

## PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE MONOGRAFÍA O PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

<b>Fecha de envío</b>	Haga clic aquí o pulse para escribir una fecha.
-----------------------	---

<b>Modalidad:</b>	<input type="checkbox"/> Monografía	<input checked="" type="checkbox"/> Proyecto de investigación
-------------------	-------------------------------------	---

<b>Título del trabajo</b>	Desarrollo de aplicación Web para los Manuales de Capacidad y Nivel de Servicio de Colombia
---------------------------	---

### DEL AUTOR O AUTORES

<b>Nombre</b>	CRISTIAN NICOLÁS RODRÍGUEZ GONZÁLEZ		
<b>Email</b>	Cristian.rodriguez04ptc.edu.co	<b>Código</b>	201620346
<b>Cédula</b>	1049645914	<b>Teléfono</b>	3182293083
<i>Si desea adicionar otro autor, debe hacer clic en el signo + que aparece a la derecha de esta fila cuando hace clic aquí</i>			

### DEL DIRECTOR

<b>Nombre</b>	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.	<b>Teléfono</b>	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
<b>Email</b>	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.		
<b>Título de pregrado</b>	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.		
<b>Nivel de posgrado</b>	<input type="checkbox"/> Especialización <input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado		
<i>Si desea adicionar un Co-director, debe hacer clic en el signo + que aparece a la derecha de esta fila cuando hace clic aquí</i>			

### ESPACIO RESERVADO PARA EL COMITÉ CURRICULAR

<b>Evaluada en la sesión</b>	No.	de fecha	Seleccione la fecha
<b>CONCEPTO</b>	<input type="checkbox"/> Aprobada		<input type="checkbox"/> Rechazada
	<input type="checkbox"/> Aprobada con modificaciones		

<b>Presidente del Comité Curricular</b>	<b>Nombre</b>	
	<b>Firma</b>	

**ESPACIO RESERVADO PARA EL REVISOR DE LA PROPUESTA**

<b>Nombre</b>	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
---------------	---

Asignada en sesión

No.

de fecha

Seleccione la fecha

**OBSERVACIONES DEL REVISOR**

**Precisión en el planteamiento del problema**

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

**Claridad, coherencia y consistencia de los objetivos**

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

**Importancia y pertinencia del proyecto**

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

**Sustentación conceptual y estado del arte**

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

**Coherencia y pertinencia de la metodología**

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

**Pertinencia de la bibliografía**

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

**En caso de ser aprobada con modificaciones, escriba aquí las modificaciones solicitadas**

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

<b>CONCEPTO</b>	<input type="checkbox"/> Aprobada	<input type="checkbox"/> Rechazada
	<input type="checkbox"/> Aprobada con modificaciones	

## PROPUESTA

### 1. PROBLEMA

El uso de las carreteras en los últimos años ha presentado un aumento significativo debido al incremento del número de vehículos y los requerimientos de cada población para suplir sus necesidades en cuanto a movilidad de personas, productos y bienes requeridos. Esta situación intensifica los problemas del sistema vial y de transporte, ya que la presencia considerable de tráfico vehicular en una carretera genera congestión y una serie de consecuencias negativas, como el aumento del tiempo de viaje, consumo adicional de combustibles, desgaste de los vehículos, daños ambientales, molestias de los conductores y pasajeros, bajos niveles de servicio, entre otros.

Los inconvenientes mencionados anteriormente, se han venido incrementando con el pasar de los años, llamando la atención de diferentes entes gubernamentales e instituciones que han realizado diferentes estudios, con el fin de buscar soluciones prontas para lograr que la infraestructura vial sea la adecuada, con condiciones de seguridad y movilidad apropiadas, tal que el usuario pueda tener una experiencia de circulación libre, con libertad de selección de velocidades según la conveniencia requerida.

Entre los estudios y metodologías diseñadas a nivel mundial para el diseño y gestión de operación de instalaciones viales tales como autopistas, multicarriles y en general todos los tipos de instalaciones viales, se encuentra el Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (Highway Capacity Manual HCM 2010). Este manual de los Estados Unidos es una de las herramientas más usadas a nivel mundial en el diseño y gestión operacional. Ha sido de gran uso en la última década, y se ha extendido en forma importante hacia otros países que lo han incorporado en sus políticas de elaboración y gestión de proyectos de infraestructura de transporte.

En Colombia debido a los problemas de congestión, los bajos niveles de servicio, y también en búsqueda de un adecuado diseño y operación de las vías del país, se ha implementado el uso del Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles, y el Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para vías multicarril. Estos manuales han sido diseñados con una influencia del manual HCM, sin embargo, algunos de los parámetros propuestos del manual de los Estados Unidos, reflejan principalmente las características de dicho país, por consiguiente, los manuales que se aplican desde 2020, se han adaptado de acuerdo a las variables relativas a la vía, y al tránsito de Colombia.

El desarrollo de una aplicación web, enfocada en el uso de los Manuales de Capacidad y Niveles Servicio para las carreteras, traería como beneficio la facilidad de un cálculo rápido de los factores de corrección, la capacidad y Nivel de servicio de una vía, además

de realizar la comparación de los valores obtenidos con respecto al manual HCM. Finalmente, mediante esta aplicación se podría estimar el comportamiento de una carretera al variar las variables relativas a la vía y al tránsito, realizar análisis de sensibilidad, evaluar la oferta que presenta una carretera al ser sometida a diferentes volúmenes vehiculares, entre otros usos, con el fin de obtener resultados importantes que permitan la toma de decisiones en cuanto a planeación, modernización, diseño, operación y conservación de la infraestructura vial.

## **2. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una aplicación Web que permita el cálculo de la Capacidad y Nivel de servicio para carreteras de dos carriles, así como vías multicarril, según la metodología planteada por los manuales de Capacidad y Niveles de Servicio para Colombia del año 2020.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Proporcionar a los usuarios un software con una interfaz de usuario sencilla, adaptable a los diferentes dispositivos en que se utiliza, fácil de comprender, y que permita el ingreso de datos de entrada, para obtener los resultados esperados de acuerdo al tipo de requerimiento realizado.
- Realizar una comparación de los resultados obtenidos mediante la aplicación de las metodologías de los Manuales de Capacidad y Niveles de Servicio de Colombia, y el manual HCM (Highway Capacity Manual 2010).
- Analizar la variación que se presenta al modificar las variables relativas a la vía y al tránsito vehicular, mediante análisis de sensibilidad, gráficos y herramientas virtuales que permitan analizar detalladamente los resultados obtenidos.

## **3. ALCANCES Y LIMITACIONES**

Al desarrollar una aplicación web, se puede acceder a esta mediante el uso de dispositivos como computadores, celulares, tablets y demás equipos similares. Por lo cual es posible que cualquier persona, desde cualquier lugar que tenga acceso a internet tenga la posibilidad de utilizar esta aplicación, logrando así un alcance muy grande y una importante utilidad para las personas.

En la metodología presentada en el Manual de Capacidad y Niveles de servicio para carreteras de dos carriles, es necesario determinar factores de corrección, los cuales se obtienen a partir del uso de tablas que contienen el valor de cada factor, según las variables relativas a la vía y al tránsito. No obstante, estas tablas ofrecen resultados para

valores de entrada establecidos, lo que presenta una dificultad ya que, si los datos de las variables a ingresar, no son iguales a los de referencia en las tablas, se debe realizar un proceso de interpolación que permita obtener un factor más preciso para cada situación. Al estimar este valor es posible que se presenten pequeñas variaciones de los resultados obtenidos mediante el software y otros métodos.

Para el desarrollo de la aplicación web es necesario el manejo de diferentes lenguajes de programación que permitan llevar a cabo los objetivos planteados. Por ende, el desconocimiento o mal uso de estas tecnologías, puede ocasionar fallos, o inconvenientes en el desarrollo o funcionamiento de la aplicación, situación que implicaría asesoría de personal especializado.

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

Debido al aumento del tráfico vehicular por necesidades de movilidad de personas y bienes, cada vez son más evidentes las problemáticas que se presentan en el sector del transporte e infraestructura vial, debido a las congestiones y problemáticas que estas conlleva. Estas consecuencias negativas deben ser tratadas a tiempo con el objetivo de evitar su expansión y poder contribuir al bienestar social de las personas mediante la mejora de la movilidad.

El uso de una aplicación web que facilite el cálculo rápido de la capacidad y nivel de servicio de una vía, y proporcione herramientas para analizar el comportamiento de la infraestructura vial bajo diferentes variables y situaciones, es de gran ayuda para el ingeniero de Transporte y Vías, ya que le permite contar con información especializada, útil para identificar y diagnosticar problemas relacionados con la movilidad, así como también diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura vial adecuada, capaz de ofrecer las condiciones necesarias para una prestación de servicios de transporte optima, que le proporcione a los usuarios seguridad, comodidad y eficiencia en sus trayectos.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. MARCO CONCEPTUAL.**

La infraestructura vial en Colombia presenta diferentes tipos de vías, estructuras y se encuentra en diferentes tipos de terreno, sin embargo, algunos tramos no presentan condiciones adecuadas para el tránsito y su capacidad ya ha llegado o se acerca al límite. Para determinar la capacidad y niveles de servicio de dos sentidos de circulación se utiliza Manual Colombiano de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles, el cual está basado en metodologías y fundamentos del HCM, pero ha sido modificado respecto a las condiciones locales de las vías en Colombia.

#### **5.1.1. MANUAL HCM**

Según The Transportation Research Board, (2000) “El Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) de la Junta de Investigación del Transporte (TRB) proporciona una colección de técnicas de última generación para estimar la capacidad y determinar el nivel de servicio para las instalaciones de transporte, incluidas las intersecciones y carreteras, así como instalaciones para el tránsito, bicicletas y peatones” (p.5). Este manual incorpora los resultados de la investigación sobre la capacidad y la calidad del servicio, analiza los servicios de tránsito desde la perspectiva tanto de usuario como del operador, y tiene gran importancia, ya que se presenta como la base de diferentes manuales de capacidad y niveles servicio que se han desarrollado alrededor del mundo.

#### **5.1.2. CAPACIDAD DE LA VÍA**

La capacidad de un sistema vial es un estudio cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la suficiencia y la calidad del servicio ofrecido por el sistema a los usuarios. Según Cal, Mayor, & Cárdenas, (2018) “la capacidad de una infraestructura vial, representa la tasa máxima de flujo a la cual se espera que los vehículos o personas razonablemente puedan pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada, durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del medio ambiente, del tránsito y de los dispositivos de control” (p.396). Para Romana, Nuñez, & Martínez Luri, (2010) “el periodo de tiempo utilizado en la mayoría en los análisis de capacidad es de 15 minutos debido a que se considera que ese es el intervalo más corto para el que puede presentarse una circulación estable. La definición de capacidad asume la existencia de buenas condiciones”. (p.26).

Teniendo en cuenta que la capacidad evaluar la suficiencia y calidad del servicio, desde el punto de vista de Cerquera Escobar (2013) “El análisis de Capacidad también estima la cantidad máxima de tránsito que el sistema puede acomodar mientras se mantiene un

determinado nivel de operación. Se introduce aquí el concepto de Nivel de Servicio. Se definen rangos de condiciones de operación para cada tipo de sistema y se relacionan con la cantidad de tránsito que puede ser acomodada para cada nivel de servicio”. Esta última definición tiene un significado importante porque muestra la relación y complementariedad de la capacidad y el nivel de servicio, y como los valores para estos conceptos se relacionan, como se presenta más adelante.

### **5.1.3. CONDICIONES Y VARIABLES RELATIVAS A LA VÍA Y EL TRANSITO**

Las metodologías planteadas en los manuales de capacidad y niveles de servicio, requieren datos de entrada relativos a las características de la vía. De acuerdo con Romana, Nuñez, & Martínez Luri (2010). “Las condiciones de plataforma hacen referencia a las características geométricas de la calle o carretera, lo cual incluye: el tipo de infraestructura y las características urbanísticas de su entorno, el número de carriles (en cada sentido), las anchuras de carril y arcenes, los despejes laterales, la velocidad y el trazado planta y alzado”. Este mismo autor también establece una definición para las variables relativas al tránsito como “las características de la circulación que utiliza la instalación. Estas quedan definidas por la composición de los vehículos y su distribución, la cantidad y distribución del tráfico entre los carriles disponibles y la distribución por sentidos del mismo”.

Las carreteras de Colombia presentan discontinuidades, ya que las características geométricas de las vías varían, aun cuando son del mismo tipo y se encuentran en el mismo sector. Estas diferencias afectan el cálculo del valor de la capacidad y niveles de servicio, puesto que, si los valores difieren considerablemente con los ideales de diseño propuestos por los manuales, se presentarán en ocasiones sectores críticos, a los que se debe prestar más atención por las problemáticas que pueda llegar a presentar, y se deben estimar los factores de corrección para los cálculos finales.

En el desarrollo de los procedimientos planteados en los manuales de Capacidad y Niveles de servicio, se proponen valores ideales que debe tener una carretera para que la capacidad de la carretera sea la máxima y presente buenos niveles de servicio. Teniendo en cuenta esto, SEDESOL (2009), especifica alguna de condiciones adecuadas como “carriles de circulación de ancho de 3.65 m; acotamientos ideales y sin obstáculos laterales en 2.00 m a partir de la orilla de la calzada; Vehículos ligeros solamente en el flujo del tránsito; Usuarios regulares; Pendientes 0%.”

### **5.1.4. NIVELES DE SERVICIO.**

De acuerdo con Romana, Nuñez, & Martínez Luri (2010), el nivel de servicio “es una medida cualitativa descriptora de las condiciones operativas de un flujo viario y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. La definición del nivel de servicio describe



generalmente estas condiciones en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad y conveniencia o adecuación del flujo a los deseos del usuario y la seguridad vial". Son 6 los niveles de servicio que se han definido, caracterizados por estar asignados con letras de la A a la F, siendo el nivel de servicio A, el que presenta mejores condiciones de circulación, y el nivel de servicio F las peores.

De los factores que afectan el nivel de servicio, según Chávez (2005), "se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, Tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc".

### **5.1.5. APLICACIÓN WEB**

Una aplicación Web es un sitio Web conformado por diferentes páginas, y secciones, que se encarga de presentar contenido a los usuarios, de acuerdo a ciertas funciones y requerimientos realizados. El portal Adobe define la aplicación web como "un conjunto de páginas Web estáticas y dinámicas. Una página Web estática es aquella que no cambia cuando un usuario la solicita: el servidor Web envía la página al navegador Web solicitante sin modificarla. Por el contrario, el servidor modifica las páginas Web dinámicas antes de enviarlas al navegador solicitante. La naturaleza cambiante de este tipo de página es la que le da el nombre de dinámica".

De acuerdo a la anterior definición, estas aplicaciones son capaces de recibir información y peticiones por parte de los usuarios, procesar, transformar, y almacenar esta información y finalmente entregar como contenido final una pagina de acuerdo a la solicitud realizada al servidor web. Ejemplos muy famosos de aplicaciones web son Facebook, Google, YouTube, Amazon, Gmail, etc.

Una página web se encuentra estructurada por diferentes elementos que se complementan entre sí para lograr un correcto funcionamiento. Las principales partes de una pagina web son el encabezado y menú, contenido del sitio web, imágenes, pie de página, algunas tienen logos, blogs, formularios, entre otros elementos de acuerdo al tipo de página y funciones que ofrecen.

En la actualidad hay una gran cantidad de lenguajes de programación enfocados al desarrollo web, estos son encargados de ofrecer las funcionalidades de la aplicación, y cada uno presenta diferentes ventajas y desventajas que deben ser tenidas en cuenta de acuerdo al tipo de pagina y funciones que se desean implementar. Entre los lenguajes de programación más comunes se encuentran: JavaScript, PHP, Python, Java, Ruby,



C#, C++. Para el diseño de la aplicación propuesta, se utiliza principalmente Python y el framework Flask.

## 5.2. ESTADO DEL ARTE

La determinación de la capacidad de transporte de la red de carreteras es de gran importancia para el control de la escala de los vehículos urbanos y el control de los sistemas de transporte. Su cálculo desempeña un papel importante para la disminución del desequilibrio entre la oferta y la demanda de tráfico, la mejora del nivel de servicio y el diseño de la infraestructura vial. Debido a la gran utilidad que presenta el conocer la capacidad y niveles de servicio de una vía, se han realizado alrededor del mundo gran cantidad de investigaciones, metodologías, y manuales enfocados en determinar la capacidad, y entender las variables que la afectan.

Gao, Qu, Song, & Yun (2021) realizaron una investigación con el fin de abordar el desequilibrio de la oferta y la demanda del tráfico, y optimizar el diseño del sistema de transporte, mediante un modelo de cálculo de la capacidad de transporte de tráfico de la red vial. En este modelo utilizan la equivalencia de carril y la abstracción del flujo de tráfico para establecer la relación entre la velocidad de viaje promedio, los parámetros de tiempo de las señales y la capacidad de carga del tráfico. En el desarrollo de este estudio se utilizó el software de simulación VISSIM, que permitió la comparación y verificación de una gran cantidad de datos de simulación, logrando errores relativos promedio muy bajos, que muestran fiabilidad del modelo y la gran ayuda que puede ofrecer un software en el tratamiento y análisis de gran cantidad de datos. Finalmente, el estudio concluyó que, en términos de factores estáticos, el número de carriles tiene una mayor influencia en la capacidad de carga que la longitud del camino, y las dos variables son directamente proporcionales a la capacidad de carga. En términos de factores dinámicos, la velocidad de viaje promedio tiene el mayor impacto en el modelo de capacidad de carga, seguida por la división de señal y la proporción de tráfico. Estos resultados son importantes puesto que abordan la capacidad de una vía teniendo en cuenta diferentes factores y variables, y el modelo diseñado tiene un buen valor de aplicación en la mejora del nivel de servicio de la red vial y la optimización de los sistemas de tráfico urbano.

Tang, Shi, Yang, Wang, & Lu (2013), desarrollan un macro modelo de flujo de tráfico teniendo en cuenta la capacidad de la carretera para estudiar el impacto de la capacidad de la carretera en el flujo de tráfico. Como resultado de este estudio y el modelo propuesto encuentran que la capacidad vial destruye la estabilidad del flujo uniforme y produce un tráfico intermitente bajo una densidad moderada y que la capacidad vial aumenta el coeficiente de riesgo del tráfico y reduce la confiabilidad del sistema de tráfico. La importancia de este estudio se encuentra, en que los resultados numéricos obtenidos, muestran que mejorar adecuadamente la condición de la carretera puede mejorar la capacidad de la carretera, reducir el coeficiente de riesgo de tráfico y mejorar la confiabilidad del sistema de tráfico, resultados importantes que son de gran ayuda en la toma de decisiones en cuanto a estrategias a implementar para aumentar la capacidad de una vía.

Sun, Li, Jiang, Zhu, & Chen (2021) presenta los resultados de cuatro grupos de experimentos de comportamiento de elección de viaje bajo condiciones inciertas de que la capacidad de la carretera cambiará dos veces durante el viaje individual. En los experimentos se investigan diferentes órdenes de cambio de capacidad y diferente información entregada a los participantes. Con base en los datos experimentales, se investiga el comportamiento de equilibrio colectivo del sistema y el comportamiento individual de los participantes, además se analiza el proceso de transición de las características del macrotráfico de un estado estable a otro. Los resultados experimentales muestran que se necesita mucho tiempo para que el sistema de tráfico se acerque a un estado estable cuando se reduce la capacidad vial. Sin embargo, los participantes pueden ajustar su toma de decisiones rápidamente y el sistema puede acercarse a un estado estable en poco tiempo cuando aumenta la capacidad de la carretera. Este estudio analiza a detalle el comportamiento de elección de los individuos, y muestra como las decisiones y comportamiento de los usuarios de la vía puede afectar la capacidad de una vía.

Aud & Oddrun (2021), estudiaron la afectación que produce una reducción planificada de la capacidad durante 14 meses de un tunel de carretera principal en Oslo, Noruega, que transportaba 70.000 vehiculos al día. Para el desarrollo de este proyecto se realizaron analisis de datos de tráfico combinados con encuestas y entrevistas a los viajeros con el fin de analizar los efectos y consecuencias que se experimentaban. Como resultado de este estudio se encontro un aumento en la congestión del tunel y en los enlaces de carreteras adyacentes, sin embargo con el tiempo los usuarios de la carretera se adaptaron de manera que con el tiempo se logro una reducción significativa del tráfico a través del tunel, tambien se mostro que no se experimentaron mayores consecuencias negativas, y se determino que al reducir o reasignar la capacidad vial para otros usos, el uso de una “capacidad de reemplazo” es una estrategia de intervención importante que puede mejorar las condiciones de transporte, lograr sistemas más sostenibles y eficientes.

Rajesh & Divya (2014), realizaron un estudio de la evaluación crítica de las capacidades viales en las principales vías urbanas de Mumbai, Maharashtra. Mediante encuestas de tráfico de campo se realizó el conteo de volumen clasificado para las principales carreteras arteriales, subarteriales y colectoras repartidas por Mumbai a través de técnicas manuales y gráficas de video. A partir de los datos recopilados, se determinó el volumen de tráfico existente por carril durante las horas pico de la mañana y la tarde, resultados que fueron comparados con los valores máximos de capacidad vial según la normativa IRC 106-1990, con el objetivo de analizar críticamente el potencial de capacidad existente de las principales vías en Mumbai. Finalmente, como resultados de estudio se encontró que el volumen por carril en Mumbai esta mas allá de las capacidades prescritas por el IRC en un rango de 5% a 70%, sin embargo, a pesar de estos resultados, no se presentaron problemas importantes de congestión por razones como la tecnología de los vehículos, la calidad y buen diseño de las carreteras, las rutas establecidas, la familiaridad de los usuarios con las carreteras y las características específicas del tráfico urbano.

Shepelev, Aliukov, Nikolskaya, & Das (2020), preocupados por la problemática consecuencias negativas que causa la congestión, en su estudio proponen como solución contar con un sistema confiable para recopilar información sobre la situación en las carreteras y un método bien desarrollado para analizar la información recopilada.

Analizan las posibilidades de recopilar la información requerida mediante el uso de cámaras multitáctiles y los métodos de recolección de información y procesamiento de datos mediante el uso de métodos estadísticos como: análisis de regresión múltiple, análisis de conglomerados, métodos de escalamiento multidimensional y otros. Como resultado se presenta el desarrollo de un sistema de recopilación de datos para la detección de vehículos en el control del tráfico urbano que funciona con cámaras exteriores y un software que funciona sobre la base de redes neurales, método que permitió identificar los principales parámetros del tráfico, para lograr entender las causas que provocan la congestión y facilitar la toma de decisiones en cuanto a estrategias que se deberían implementar para solucionar esta problemática.

De acuerdo con lo anterior, se detecta que la problemática de congestión se encuentra en las diferentes redes viales del mundo, y como posible solución a los inconvenientes que se pueden presentar, la mejora de la capacidad de las vías proporciona mejoras significativas en el tránsito. Sin embargo, la capacidad depende de diferentes variables, y es analizada desde diferentes puntos de vista y criterios según cada país.

El Manual de Capacidad de carreteras HCM (Highway Manual Capacity) proporciona métodos para cuantificar la capacidad de las carreteras. A través de los años ha ido evolucionando y se ha convertido en referencia fundamental sobre conceptos, medidas de desempeño y técnicas de análisis para evaluar la operación multimodal de calles y autopistas. Debido a su gran utilidad en cuanto a gestión de sistemas de transporte, es la base de las metodologías para el cálculo de la capacidad en los diferentes países del mundo, sin embargo, debido a sus aplicaciones orientadas a la adaptación de los procedimientos en las condiciones locales (Estados Unidos) y las diferencias que presentan con las condiciones de tránsito de otros territorios, se deben plantear metodologías alternativas, como el Manual Colombiano de Capacidad y Niveles de Servicio de Colombia.

Se han visto diferentes estudios realizados y la importancia de conocer la capacidad de una vía, así como las variables que la pueden afectar. El uso de una aplicación web que permita el ingreso de parámetros referentes al tránsito y las características de una vía, y proporcione un resultado rápido de la capacidad y nivel de servicio de la misma, facilita la toma de decisiones en cuanto a la implementación de estrategias e incluso soluciones que contrarresten las consecuencias negativas provocadas por la congestión. Además, al desarrollar esta aplicación mediante el uso del lenguaje de programación Python, se pueden manejar gran cantidad de datos, realizar simulaciones del comportamiento de la carretera al variar los parámetros del tránsito y la vía, así como también se facilita la creación de diferentes funcionalidades debido a la gran cantidad de librerías y herramientas que ofrece Python.

## **6. METODOLOGÍA PROPUESTA**

El desarrollo de la aplicación Web se pretende desarrollar en 6 fases.

### **6.1. FASE DE ANÁLISIS**

- En esta fase se analiza detalladamente las metodologías de los manuales de capacidad y servicio, se identifican los valores de entrada requeridos, los posibles resultados que se obtendrán, y la forma en que van a presentar. También se consideran las problemáticas que se puedan presentar y se establecen los objetivos generales del proyecto.

### **6.2. FASE DE PLANEACIÓN**

- Se toman los conceptos e investigaciones realizadas en la etapa de análisis, se estima la audiencia, alcance y se plantean los conceptos iniciales.
- De acuerdo a los análisis, estudios y conceptos iniciales, se procede a realizar la estrategia de contenidos y la arquitectura de la información.
- Se establecen las funcionalidades que debe proporcionar la aplicación, el orden de ejecución de cada una de estas y se realizan prototipos iniciales que permitan la idealización del proyecto en su estado final.

### **6.3. FASE DE DISEÑO**

- Se realiza un bosquejo o representación sencilla de lo que se espera obtener como diseño final.
- Mediante herramientas visuales se realiza un diseño mas avanzado que contenga imágenes, barras de búsqueda, formularios, botones, secciones, y el contenido previamente definido.
- Con el uso de una aplicación web como Canva, se realiza una maqueta o diseño final tipo pagina web que pueda mostrar todas paginas una representación final de lo que será el diseño final.

### **6.4. FASE DE DESARROLLO**

- En esta fase se implementan las funcionalidades y se desarrolla el código.
- Como lenguaje de programación principal se utilizará Python.
- A partir de los requisitos y funcionalidades analizadas en la fase anterior se determinan las librerías que se pueden implementar. Dado que la aplicación necesita de la información de las tablas presentadas en el manual, son de gran utilidad las librerías Numpy y Scipy para el manejo de datos y la interpolación para

determinar los factores de corrección para el cálculo de la capacidad y niveles de servicio.

- Para el proceso de gráficos y análisis de las variables, se puede utilizar la librería Matplotlib que permite crear visualizaciones estáticas, animadas e interactivas en Python.
- El almacenamiento de los valores proporcionados en las tablas que proporciona el manual, se hará mediante el uso de listas, y diccionarios, con el fin de facilitar la obtención de datos, mediante la búsqueda por índices cuando se utilizan listas, y por clave o valor en el caso de utilizar diccionarios.
- Se identifican y establecen las variables de entrada (inputs).
- De ser necesario se crean las clases, en caso de necesitar crear objetos que contengan datos y funcionalidades necesarias.
- Mediante el uso de funciones se optimiza el código y se realizan los diferentes cálculos que sean requeridos, insertando como argumentos variables, o valores definidos.
- En caso de ser necesario se crean decoradores, con el fin de simplificar el uso de funciones
- Se prueba el código comprobando que, al insertar los inputs, se pueda ofrecer inicialmente en la consola resultados como la capacidad y nivel de servicio.
- Se utilizará el framework Flask, el cual permite la creación de la aplicación web.
- Mediante HTML se desarrolla el código para la estructura y despliegue de los contenidos que se desean mostrar en la página.
- Mediante el método “render\_template ()” y el motor de plantillas Jinja2 se pretende realizar la renderización de la página web, mediante archivos HTML.
- Luego de definir las funcionalidades se establecen las rutas (URL) necesarias de acuerdo a los requerimientos que realice el usuario.
- También se crean rutas dinámicas que permitan adjuntar varias reglas a una función.
- Creación de formularios avanzados mediante Flask-WTF.
- Se implementará el código necesario para la implementación de formularios y la captura de datos enviados al servidor Flask.
- Manejo de solicitudes POST con servidores Flask.
- Conexión y recolección de información a través de APIs.
- Se utiliza el framework Bootstrap 5, con el objetivo de dar diseño y estilo a los contenidos mostrados, de tal forma que la pagina tenga un diseño llamativo, profesional, y adaptable a los diferentes tamaños de visualización.
- El diseño de la página se realizará mediante secciones, y una organización de filas columnas. A partir de la documentación de Bootstrap se insertará el código correspondiente de Botones, Carruseles, barras de navegación, tablas, formularios y demás elementos requeridos según lo establecido en la fase de diseño.

- Mediante CSS se darán retoques y modificaciones referentes a la apariencia del sitio, con el fin de obtener un diseño final personalizado.

#### **6.5. FASE DE LANZAMIENTO**

- Luego de realizar las pruebas y obtener un rendimiento satisfactorio de la aplicación se crea un repositorio local mediante el software de control de versiones. Este repositorio también se puede crear desde el comienzo de la fase de desarrollo, con el fin de ir guardando los cambios realizados mediante commits durante el transcurso del proyecto.
- Luego de crear el repositorio local, se crea un repositorio remoto mediante el uso de GitHub, que permite alojar el código de la aplicación en la web.
- Cuando el proyecto este cargado en GitHub, se utiliza Heroku para alojar el código e implantación del sitio web.
- Se debe crear una aplicación y conectarla con el proyecto en GitHub.
- Dado que los servidores normales no pueden ejecutar aplicaciones Python, se modifica y utiliza el servidor especial (WSGI) Gunicorn, para ejecutar las aplicaciones de Python.
- Se procede a correr la aplicación, y a obtener el link de la pagina que se compartirá a los usuarios para su uso.
- También se puede comprar un dominio para que el link de la página sea personalizado.
- Finalmente se realizan diferentes pruebas a las rutas y funcionalidades de la página en búsqueda de errores o fallas que deban ser reparadas.

#### **6.6. FASE DE MANTENIMIENTO**

- En esta fase se realizan modificaciones, personalización, o se insertan mas funcionalidades que necesite la página.



[illegible]





### Referencias

- Aud, T., & Oddrun, H. (2021). Urban main road capacity reduction: Adaptations, effects. *Transportation Research Part D*, 8-12.
- Cal, R., Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones*. México: Alfaomega.
- Castillo Navarro, Á. (2004). Influencia de los parámetros de una vía en la determinación de su capacidad. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 22.
- Cerquera Escobar, F. A. (2013). *Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial*. Tunja.
- Chávez, V. (2005). *Manual de Diseño Geomeétrico de Vías Urbanas*. Lima - Perú: VCHI (2da ed.
- Gao, Y., Qu, Z., Song, X., & Yun, Z. (2021). Modeling or urban road network traffic carrying capacity based on equivalent traffic flow. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 12-15.
- Rajesh, G., & Divya, M. (2014). Critical Assessment of Road Capacities on Urban Roads – A. *Transportation Research Procedia*, 685-693.
- Romana, M., Nuñez, M., & Martinez Luri. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras HCM en español*. Madrid: Diez de Arizaleta.
- Sedesol. (2009). *Cludades Medias Mexicanas - Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. México: Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio (Vol.1).
- Shepelev, V., Aliukov, S., Nikolskaya, K., & Das, A. (2020). THE USE OF MULTI-SENSOR VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM. *SCIENDO*, 15-32.
- Sun, X., Li, W., Jiang, R., Zhu, Y., & Chen , D. (2021). Study on the influence of road capacity and information. *Physica A*.
- Tang, T., Shi, W., Yang, X., Wang, Y., & Lu, G. (2013). A macro traffic flow model accounting for road capacity and. *Physica A*, 6301-6306.
- Transportation Research Board. (2000). *Highway Capacity Manual*. Washington: National Reseach Council.



**Uptc**  
Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS



Plantilla versión 1,0 (basado en la Resolución 16 de 2009 y aprobado en sesión del Comité de Currículo 18 de 2020)