad de que $(Y = 0)$ será:

$$P(y = 0) = 1 - \frac{1}{1 + e^{(-\beta_0 - \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 - \dots - \beta_k X_k)}} = (1 - P) \quad \text{Ecuación 18}$$

Para obtener los coeficientes de la ecuación de regresión logística y sus correspondientes errores se realizan estimaciones de máxima verosimilitud que optimizan la probabilidad de obtener los valores de la variable dependiente (Medina Moral, 2003). Estas estimaciones requieren seguir algoritmos, en el caso de estudio se dio uso del programa Minitab en su prueba gratuita.

2.4.5.1. Supuestos de regresión logística

Es importante considerar en la regresión logística las características de las variables a la hora de la aplicación del modelo para su debido funcionamiento, dado que dichas particularidades deben regirse al cumplimiento de los denominados supuestos, los cuales son utilizados para comprobar la validez del modelo, que, de no cumplirse, se

puede producir resultados engañosos (Harris, 2021). Entre los supuestos básicos que deben cumplirse para la regresión logística incluyen, la independencia de los errores, la linealidad en el Logit para las variables continuas, la ausencia de multicolinealidad y la falta de valores atípicos de gran influencia (Stoltzfus, 2011).

i. Linealidad

La linealidad en el modelo de regresión logística es un supuesto que se verifica para cada variable continua e indica que la relación entre el logit o log-odds de la variable respuesta y variable independiente es lineal (Acosta Ramirez & Lobo Laguado, 2022). Entre los métodos para abordar esta suposición se encuentra: diagramas de dispersión suavizados, variables de diseño, polinomios fraccionarios y funciones spline. Como primer paso, es útil comenzar a verificar la linealidad en el logit con un diagrama de dispersión suavizado (Hosmer *et al.*, 1991).

Los gráficos de dispersión permiten evaluar la relación que pueda tener una variable independiente y su probabilidad de éxito, verificando si su relación es lineal o no, siendo los valores de la variable independiente X asignados al eje horizontal y los valores de la variable dependiente Y al eje vertical (Bernal Reding *et al.*, 2011).

En el Gráfico 4, se presentan tres diferentes casos, en la primer gráfica, se observa la regresión con linealidad hacia arriba, es decir, positiva o directa, pues el coeficiente de correlación es cercano a 1; cuando la distribución de la regresión es negativa o inversa como la segunda grafica es porque el coeficiente de correlación es cercano a -1; y si existe una especie de dispersión de puntos como en el tercer esquema, el coeficiente de correlación es cercano a 0 (Bernal Reding *et al.*, 2011).

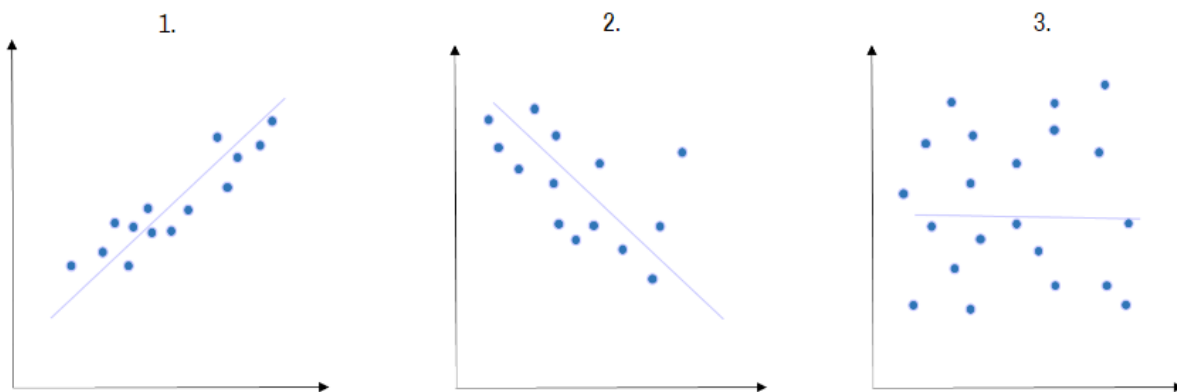


Gráfico 4. Distribución de regresión logística positiva, negativa y sin correlación

Fuente: *Regresión y correlación lineal simple*, tomado de (Bernal Reding *et al.*, 2011).

Así, para verificar el cumplimiento del supuesto de linealidad, se inicia creando un término estadístico que represente la interacción entre cada variable independiente continua y su logaritmo natural. Si alguno de estos términos es estadísticamente significativo, se viola la suposición. Las soluciones incluyen la codificación ficticia de la variable independiente, o transformándolo estadísticamente a una escala diferente (Stoltzfus, 2011).

ii. *Independencia de los errores*

Todos los resultados del grupo de muestra están separados entre sí, es decir, que no hay respuestas duplicadas. Si los datos de uno incluyen medidas repetidas u otros resultados correlacionados, los errores se vincularán de manera similar y se viola esta suposición (Stoltzfus, 2011), dicho de otro modo, se observa una única respuesta dicotómica para una muestra de sujetos estadísticamente independientes (Hosmer *et al.*, 1991).

El cumplimiento de este supuesto se relaciona con el proceso mediante el cual se recopilaban los datos, sin embargo, si a lo largo del tiempo estos no fueron recopilados, puede realizarse gráficamente mediante un diagrama de dispersión entre los residuales (eje y) y el orden en que se tomaron las observaciones (eje X), si no se observa patrón indica que los residuos están aleatoriamente distribuidos (Acosta Ramirez & Lobo Laguado, 2022; Mendoza Rivera, 2002). A continuación, se ejemplifica un gráfico de residuos para la verificación del supuesto:

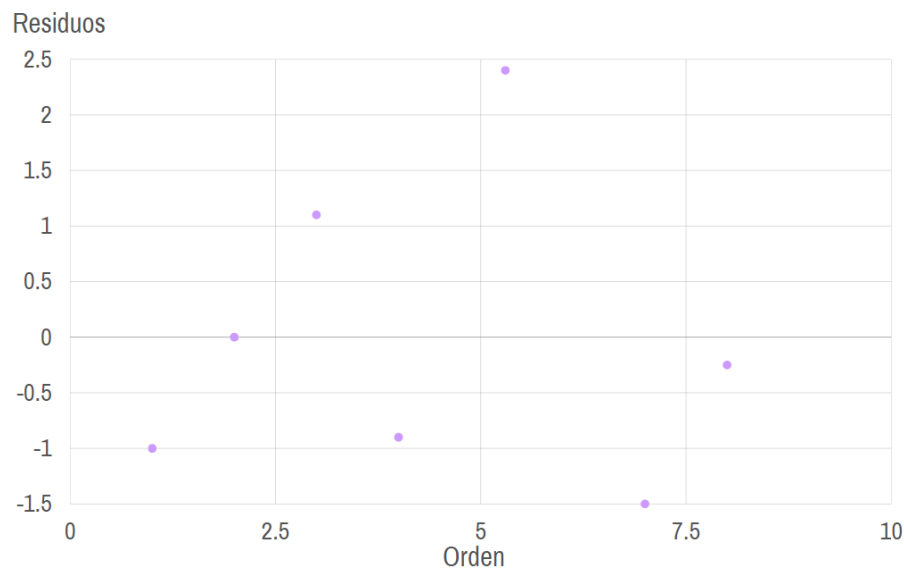


Gráfico 5. Gráfica de residuos vs orden

Fuente: Gráfico de residuales vs orden para la densidad, tomado de (Mendoza Rivera, 2002).

En esta gráfica se examina si se presenta algún patrón discernible entre los puntos, de no ser así, esto sugiere que los residuos se encuentran independientes o aleatoriamente distribuidos, tal como se observa en el ejemplo anterior (Mendoza Rivera, 2002).

iii. *Ausencia de multicolinealidad*

Denominada también como redundancia (Ferre Jaén, 2019), ocurre cuando una o más de las variables independientes pueden ser determinadas aproximadamente por algunas de las otras variables independientes, cuando esto sucede los coeficientes de regresión estimados pueden ser muy poco fiables (Kleinbaum & Klein, 2012), ya que genera varianzas y covarianzas extremadamente grandes, con lo cual los intervalos de confianza de los coeficientes serán muy amplios (Ságaro del Campo & Zamora Matamoros, 2019), es decir, cuando la relación lineal existe y es perfecta los parámetros de la regresión (β_i) son indeterminados y su error estándar es infinito; cuando no

es tan exacta, la estimación de los parámetros de la regresión (β_i) es posible, pero sus errores estándar tienden a ser grandes (Cancino, 2012).

Para identificar la multicolinealidad se puede dar uso al factor de inflación de la varianza (FIV), el cual mide el incremento que se produce en la varianza de los estimadores de los coeficientes de regresión al comparar dicha varianza con la que deberían tener si las covariables no fuesen correlacionadas (Ságaro del Campo & Zamora Matamoros, 2019), estos FIV permiten al analista aislar qué variables son responsables de estimaciones de parámetros altamente correlacionados (Harrel Jr, 2016). Pues un FIV alto indica un R^2 cercano a la unidad y por tanto apunta a la colinealidad (Belsley *et al.*, 1980), para su mejor interpretación Esteban *et al.* (2008) citan a Neter, Wasserman & Kutner (1990), quienes en su estudio encontraron que si $FIV_j > 10$ se concluye que la colinealidad de X_j frente a las demás variables es alta.

El incumplimiento de este supuesto trae consigo una falsa relación entre las variables explicativas y la variable respuesta (Guerrero & Melo, 2017). Normalmente lo que se hallará será una multicolinealidad moderada, es decir, una mínima correlación entre covariables. Entre las soluciones más habituales esta la eliminación de una o más variables redundantes (Ferre Jaén, 2019).

iv. Ausencia de valores atípicos influyentes

Denominados también “Outlier detection”, se basa en la detección de valores atípicos en un conjunto de datos, es decir, aquellos valores de variables en un dato que presenta grandes diferencias con el resto a valores de esas determinadas variables para el resto de conjunto de datos (Palenzuela Moreno, 2018). La presencia de un valor atípico en una o más variables independientes puede afectar en gran medida los resultados, si se elimina de los datos a una persona con un valor atípico los coeficientes de regresión estimados pueden variar mucho (Kleinbaum & Klein, 2012). Por lo general el análisis de los valores atípicos implica eliminar las observaciones, ajustar el modelo y evaluar el cambio en los parámetros estimados del modelo (Hosmer *et al.*, 1991).

La detección de los valores atípicos se produce observando los residuos es decir la diferencia entre los resultados previstos y reales (Stoltzfus, 2011) para diagnosticar la presencia de estos, se pueden emplear diversas técnicas tales como histogramas o diagramas de caja, especialmente en el caso de anomalías unidimensionales (Palenzuela Moreno, 2018).

En el contexto de este estudio en particular y considerando la naturaleza de los datos involucrados, la utilización de histogramas no resulta viable, ya que no representarían de manera adecuada los datos y no permitirían una identificación efectiva de los valores atípicos. Por tanto, se ha optado por utilizar la información sobre residuos estadísticos proporcionada por Minitab, el cual etiqueta las observaciones con valores extremos de apalancamiento o residuo (valores atípicos) en la tabla ajustes y diagnósticos de observaciones poco comunes. Esto es especialmente relevante dado que las variables a evaluar son categóricas.

v. Separación cuasi completa

En primer lugar, es relevante asimilar el concepto de separación completa, esta se da cuando para las variables explicativas un hiperplano puede pasar a través de ese espacio, de tal manera que en un lado de ese hiperplano Y_i es 0 para todas las observaciones, mientras que en el otro lado Y_i es 1 siempre (Agresti, 2015), tal y como se muestra en el Gráfico 6.

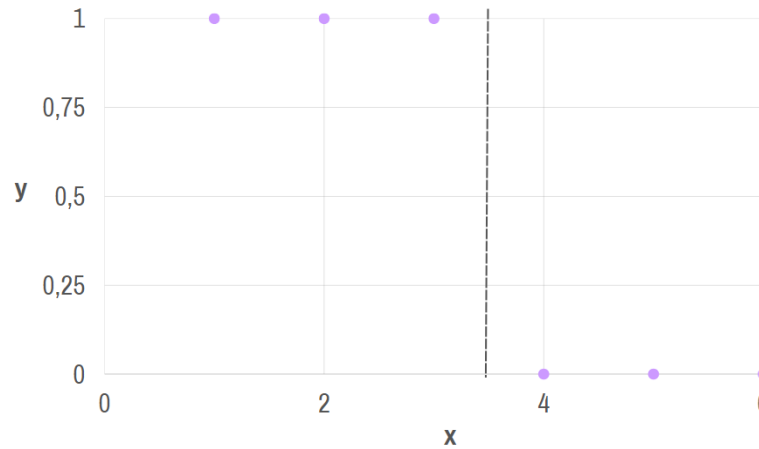


Gráfico 6. Separación completa de variables

Fuente: Separación completa de los valores de las variables explicativas, tomado de (Agresti, 2015).

La ocurrencia de la separación completa depende del tamaño de la muestra, el número de sujetos con el resultado presente y el número de variables incluidas en el modelo, cuando se tiene una muestra pequeña la posibilidad de que muestre separación completa puede aumentar con el número de variables incluidas en el modelo (Hosmer *et al.*, 1991).

Conforme a ello se presenta el caso de la separación cuasi completa, la cual es una condición más débil que hace que al menos una estimación sea infinita, ocurre cuando un hiperplano separa valores de variables explicativas con $Y_i = 1$ y con $Y_i = 0$, pero existen casos con ambos resultados en ese hiperplano. Es más probable con predictores cualitativos que con predictores cuantitativos. Si alguna categoría de un predictor cualitativo no tiene casos con $y = 0$ o no tiene casos con $y = 1$, se produce una separación casi completa cuando esa variable se ingresa como un factor en el modelo, es decir, se usa una variable indicadora para esa categoría (Agresti, 2015).

Cuando hay separación cuasi completa algunos programas no brindan información (Hosmer *et al.*, 1991).

2.4.5.2. Selección de variables

Los métodos de selección de variables son fundamentales para abordar el problema de construcción del modelo, pues algunos predictores pueden perjudicar su confiabilidad, especialmente si están correlacionadas con otros, por lo cual, se busca el equilibrio entre bondad, ajuste y sencillez (González Vidal, 2015). Continuando con este razonamiento se sigue el principio de la Navaja de Ockam el cual refiere que será una mejor opción quien entregue resultados óptimos de manera sencilla con menor cantidad de elementos (de Sagrera, 2006).

Es importante tener en cuenta que un ajuste perfecto puede sonar atractivo, pero el modelo saturado no es útil. Este tipo de modelo no suaviza los datos ni tiene las ventajas que tiene un modelo más simple debido a su parsimonia (Agresti, 2015). Así, con la finalidad de obtener un modelo congruente e interpretable, se recurre a la amplia literatura que ofrece diversos métodos de análisis de datos y estadísticas, los cuales permiten especificar como se introducen las variables independientes en el análisis.

i. Método forward:

El método de selección de variables hacia adelante (González Vidal, 2015) se basa en la incorporación secuencial de variables explicativas significativas en un modelo de regresión inicial sin variables. En cada paso se agrega una variable explicativa, evaluando la significancia mediante el valor de chi-cuadrado para cada efecto no incluido previamente, de ser significativo se agrega el efecto correspondiente en el modelo (Bursac *et al.*, 2008).

La selección hacia adelante agrega términos secuencialmente hasta que la mejora en el ajuste sea limitada, lo que lleva a alcanzar un punto de rendimientos decrecientes al agregar variables explicativas cuando las nuevas agregadas son tan bien predichas por las ya utilizadas que no brindan una mejora sustancial en R^2 . El proceso se detiene cuando las adiciones no mejoran el ajuste, de acuerdo con la significación estadística o un criterio para juzgar el ajuste del modelo (Agresti, 2015).

ii. Método backward:

En el método de eliminación hacia atrás, se comienza incluyendo todas las covariables disponibles en el modelo (Castillo Olivares, 2017). Luego, se procede a eliminar gradualmente variables hacia atrás (González Vidal, 2015), descartando aquellas que tienen efectos menos significativos y no cumplen con el nivel predefinido para permanecer en el modelo (Bursac *et al.*, 2008).

Cabe resaltar que, en cada paso siempre se parte del modelo seleccionado en el paso anterior. De esta manera, el método avanza iterativamente, eliminando sucesivamente las variables menos relevantes hasta obtener la mejor combinación de variables según el criterio de comparación preestablecido (González, 2021).

La estrategia consiste en partir de un modelo complejo y eliminar términos de manera secuencial. En cada etapa, se selecciona el término cuya eliminación tenga el efecto menos perjudicial en el modelo, lo que se determina, por ejemplo, mediante el valor de P más grande en una prueba de significancia o el menor deterioro en un criterio para evaluar el ajuste del modelo. El proceso se detiene cuando cualquier eliminación adicional resulta en un peor ajuste del modelo (Agresti, 2015).

iii. Método stepwise

Entre las diversas alternativas para selección de variables, se encuentra un método por pasos conocido como "stepwise", el cual examina en cada paso de la regresión la última variable que entra en el modelo, en relación con las variables ya incluidas. Esto se debe a que una variable ya incluida puede llegar a ser innecesaria y eliminarse del modelo al incorporar una nueva variable (Narváez M *et al.*, 2014). El enfoque "stepwise" combina los métodos backward y forward para seleccionar variables de manera secuencial. En este método, las variables se seleccionan

para su inclusión o exclusión del modelo de forma gradual, basándose únicamente en criterios estadísticos. Se pueden considerar dos versiones principales: selección hacia adelante con una prueba de eliminación hacia atrás y eliminación hacia atrás seguida de una prueba de selección hacia adelante (Hosmer *et al.*, 1991).

El modelo stepwise permite reducir drásticamente el número total de modelos considerados y generar el modelo final (Shtatland *et al.*, 2001), teniendo en cuenta la gran cantidad de datos y variables presentes, las cuales son analizadas mediante un algoritmo estadístico que verifica su importancia y las incluye o excluye sobre la base de una regla de decisión fija (Hosmer *et al.*, 1991).

Existen dos métodos que se pueden usar para seleccionar variables de una tabla de resumen; estos son comparables a los métodos comúnmente utilizados en la regresión lineal paso a paso. El primer método se basa en el valor p para la entrada en cada paso, mientras que el segundo se basa en una prueba de razón de verosimilitud del modelo en el paso actual frente al modelo en el último paso. En la mayoría de los casos, se prefiere utilizar el primer método, ya que se puede realizar con la salida proporcionada por los paquetes estadísticos (Hosmer *et al.*, 1991).

2.4.5.3. Valor de p

Este es un indicador el cual permite identificar si un suceso esta dado por el azar o no, es decir, el valor P se interpreta como un índice de compatibilidad entre los datos y el modelo, incluida la hipótesis de prueba y los supuestos básicos (Mansournia *et al.*, 2022). Por convenio suele establecerse que si este valor de probabilidad es menor del 5% (0,05) es lo suficientemente improbable que se deba al azar como para rechazar con una seguridad razonable la hipótesis nula y afirmar que la diferencia es real. Si es mayor del 5%, no se tendrá la confianza necesaria como para poder negar que la diferencia observada sea obra del azar (Molina Arias, 2017).

Mediante la campana de Gauss es posible obtener de manera numérica la expresión del P valor establecido de 0-1. Considerando que para que una variable sea significativa el error debe ser 0.05, lo que indica que entre menor error alfa mayor será el intervalo de confianza.

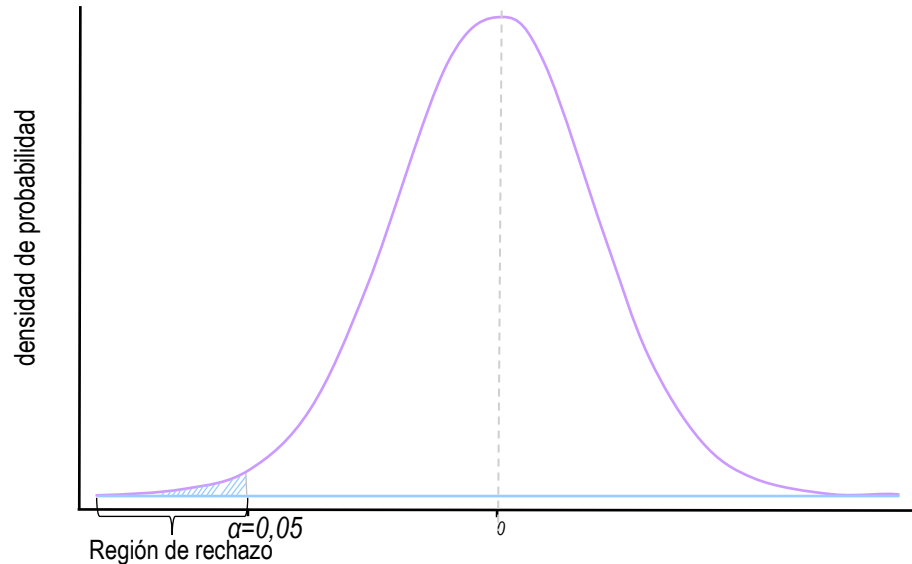


Gráfico 7. Distribución de probabilidad

Fuente: Representación de distribución de probabilidad, tomado de (B. editor Minitab, 2019; Wayne W, 1991).

Considerando las hipótesis, se definirá si la hipótesis inicial para el caso de estudio “Uso de la bicicleta” está o no relacionada con la variable independiente. Siendo la hipótesis nula H_0 que no se relacione y la hipótesis alternativa H_1 que se relacione, esto se verifica dentro del intervalo en los extremos de la campana, donde se ubican los valores del azar y error alfa, este último refiere a un nivel de significancia, el cual es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera (B. editor Minitab, 2019). Un valor p alto significa que, en principio, no hay argumentos en contra de la hipótesis nula y no se podrá rechazar (Martínez González *et al.*, 2014). Por lo tanto, si se tiene un valor muy alto de p la una hipótesis nula será verdadera y se tendrá que para nuestro caso la variable independiente no influya en el uso de la bicicleta.

2.4.5.4. Bondad de valor de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste desempeñan un papel crucial al verificar si los valores pronosticados reflejan una representación precisa de los valores observados. Errores en la especificación de predictores omitidos, una forma mal especificada del predictor o una función de enlace inapropiada pueden dar como resultado predicciones deficientes (Xie *et al.*, 2008).

En los últimos años, se han propuesto diversos estadísticos R^2 como medidas de bondad de ajuste para diferentes modelos (Aguilar, 2012). El coeficiente de determinación, también conocido como R^2 , muestra la variabilidad de la variable dependiente explicada por la regresión. En cuanto al valor de este coeficiente varía entre 0 y 1, siendo un valor cercano a 1 indicativo de un buen ajuste del modelo a la variable objetivo. No obstante, este valor presenta un desafío, ya que tiende a aumentar a medida que se incrementa el número de variables explicativas, independientemente de la relevancia de dichas variables para el modelo (González, 2021). Por lo tanto, en algunos casos, la incorporación de predictores adicionales puede aumentar el poder explicativo real del modelo. Al contrario,

en situaciones como en las de este estudio, los datos pueden tener una mayor propensión a contener variabilidad intrínsecamente inexplicable. Esto es particularmente cierto en campos como la psicología donde se muestran valores de R^2 inferiores al 50 % debido a la impredecibilidad inherente a las acciones humanas (B. E. Minitab, 2019), hecho que se refleja dado que la predicción de uso de la bicicleta se rige a la percepción individual.

Es importante resaltar que, en modelos de respuesta dicotómica, el R^2 calculado convencionalmente tiene un valor limitado. Es decir, si se tomara un caso de un X dado, donde Y toma valores de “1” ó “0”, todos los valores de Y se alinearan a lo largo del eje x en uno de estos dos valores. Así pues, generalmente no se espera que el modelo lineal de probabilidad se ajuste adecuadamente a tal dispersión. Por lo tanto, en estos casos, es probable que el R^2 calculado de manera convencional sea significativamente menor que 1 para tales modelos. Por estas razones, expertos como John Aldrich y Forrest Nelson sostienen que “el uso del coeficiente de determinación como estadística de resumen debe evitarse en modelos con variable dependiente cualitativa”. No obstante, es importante señalar que en modelos de regresoras binarias, la bondad del ajuste tiene una importancia secundaria. Lo que importa son los signos esperados de los coeficientes de regresión y su significado estadístico y/o práctico (Gujarati, 2003).

En el contexto de los modelos de regresión logística binaria, la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow se utiliza con frecuencia, ya que deben ser evaluados para garantizar que se ajusten adecuadamente y se adhieran a los supuestos del modelo. Esta evaluación abarca dos fundamentales: discriminación y calibración. La discriminación mide la capacidad del modelo para clasificar correctamente las observaciones en categorías de resultados. La calibración, por su parte, mide qué tan bien concuerdan las probabilidades estimadas por el modelo con los resultados observados y, por lo general, se evalúa a través de una prueba de bondad de ajuste (Fagerland & Hosmer, 2012).

La calibración se analizó mediante la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow considerando el valor del estadístico como el p -valor (García-Valentín *et al.*, 2014). Esta prueba se basa en que un buen ajuste se refleja en que valores altos de la probabilidad predicha (p) se correspondan con el resultado “1” de la variable binomial dependiente, mientras que un valor bajo de P (cerca de cero), corresponderán en su mayoría con el resultado $Y = 0$. El proceso implica calcular las probabilidades predichas por el modelo para cada observación en el conjunto de datos. Estas probabilidades se ordenan, agrupan y se usan para calcular las frecuencias esperadas y compararlas con las observadas mediante una prueba de chi-cuadrado. Cabe mencionar que el estadígrafo de referencia, no se computa cuando los valores esperados o $(n_i - E_i)$ son nulos o muy pequeños (menores de cinco) (W. Ramírez & Rodríguez, 2014).

La prueba de Hosmer-Lemeshow es fundamental para evaluar la calibración del modelo, es decir el grado en que la probabilidad predicha coincide con la observada (W. Ramírez & Rodríguez, 2014). En resumen, un valor de p no significativo indica un buen ajuste del modelo y cuanto mayor sea el valor de p mejor ajustado está (García-Valentín *et al.*, 2014). Si el valor p para la prueba de bondad de ajuste es menor que el nivel de significancia elegido,

las probabilidades pronosticadas se desvían de las probabilidades observadas de una manera que la distribución binomial no predice (Minitab 21, 2021).

Capítulo 3. Metodología

El presente capítulo expone el plan de trabajo y las actividades realizadas en las diferentes etapas del estudio con el fin de alcanzar los objetivos propuestos. La Figura 10 indica la secuencia de actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos y el desarrollo del proyecto.

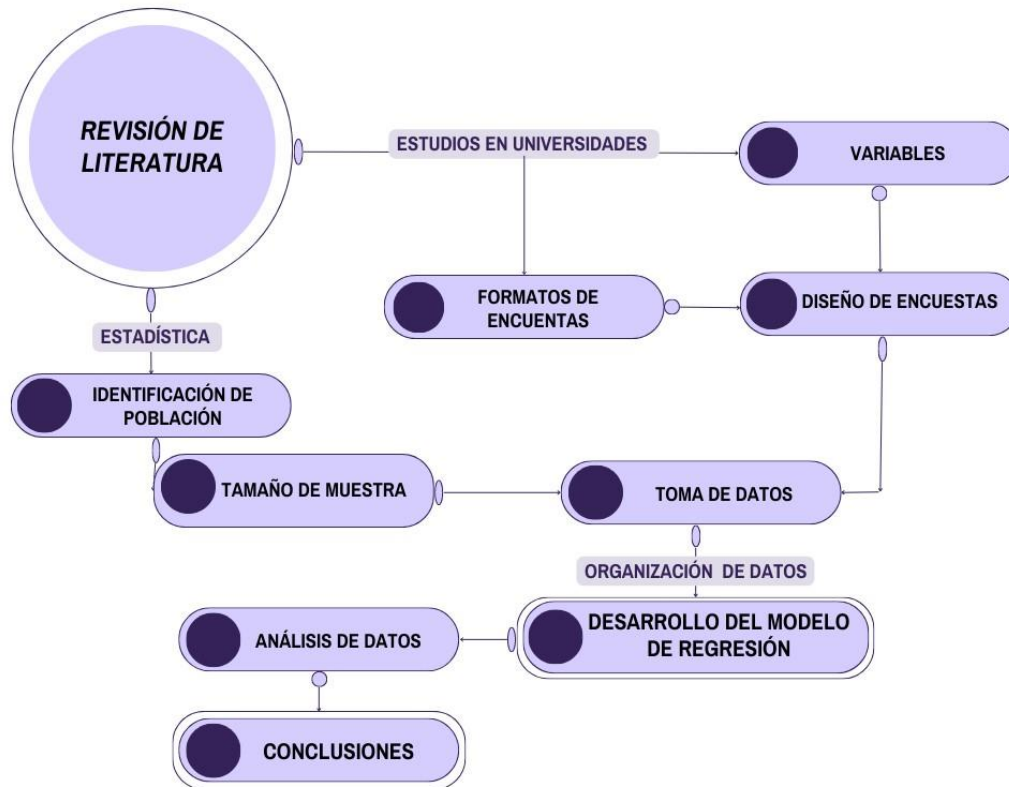


Figura 10. Metodología.

Fuente: Elaboración propia.

La totalidad de actividades realizadas para alcanzar los objetivos planteados consta, en primera instancia de la indagación e identificación de aquellas variables de interés para los usuarios de bicicletas, dando uso de la literatura nacional e internacional, por lo que se efectuó una búsqueda de información secundaria, considerando las palabras clave enfocadas al objetivo principal de la investigación, tales como, movilidad sostenible, modos de transporte, bicicleta y campus universitario. Las variables encontradas se sometieron a evaluación mediante la aplicación de una encuesta a la población de interés, correspondiente a estudiantes, docentes y administrativos del sector Tulcán de la Universidad del Cauca, donde se tiene como objetivo identificar la población que da un uso frecuente de la bicicleta para desplazarse desde y hacia el campus universitario y determinar la probabilidad de uso de este medio de transporte.

El área de estudio alberga cuatro facultades; la facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, donde a pesar de contar con un espacio para estacionamiento de vehículos, llega a capacidad en poco tiempo, por esta razón, los vehículos se estacionan en el otro sector del campus el cual se encuentra separado por la carrera 2 donde se localizan las facultades de Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y Ciencias Contables y de la Administración, siendo estas tres últimas, la zona que cuenta con mayor número de áreas de estacionamiento, pero no las necesarias para albergar a la totalidad de automóviles y motocicletas de los estudiantes, administrativos y docentes que frecuentan este sector. Además de las facultades mencionadas con anterioridad, se resalta la presencia del Centro Deportivo Universitario Tulcán, el cual también atrae viajes de vehículos motorizados que deben ser ubicados adecuadamente y para ello acceden al estacionamiento mencionado.

La muestra es ajustada a la realidad poblacional de las facultades objetivo, dado que representan los principales actores y usuarios del estacionamiento, las encuestas se realizaron utilizando un método de muestreo probabilístico sistemático en los diferentes espacios del sector de Tulcán durante varios días y a diferentes horas del día, aplicado en el intervalo de tiempo del año 2021 y 2022, donde se obtuvo una totalidad de 384 respuestas de las cuales en el estudio se incluyeron aquellos cuestionarios totalmente diligenciados.

Una vez finalizada la recolección de la información, se inició el tratamiento de datos mediante una hoja de cálculo en Excel, donde se filtró y ordenó de forma clara las respuestas de preferencia y percepción de los encuestados y sus datos sociodemográficos. Partiendo de la información obtenida y mediante el modelo de regresión logística, fue posible estimar la probabilidad de uso de la bicicleta dado un posible perfil de usuario. Además de ello, se tiene en cuenta la evaluación de las facilidades ciclistas de acuerdo con las preferencias y percepciones. Así se determinó cuán amables son las facultades con este modo de transporte.

Capítulo 4. Desarrollo del instrumento de recolección de datos.

4.1. Elaboración del cuestionario

Con objeto de profundizar en la trascendencia de las variables mencionadas en el numeral 2.3, y adicionalmente, en la percepción de las personas respecto a la bicicleta como modo de transporte, se optó por la toma de datos mediante la aplicación de una encuesta a la población universitaria de interés. Dicha encuesta se presenta en el anexo 1, y fue diseñada en discusiones con el grupo de trabajo, donde, se obtuvo un cuestionario con 31 preguntas, divididas en 7 secciones, cada una destinada a la evaluación de diferentes temas, como lo son:

- **Sección 1: Datos generales**, cuya finalidad es clasificar la información obtenida mediante factores sociodemográficos como: edad, género, cargo, estrato socioeconómico y residencia.
- **Sección 2: Medio de Transporte usado con mayor frecuencia**, donde se indaga el modo de transporte utilizado por la población universitaria y sus preferencias en el momento de trasladarse al campus.
- **Sección 3: Usuarios de bicicleta**, se pretende averiguar sobre el tiempo de viaje desde y hacia la universidad, y la perspectiva respecto al estacionamiento presente en el campus para este vehículo no motorizado, variable considerada en el estudio realizado por (Pucher *et al.*, 2010).
- **Sección 4: Programa Universicleta-bicicletas compartidas**, es de importancia conocer la perspectiva de los estudiantes hacia el programa de bicicletas compartidas, pues, es una de las alternativas viables para promover este medio de transporte (Aliari *et al.*, 2020; Eren & Uz, 2020) y está presente en la universidad del Cauca con el nombre de Universicletas.
- **Sección 5: Preguntas sobre automóvil y bicicletas**, esta sección está dedicada a identificar aquellos usuarios de automóvil y/o motocicleta, y conocer su sentir acerca de la situación que se presenta en el espacio de estacionamiento destinado para ellos y de las medidas que podrían tomar al respecto, tal como, cobrar el acceso al campus (Dell'Olio *et al.*, 2014).
- **Sección 6: Emergencia sanitaria**. Sin duda es de gran relevancia evaluar la influencia y los posibles cambios provocados por la emergencia sanitaria debido a las tendencias mostradas en diferentes estudios (König & Dreßler, 2021; Šinko *et al.*, 2021), razón por la cual se incluye esta sección.
- **Sección 7: Ciclo urbanismo**, se abarcan interrogantes direccionados a cuestionar a la población universitaria sobre las probabilidades de elegir la bicicleta para desplazarse hacia el campus en el futuro, así como las percepciones sobre este medio de transporte, para este fin se incluyeron las variables identificadas en la literatura (Balsas, 2002; Pucher *et al.*, 2010; S. R. Ramírez *et al.*, 2017; Scheiner, 2010; Torcat & Mundó, 2013; Useche *et al.*, 2019).

4.2. Prueba piloto

Mediante un ensayo analítico y prospectivo se buscó investigar acerca de lo oportuno que puede ser la implementación del cuestionario diseñado, además de identificar posibles falencias en el instrumento a la hora de

aplicarlo. Dicha prueba se llevó a cabo en dos oportunidades a un pequeño grupo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil.

Mediante las pruebas realizadas fue posible identificar falencias en la redacción, preguntas redundantes, falta de especificación en algunos enunciados, y de igual forma se hizo notable la falta de opciones en preguntas de selección múltiple, ya que no se expresaba de manera adecuada el sentir de la población universitaria en los diferentes puntos. Logrando con ello, establecer un formato mejorado con preguntas claras e indicaciones pertinentes para lograr obtener respuestas apropiadas en cada caso, con el cual finalmente se avanzó con el desarrollo del estudio.

4.3. Descripción de la muestra

Para hacer inferencias respecto a la población se elige una muestra de esta (Gorgas G *et al.*, 2016), que para el presente caso corresponde a la comunidad perteneciente al Campus Tulcán de la Universidad del Cauca, donde se cuenta con una totalidad de 7926 personas, considerando un nivel de confianza de 95% al cual le corresponde un $Z = 1.96$ y un error en la estimación de $d = 0.05$. Así, se tiene que el tamaño de la muestra necesaria para la obtención de los objetivos de la investigación es:

$$n = 366.4 \approx 367$$

Con base en ello se recopiló información de una totalidad de 384 personas, de las cuales se tomaron en cuenta los cuestionarios totalmente diligenciados, con información clara y concisa, razón por la cual se desecharon 12 encuestas, para un total de 372 resultados.

En busca de determinar si la muestra se ajusta a la población estudiada se realizó una comparación, en la cual se identificó que de la totalidad de resultados válidos, el género femenino comprende el 41.9% de la muestra, siendo similar al valor proporcionado por la página de Unicauca en cifras, la cual brinda información estadística con datos de la comunidad universitaria, donde se encuentra que para las facultades sometidas a estudio las mujeres estudiantes conforman el 40 % de la población universitaria.

4.3.1. Comparación entre grupos de análisis

Con el objetivo de analizar qué sucedía en el estudio, se procedió a realizar una caracterización con la muestra, lo cual permitió plasmar las posibles situaciones en cuanto a las elecciones que fueron tomadas. Se consideró la distribución de los usuarios y no usuarios de la bicicleta, de manera independiente, además de un grupo de usuarios que se valen de la bicicleta como medio de transporte de manera más frecuente que otros. Dentro de este apartado se puede notar la tendencia por cada grupo con sus respectivas peculiaridades, considerándose como relevantes los factores demográficos y las características incluidas las cuales fueron edad, género, estrato y lugar de residencia.

En primera instancia, en la Figura 11 se expone a los usuarios y no usuarios de la bicicleta como modo de transporte, en la que, a fin de organizar la información, y lograr obtener la caracterización de la muestra, las personas fueron agrupadas de acuerdo con su residencia en diferentes intervalos de distancia (0-2Km, 2-4Km, 4-7Km y >7Km) respecto al punto de estudio.

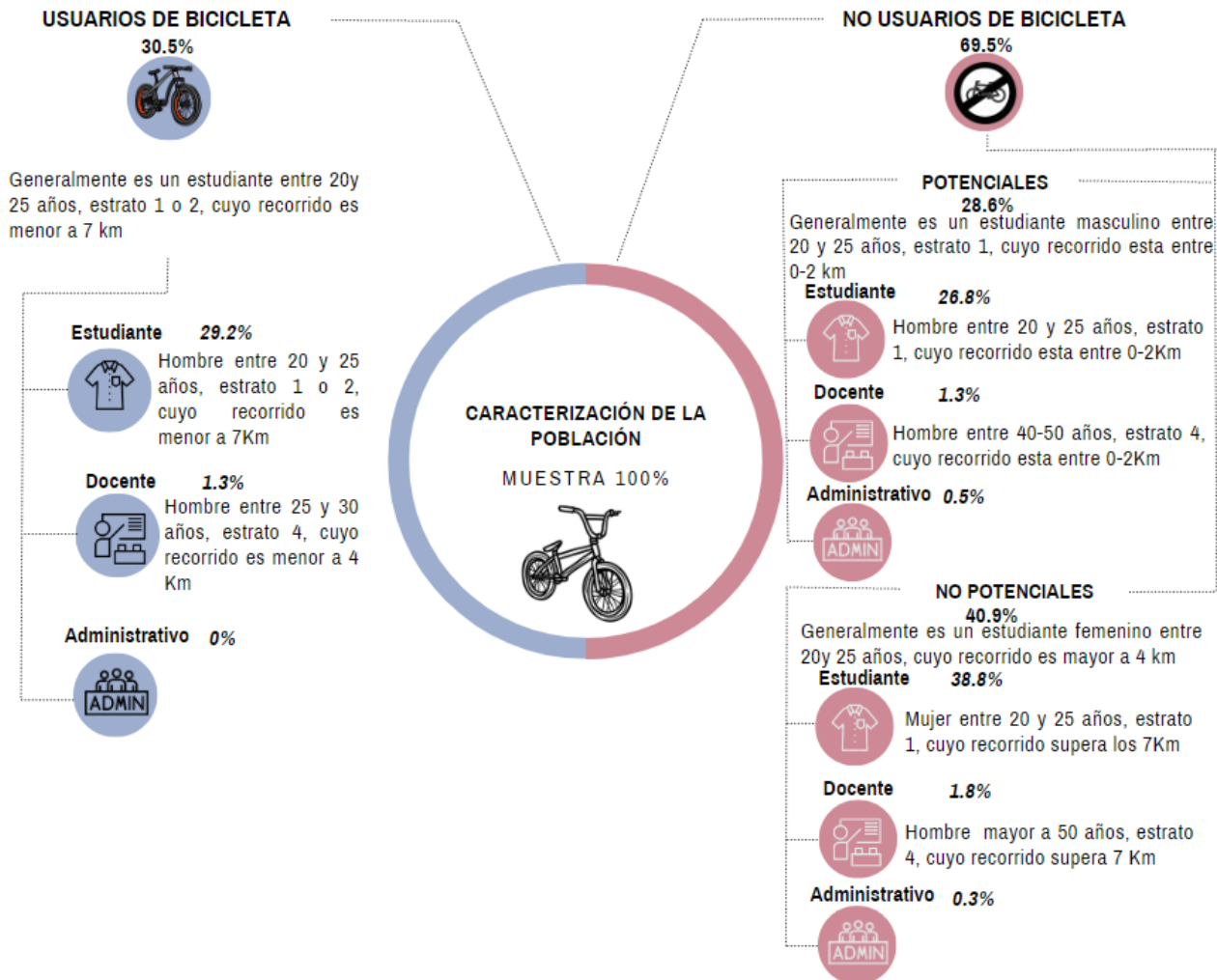


Figura 11. Caracterización de muestra.

Fuente: Elaboración propia.

La población se dividió dentro del mapa en dos grupos, usuarios y no usuarios, cada grupo dividido en subgrupos, donde se diferencia estudiantes, administrativos y docentes, que además se encuentran caracterizados demográficamente. Poniendo en manifiesto dicha organización, se posee jerarquizaciones que permiten tener una visual de las inclinaciones de la población encuestada.

En el bloque azul se presenta a los usuarios de bicicletas con su debida distribución porcentual; y en el lado derecho se observa la caracterización para no usuarios, donde se tiene la subdivisión entre los potenciales y no potenciales, mostrando para cada elemento su jerarquización el tipo de usuario y su porcentaje.

En la Figura 12, se muestra el mapa de calor realizado mediante el software QGIS, el cual posee una gama amplia de herramientas, facilitando un análisis de los datos del estudio correspondiente para la totalidad de la muestra,

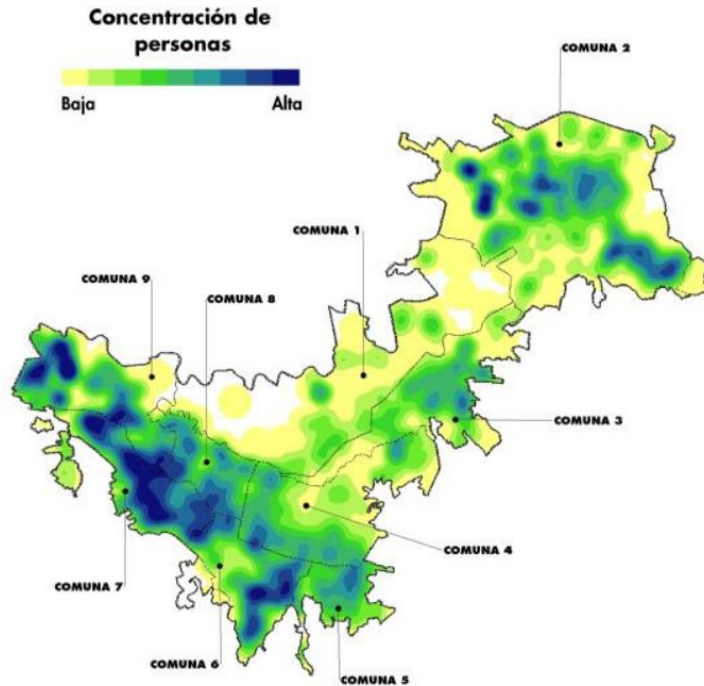


Figura 13. Concentración poblacional para la ciudad de Popayán.

Fuente: Ubicación y concentración de grupos poblacionales por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2021)

En primer lugar, se caracterizó a los usuarios, quienes esencialmente corresponden a un estudiante masculino de 20 a 25 años con estrato socioeconómico entre 1 y 2 cuyo recorrido es menor a 7 kilómetros. Ahora bien, existen personas que utilizan la bicicleta como su principal medio de transporte y por otro lado quienes la usan ocasionalmente, razón por la cual se tuvo en cuenta el subgrupo conformado por usuarios frecuentes. Así pues, se encontró que el patrón de demanda muestra una tendencia en donde prima un estudiante masculino entre 20-25 años, de estrato 1 o 2, con un recorrido de 2 a 4 kilómetros de distancia, información que se observa detalladamente en la Figura 11.

Tabla 3. Usuarios frecuentes de la bicicleta como principal medio de transporte.

USUARIOS FRECUENTES		
VARIABLES	NIVEL DE EVALUACIÓN	TOTAL
GÉNERO	Masculino	77.3%
	Femenino	22.7%
EDAD	15-20	29.5%
	20-25	52.3%
	25-30	13.6%
	30-35	4.5%
SECTORIZACIÓN	Entre 0-2 Km	34.1%
	Entre 2-4 Km	36.4%
	Entre 4 -7 Km	25.0%
	Más de 7 Km	4.5%
ESTRATO	0	0.0%
	1	34.1%
	2	31.8%
	3	22.7%
	4	9.1%
	5	2.3%
OCUPACIÓN	ESTUDIANTE	97.7%
	DOCENTE	2.3%
	ADMINISTRATIVO	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, en la Figura 14 se encuentra un diagrama de calor obtenido gracias a las herramientas proporcionadas por Excel, en el cual se representa la concentración de usuarios frecuentes, donde, el color rojo indica las zonas con mayor cantidad de estas personas.

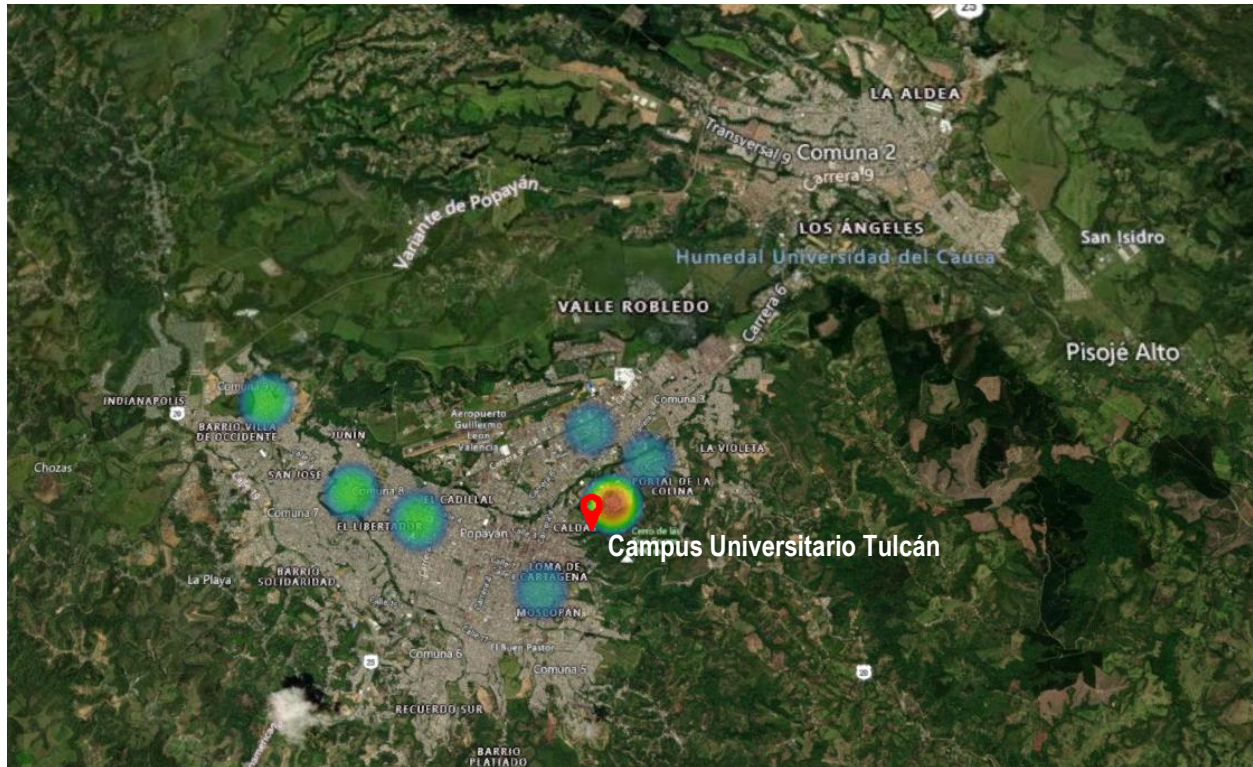


Figura 14. Usuarios frecuentes

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la clasificación de usuarios potenciales y no potenciales, fue factible gracias a una de las preguntas en la que se indagaba acerca de la posibilidad de usar la bicicleta en el futuro, para la cual dentro de sus opciones de respuesta se dieron tres alternativas: Sí, No y Tal vez; en el caso de las personas que no se encontraban seguras de usar o no la bicicleta, se tuvo en cuenta diferentes interrogantes para agruparlas en la categoría que más se ajustara su realidad. A continuación, se muestran los criterios considerados:

- En una de las preguntas se indaga acerca de la posibilidad de uso de la bicicleta aplicando mejoras hipotéticas, como ciclo infraestructura, parqueaderos e incluso el acceso a bicicletas compartidas, esta pregunta se evaluaba en un rango desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo. Aquellas personas cuya respuesta fue de acuerdo o totalmente de acuerdo se podrían considerar usuarios potenciales.
- Uno de los factores más relevantes ante el uso de la bicicleta identificados en la literatura es la distancia, es por ello por lo que se excluyen de ser usuarios potenciales a quienes tienen una percepción de su residencia muy alejada al campus universitario, y, en la misma línea se excluye de este grupo de personas a quienes viven fuera de un radio de 7 Km respecto al lugar de estudio.

Este grupo de usuarios potenciales se encuentra representado en la Figura 15 mediante un diagrama de calor, en donde se observa cómo las personas que comentaron estar de acuerdo con utilizar la bicicleta en el futuro se encuentran concentradas en zonas aledañas al Campus, esto corresponde a un radio de 2 km.

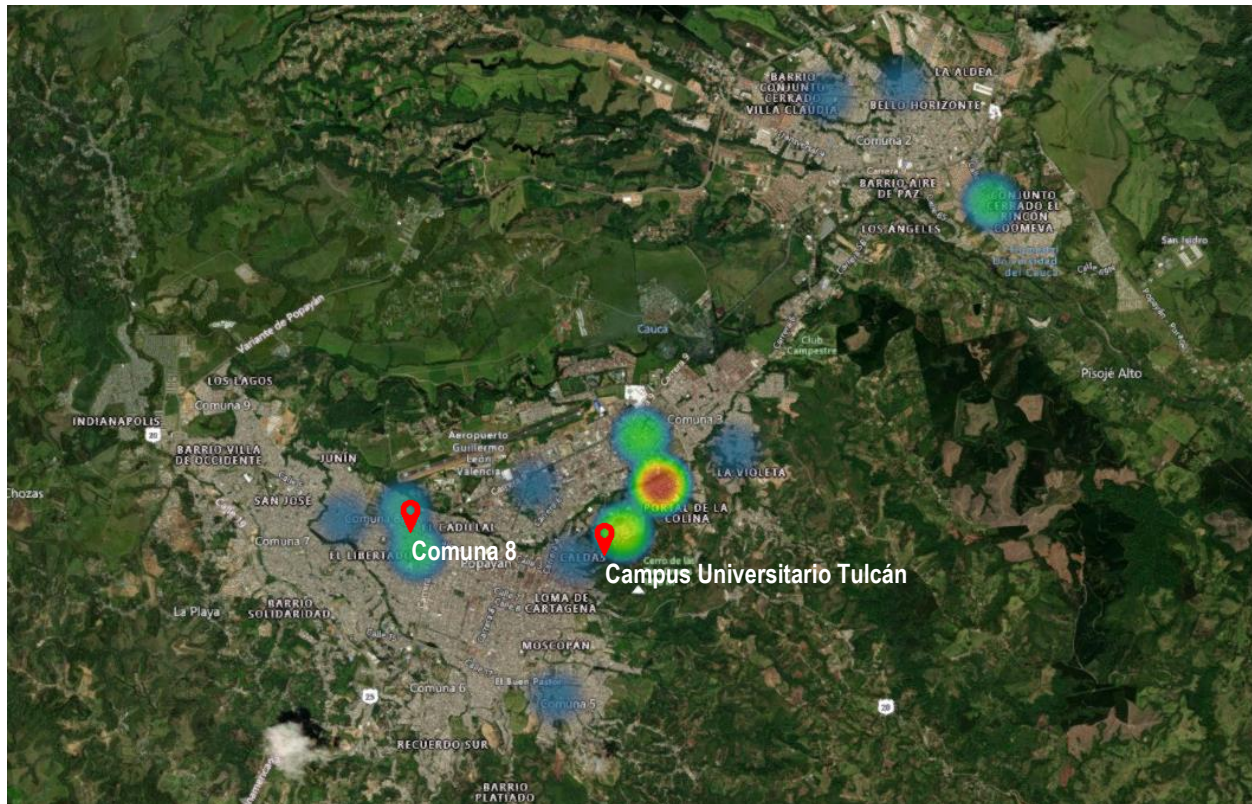


Figura 15. Usuarios potenciales.

Fuente: Elaboración propia.

Retomando lo expuesto en la Figura 11, se identificó que las personas pertenecientes al grupo de administrativos conforman un número reducido de la población, por lo que no se presentan resultados significativos, además el hecho de que la muestra se tomó de forma sistemática resultó en un porcentaje muy reducido de datos. Se puede anotar de la misma forma, que este grupo al ser por lo general personas de mayor edad, son poco probable que generen cambios en su modalidad de transporte.

En la Figura 16 se muestra los hallazgos del plan de movilidad de Popayán para una población de 10 a 50 años. Al comparar esta información con los datos del mapa de usuarios potenciales, en que el atractor es el sector Tulcán de la Universidad del Cauca, se muestra una similitud en la zona centro y norte de Popayán, pero difiere en el sur, pues en el presente estudio se identificó un potencial significativo ciclista en la comuna 8.

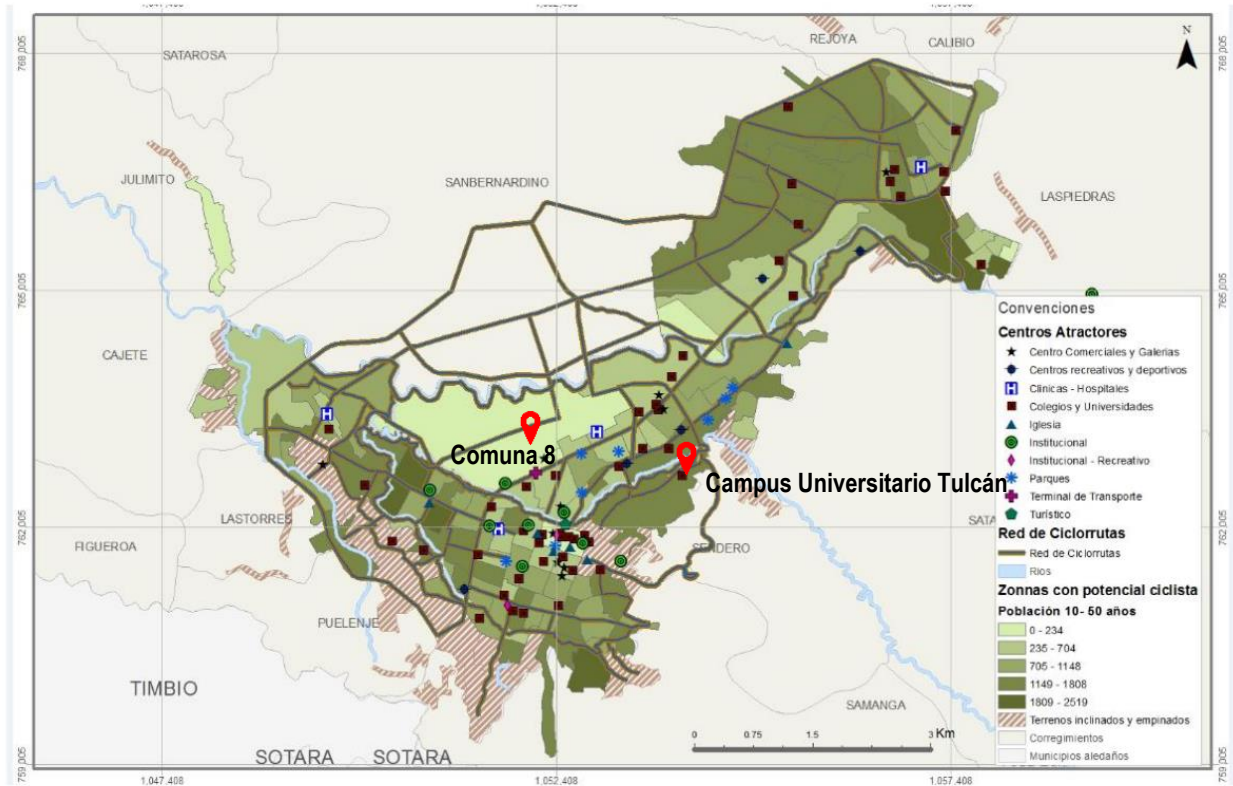


Figura 16. Índice de potencial ciclista en la red de ciclorruta propuesta

Fuente: Resumen de proyectos de red de ciclorrutas (Movilidad Futura, 2015b)

Cabe resaltar las principales desventajas y problemáticas que inquietan a la comunidad universitaria al momento de utilizar la bicicleta, lo cual se puede observar en el Gráfico 8, en donde se identifica que los factores más relevantes están relacionados con la integridad personal y la vulneración del bien, tal como lo reflejan los índices porcentuales, pues se destaca la imprudencia por parte de conductores, la posibilidad de hurto y la falta de espacios propios para la circulación de bicicletas.

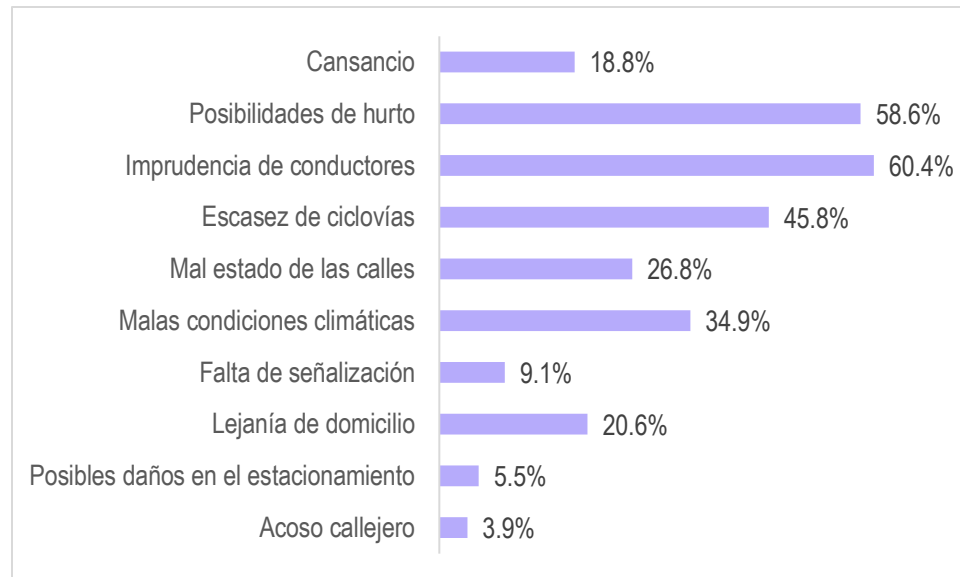


Gráfico 8. Hechos desincentivadores al usar la bicicleta

Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto considerado dentro de la encuesta fue el impacto de la emergencia sanitaria, en esta sección se logró identificar que, debido a esta, el 23% de la población modificó su elección de modo de transporte y ahora el 3% de la comunidad universitaria se inclina por la bicicleta, sus principales razones fueron: posible contagio, economía y salud.

Capítulo 5. Análisis de datos

Para calibrar y generar el modelo de regresión logística se empleó el programa Minitab, el cual utilizó un total de 372 filas de información que se obtuvo inicialmente de las encuestas, aquí se consideró diferentes posibilidades, donde, se incluyeron diversas variables independientes y se analizó su relevancia para el caso.

5.1. Análisis de las variables independientes

Inicialmente se consideraron diferentes variables de carácter socioeconómico y percepción, con la finalidad de encontrar cuales predicen adecuadamente si una persona pudiera o no hacer uso de la bicicleta, además de aquellas no tan relacionadas que finalmente fueron excluidas, dado que pueden causar un sesgo o error en la respuesta que se obtenga. Algunas de estas se presentan a continuación.

5.1.1. Género

En el análisis de significancia de las variables se identificó el género como uno de los factores más relevantes para establecer si una persona es o no consumidor de la bicicleta como medio de transporte. En la caracterización inicial se encontró una gran participación del género masculino como usuarios, marcando una diferencia del 46% respecto al género femenino, quienes tienden al no uso de este medio, pues barreras subjetivas como lo son inseguridad frente al crimen, inseguridad vial, riesgo de accidentalidad y acoso son más acentuados para ellas (S. R. Ramírez *et al.*, 2017).

5.1.2. Lugar de residencia

Diferentes autores (Scheiner, 2010; Useche *et al.*, 2019) consideran la distancia en sus estudios, ubicándola como una variable relevante, pues esta hace que las personas estén más o menos dispuestos a utilizar la bicicleta como medio de transporte, el Ministerio de Transporte de Colombia (2016) identificó las longitudes de recorrido típico, donde señala que un ciclista urbano cotidiano puede tener recorridos de 3 a 8 km en cada viaje de ida o vuelta, por otro lado Scheiner (2010) menciona que este medio es el más rápido para distancias entre 1 y 6 Km.

En busca de sintetizar y lograr un mejor análisis de esta variable, se tuvo en cuenta cuatro diferentes grupos asociados a la distancia de su lugar de residencia respecto al sector de estudio, divididos en: 0 a 2 Km, 2 a 4 Km, 4 a 7 Km y más de 7 Km, convirtiéndose así en una variable categórica, con aproximadamente el 94% de los usuarios dentro del radio de los 7Km.

5.1.3. Edad

La edad, se ha comentado como una característica que puede determinar el uso o no de la bicicleta. Movilidad Futura (2015) resalta que la cantidad de personas que por su edad utilizarían este medio de transporte está entre 10 y 50 años, de igual manera la gran parte de la población universitaria sometida a estudio se encuentra dentro de este rango, siendo así una razón por la cual se presentó similitud entre los diferentes grupos de edades, por lo cual no fue una variable relevante y se excluyó del modelo final.

5.1.4. Experiencia previa

Entre las facilidades con las que cuenta la Universidad del Cauca se cuenta con sistemas de bicicletas compartidas, lo cual proporciona una experiencia previa que puede incentivar el uso de este medio de transporte para dirigirse al campus, razón por la cual se incluyó en el modelo, además de su clara significancia estadística.

5.1.5. Percepción de distancia y cansancio

Entre las variables se identificó la percepción de distancia y cansancio como relevantes, ya que suman a la disposición de las personas a usar o no la bicicleta. En cuanto a las personas que no hacen uso de este medio de transporte se logró reconocer que el 13% aunque viven dentro de un radio de 7 km consideran que su domicilio está muy alejado de la universidad, demostrando así la baja disposición que tienen por inclinarse a este medio, caso contrario a los usuarios que en general el 8.7% consideran como relevante este hecho.

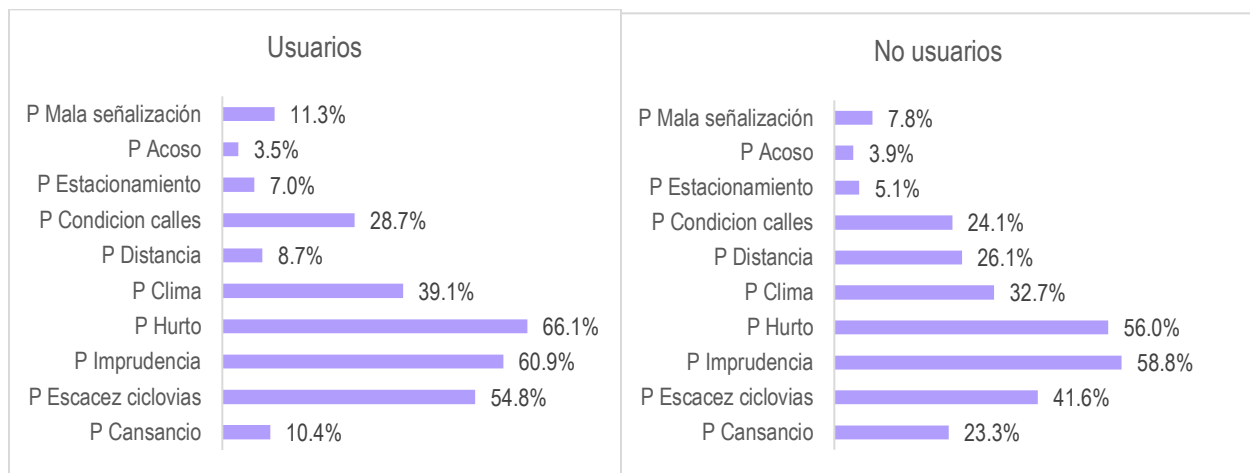


Gráfico 9. Variables desincentivadoras para usuarios y no usuarios

Fuente: Elaboración propia.

Para verificar la significancia estadística de estas variables se hace uso de la prueba t para dos muestras, la cual tiene como única variable X una variable ficticia que indica la pertenencia a un grupo (Harrel Jr, 2016), aquí se establece un nivel de significancia (0.05), donde la hipótesis nula puede rechazarse si el valor P calculado excede en 2 su valor absoluto, esto considerando 20 como el número de grados de libertad (Gujarati, 2003).

Así pues, se encontró un estadístico t de 4.56 y 3.31 para la percepción de distancia y cansancio, respectivamente, en el mismo orden se obtuvieron valores de P de 0.000 y 0.001, los cuales son inferiores al nivel de referencia, evidenciando la significancia estadística de estas variables. Además, se destaca la diferencia en las percepciones de los usuarios y no usuarios respecto a estos factores, tal y como se observa en el Gráfico 9.

5.1.6. Imprudencia y hurto

Aunque estas variables se consideraron inicialmente como factores sumamente desincentivadores, debido a la notable cantidad de individuos que se han sentido afectadas por estos, al final no fueron registradas como relevantes

en los modelos. Esto se sustenta en que se obtuvo un estadístico t de -1.86 para hurto y -0.38 en imprudencia, los cuales indican valores p de 0.064 y 0.702 respectivamente, demostrando que los usuarios y no usuarios presentan similitud en su respuesta en relación con estos aspectos.

5.1.7. Velocidad

La velocidad constituye uno de los beneficios más valorados y tenidos en cuenta para la elección del modo de transporte (Jakovcevic *et al.*, 2016). La percepción de esta variable está valorada dentro de los factores subjetivos que podrían influir en el uso de la bicicleta (S. R. Ramírez *et al.*, 2017), razón por la cual se vuelve fundamental evaluar la apreciación de las personas y su relevancia para usar o no esta alternativa.

En este contexto, este elemento incentivador se evaluó en el instrumento de encuesta al consultar a los individuos si percibían que la bicicleta dotaba de rapidez su viaje. Para evaluar su importancia, se realizaron pruebas t, en las cuales se identificó un valor t de -4.19 y valor p de 0.000 indicando su significancia estadística, esto implica que la percepción de velocidad entre usuarios y no usuarios difiere.

5.2. Estimación del modelo

Con apoyo del programa Minitab y de los modelos de selección de variables, se logró estimar tres alternativas, en las cuales se consideraron diferentes aspectos de carácter sociodemográfico y de percepción.

Como resultado de la selección de variables mediante métodos backward se obtuvo el **modelo 1**, del cual se presentan sus datos en la Tabla 4, donde se observa el valor P, FIV y los coeficientes asociados a los términos seleccionados, los cuales se encuentran organizados en la primera columna y se codificaron de la siguiente manera:

- El lugar de residencia es una variable dummy, siendo distancias mayores a 7Km la categoría de referencia, y la pertenencia a una de las diferentes categorías se registró como uno [1].
- En cuanto al género se codificó como cero aquellas personas identificadas con el sexo femenino.
- La experiencia previa, considerando que se refiere al uso de bicicletas compartidas, se identifica con el número uno a quienes han usado este medio.

Tabla 4. Coeficientes del modelo 1 de regresión

Término	Coef	Valor P	FIV
Constante	-2.632	0.000	
0-2 Km [1]	1.182	0.010	3.34
2-4 Km [1]	1.552	0.001	3.16
4-7 Km [1]	1.310	0.004	3.31
Género M [1]	0.960	0.000	1.02
Experiencia previa [1]	1.175	0.040	1.01

En la Tabla 5 se muestra los resultados obtenidos del **modelo 2**, el cual se obtuvo mediante el método forward, en el que además de las variables mencionadas anteriormente se incluyó aquellas relacionadas con perspectiva y percepción, codificadas de la siguiente manera:

- Para la velocidad, uno representa a quienes están de acuerdo en que el uso de la bicicleta da rapidez en sus trayectos.
- En cuanto a la perspectiva de distancia, se representa con el número uno a aquellas personas que concuerdan con la idea de que su domicilio está alejado del campus universitario, razón por la que no hacen uso de la bicicleta.
- Respecto al cansancio, se codificó como uno a las personas que la perciben como una variable significativamente desincentivadora.

Tabla 5. Coeficientes del modelo 2 de regresión

Término	Coef	Valor p	FIV
Constante	-2.671	0.000	
0-2 Km [1]	0.642	0.195	3.71
2-4 Km [1]	1.264	0.012	3.39
4-7 Km [1]	1.347	0.006	3.55
Género M [1]	0.972	0.000	1.05
Experiencia previa [1]	1.270	0.033	1.02
Distancia [1]	-0.916	0.025	1.15
Cansancio [1]	-0.818	0.028	1.05
Velocidad [1]	0.808	0.003	1.08

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se creó un modelo 3, para el cual haciendo uso del método stepwise y siguiendo el principio de la navaja de Ockam (de Sagrera, 2006), se excluyó las variables desincentivadoras en el uso de la bicicleta, ya que no mejoraba de manera significativa el ajuste.

Tabla 6. Coeficientes del modelo 3 de regresión

Término	Coef	Valor p	FIV
Constante	-3.142	0.000	
0-2 Km [1]	0.982	0.036	3.39
2-4 Km [1]	1.522	0.001	3.14
4-7 Km [1]	1.384	0.003	3.35
Género M [1]	0.906	0.000	1.03
Experiencia previa [1]	1.164	0.045	1.01
Velocidad [1]	0.910	0.001	1.08

Fuente: Elaboración propia.

Con el propósito de obtener un modelo adecuado, se verificaron los supuestos que corresponden a un modelo de regresión logística binaria, en cuanto a la ausencia de separación cuasi completa, se identifica fácilmente gracias a Minitab, ya que muestra una advertencia cuando este se está violando, de tal manera, se encontró que la ocupación referida a administrativos, docentes y estudiantes generan separación cuasi completa, por lo cual fue necesario agrupar a docentes y administrativos en una categoría, aunque finalmente no se mostró como una variable significativa.

Respecto a la ausencia de multicolinealidad se verificó con el factor de inflación de varianza (FIV), el cual se observa de manera independiente para cada variable en la columna 6 en las tablas correspondientes al modelo 1, 2 y 3, lo que permitió confirmar el cumplimiento de este supuesto, ya que todos los valores son menores a 10.

En la gráfica de residuos vs orden de observación, se verificó el cumplimiento del supuesto de independencia de errores, ya que no se percibe una tendencia clara, es decir, que los errores se encuentran aleatoriamente distribuidos. Respecto a la probabilidad normal, no se cumple, debido a que cuando se tiene una variable dicotómica se infringe este supuesto, de igual forma su cumplimiento no es necesario si la muestra es razonablemente grande (Allison, 2012).

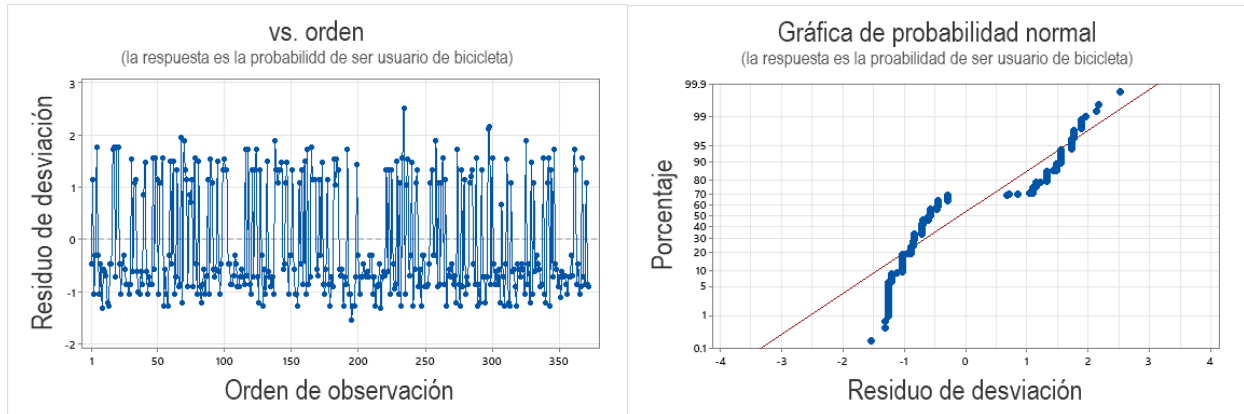


Gráfico 10. Residuos de desviación

Fuente: Elaboración propia.

En relación con valores atípicos, se encontraron en los 3 modelos. Al ser analizados se identificó que corresponden a personas con recorridos en bicicleta a más de 7 km, en su mayoría hombres, de los cuales el 50% pertenecen al estrato 1. Siendo en general el 29% usuarios cautivos, es decir, que este es su principal medio para desplazarse. En cuanto a los otros usuarios rotan con transporte urbano como mototaxi o colectivo. Esta información, hace parte esencial de la muestra y prescindir de ella ocasiona que el modelo falle, ya que no se permiten categorías sin datos, razón por la cual se opta por mantenerla en el análisis.

Ahora, en la Tabla 7 se exponen los valores de R^2 . Dado a que este estudio tiene en cuenta comportamientos humanos, sus resultados son inferiores a 50%.

Tabla 7. Resumen del modelo

	R^2 de la desviación	R^2 de la desviación (ajust)
Modelo 1	7.47%	6.38%
Modelo 2	12.96%	11.23%
Modelo 3	10.11%	8.80%

Fuente: Elaboración propia.

Para verificar la validez de los modelos se realizó un análisis mediante la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow, cuyos resultados se muestran en la Tabla 8. De estos datos se puede decir que no hay evidencia de que las probabilidades pronosticadas se desvíen de las probabilidades observadas de una forma que la distribución binomial no predice, es decir, que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos.

Tabla 8. Prueba de bondad de ajuste Hosmer-Lemeshow

	GL	Chi-cuadrada	Valor P
Modelo 1	5	2.59	0.763
Modelo 2	7	6.26	0.510
Modelo 3	5	1.70	0.889

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9, se muestra el porcentaje de predicciones correctas para cada modelo dividida en usuarios y no usuarios, en general, tienen una capacidad de identificar a los no usuarios de manera apreciable, pero se ve opacado por la predicción de no usuarios.

Tabla 9. Predicciones correctas

	Buena predicción (%)		Estadística general
	Usuarios	No usuarios	
Modelo 1	3.5%	98.4%	69.09%
Modelo 2	24.3%	91.4%	70.70%
Modelo 3	31.3%	86.8%	69.62%

Fuente: Elaboración propia.

Al revisar la estadística general, se observa que la capacidad de predicción es muy similar en las tres alternativas, pero analizando el porcentaje de usuarios y no usuarios se expone una brecha menor en los modelos 2 y 3. Aunque la opción 2 muestre un R^2 mayor, para estos casos no es fiable ya que este dato tiende a aumentar en cuanto se incrementan las variables, y además este solo mejoró en 1% las predicciones correctas. En vista de este hecho y siguiendo el principio de la navaja de Ockam se opta por elegir el modelo 3.

A continuación, se presenta la ecuación de regresión correspondiente al modelo seleccionado.

$$P(1) = \frac{\exp(Y')}{1 + \exp(Y')} \quad \text{Ecuación 19}$$

$$\begin{aligned}
 Y' = & -3.142 + 0.982[0 - 2 Km_1] + 1.522[2 - 4 Km_1] + 0.04 - \\
 & + 1.384 [4 - 7 Km_1] + 0.906 [Genero M_1] \\
 & + 1.164 [Experiencia previa_1] \\
 & + 0.910 [Velocidad_1]
 \end{aligned} \quad \text{Ecuación 20}$$

La Tabla 10 evidencia la relación de probabilidades, la cual indica la probabilidad de ocurrencia del nivel A, además de los intervalos de confianza (IC), los cuales en ningún caso contienen a la unidad, la cual indica que la posibilidad de que ocurra es la misma a la que no ocurra, esto señala que efectivamente son significativos.

Tabla 10. Relación de probabilidades

Nivel A	Nivel B	Relación de probabilidades	IC de 95%
0-2 Km [1]	0	2.6692	(1.0678, 6.6721)
2-4 Km [1]	0	4.5811	(1.8048, 11.6281)
4-7 Km [1]	0	3.9923	(1.5861, 10.0489)
Género M [1]	0	2.4751	(1.4939, 4.1008)
Experiencia previa [1]	0	3.2019	(1.0262, 9.9908)
Velocidad [1]	0	2.4844	(1.4672, 4.2067)

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Relación de probabilidades para nivel A relativo a nivel B

Capítulo 6. Discusión de resultados

En este apartado se presentan los hallazgos obtenidos en el proceso de investigación, para el cual fue relevante los antecedentes y la revisión de literatura, pues permitieron conocer los puntos necesarios a incluir y tener en cuenta en el desarrollo de la encuesta y en análisis de datos, esto con el fin de conocer las preferencias y percepciones en cuanto al uso de la bicicleta en el sector de estudio.

Como primer objetivo específico, se planteó identificar las variables fundamentales vinculadas al uso de bicicletas, aquí se destacó esencialmente el género, pues, un hombre tiene 2.47 más probabilidades de ser usuario de este medio de transporte, tal como se presenta en la Tabla 10, esto implica que para las féminas se disminuye la oportunidad de ser usuario, lo cual concuerda con Patiño Herrera & Quenguán (2020), quien concluyó que ser mujer reduce aproximadamente 0,46 veces la posibilidad de que use la bicicleta. Según Ortiz Hernández *et al.* (2019), estas diferencias entre géneros pueden tener su origen en el estímulo que se brinda a los hombres para ser independientes y activos, mientras que se percibe que es más probable que las mujeres sean víctimas de violencia. En esta misma línea se identificó que el 9% de la población femenina manifestó el no usar la bicicleta por motivo de acoso callejero.

Por otra parte, también se identificó la distancia como un factor relevante, ya que la probabilidad de usar la bicicleta aumenta significativamente y en diferente magnitud para los rangos propuestos, tal y como lo muestra la Tabla 10, esto considerando como categoría de referencia a quienes viven fuera de los 7km. Para aquellos que viven entre 2 y 4 Km se tiene 4.58 más probabilidades de transportarse en este medio, respecto a quienes se encuentran en distancias superiores a 7Km, así mismo quienes viven entre 4 y 7 Km del campus universitario, la posibilidad incrementa en 3.99, y finalmente aquellas personas dentro de 2 km tienen una probabilidad de 2.67 respecto a la categoría de referencia.

Conforme a ello, es importante destacar los resultados de investigaciones como la de Duren *et al.* (2023), en Estados Unidos, quienes encontraron que aquellos que vivían a 3 millas, aproximadamente 4.83 km, o menos de su lugar de trabajo, tenían un 4,6% más de probabilidad de optar por viajar en bicicleta en comparación con los que vivían más lejos. Estos resultados se asemejan a los obtenidos en el presente estudio en la ciudad de Popayán, donde se encontró una relación de probabilidad de 4.581 para distancias entre los 2 a 4km. En un sentido similar, Pfaffenbichler & Brezina (2021), en un estudio de movilidad realizado en Australia, demostraron que el rango de distancia de 1 a 5 km parece ser particularmente ventajoso para el uso de la bicicleta, lo que se alinea con el enfoque de este estudio.

Entre las variables significativas también se incluye la velocidad, pues, su percepción es significativa y el hecho de que una persona considere que transportarse en bicicleta dota de rapidez su viaje incrementa en 3.48 la probabilidad de usar este medio de transporte respecto a quienes no lo creen así. Ahora bien, la velocidad media de un ciclista cotidiano es de 15 a 20 km/h, pero esto se ve afectado por factores como la masificación de automóviles, ya que puede obstaculizar la circulación y reducir la rapidez del desplazamiento (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016), lo que afecta negativamente el punto de vista de las personas.

Como segundo objetivo se planteó identificar la infraestructura susceptible a mejora, aquí se resalta la importancia del sistema de bicicletas compartidas, ya que la experiencia previa es una variable sumamente influyente para que las personas tiendan al uso de este mecanismo de movilidad, pues, se incrementa en 3.2 respecto a quienes no usan el programa tal y como se identifica en la Tabla 10. Este enfoque es implementado como uno de los métodos para revivir las bicicletas como un medio principal de transporte urbano, que atiende a todos los sectores de la población (Machavarapu & Ram, 2022).

Por otra parte, se destaca la ciclo-infraestructura ya que es uno de los factores desincentivadores de mayor influencia de acuerdo con en el Gráfico 8, volviéndose una variable sumamente importante, pues, la escasez de ciclovías se ve reflejado en diferentes zonas en desarrollo, lo que lleva a que los habitantes se vean atraídos por medios de transportes motorizado-personales (Machavarapu & Ram, 2022). De manera que brindar una planificación específica de redes completas es esencial, ya que determina si la bicicleta puede proporcionar o no un modo de acceso seguro y eficiente en viajes completos para puntos de origen y destinos frecuentes (Wysling & Purves, 2022). Idea que se respalda con la existencia clara de que una infraestructura ciclista adecuada, puede fomentar una cultura de ciclismo, influyendo en que las personas utilicen bicicletas para sus transportes diarios (Pucher *et al.*, 2010).

En consecuencia, la instalación de mayor infraestructura ciclista se relaciona estrechamente con la velocidad que se puede alcanzar a través de su implementación, tal como señala Dextre *et al.* (2015) donde expone que el diseño adecuado de ciclovías permite atraer a más personas que utilicen la bicicleta sintiéndose seguros, y desplazándose a una buena velocidad de viaje.

Por lo que se refiere a los medios de transporte preferidos por la comunidad del sector Tulcán de la Universidad del Cauca, en la Figura 17 se muestra su sectorización. Aquí se puede observar en la zona norte cómo las personas prefieren en su gran mayoría utilizar el transporte urbano, por otro lado, la actividad de ciclistas es mínima, esto demuestra la gran influencia de barreras naturales sobre la decisión de ser o no usuarios de la bicicleta, pues, existe una pendiente pronunciada en la zona de la Piedra Norte, cabe resaltar que por encima de las barreras topográficas se encuentran barreras referentes a la seguridad tal y como se expuso en el Gráfico 8, esto concuerda con lo encontrado por S. R. Ramírez *et al.* (2017) en su investigación.

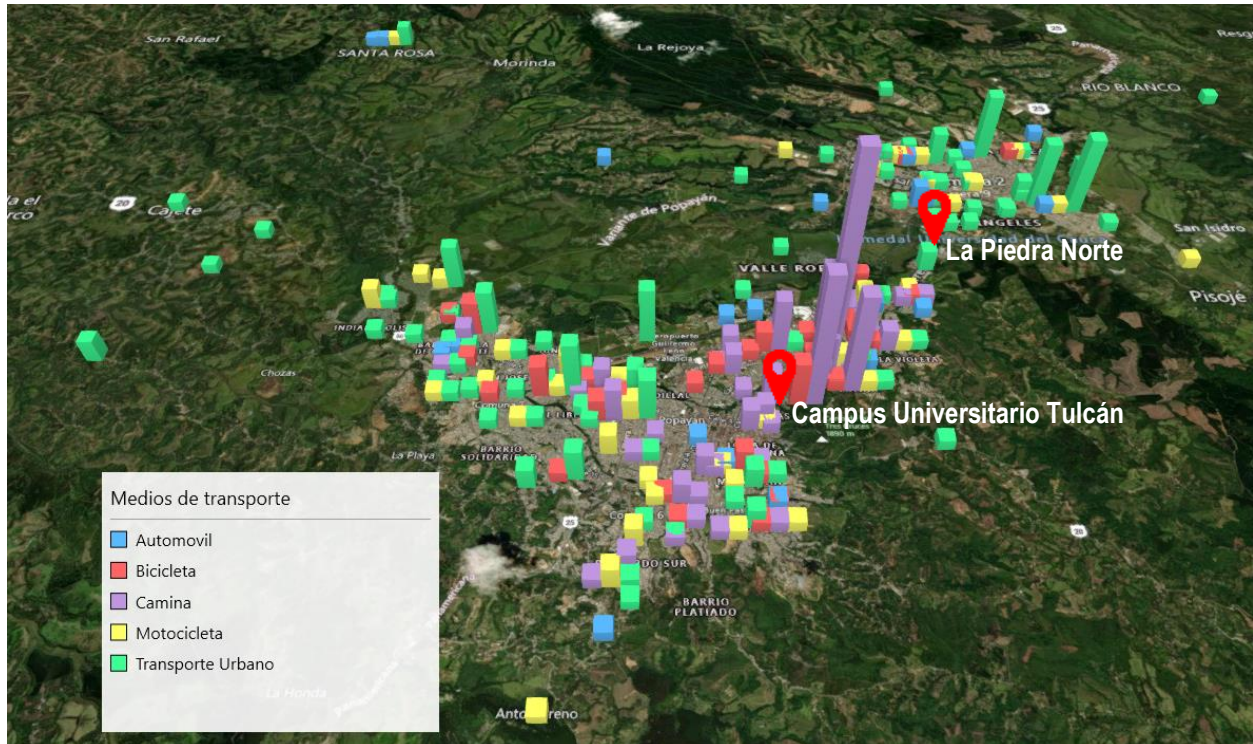


Figura 17. Sectorización de medios de transporte.

Fuente: Elaboración propia.

Continuando ahora con la hipótesis planteada en un inicio, donde se propone que la bicicleta puede llegar a ser el modo de transporte más usado en la facultad de ingenierías, dadas las preferencias de los actores en las instalaciones, esta se extiende a las zonas aledañas, acogiendo al Campus Universitario Tulcán. Para quienes se reconoció un potencial ciclista tal y como se observa en la Figura 15, demostrando así las personas que han considerado utilizar este medio de transporte en el futuro. En este escenario, se abre la posibilidad de presidir mediante técnicas para atraer su preferencia hacia el uso de la bicicleta, siendo primordial promover el uso compartido de este medio.

Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones

En el presente trabajo de grado se abordan principalmente aquellas variables y características asociadas con el uso de la bicicleta en el sector Tulcán de la Universidad del Cauca, para lo cual se realizó una encuesta a la población. En esta sección se tratan las conclusiones, recomendaciones y posible investigación futura derivada de los diferentes análisis realizados.

7.1. Conclusiones

La complejidad de abordar comportamientos y decisiones humanas radica en su impredecibilidad, razón por la cual es desafiante intentar modelar sus acciones y discernir si pudieran o no optar por usar la bicicleta, de igual manera, se evidencia en el caso de estudio. No obstante, se logró desarrollar un modelo que se ajustó a las estadísticas, en el cual se incluyen variables que pueden incrementar el uso de este medio de transporte, tales como: el género, donde un hombre tiene 2.47 más probabilidades respecto a una mujer; la distancia, en la cual se destacan quienes viven entre 0 a 2, 2 a 4 km y 4 a 7 km con probabilidades de 2.67, 4.58 y 3.99 respectivamente; la experiencia previa, para el caso de quienes han tenido acceso al programa Universicicletas tienen ventaja de 3.2; y por último la percepción referente a temas como lo es la velocidad, con un 3.48 de probabilidad para quienes consideran que esta forma de desplazamiento se convierte en una opción rápida y eficiente de transportarse.

Dentro de las variables que el modelo identificó como significativas en relación con el uso de la bicicleta, destaca la experiencia previa, este hallazgo muestra que quienes han accedido al programa de bicicletas compartidas tienen mayor probabilidad de usar este medio de transporte en el futuro. Resultado que es coherente con la investigación de Montes *et al.* (2023), quienes encontraron que los individuos que se han favorecido de la micro movilidad anteriormente denotan una actitud positiva, y concluyen razonable la idea de fomentar una experiencia previa que pueda influir en una buena percepción.

Mediante la revisión literaria, se reconoció que la barrera de mayor peso para la elección de bicicleta como medio de transporte, es la presencia de una infraestructura ciclista adecuada, que garanticen conectividad y la seguridad del ciclista. Esto se respalda con las respuestas obtenidas en el cuestionario de la población estudiada, quienes resaltaron la escasez de ciclovías como un gran factor desincentivador importante, lo que a su vez conduce a comportamientos imprudentes por parte de los conductores. Por tanto, este aspecto se destaca como un elemento susceptible a mejora, ya que influye sobre la percepción de la velocidad, la cual es una variable significativa para ser o no usuario.

Por otra parte, es importante mencionar factores desincentivadores observados en el modelo dos de regresión, como lo son la percepción de cansancio y de distancia, que se mostraron como factores significativos, los cuales corresponden a barreras subjetivas y evidencian la baja disposición a usar la bicicleta como medio de transporte. Sin embargo, dichos factores no permanecen en el modelo final debido a que su contribución es baja.

En la etapa inicial de caracterización, se identificó que un usuario de la bicicleta es generalmente un estudiante de género masculino, cuya edad oscila entre 20 y 25 años, perteneciente a los estratos económicos 1 o 2

cuyo recorrido no supera los 7 km. A través del modelo y mediante el análisis de la relación de probabilidades se verificó la validez de dicho perfil, dado que en distancias inferiores a 7 km se incrementó la posibilidad de ser usuario, destacándose con un mayor valor quienes están en el rango de 2 a 4 Km, el cual es el recorrido de quienes usan la bicicleta como su principal modo de transporte. En esa misma línea, se identificó que los usuarios potenciales de bicicleta son hombres que recorren distancias intermedias entre 2 y 7 km, en cuanto a distancias menores a 2 km, se cuestiona acerca de este modo de transporte y prefieren desplazarse hacia el campus universitario caminando.

En lo que refiere a usuarios no potenciales de la bicicleta, se determina la prevalencia de individuos principalmente de género femenino con recorridos mayores a 7 Km, debido a que en el 9% de los casos se destacan acciones irrespetuosas por parte de algunos transeúntes, lo cual se refleja en los resultados porcentuales en el no uso de este medio de transporte. También se enfatiza que para ambos sexos su percepción en factores desincentivadores es muy similar, primando la posibilidad de hurto, la escasez de ciclovías y la imprudencia.

7.2. Recomendaciones y trabajo futuro

Con el propósito de fomentar el uso habitual de la bicicleta en la comunidad universitaria en el futuro, es recomendable promover el sistema de bicicletas compartidas. Esta iniciativa podría operar como un estímulo significativo para optar por el uso de este medio de transporte. Si bien en el transcurso de los años se ha introducido cierta infraestructura ciclista en la zona, es imperativo que se incremente su presencia en la ciudad tal y como se planteó en el plan de movilidad para Popayán publicado en el año 2015, y así garantizar su efectividad.

Con relación al modelo propuesto y con el objetivo de enriquecer y perfeccionar el mismo, se plantea la viabilidad de incorporar el análisis y la aplicación de variables latentes en futuras investigaciones, dado que la comprensión de estas podría desempeñar un papel fundamental en su precisión. Considerando los enfoques estadísticos de variables latentes pueden posibilitar inferencias relacionadas con una variable aleatoria no observada a partir de las relaciones que se pueden detectar entre las variables observadas (Torres Iribarra, 2018). Se recomienda, además en posteriores investigaciones la inclusión de variables como la sensación térmica y la hora de viaje, debido a las condiciones climáticas cambiantes que se viven, para las cuales la percepción no es la misma y es un factor importante a la hora de decidir si usar o no la bicicleta.

Considerando la influencia de percepción en el uso de la bicicleta, se sugiere un análisis en campo mediante un estudio de dinámicas por modo de transporte y demoras en intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, lo que permitirá observar el comportamiento más detallado de los ciclistas y comprender su apreciación sobre la velocidad, esto puede ampliar y enriquecer lo obtenido en el estudio. Además, se destaca en la Figura 18 la forma en la que se han distribuido los puntos de acceso y salida a la universidad, dado que puede ser desincentivador para los usuarios de la zona norte el ingreso por la puerta sur, ya que implica una mayor distancia de recorrido o cruzar la intersección de entrada en contravía, razón por la cual el ingreso en contraflujo por la entrada norte se considera atractivo, y podría generar un aumento en el uso de la bicicleta como medio de transporte. En virtud de la situación, en la actualidad se ha habilitado esta opción, aunque no se cuenta con una orden formal, los guardias tienen permitido

conceder el ingreso a los estudiantes por la entrada dispuesta entre las facultades de ingeniería civil y contables, siempre y cuando el usuario acceda caminando, hecho que se cree relevante incluir en estudios futuros.



Figura 18. Ingreso y egreso al campus universitario

Fuente: Obtenido de Google Earth (2023).

Capítulo 8. Referencias

- Acosta Ramirez, C., & Lobo Laguado, S. M. (2022). *Evaluación de supuestos en regresión logística*. https://rpubs.com/StephanyL/supuestos_regresion_logistica
- Agresti, A. (2015). *Foundations Linear Generalized Linear Models*. En *John Wiley & Sons, Inc.*
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Formulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11, 333–338. <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Aguilar, D. G. (2012). *Comparación de algunos R2 comomedidas de bondad de ajuste enmodelos lineales mixtos*.
- Aliari, S., Nasri, A., Motalleb Nejad, M., & Haghani, A. (2020). Toward sustainable travel: An analysis of campus bikeshare use. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, 100162. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100162>
- Allison, P. D. (2012). Logistic Regression Using SAS: Theory and Application. En *Logistic Regression Using SAS: Theory and Application* (Número c).
- Amat Rodrigo, J. (2016). *Introducción a la Regresión Lineal Múltiple*. https://rpubs.com/Joaquin_AR/226291
- ANDI. (2020). *El sector automotor apuesta por una movilidad sostenible para el 2020*.
- Arcos Gómez, S. A. (2023). *Apoyo técnico en la operación del sistema de bicicletas “Universicleta” para la comunidad universitaria*.
- Balsas, C. J. L. (2002). *Sustainable transportation planning on college campuses*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(02\)00028-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0967-070X(02)00028-8)
- Bedoya-Maya, F., Calatayud, A., & González Mejía, V. (2022). Estimating the effect of road congestion on air quality in Latin America. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 113(September), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103510>
- Belsley, D. a, Kuh, E., & Welsch, R. E. (1980). *Identifying influential data and sources of collinearity*. <https://doi.org/10.1002/0471725153>
- Bernal Reding, A., Zamora Macorra, M., & López Alvarenga, J. C. (2011). ¿Cómo y cuándo realizar un análisis de regresión lineal simple? Aplicación e interpretación. En *Dermatología Rev Mex* (Vol. 55).
- Bonilla, J. A. (2019). The more stringent, the better? Rationing car use in Bogotá with moderate and drastic restrictions. *World Bank Economic Review*, 33(2), 516–534. <https://doi.org/10.1093/wber/lhw053>
- Bursac, Z., Gauss, C. H., Williams, D. K., & Hosmer, D. W. (2008). Purposeful selection of variables in logistic regression. *Source Code for Biology and Medicine*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.1186/1751-0473-3-17>
- Cancino, J. (2012). *Dendrometría Básica*.
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). *Tipos de muestreo*. 3–7.
- Castillo Olivares, B. (2017). *Aplicación del modelo de regresión logística y análisis del diagnóstico en pacientes que consumen benzodiazepina en centro de salud familiar de la comuna de Llayllay*.

- DANE. (2021). *La información del DANE en la toma de decisiones de las ciudades capitales*.
- De Azevedo Gonzalez, L. (2018). *Regressão Logística e suas Aplicações*.
- de Sagrera, J. E. (2006). La navaja de Ockam. *Offarm*, 25(6), 9. <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-la-navaja-ockam-13089127>
- Dell'Olio, L., Bordagaray, M., Barreda, R., & Ibeas, A. (2014). A methodology to promote sustainable mobility in college campuses. *Transportation Research Procedia*, 3, 838–847. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.061>
- Devore, J. (2008). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias - Séptima Edición*.
- Dextre, J. C., Hughes, M., & Bech, L. (2015). *Ciclistas y ciclismo alrededor del mundo : creando ciudades vivibles y bicicleteables*.
- Duren, M., Corrigan, B., Ehsani, J., Kennedy, R. D., & Pollack Porter, K. (2023). Individual and environmental bicycling determinants during a pandemic. *Journal of Transport and Health*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2023.101632>
- Epidat4. (2014). Regresión Logística. *Análisis estadístico con SPSS para Windows. Volumen II*, 1, 62-.
- Eren, E., & Uz, V. E. (2020). A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101882. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101882>
- Espectador, E. (2023). *Fuertes lluvias causan daños e inundaciones en Popayán*. <https://www.elespectador.com/colombia/mas-regiones/fuertes-lluvias-causan-danos-e-inundaciones-en-popayan/>
- Esteban, M. V., Paz Moral, M., Orbe, S., Regúlez, M., Zarraga, A., & Zubia, M. (2008). *Análisis de Regresión con Gretl*.
- Fagerland, M. W., & Hosmer, D. W. (2012). A generalized Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test for multinomial logistic regression models. En *The Stata Journal* (Vol. 12, Número 3).
- Ferre Jaén, M. E. (2019). *FEIR 45: Regresión logística*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.2628915>
- García-Valentín, A., Bernabeu, E., Pereda, D., Josa, M., Cortina, J. M., Mestres, C. A., Silva, J., Llamas, P., Otero, E., & Fernández, Á. L. (2014). Validación de EuroSCORE II en España. *Cirugía Cardiovascular*, 21(4), 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.circv.2014.07.007>
- González Vidal, A. (2015). *Selección de variables : Una revisión de métodos existentes*.
- González, F. V. (2021). *Métodos de Selección de Variables en Modelos de Regresión*.
- Gorgas G, J., Cardiel L, N., & Zaorano C, J. (2016). Estadística básica para estudiantes de ciencias. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 7(2), 1–23. http://www.joi.isoss.net/PDFs/Vol-7-no-2-2021/03_J_ISOSS_7_2.pdf
- Guerrero, S. C., & Melo, O. O. (2017). Una metodología para el tratamiento de la multicolinealidad a través del escalamiento multidimensional. *Ciencia en Desarrollo*, 8(2), 9–24. <https://doi.org/10.19053/01217488.v8.n2.2017.5239>
- Gujarati, D. N. (2003). *Basic econometrics*. McGraw Hill.
- Harrel Jr, F. E. (2016). *Regression Modeling Strategies with Applications to Linear Models, Logistic and Ordinal*

- Regression and Survival Analysis (2nd Edition). En *Journal of Statistical Software* (Vol. 70, Número Book Review 2). <https://doi.org/10.18637/jss.v070.b02>
- Harris, J. K. (2021). Primer on binary logistic regression. *Family Medicine and Community Health*, 9, 1–7. <https://doi.org/10.1136/fmch-2021-001290>
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (1991). Applied Logistic Regression. En *Biometrics* (Vol. 47, Número 4). <https://doi.org/10.2307/2532419>
- Jakovcevic, A., Franco, P., Visona Dalla Pozza, M., & Ledesma, R. (2016). Percepción de los beneficios individuales del uso de la bicicleta compartida como modo de transporte. *Suma Psicológica*, 23(1), 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.sumpsi.2015.11.001>
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2012). Logistic regression A self-Learning Text. En *Discovering Statistics Using SPSS* (Second, Vol. 404, Número 365).
- König, A., & Dreßler, A. (2021). A mixed-methods analysis of mobility behavior changes in the COVID-19 era in a rural case study. *European Transport Research Review*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00472-8>
- La República. (2021). *La pandemia hizo que se importaran mas de 87000 bicicletas durante el año pasado*. <https://www.larepublica.co/empresas/la-pandemia-hizo-que-se-importaran-mas-de-87000-bicicletas-el-ano-pasado-en-el-pais-3132197>
- López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2016). Metodología de la investigación social cuantitativa. *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*, 1–18. https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163570/metinvsoccua_a2016_cap3-10.pdf
- Machavarapu, P. K., & Ram, S. (2022). Infrastructure evaluation, role of public bike sharing systems – Global and Indian context. *Case Studies on Transport Policy*, 10(3), 1841–1854. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.07.013>
- Mansournia, M. A., Nazemipour, M., & Etmnan, M. (2022). P-value, compatibility, and S-value. En *Global Epidemiology* (Vol. 4). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.gloepi.2022.100085>
- Martínez González, M. Á., Sánchez Villegas, A., Toledo Atucha, E. A., & Fajardo, J. F. (2014). *Bioestadística amigable 3.ª edición*.
- Medina Moral, E. (2003). *Modelos de elección discreta*. Diciembre, 1–26. http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/logit.pdf
- Mendoza Rivera, H. (2002). *Métodos de Regresión*. http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/2007315/html/un2/cont_07_19.html
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. <http://www.despacio.org/portfolio/guia-de-ciclo-infraestructura-de-colombia/>
- Minitab 21, S. (2021). *Pruebas de bondad de ajuste para Ajustar modelo logístico binario*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/regression/how-to/fit-binary-logistic-model/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/goodness-of-fit-tests/>

- Minitab, B. E. (2019, abril 18). *Cómo Interpretar un Modelo de Regresión con un R-cuadrado Bajo y Valores P Bajos*. <https://blog.minitab.com/es/como-interpretar-un-modelo-de-regresion-con-un-r-cuadrado-bajo-y-valores-p-bajos>
- Minitab, B. editor. (2019). *Entendiendo las Pruebas de Hipótesis: niveles de Significancia (Alfa) y Valores P en Estadística*. <https://blog.minitab.com/es/entendiendo-las-pruebas-de-hipotesis-niveles-de-significancia-alfa-y-valores-p-en-estadistica>
- Minsalud. (2018). Informe de gestión 2017. *Proceedings of 2013 2nd International Conference on Measurement, Information and Control, ICMIC 2013*, 1(26), 509–512. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PES/informe-gestion-2017.pdf>
- Molina Arias, M. (2017). Lectura crítica en pequeñas dosis ¿Qué significa realmente el valor de p? *Rev Pediatr Aten Primaria*, 19, 377–381.
- Montes, A., Geržinic, N., Veeneman, W., van Oort, N., & Hoogendoorn, S. (2023). Shared micromobility and public transport integration - A mode choice study using stated preference data. *Research in Transportation Economics*, 99(November 2022). <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2023.101302>
- Movilidad Futura. (2015). *Plan de Movilidad de Popayán - Plan de Acción*.
- Narváz M, H., Bustamante Barrera, I., & Combatt C, E. (2014). Estimación de la salinidad en suelos del delta del río Sinú en Colombia, mediante modelos de regresión lineal múltiple. *Idesia (Arica)*, 32(3), 81–90. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000300011>
- Ortiz Hernández, L., Vega López, A. V., & Ayala Hilario, C. (2019). Commuting to school among mexican schoolchildren and adolescents. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 76(5), 225–236. <https://doi.org/10.24875/BMHIM.19000161>
- Palenzuela Moreno, J. (2018). *Regresión logística basada en distancias para detección de fraude en el IRPF*.
- Palomino Rivera, A. A., & Berrocal Ordaya, C. (2018). *The model of Van ice in geometry in the PAGPA students learning, 2017*. 19–24.
- Parra, F. (2016). *Documentos Técnicos. Curso de Estadística con R*. 137.
- Passi-Solar, Á., Margozzini, P., Cortinez-O’Ryan, A., Muñoz, J. C., & Mindell, J. S. (2020). Nutritional and metabolic benefits associated with active and public transport: Results from the Chilean National Health Survey, ENS 2016–2017. *Journal of Transport and Health*, 17(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100819>
- Patiño Herrera, M. C., & Quenguán, D. Á. (2020). *USO DE BICICLETA A TRAVÉS DE VARIABLES DEMOGRÁFICAS*.
- Pedrero, V., Cabieses, B., & Bernal, M. (2008). Mediation Analysis With Intermediate Confounding: Structural Equation Modeling Viewed Through the Causal Inference Lens. *Alcohol Health Res World*, 29(2), 814–815.
- Pfaffenbichler, P. C., & Brezina, T. (2021). Estimating bicycle parking demand with limited data availability. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*. <https://doi.org/10.1680/jensu.14.00063>
- Pucher, J., Buehler, R., Bassett, D. R., & Dannenberg, A. L. (2010). Walking and cycling to health: A comparative

- analysis of city, state, and international data. *American Journal of Public Health*, 100(10), 1986–1992. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.189324>
- Ramírez, S. R., Cód, Z., Sorayda, D., & Monroy, M. (2017). *Factores que Afectan el Uso de la Bicicleta Como Medio de Transporte por Parte de las Estudiantes de la Universidad Francisco José de Caldas*.
- Ramírez, W., & Rodríguez, Y. (2014). *La Regresión Logística aplicada a un programa de salud en Medicina Veterinaria*.
- Ságaro del Campo, N. M., & Zamora Matamoros, L. (2019). Análisis estadístico implicativo versus Regresión logística binaria para el estudio de la causalidad en salud. En *Multimed* (Vol. 23, Número 6). Departamento Editorial, Centro Provincial de Información de Ciencias Médicas de Granma. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-48182019000601416&lng=es&nrm=iso&tling=en
- Sanchez Rivero, M. (2001). *Segmentación de la población española según su grado de concienciación ecológica mediante modelos latentes*.
- Scheiner, J. (2010). Interrelations between travel mode choice and trip distance: trends in Germany 1976-2002. *Journal of Transport Geography*, 18(1), 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.01.001>
- Shannon, T., Giles-Corti, B., Pikora, T., Bulsara, M., Shilton, T., & Bull, F. (2006). Active commuting in a university setting: Assessing commuting habits and potential for modal change. *Transport Policy*, 13(3), 240–253. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.11.002>
- Shipe, M. E., Deppen, S. A., Farjah, F., & Grogan, E. L. (2019). Developing prediction models for clinical use using logistic regression: An overview. *Journal of Thoracic Disease*, 11(Suppl 4), S574–S584. <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.01.25>
- Shtatland, E. S., Cain, E., & Barton, M. B. (2001). The perils of stepwise logistic regression and how to escape them using information criteria and the output delivery system. *Proceedings from the 26th Annual SAS Users Group International Conference*, 222–226. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.122.6652&rep=rep1&type=pdf>
- Šinko, S., Prah, K., & Kramberger, T. (2021). Spatial modelling of modal shift due to covid-19. *Sustainability (Switzerland)*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/su13137116>
- Stoltzfus, J. C. (2011). Logistic regression: A brief primer. *Academic Emergency Medicine*, 18(10), 1099–1104. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2011.01185.x>
- Torcat, A., & Mundó, J. (2013). *Movilidad sostenible en ciudades venezolanas: Propuesta para el área de influencia del tramo Plaza Venezuela-Chacaíto del sistema Metro de Caracas*. ABSTRACT. 32–45.
- Torres Iribarra, D. (2018). *Variables Latentes: Introducción y conceptos básicos*.
- Torres, R. (2003). *La bicicleta ¿una alternativa real de transporte urbano? El caso de Vitoria-Gasteiz*. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n28/artor.html>
- Triola, M. F. (2015). Estadística. En *International Journal of Production Economics* (Vol. 163, Número 50). <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.016> <http://revistaeconomia.unam.mx/index.php/ecu/article/view/524>

- Universidad del Cauca. (2023). *¿Te preocupa la movilidad durante tus actividades diarias? Universicleta es tu mejor opción.* <https://www.unicauca.edu.co/versionP/noticias/universidad/¿te-preocupa-la-movilidad-durante-tus-actividades-diarias-universicleta-es-tu-mejor-opción>
- Useche, S. A., Montoro, L., Sanmartin, J., & Alonso, F. (2019). Healthy but risky: A descriptive study on cyclists' encouraging and discouraging factors for using bicycles, habits and safety outcomes. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 62, 587–598. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.02.014>
- Villaruel del Pino, L. A. (2019). *Métodos bioestadísticos* (Segunda). https://www.google.com.co/books/edition/Métodos_Bioestadísticos/_H14EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=El+muestreo+sistemático+es+un+tipo+de+muestreo+que+es+aplicable+cuando+los+elementos+de+la+población+sobre+la+que+se+realiza+el+muestreo+están+ordenados.+Este+p
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (1959). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. En *Nucl. Phys.* (Novena edición, Vol. 13, Número 1).
- Wayne W, D. (1991). *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud.* www.FreeLibros.me
- Wysling, L., & Purves, R. S. (2022). Where to improve cycling infrastructure? Assessing bicycle suitability and bikeability with open data in the city of Paris. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100648>
- Xie, X. J., Pendergast, J., & Clarke, W. (2008). Increasing the power: A practical approach to goodness-of-fit test for logistic regression models with continuous predictors. *Computational Statistics and Data Analysis*, 52(5), 2703–2713. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2007.09.027>

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de encuesta

UNIVERSIDAD DEL CAUCA SEMILLERO DE INVESTIGACION EN TRANSPORTE- SIT

El Semillero de Investigación en Transporte de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, está desarrollando una investigación enfocada en el uso de bicicletas; esta encuesta tiene como objetivo reconocer los modos de transporte preferidos por la comunidad universitaria del sector Tulcán.

Sección 1: Datos Generales

1. Facultad a la que pertenece:

<input type="checkbox"/> Facultad de Ingeniería Civil	<input type="checkbox"/> Facultad de Ciencias Contables y Administrativas
<input type="checkbox"/> Facultad de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones	<input type="checkbox"/> Facultad de ciencias Exactas y la Educación
2. Cargo:

<input type="checkbox"/> Estudiante	<input type="checkbox"/> Docente	<input type="checkbox"/> Administrativo
-------------------------------------	----------------------------------	---
3. Edad: _____
4. Programa (aplica para estudiantes). _____
5. B/ de residencia en Popayán. _____
6. Estrato socioeconómico

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------
7. Género.

<input type="checkbox"/> Femenino	<input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Otro: _____
-----------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

Sección 2: Medio de Transporte Usado Con Mayor Frecuencia

1. ¿Cuál es el medio de transporte más utilizado para movilizarse desde su domicilio en Popayán hasta la Universidad? (única opción)

<input type="checkbox"/> Caminar	<input type="checkbox"/> Motocicleta propia
<input type="checkbox"/> Bicicleta	<input type="checkbox"/> Automóvil propio
<input type="checkbox"/> Transporte público	<input type="checkbox"/> Mototaxi
<input type="checkbox"/> Taxi	<input type="checkbox"/> Otro:
2. ¿Cuál es la frecuencia por semana en que usa el medio de transporte seleccionado en la pregunta anterior? Por número de viajes (considere como un viaje ida y vuelta desde el lugar de origen)

3. ¿Usted ha utilizado la bicicleta como medio de transporte para dirigirse al campus universitario?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------

(Si su respuesta a la anterior pregunta fue afirmativa: conteste la sección 3. de lo contrario pase a la sección 4)

Sección 3: Usuarios de Bicicleta

1. ¿Cuál es el tiempo de viaje aproximado desde el lugar de residencia hasta la Universidad?
_____ minutos
2. En número de viajes ¿Cuántas veces a la semana utiliza la bicicleta como medio de transporte?:

3. ¿Cómo califica el sistema de estacionamiento de bicicletas dentro de la Universidad?

<input type="checkbox"/> Excelente	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente
<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	

Sección 4: Programa Universicleta-Bicicletas Compartidas.

1. ¿Ha utilizado el programa de bicicletas compartidas de la Universidad del Cauca?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------
2. Si su respuesta a la anterior pregunta fue "No" indique los motivos a continuación (marcar máximo 3 opciones)

<input type="checkbox"/> Empezó la pandemia antes de poder utilizarlas	<input type="checkbox"/> No ha considerado utilizar la bicicleta como medio de transporte
<input type="checkbox"/> Muy poco tiempo asignado al servicio	<input type="checkbox"/> No sabe cómo acceder al programa
<input type="checkbox"/> No conocía del programa de bicicletas compartidas	<input type="checkbox"/> Otro

Sección 5: Preguntas sobre Automóvil y Motocicleta.

1. ¿Cómo califica el servicio de estacionamiento del sector Tulcán de la Universidad del Cauca?

<input type="checkbox"/> Excelente	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente
<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	
 2. ¿Considera efectivo y practico la restricción del servicio de parqueadero con el pico y placa?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Tal vez
-----------------------------	-----------------------------	----------------------------------
 3. ¿Usted ha utilizado motocicleta o automóvil propio para dirigirse al campus universitario?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------
- Si su respuesta fue afirmativa continúe respondiendo esta sección, de lo contrario pase a la sección 6*
4. ¿Cuánto tiempo promedio (en hora pico) espera para acceder a un espacio de estacionamiento en las facultades del sector Tulcán (considerando el tiempo de ingreso)?
_____ minutos

5. ¿Qué medio de transporte utiliza para transportarse a la Universidad cuando su vehículo tiene picho y placa?

- Caminar

 Transporte público

 Moto taxi
 Bicicleta

 Taxi

 Otro _____

6. ¿Estaría dispuesto a pagar una tarifa de estacionamiento con el fin de recibir un mejor servicio?

- Sí

 No

 Tal vez

7. ¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por semestre?

- Hasta 20.000

 Hasta 60.000
 Hasta 40.000

 Otro: _____

Sección 6: Emergencia Sanitaria

1. ¿La emergencia sanitaria vivida desde el 2020 ha afectado en su elección de modo de transporte?

- Sí

 No

Si su respuesta fue Negativa continúe a la sección 7.

2. ¿por qué medio de transporte se inclinaba antes de la emergencia sanitaria?

- Caminar

 Transporte público

 Automóvil propio
 Bicicleta

 Taxi

 Otro: _____
 Motocicleta

3. Indique cuáles de las siguientes afirmaciones inciden en su cambio de elección en modo de transporte.

- Posible contagio al compartir espacio con otras personas

 Economía
 su estilo de vida es más saludable

 Adquisición de vehículo
 Otro: _____

Sección 7: Ciclo Urbanismo

1. ¿Qué es lo primero que piensa cuando escucha la palabra bicicleta? (Única opción)

- Ejercicio

 Incomodidad

 Cansancio
 Salud

 Economía

 Amigable con el medio ambiente
 Transporte

 Diversión

 Peligro

2. ¿Ha considerado usar la bicicleta como principal modo de transporte?

- Sí

 No

 Tal vez

3. ¿Cómo califica la calidad de ciclovías de Popayán?

- Excelente Malo
 Bueno Deficiente
 Regular

4. ¿Qué desventajas o problemas considera que existen a la hora de andar en bicicleta desde y hasta el campus universitario? (marcar máximo 3 opciones)

- Cansancio Malas condiciones climáticas
 Posibilidad de hurto en el recorrido Falta de señalización adecuada
 Imprudencia por parte de los conductores La universidad está muy alejada de su domicilio
 Escasez de ciclovías para una movilidad segura Estacionar la bicicleta en el campus universitario podría significar daños a la propiedad
 Malas condiciones de las calles y avenidas Acoso callejero

5.

Aplicando las siguientes premisas, ¿estaría dispuesto a utilizar la bicicleta como principal modo de transporte o utilizarla con mayor frecuencia?	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Si se mejora e incrementa las ciclovías y en general las condiciones de movilidad urbana en la ciudad					
Oferta de un mejor servicio de estacionamiento para bicicletas en el campus universitario					
Si se mejora los programas de bicicletas compartidas en la universidad del Cauca y en la ciudad de Popayán					

6.

Para usted utilizar bicicleta frecuentemente significa:	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Economía					
Estilo de vida saludable					
Velocidad y flexibilidad en tiempo de viaje					
Es una forma de transporte amigable con el ambiente					
Incomodidad debido a transpiración					
Poco práctico de acuerdo a mi forma de vestir					

¡Muchas gracias por su Colaboración!

Anexo 2: Informe de actividades Universicleta

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

INFORME DE ACTIVIDADES		No.	1
CONTRATO:	5.5-31.5/394	DE 2023	
CONTRATISTA:	Sebastián Andrés Arcos Gómez		
PERIODO COMPRENDIDO:	29/05/2023	07/07/2023	
Información Sistema General de Seguridad Social:	26822808	Mayo del 2023	
	26846167 - 27021487	Junio y Julio del 2023	
	Planilla(s) No.	Mes(es)	
OBJETO DEL CONTRATO:	APOYO TÉCNICO EN LA OPERACION DEL SISTEMA DE BICICLETAS "UNIVERSICLETA" PARA LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA.		
ACTIVIDADES			
<ol style="list-style-type: none"> CUMPLIR A CABALIDAD CON EL OBJETO DEL PRESENTE CONTRATO Y CADA UNA DE SUS CLAUSULAS. EI OBJETO CONTRACTUAL INCLUYE: A) SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y GESTIÓN DEL PROGRAMA "UIVERSICLETA" (www.universicleta.com) B) AUTORIZACIÓN DE USUARIOS QUE CUMPLAN CON LOS REQUISITOS SOLICITADOS. C) CAMBIO DE DATOS DE LOS USUARIOS QUE LO REQUIERAN. D) SEGUIMIENTO Y CONTROL A LOS ROUTER DE CADA ESTACIÓN DE "UNIVERSICLETA" EN LA CIUDAD DE POPAYÁN E) SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS USUARIOS-ANFITRIONES MEDIANTE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA. ATENDER INDICACIONES DE LA UNIVERISDAD A TRAVÉS DEL SUPERVISOR. PRESENTAR INFORMES DETALLADOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN CUMPLIMIENTO DEL OBEJTO CONTRACTUALQUE SOPORTEN CADA UN DE LOS PAGOS. 			



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N. Sector Tulcán Popayán - Cauca - Colombia
Commutador 8209800 Ext. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

1. INFORME DE ACTIVIDADES

1. CUMPLIR A CABALIDAD CON EL OBJETO DEL PRESENTE CONTRATO Y CADA UNA DE SUS CLAUSULAS. EL OBJETO CONTRACTUAL INCLUYE: A) SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y GESTIÓN DEL PROGRAMA "UIVERSICLETA" (www.universicleta.com) B) AUTORIZACIÓN DE USUARIOS QUE CUMPLAN CON LOS REQUISITOS SOLICITADOS. C) CAMBIO DE DATOS DE LOS USUARIOS QUE LO REQUIERAN. D) SEGUIMIENTO Y CONTROL A LOS ROUTER DE CADA ESTACIÓN DE "UNIVERSICLETA" EN LA CIUDAD DE POPAYÁN E) SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS USUARIOS-ANFITRIONES MEDIANTE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA.

En el período comprendido del 29 de Junio de 2023 hasta el 07 de julio de 2023 se realizaron las actividades requeridas anteriormente:

- A) "SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y GESTIÓN DEL PROGRAMA "UIVERSICLETA"

Se realizaron actividades de mantenimiento a la plataforma web www.universicleta.com, se gestionó la información en ella para el correcto funcionamiento de la misma. Se agregó información solicitada por los voluntarios, así como también asistencia a los voluntarios con la plataforma de www.universicleta.com.

- B) "AUTORIZACIÓN DE USUARIOS QUE CUMPLAN CON LOS REQUISITOS SOLICITADOS."

Se solicitó, se verificó y se autorizó a los usuarios los requisitos soportes enviados a la plataforma www.universicleta.com. Tales como: Documento de identidad, carné estudiantil y recibo público. Se revisaron a los usuarios, se les asignó su respectivo rol a los usuarios (anfitrión, usuario) y se suspendieron a aquellos que no cumplieran con la documentación soporte requerida.

- C) "CAMBIO DE DATOS DE LOS USUARIOS QUE LO REQUIERAN."

Se realizaron cambios manuales de datos a los usuarios que lo solicitaban directamente, tales como: cambio de imágenes soporte y corrección de datos en el usuario.

- D) "SEGUIMIENTO Y CONTROL A LOS ROUTER DE CADA ESTACIÓN DE "UNIVERSICLETA" EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"

Se realizó control a los router de las estaciones que presentaban fallos, presencialmente en las estaciones se realizaron correcciones y seguimiento a los router de las estaciones, generando informes de su estado y reinicios de los mismos para un correcto funcionamiento.

- E) "SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS USUARIOS-ANFITRIONES MEDIANTE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA."



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N. Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Commutador 8209800 Ext. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

F) Se asistió y se vigiló el cumplimiento de los anfitriones a sus respectivos horarios y su presencia en las estaciones, así como también se realizó capacitación y apoyo a los mismos, resolviendo preguntas e inquietudes de los usuarios y anfitriones. Se supervisó el correcto uso de la plataforma a los usuarios, como: cumplir con el tiempo máximo de uso de bicicletas y su devolución de las mismas a las estaciones.

2. "ATENDER INDICACIONES DE LA UNIVERISDAD A TRAVÉS DEL SUPERVISOR."

Se cumplieron con las indicaciones, solicitudes y citaciones del supervisor cuando se requerían, tales como entrega de reportes, informes y consolidados. Así como también preguntas e inquietudes realizadas por el supervisor con respecto al sistema de bicicletas públicas "Universicicleta"

3. "PRESENTAR INFORMES DETALLADOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN CUMPLIMIENTO DEL OBJETO CONTRACTUALQUE SOPORTEN CADA UN DE LOS PAGOS"

Técnico Estaciones Universicicleta
13/Junio/2023

Informe: Voluntariado universitario "Universicicleta"

1- Introducción:

El presente informe tiene como objetivo proporcionar una descripción detallada del comportamiento obtenido del programa universitario Universicicleta, iniciado el 13 de marzo del 2023 y finalizado el 9 de junio de 2023, el cual busca fomentar el uso de bicicletas como medio de transporte sostenible y promover un estilo de vida activo y saludable entre los estudiantes universitarios.

2- Propósito y alcance del programa:

El programa Universicicleta tiene como propósito principal incentivar el uso de bicicletas como alternativa de transporte dentro del campus universitario y en toda la ciudad. Se busca promover un transporte más sostenible, reducir la congestión vehicular y disminuir las emisiones de gases contaminantes. Además, el programa permite a los estudiantes moverse de manera eficiente entre diferentes facultades ubicadas en distintas zonas de la ciudad, facilitando así su acceso a la educación y promoviendo la integración de la comunidad universitaria.

3- Actividades de los voluntarios:

-Los estudiantes voluntarios desempeñan un papel fundamental en el programa Universicicleta. Entre las actividades que realizan se encuentran:



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Commutador 8209900 Exts. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



-Mantenimiento de los módulos y bicicletas: Los voluntarios se encargan de verificar el estado de las bicicletas y los módulos de acoplamiento. Realizarán un informe de posibles daños de bicicletas o estaciones.

-Administración del sistema: Los voluntarios son responsables de llevar un registro de préstamos y devoluciones de bicicletas mediante la página www.universicicleta.com asegurando que el sistema funcione de manera eficiente. También brindan asistencia a los usuarios, respondiendo preguntas y proporcionando información sobre el programa y las normas de uso.

-Promoción y sensibilización: Los voluntarios participan en actividades de promoción del programa Universicicleta, tales como la organización de eventos, charlas informativas y campañas de concienciación sobre los beneficios del uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible.

4- Requisitos para la participación:

-Para ser elegible como voluntario en Universicicleta, se requiere que los estudiantes cumplan con los siguientes requisitos:

-Ser estudiantes activos de la institución y estar cursando al menos el tercer semestre.

-Tener disponibilidad para dedicar un mínimo de 70 horas al programa a lo largo de un período establecido.

-Estos requisitos aseguran un compromiso adecuado por parte de los estudiantes y la posibilidad de adquirir una experiencia significativa en el programa.

5- Proceso de acreditación:

-Una vez que un estudiante voluntario ha completado exitosamente las 70 horas de servicio en Universicicleta, se procede a la acreditación de su participación. Este proceso se realiza al finalizar un período establecido o al término del semestre académico, según las políticas establecidas por la institución. Se emite una constancia o certificado que valida la participación del estudiante y puede ser utilizado para obtener créditos académicos, según los lineamientos de la universidad.

6- Beneficios del programa:

El programa Universicicleta ofrece una serie de beneficios tanto para los estudiantes voluntarios como para la comunidad universitaria en general:

-Transporte sostenible: El programa proporciona a los estudiantes acceso a un sistema de bicicletas públicas compartidas que les permite desplazarse de manera eficiente y sostenible tanto dentro del campus universitario como en toda la ciudad. Esto reduce la dependencia de vehículos motorizados y contribuye a disminuir la congestión vehicular y las emisiones de gases contaminantes.



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N. Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Commutador 8009900 Exts. 2500 - 2505 - 2518
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

-Movilidad entre facultades: Los estudiantes pueden utilizar las bicicletas de **Universicicleta** para moverse fácilmente entre diferentes facultades ubicadas en distintas zonas de la ciudad. Esto les brinda mayor flexibilidad y facilita su participación en actividades académicas, promoviendo así la integración y el intercambio entre estudiantes de diversas áreas de estudio.

-Mejora de la salud y bienestar: El uso regular de la bicicleta como medio de transporte promueve un estilo de vida activo y saludable. Los estudiantes pueden disfrutar de los beneficios físicos y mentales asociados con la actividad física, como la mejora de la condición cardiovascular, la reducción del estrés y el aumento de la energía y la concentración.

-Concientización ambiental: **Universicicleta** contribuye a la sensibilización ambiental al fomentar el uso de un medio de transporte ecológico y sostenible. El programa promueve la importancia de adoptar prácticas responsables con el medio ambiente y brinda a los estudiantes la oportunidad de ser agentes de cambio en sus comunidades.

7 – Conclusiones:

-Durante el periodo comprendido entre el 13 de marzo y el 9 de junio de 2023, se implementó exitosamente el programa Universitario **Universicicleta. El programa buscó incentivar el uso de bicicletas como medio de transporte sostenible entre los estudiantes universitarios, brindando beneficios tanto individuales como colectivos.**

-Durante el desarrollo del programa, se observó una participación destacada por parte de los estudiantes universitarios, quienes mostraron un gran compromiso con el voluntariado en **Universicicleta. De hecho, se pudo constatar que un 90% de los voluntarios cumplieron con el total de sus 70 horas de servicio, demostrando su dedicación y entusiasmo por promover el uso de bicicletas dentro de la comunidad universitaria.**

-Además, se pudo constatar que el programa fue ampliamente utilizado por la mayoría de los estudiantes de las facultades participantes. Las estadísticas recopiladas



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

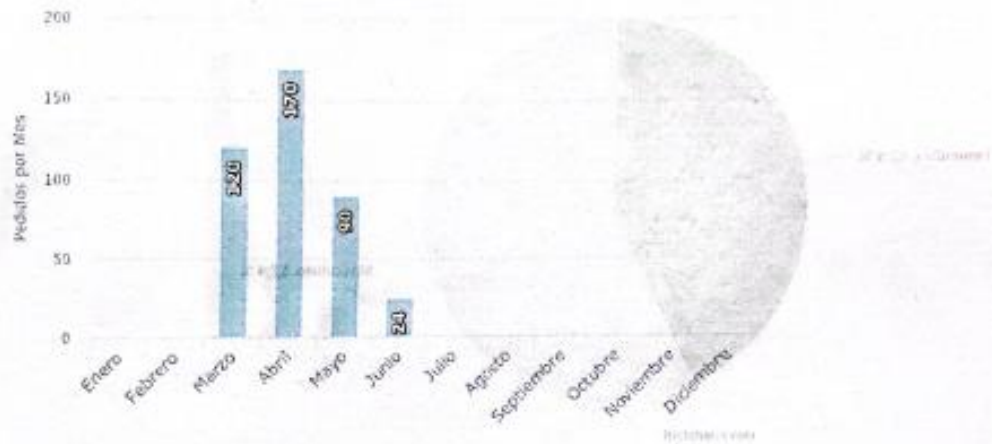
Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Consultador 8209800 Exts. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



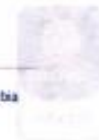
Prestamos por mes 2023

Fuente: universidad



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Computador 8208800 Ext. 2500 - 2565 - 2518
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

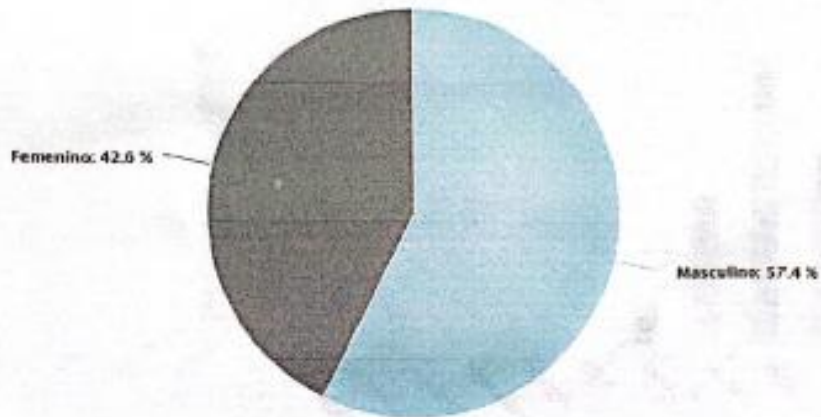


Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

Porcentaje por Genero de BiciUsuarios inscritos (total=1276)



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Computador 8209800 Exts. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

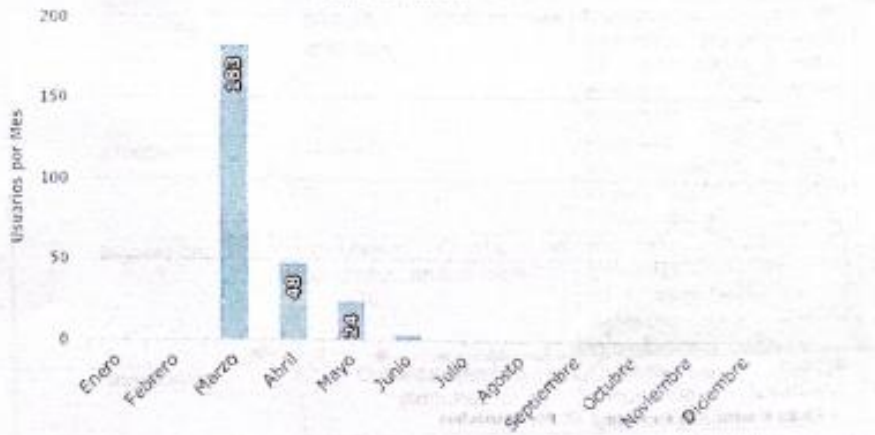
Vicerrectoría de Cultura y Bienestar.
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

BiciUsuarios inscritos por mes 2023

Fuente: universicleta



4. Estación de Salud (mantenimiento preventivo general)
3. Estación de Educación (clases de primeros auxilios, primeros socorros, técnicas de rescate y mantenimiento de bicicletas, entre otros)
2. Estación de Fisiología (clases de fisiología, nutrición, hidratación, calentamiento y mantenimiento de bicicletas, entre otros)
1. Estación de Historia (clases de historia de la bicicleta, tipos de bicicletas, componentes y mantenimiento de bicicletas, entre otros)

Realización de mantenimiento preventivo y correctivo a bicicletas, transmisión, suspensión, frenos, entre otros. En algunos casos, el cliente debe traer la bicicleta a la estación.

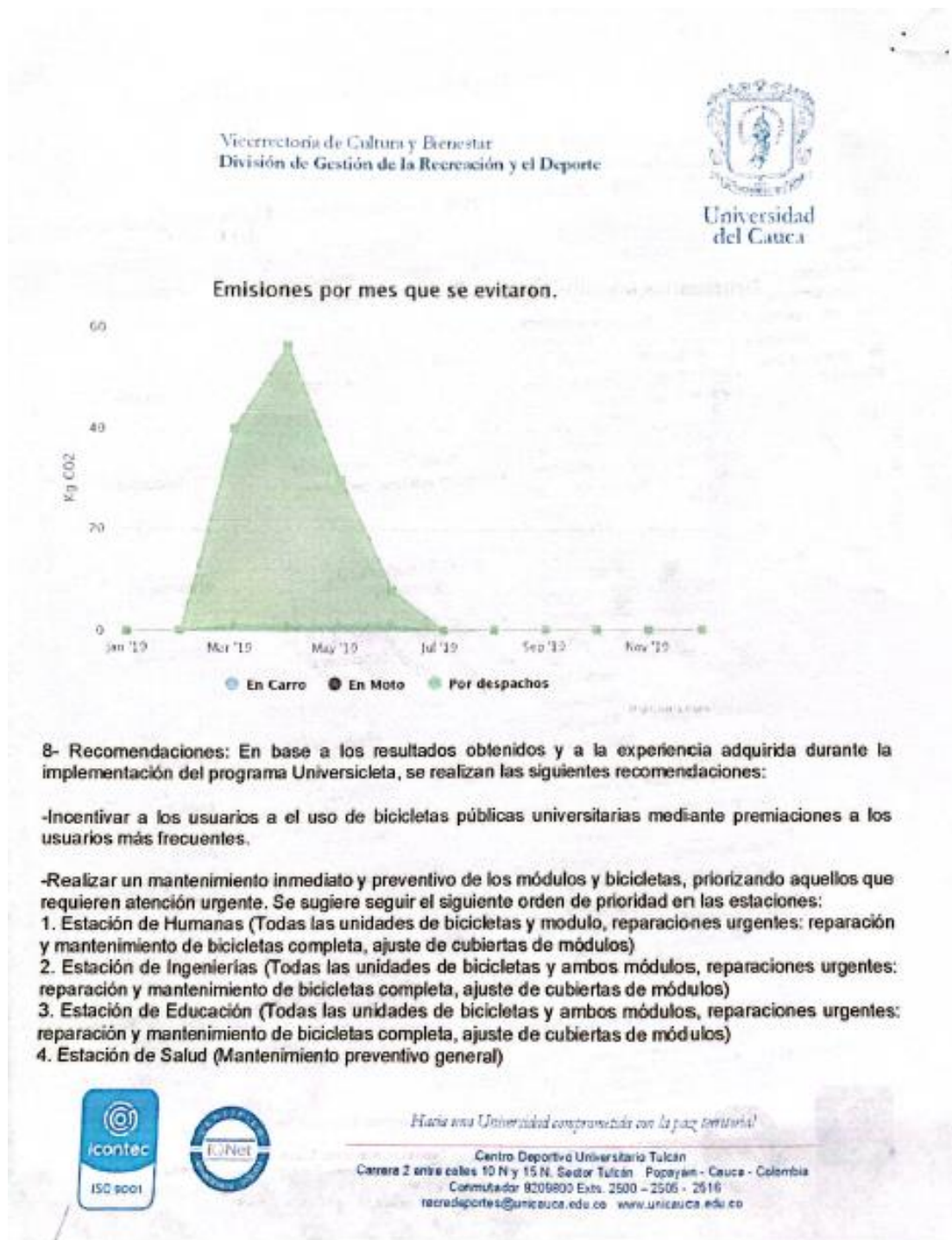
Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para la mejora de la bicicleta y la experiencia del usuario en el uso de la bicicleta.



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Computador 8209800 Exts. 2500 - 2505 - 2518
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co





Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

5. Estación de Agrarias (Mantenimiento preventivo general, reparación de cubierta)

Estación	Item	Observaciones
Humanas	Bicicletas (Todas las unidades)	Requiere reparaciones generales, mantenimiento de neumáticos, patas dañadas, cambio inmediato.
Humanas	Cubierta	Requiere limpieza y mantenimiento preventivo, levantamiento de cubierta lamina central.
Ingenierías	Bicicletas (Todas las unidades, ambos módulos)	Requiere reparaciones generales, mantenimiento de neumáticos, patas dañadas, cambio inmediato.
Ingeniería	Cubiertas (Ambos módulos)	Cubierta modulo secundario levantado, limpieza y mantenimiento.
Educación	Bicicletas (Todas las unidades)	Requiere reparaciones generales, mantenimiento de neumáticos, patas dañadas, cambio inmediato.
Educación	Cubierta	Limpieza y mantenimiento preventivo.
Salud	Bicicletas (Todas las unidades)	Requiere reparaciones generales, mantenimiento.
Salud	Cubierta	Limpieza y mantenimiento preventivo.
Agrarias	Cubierta	Limpieza y mantenimiento preventivo. Lamina central dañada.
Agrarias	Bicicletas (Todas las unidades)	Requiere reparaciones generales preventivas.

Nota: Realizar estas reparaciones urgentemente antes de un nuevo uso, esto para el correcto

funcionamiento y garantizar la seguridad de los usuarios.



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N. Sector Tulcán. Popayán - Cauca - Colombia
Consultador 8209900 Exts. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



- Mejorar la calidad de las bahías wifi para el uso exclusivo de correcto funcionamiento de el mismo.
- Implementar un sistema de retroalimentación y evaluación continua que permita recopilar opiniones y sugerencias de los usuarios del programa, con el fin de identificar áreas de mejora y brindar una experiencia de usuario óptima.
- Explorar la posibilidad de expandir el programa a otras áreas de la institución, considerando la demanda y necesidades de los estudiantes en esas facultades.

En conclusión, el programa Univercicleta ha demostrado ser un proyecto exitoso que ha promovido el uso de bicicletas como medio de transporte sostenible entre los estudiantes universitarios. La alta participación de los voluntarios y el amplio uso del programa por parte de los estudiantes reflejan su aceptación y los beneficios que proporciona. Con las recomendaciones mencionadas, se busca mejorar y fortalecer aún más el programa para beneficio de toda la comunidad universitaria.

4. "CUMPLIR CON LA OBLIGACIÓN DE APORTAR AL SISTEMA DE SEGURIDAD SOCIAL (SALUD, PENSION Y RIESGOS LABORALES) DE A CUERDO CON LO QUE LA LEY EXIGE PARA LOS CONTRATISTAS INDEPENDIENTES."

Se realizaron todas las obligaciones de pagos de acuerdo a Aportes de seguridad social, al final del documento se evidenciarán todos los pagos correspondidos al periodo del 29 de mayo al 7 de julio del 2023.



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Commutador 8209800 Exts. 2500 - 2506 - 2514
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

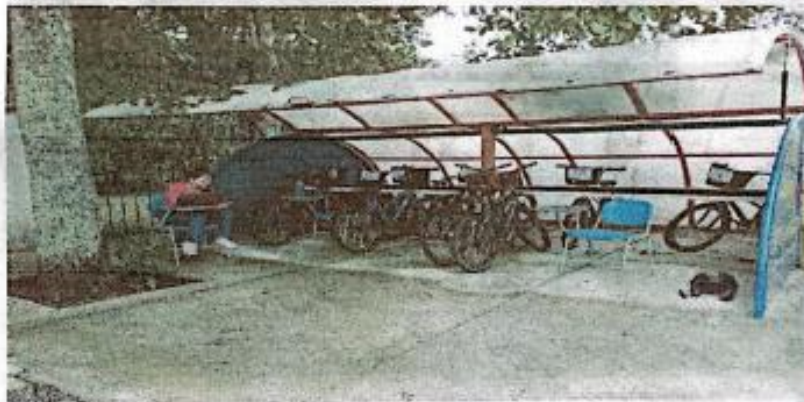
Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

2. EVIDENCIAS

Estación Facultad de Salud



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 16 N. Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Comitador 8209800 Exts. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

Estación Facultad Ingenierías



Observación: Requiere reparación de cubierta, modulo 2, levantamiento lateral superior.



Hacia una Universidad comprometida con la paz regional

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 16 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Comitador 8209800 Exts. 2500 - 2502 - 2616
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

Estación Facultad Educación



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

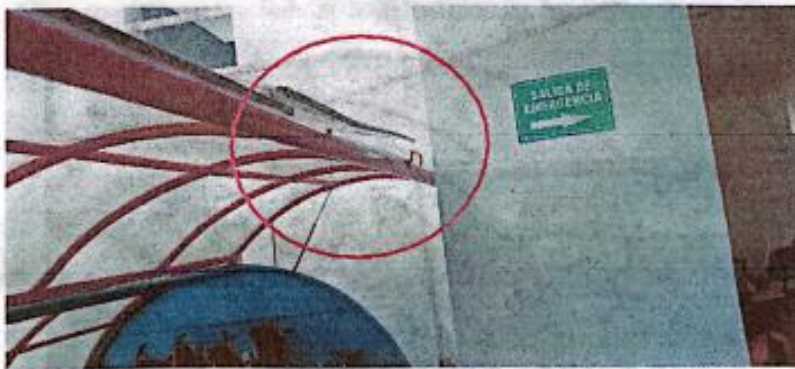
Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Commutador 8206900 Exts. 2500 - 2505 - 2518
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

Estación Facultad Humanas



Observación: Requiere reparación de cubierta, levantamiento de cubierta,
lamina frontal central inferior.



Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Comunador #209800 Ext. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



Universidad
del Cauca

Estación Facultad Agrarias



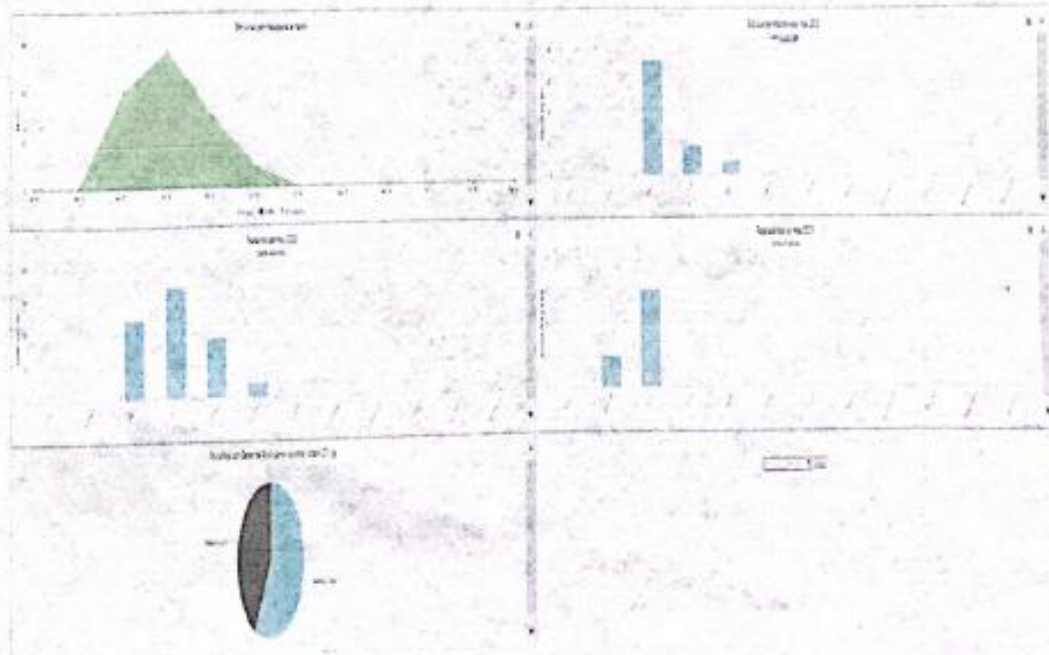
Hacia una Universidad comprometida con la paz territorial

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Comitador 820900 Ext. 2500 - 2505 - 2518
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co

Vicerrectoría de Cultura y Bienestar
División de Gestión de la Recreación y el Deporte



3. ESTADÍSTICAS



Hacia una Universidad comprometida con la paz ambiental

Centro Deportivo Universitario Tulcán
Carrera 2 entre calles 10 N y 15 N, Sector Tulcán - Popayán - Cauca - Colombia
Computador 8209800 Exts. 2500 - 2505 - 2516
recredeportes@unicauca.edu.co www.unicauca.edu.co