

**Lineamientos para el Estudio de la Influencia que Ejerce el Flujo de Aire
Circundante en Tractocamiones que Transitan a Alta Velocidad, en el
Desplazamiento de Bicicletas o Motocicletas por los Costados en Condiciones
Ambientales de la Sabana de Bogotá**

Ing. Willian Fernando Vanegas Ortiz

Maestría en Ingeniería Civil - Énfasis Tránsito y Transporte, Escuela Colombiana de Ingeniería

Julio Gravito

Nota del Autor

Willian Fernando Vanegas Ortiz, Posgrado en Ingeniería Civil - Énfasis Tránsito y Transporte, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Gravito.

Cuenta con la revisión metodológica del Ing. Santiago Henao Pérez, director de Centro de Estudios de Vías y Transporte – Programa de Ingeniería Civil.

Cualquier mensaje con relación a este trabajo pueden comunicarse a la dirección de posgrados, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Gravito, al correo direccion.posgrados@escuelaing.edu.co



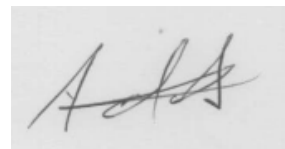
Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

La tesis de maestría titulada “*Lineamientos para el Estudio de la Influencia que Ejerce el Flujo Aire Circundante en Tractocamiones que Transitan a Alta Velocidad, en el desplazamiento de Bicicletas o Motocicletas por los Costados en Condiciones Ambientales de la Sabana de Bogotá*”, presentada por el Ing. Willian Fernando Vanegas Ortiz, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.



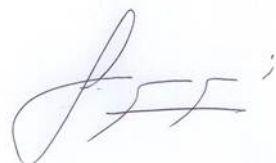
Director de la tesis

Ing. Santiago Henao Pérez



Jurado

Físico. Andrés Felipe Londoño Sierra



Jurado

Ing. Msc Francisco Pulido Varón

Bogotá, 20 de septiembre de 2020

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Agradecimientos

A Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida con su ayuda.

A mi esposa, siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en mi vida, el poder haber culminado esta tesis con éxito, y poder disfrutar del privilegio de ser agradecido, ser grato con esa persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi porvenir.

A mi hermosa y maravillosa familia, determinantes en todo lo bueno que pasa en mi vida, mis padres, mis hermanas, siempre brindándome un apoyo incondicional y siendo mis ejemplos para seguir, quienes se encargan de alegrar mi vida y motivarme a seguir siendo cada día mejor.

Al director del proyecto Ing. Santiago Henao Pérez por la dirección de este proyecto, por la orientación y el tiempo dedicado.

A la Ing. Maritza Villamizar por guiarme durante el desarrollo de la maestría, al físico Andrés Londoño por los valiosos aportes hechos al presente documento.

A mi amigo y compañero Jhon Wilman Rojas Reina, quien, con sus palabras, consejos, ayuda y ejemplo, me han dado ese empujón que en ocasiones he necesitado.

Gracias a todas las personas que me han brindado una bonita amistad y bonitos momentos, a mis compañeros de trabajo, Ezequiel Martínez Mora y Jhon Cruz Cubillos, por el aprendizaje que me han brindado y finalmente gracias a cada quienes han creído en mí, me han apoyado y de diferentes maneras han contribuido a mí fortalecimiento como persona y como profesional.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Resumen

En el presente trabajo de grado fueron elaborados los lineamientos para el estudio de la influencia que tiene el flujo aire circundante generado por tractocamiones a alta velocidad en el desplazamiento de bicicletas o motocicletas por sus costados en condiciones ambientales de la sabana de Bogotá, siendo el objetivo primordial desarrollar un modelo experimental que permita identificar el comportamiento físico del aire circundante en este tipo de vehículos.

Este análisis sirve como sustento para proponer los siguientes aspectos: Capacitación en pedagogía vial enfocándola al ser humano de los conductores de los actores viales y a partir de ahí poder mostrar cómo actúa ese fenómeno, por medio de un plan de prevención y la incidencia de los accidentes en estos vehículos; trabajar sobre la propuesta de una nueva señal preventiva de tránsito vertical, con esto se puede prevenir y reducir el número de muertes y lesionados por esta hipótesis; describir este fenómeno como el efecto de flujo de aire o nombrarlo como se llegue a concluir una vez efectuado el análisis de los videos y datos recolectados; obteniendo como resultado, un estudio seguro, confiable y que aumente la percepción de seguridad vial de los actores.

Palabras Clave: Lineamientos, Seguridad Vial, Flujo Turbulento, Tractocamión, bicicletas o motocicletas.

Abstract

In the present degree work thesis, the guidelines for the study of the influence of the surrounding airflow generated by high-speed tractors on the displacement of bicycles o motorcycles on their sides in environmental conditions of the sabana of Bogotá Taking into account the primary objective to be developed, it will be an experimental model that allows identifying the physical behavior of the surrounding air in this type of vehicle.

This analysis will serve as support to propose the following aspects: Training in road pedagogy focusing on the human being of the drivers of the road actors and from there to be able to show how this phenomenon works, through a prevention plan and the incidence in accidents in these vehicles; work on the proposal of a new preventive vertical traffic signal, with this you can prevent and reduce the number of deaths and injuries due to this hypothesis; describe this phenomenon as the effect of airflow or name it as it is concluded after analyzing the videos and data collected; obtaining, as a result, a safe, reliable study that increases the perception of road safety of the actors.

Keywords: Guidelines, Road Safety, Turbulent Flow, Tractor Truck, Bicycles o motorcycles.

Tabla Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivos	16
2.1.1	<i>Objetivo general</i>	16
2.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	16
3.	MARCOS	17
3.1	Marco legal	17
3.2	Marco normativo	18
3.3	Marco teórico	19
4.	PRINCIPIOS FÍSICOS	22
4.1	Aerodinámica	22
4.2	Conservación de Energía	25
4.3	Efecto Venturi	27
4.4	Ecuación de Continuidad	28
4.5	Principio o ecuación de Bernoulli	31
4.6	Turbulencia	32
4.7	Flujo Laminar o corriente laminar	33
4.8	Flujo Turbulento o Vortex	34
4.9	Número de Reynolds	35
5.	CONSECUENCIAS (EFECTOS)	37
5.1	Dinámica de la motocicleta y bicicleta	37
5.1.1	Volcar (Capsize)	37
5.1.2	Oscilación (Weave)	38
5.1.3	Bamboleo o temblor (Woble or shimmy)	38
5.2	Daños mecánicos en vehículos de dos ruedas	39
5.3.	Siniestros viales en el contexto epidemiológico	40
5.4	Perdida en los años de vida para sociedad	41
6.	MARCO CONCEPTUAL	43
6.1	Factor humano	43
6.2	Conductor vehículo tractocamión	44
6.3	Conductor motocicleta	45
6.4	Conductor Bicicleta	45

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

6.5 Exceso de velocidad.....	46
6.6 Puntos ciegos.....	48
6.7 Excesiva proximidad.....	49
6.8 Edad	50
6.9 Estabilidad de motocicleta/bicicleta	51
6.10 Adelantamiento	51
6.11 Factor mecánico	52
6.12 Infraestructura y su entorno.....	53
7. METODOLOGÍA	55
7.1 Fuente de información	55
7.2 Informe policial de accidentes de tránsito - IPAT.....	55
7.3 Bases de datos.....	56
7.4 Diseño de la investigación.....	57
7.5 Definición de las variables.....	58
7.5.1 Variables dependientes.....	58
7.5.2 Variables independientes.....	58
7.5.2.1 Vehículo tipo tracto camión:.....	58
7.5.2.2 Distancia o separación lateral:.....	59
7.5.2.3 Vehículo tipo motocicleta/bicicleta:.....	59
7.5.2.4 La Vía y su entorno:.....	59
7.6 Población y muestra de estudio.....	60
7.7 Instrumentos.....	61
7.8 Procedimientos	65
7.8 Análisis de los datos	66
8 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	67
8.5 Prueba preliminar No 1.....	71
8.6 Prueba preliminar No 2	74
8.7 Prueba preliminar No 3.....	77
8.8 Prueba preliminar No 4 (planteada)	80
9 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	82
9.1 Problema principal	82
9.2 Datos de accidentalidad vial solicitados a entidades del distrito	85
10 LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD VIAL.....	92

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

10.1	Percepción del riesgo	92
10.2	Distancia lateral de seguridad (1,5m).....	94
10.3	Comportamiento de ciclista y motociclista en la vía	96
10.4	Realidad de las vías Vs las normas del ciclista y motociclista	100
10.5	Psicología social del ciclista y motociclista.....	106
10.5.1	Comportamiento de un ciclista ante una situación de riesgo	106
10.5.2	Comportamiento de un motociclista ante una situación de riesgo	108
10.5.3	Comportamiento de género en accidentes de transporte	111
10.5.4	Velocidad y gravedad de los accidentes	112
10.5.5	Los conductores noveles	113
10.6	Elementos de señalización vial y dispositivos	114
10.7	Líneas longitudinales u horizontales en las vías	115
11	ANÁLISIS DE RESULTADOS	118
11.1	Estado del Arte.....	119
11.2	Experiencias e Investigaciones a Nivel Mundial	119
11.2.1	Artículo: Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles.....	120
11.2.1.1	Resultados obtenidos en el estudio “Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles”,	120
11.2.1.2	Conclusiones del estudio ““Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles”,	123
11.2.2	Artículo: Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Tráiler.	124
11.2.2.1	Resultados obtenidos en el estudio “Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Trailer”,	125
11.2.2.2	Conclusiones del estudio “Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Tráiler”,	127
11.2.1	Artículo: Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed.....	128
11.2.1.1	Resultados obtenidos en el estudio “Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed”,	129
11.2.1.2	Conclusiones del estudio “Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed”,	132
11.3	Experiencias e Investigaciones en Colombia	133
12	CONCLUSIONES.....	134
13	RECOMENDACIONES.....	138

14 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	140
15 ANEXOS	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo de aire en un vehículo tipo liviano	23
Figura 2. Flujo de aire en vehículo pesado tipo tracto camión.	24
Figura 3. El Sistema mecánico en el cual se conserva la energía, para choque perfectamente elástico y ausencia de rozamiento.	27
Figura 4. La presión P1 es mayor que la presión P2 porque $v_1 < v_2$. Este dispositivo se usa para medir la rapidez del flujo de fluido.	28
Figura 5. Un fluido que se mueve con flujo estable de sección a través de una tubería de área transversal variable. El volumen de fluido que fluye a través del área A1 en un intervalo de tiempo Δt debe ser igual al volumen que fluye a través del área A2 en el mismo intervalo de tiempo. Por lo tanto, $A_1 v_1 = A_2 v_2$. 29	
Figura 6. La rapidez del agua que se rocía desde el extremo de una manguera de jardín aumenta conforme el tamaño de la abertura disminuye con el pulgar.....	30
Figura 7. Imagen costado izquierdo: Flujo laminar alrededor de un automóvil en un túnel de viento; imagen costado derecho: Los gases calientes de un cigarrillo se hacen visibles mediante partículas de humo. Primero el humo se mueve en flujo laminar en la parte baja y luego en flujo turbulento arriba.....	31
Figura 8. Un fluido en flujo laminar a través de una tubería que se estrecha. El volumen de la porción sombreada a la izquierda es igual al volumen de la porción sombreada a la derecha.....	32
Figura 9. Líneas de corriente de Flujo laminar	34
Figura 10. Líneas de corriente de flujo laminar y turbulento.....	34
Figura 11. Se observa los bordes redondeados (flujo laminar) y la sección transversal de un tractocamión de los bordes rectos (flujo turbulento).	35
Figura 12. Distancias de reacción y frenado para diferentes velocidades en pendiente y pavimento seco y buenas condiciones.	47
Figura 13. Puntos ciegos al conducir un vehículo tipo tracto camión.....	49
Figura 14. Imagen de campo de la prueba preliminar No 1, donde se aprecia el vehículo 1 de prueba, maniquí de prueba, cuadrícula, recurso humano, cámara de humo, entre otras.....	72
Figura 15. Imagen vista superior de campo de la prueba preliminar No 1, donde se observa el vehículo 1 de prueba, maniquí de prueba, cuadrícula de prueba, distancia lateral de prueba (0,50, 1m y 1,50m), recurso humano, entre otras.	74
Figura 16. Imagen de campo de la prueba preliminar No 2, la imagen de la izquierda se observa una vista lateral del vehículo 2 (bicicleta), la cuadrícula de prueba (1x1cm), la cinta satín de color azul y la punta en figura flecha color naranja y el ventilador de aspas; en la imagen de la derecha, es una continuación, en otro ángulo donde se observa el ventilador de aspas, el vehículo 2 y la cuadrícula de prueba, entre otras.75	
Figura 17. Imagen vista superior de campo de la prueba preliminar No 2, donde se observa el vehículo 2 (bicicleta), maniquí de prueba, cuadrícula de prueba (1x1cm) y ventilador de aspas, entre otras.....	77
Figura 18. Imagen de campo de la prueba preliminar No 3, la imagen de la izquierda se observa la vía que conduce de Cajicá - Tabio del municipio de Chía de la sabana de Bogotá; en la imagen de la derecha de	

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

vista superior se observa al investigador de la tesis, sosteniendo la base y sobre esta la cinta de enmascarar color beis y la cuadrícula de prueba (1x1cm).	78
Figura 19. Imagen vista superior de campo de la prueba preliminar No 3, donde se observa el investigador de la tesis, sosteniendo la base y sobre esta la cinta de enmascarar color beis y la cuadrícula de prueba (1x1cm).....	80
Figura 20. Porcentaje de muertes violentas según manera. Colombia, 2018.....	82
Figura 23. Siniestros viales reportados entre “Ciclistas y Tracto camión” con víctimas fatales	89
Figura 24. En la imagen se observa la distancia de seguridad lateral con el actor vial ciclista	95
Figura 25. En la imagen se observa el actor vial motociclista infringiendo las señales y normas de tránsito.	102
Figura 26. En la figura se observa el adelantamiento a otros vehículos y el tránsito entre vehículos de los motociclistas.	103
Figura 27. Un giro inesperado puede provocarte un fuerte accidente.....	107
Figura 28. En la imagen se observa el motociclista en la que transita al medio de los vehículos y con carga extra dimensional	109
Figura 29. Señales horizontales también conocidas como marcas viales o señales longitudinales.	117
Figura 30. Curvas de fuerza características medidas con camión y diferentes configuraciones A, B, C; plato mediano curvas promediadas del conjunto recalculadas para una distancia de paso de 0,7m y una velocidad de aproximación de 80km/h.	121
Figura 31. Fuerzas de succión y presión inestables que actúan sobre el elemento plano de la carretera..	122
Figura 32. C_D en diferentes espacios (brechas) Figura 33. C_L en diferentes espacios.....	125
Figura 34. Cotorno de presión superficial.....	126
Figura 35. Racionalización a lo largo de la línea central	127
Figura 36. Esquema del modelo de tractor-remolque 1:20 utiliza	129
Figura 37. Imágenes de visualización de humo del modelo tractor-remolque con y sin vórtice generador instalado. (a) configuración de línea de base (i.e. no VG instalado), (b) VG1 instalado en $x_t/L=0.05$, (c) VG2 instalado en $x_t/L=0.05$, (d) VG1 instalado en $x_t/L=0.95$ y (e) VG2 instalado en $x_t/L=0.95$	131
Figura 38. Definiciones de los espesores y ángulos medidos a partir del humo, imágenes de visualización	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de normas en Colombia.....	17
Tabla 2. Marco normativo.....	18
Tabla 3. Condiciones de flujo según Reynolds.....	36
Tabla 4. Detalle registros utilizados de las tablas de datos del INMLCF	60
Tabla 5. Siniestros viales “con muertos”, con participación Motocicleta y Tracto camión. 2014-2019, en la ciudad de Bogotá.....	85
Tabla 6. Participación de hipótesis en siniestros viales “con muertos”, con participación Motocicleta y Tracto camión. 2014-2019, en la ciudad de Bogotá.....	86
Tabla 7. Siniestros viales “Con muertos”, con participación Bicicleta y Tracto camión 2014-2019, en la ciudad de Bogotá.....	87

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Tabla 8. Participación de hipótesis en siniestros viales “con muertos”, con participación Motocicleta y Tracto camión. 2014-2019, en la ciudad de Bogotá.....	88
Tabla 9. Siniestros viales con muertos en vehículos tracto camión” y vehículos de dos (2) ruedas tipo “bicicletas y motocicletas” en los años 2017, 2018 y la vigencia 2019.....	90
Tabla 10. Espesores y ángulos promediados de las vetas de humo, medidos mediante imágenes de visualización de humo. Leyendas: Caso A = Modelo base, Caso B = VG1 instalado en $x_t/L=0.05$, Caso C=VG2 instalado en $x_t/L=0.05$, Caso D=VG1 instalado en $x_t/L=0.95$ y Caso E=VG2 instalado en $x_t/L=0.95$	131

1. INTRODUCCIÓN

Lev Davídovich Landáú (Francis (th)E mule Science's News, 2012) físico y matemático soviético, ganador del Premio Nobel de Física en 1962, consideró la turbulencia como el resultado del flujo de un fluido inicialmente estable que adquiere un movimiento adicional de vibración, y luego otro y otro.; así una turbulencia podría ser inicialmente un flujo estable con tres o cuatro movimientos periódicos superpuestos, e ideó un mecanismo por el cual cuando se desata el flujo totalmente turbulento el número de movimientos periódicos se hace infinitamente grande. Por esta razón durante las tres décadas siguientes, la teoría de Landau fue aceptada y utilizada ya que era simple y comprensible pues permitía hacer algunos cálculos aproximados.

En 1974 David Ruelle y Floris Takens (Tatiana salinas, 2013) desarrollan una teoría que fue aceptada de manera moderna y es la siguiente: La mayoría de los fluidos que se ven en la naturaleza, así como en las aplicaciones ingenieriles, son turbulentos, afirmando que no se necesita ningún comentario extenso para resaltar que las simulaciones numéricas de los flujos turbulentos son de gran importancia para los científicos, así como para la comunidad de la ingeniería, ya que en el estudio de dicho movimiento se involucran las leyes de movimiento de la física, las propiedades del fluido, características del medio ambiente o conducto por el cual fluyen.

La turbulencia como fenómeno físico se estudia con muchos fines, entre esos los aeroespaciales, en el caso de los accidentes de tránsito y en la aerodinámica, entre otros, en Colombia en el año 2018 el INML registró 46.416 casos atendidos por accidentes de transporte; las lesiones fatales corresponden a un total de 6.879 personas fallecidas equivalentes al 14,82 % y las lesiones no fatales reportan un total de 39.537 personas lesionadas 85,18 %. Para el caso en estudio se presentó muertes por accidentes de transporte según el medio de desplazamiento motocicleta-

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

motocarro un total de 3450 casos entre conductor y pasajero y en el caso de la bicicleta se registró un total de 428 casos entre conductor y pasajero. (Forensis, 2018)

El flujo turbulento es más comúnmente desarrollado debido a que la naturaleza tiene tendencia hacia el desorden y esto en términos de flujos significa propensión a la turbulencia, este tipo de flujo se caracteriza por trayectorias circulares, semejantes a remolinos.; este flujo turbulento ocurre cuando las velocidades de flujo son generalmente muy altas o en fluidos en los que las fuerzas viscosas son muy pequeñas y puede originarse por la presencia de paredes en contacto con el fluido o por la existencia de capas que se muevan a diferentes velocidades y se caracteriza porque el fluido continuamente se mezcla, de forma caótica afectando zonas en dirección del movimiento.

A veces, en la investigación de accidentes de tránsito, los peritos pueden encontrarse con circunstancias o hipótesis donde se produce la pérdida de control y caída de un vehículo de dos ruedas sin que sea necesaria la presencia de una colisión, lo que puede dificultar enormemente la reconstrucción del accidente al no dejar este hecho vestigios en la calzada. Las turbulencias y el rastro creado por el paso de un vehículo, más si es un vehículo de gran tonelaje, pueden ejercer fuerzas capaces de generar la pérdida de control de un vehículo ligero con poca estabilidad como pueden ser bicicletas o motocicletas.

Para entender el comportamiento del aire alrededor de un vehículo en movimiento, se deben aclarar, numerosos factores tales como la proximidad al suelo, dimensiones y el campo de flujo alrededor del automóvil que principalmente puede ser flujo laminar en el cual las partículas se mueven a lo largo de trayectorias uniformes en capas o láminas, deslizándose suavemente una capa sobre la adyacente; en este tipo de flujo la velocidad del fluido en cualquier punto no cambia con el tiempo, siendo la ley de Newton de la viscosidad la que rige. El flujo laminar no

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

es estable, lo que hace que se transforme en flujo turbulento donde las partículas del fluido se mueven en trayectorias muy irregulares, originando un intercambio de cantidad de movimiento de una porción del fluido a otra.

El flujo turbulento es uno de los fenómenos más críticos de la física moderna y aunque exista teoría y modelos que expliquen muchos de estos fenómenos hay que aportar herramientas de análisis para los mismos lo que constituye un enorme desafío para la ciencia y la tecnología moderna y el camino para conseguirlo es sin duda la investigación, a través del estudio sistemático y riguroso de los aspectos físicos fundamentales, proponiendo modelos más confiables y/o nuevas estrategias.

El Efecto Venturi recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822), (Venturi, 2015), el cual consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor. En ciertas condiciones, cuando el aumento de velocidad es muy grande, se llegan a producir presiones negativas y entonces, si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido de este conducto, que se mezclará con el que circula por el primer conducto.

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli, describe el comportamiento de un líquido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Fue expuesto por Daniel Bernoulli Físico Suizo (1700-1782) en su obra (*Hydrodynamica*, 1738), en la que se ha experimentado la sensación de conducir en una autopista y que un gran camión pase junto a usted con gran rapidez. En esta situación, es posible que haya tenido la aterradora sensación de que su automóvil era jalado hacia el camión mientras éste pasaba. En esta sección se investigará el origen de este efecto. A medida que un fluido se mueve a través de una región donde su

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

rapidez o elevación sobre la superficie de la Tierra cambian, la presión en el fluido varía con dichos cambios.

Con el fin de llevar a cabo el desarrollo del modelo experimental del flujo de aire generado por tractocamiones a alta velocidad en vehículos tipo bicicletas o motocicletas para las condiciones ambientales de la sabana de Bogotá, se tenía previsto efectuar una prueba experimental final de campo en condiciones reales con sus respectivas variables (dependientes e independientes), teniendo en cuenta el Decreto No 457 del 22 de marzo de 2020 por el cual se imparten instrucciones en virtud de la emergencia sanitaria generada por la pandemia del Coronavirus COVID-19 y el mantenimiento del orden público, expedido por el Gobierno Nacional.

Por lo anterior, no fue posible efectuar esta prueba en campo, la cual tenía como objetivo recolectar la toma de información de datos en un equipo tipo celular iPhone 7 o versión superior correspondiente a los videos de las muestras obtenidas de las velocidades desarrolladas por el vehículo tipo tractocamión y las trayectorias que realizarían los péndulos (plomadas) que se iban a colocar en unos puntos de análisis en el maniquí de prueba montado en la bicicleta estática; una vez recolectada la información se realizaría análisis de los videos por medio del software traker, con el fin de determinar la velocidad, trayectoria y fuerza que ejercían los péndulos al momento del desplazamiento del tractocamión, esto con el fin confirmar o desvirtuar la hipótesis de succión que podría ejercer el vehículo tractocamión sobre los rodantes bicicletas y motocicletas.

Se desarrolló a continuación el trabajo que se presenta orientado a establecer los lineamientos para el estudio de la influencia que tiene el flujo circundante generado por tractocamiones a alta velocidad en el desplazamiento de bicicletas o motocicletas por los costados, en condiciones ambientales de la sabana de Bogotá.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos

2.1.1 *Objetivo general*

Desarrollar los lineamientos para el estudio de la influencia del flujo de aire circundante generado por tractocamiones a alta velocidad en el desplazamiento de bicicletas o motocicletas por los costados en condiciones ambientales de la sabana de Bogotá, para la generación de intervenciones para propuestas en temas de seguridad vial.

2.1.2 *Objetivos específicos*

- Revisar el estado del arte y actual sobre investigaciones o proyectos realizados en la dinámica de fluidos del flujo de aire circundante a vehículos tractocamiones y vehículos de dos ruedas.
- Identificar en los reportes de estadísticas las condiciones medio ambientales (climáticas, atmosféricas, climáticas) de cuando se presentaron las muertes y las lesiones por accidentes de tránsito en motociclistas y ciclistas.
- Ajustar el modelo experimental conforme a la problemática que se está presentando referente a la pandemia por la COVID-19 en la investigación conforme a las políticas del Gobierno Nacional.
- Diseñar por medio de un procedimiento de seguridad, o una guía y apreciaciones técnicas que permitan hacer un aporte real específico tanto en la prevención e investigación de accidentes de tránsito y al avance conceptual técnico científico de la materia en términos de obtener los datos.

3. MARCOS

3.1 Marco legal

Dentro de los documentos que rigen los aspectos que regulan la circulación de motociclistas, ciclistas y vehículos por las vías públicas y privadas; así como la actuación de los actores viales respecto a la seguridad vial al momento que circulan sobre una vía, se tienen los siguientes:

Tabla 1.
Resumen de normas en Colombia

NOMBRE	ENTIDAD	ALCANCE
Ley 769 de 2002	Código nacional de tránsito terrestre	Las normas del presente Código rigen en todo el territorio nacional y regulan la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito, y vehículos por las vías públicas o privadas que están abiertas al público, o en las vías privadas, que internamente circulen vehículos; así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito.
Ley 1503 de 2011	Congreso de la republica	Esta ley tiene por objeto definir lineamientos generales en educación, responsabilidad social empresarial y acciones estatales y comunitarias para promover en las personas la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía y en consecuencia, la formación de criterios autónomos, solidarios y prudentes para la toma de decisiones en situaciones de desplazamiento o de uso de la vía pública, de tal manera que: Toda entidad, organización o empresa del sector público o privado que para cumplir sus fines misionales o en el desarrollo de sus actividades posea, fabrique, ensamble, comercialice, contrate, o administre flotas de vehículos automotores o no automotores superiores a diez (10) unidades, o contrate o administre personal de conductores, contribuirán al objeto de la presente ley.
Resolución 2273 de 2014	Ministerio de transporte	Ajustar el Plan Nacional de Seguridad Vial y ampliar su vigencia al período al 2021, de acuerdo con el documento contenido en el texto anexo, el cual hace parte integral de la presente resolución.
Decreto 1906 de 2015	Ministerio de transporte	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1079 de 2015, en relación con el Plan Estratégico de Seguridad vial
Resolución 1565 de 2014	Ministerio de transporte	Expedir la guía metodológica para la elaboración del plan estratégico de seguridad vial que estará a cargo de toda entidad, organización o empresa del sector público o privado que poro cumplir sus fines misionales 'o en el desarrollo' de sus actividades poseo, fabrique, ensamble, comercialice, contrate, o administre flotas de vehículos automotores o no automotores superiores a diez (10) unidades, o contrate o administre personal de

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

		conductores, la cual obra en documento anexo e integrante de la presente resolución.
Resolución 2410 de 2015	Ministerio de Transporte	Por el cual se expide el programa integral de estándares de servicio y seguridad vial para el tránsito de motocicletas.
Decreto 1906 de 2015	Ministerio de transporte	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1079 de 2015, en relación con el Plan Estratégico de Seguridad Vial
Manual de señalización vial 2015	Ministerio de transporte	Este manual es adoptado por la resolución 1885 del 17 de junio del año 2015 emitida por el ministerio de transporte, este documento técnico contiene los lineamientos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto de señalización de un corredor vial, dictando los parámetros mínimos para garantizar la seguridad vial de los usuarios de la vía; en su contenido se encuentran parámetros para señalización vertical, demarcación, dispositivos para el control del tránsito y ejemplos típicos para planos de manejo de tráfico
Ley 1811 de 2016	Ministerio de transporte	Por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el código nacional tránsito.
Decreto 813 de 2017	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por el cual se adopta el Plan Distrital de Seguridad Vial y de Motociclista 2017-2026, este plan planteó a 10 años para que sea la hoja de ruta para los gobiernos venideros, el objetivo principal es reducir en este periodo de tiempo el número total de fallecidos y heridos en un 35%”, para lograr este objetivo el Plan se basa en los siguientes ejes: <ul style="list-style-type: none"> • Institucionalidad y gestión de la seguridad vial • Actores de la vía, comunicación y cultura vial • Víctimas • Infraestructura segura • Controles para la seguridad vial, tecnología y vehículos.

Fuente: Autor trabajo de grado

3.2 Marco normativo

Tabla 2.

Marco normativo

NORMA ISO 39001	Sistemas de Gestión de Seguridad Vial” (Road Traffic Safetymanagement System	Sistemas de Gestión de la Seguridad Vial. Requisitos con guía para el uso
Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021	Ministerio de Transporte	El impacto de los accidentes de tránsito y sus consecuencias hacen necesario abordar esta problemática con políticas y acciones concretas, articuladas,

integrales, medibles y controlables, ya que involucran la salud pública, la seguridad de los ciudadanos y la movilidad del país.

Fuente: Autor trabajo de grado

3.3 Marco teórico

Durante los cuatro años consecutivos, las cifras de muertes por accidentes de transporte se han mantenido, sin que se haya logrado una reducción. De hecho, en algunas de las ciudades principales de Colombia han aumentado las muertes y lesiones en los actores viales (motocicletas y bicicletas).

En años 2018 el Instituto Nacional de Medicina Legal registro 46.416 casos atendidos por accidentes de transporte; las lesiones fatales corresponden a 6.879 personas fallecidas equivalentes al 14,82% y las lesiones no fatales reportan un total de 39.537 personas lesionadas 85,18% (Forensis , 2018).

Algunos datos de seguridad vial en Colombia:

- Según el medio de transporte, alrededor del 85 % de las muertes y heridos en Colombia se concentran en los denominados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) “usuarios vulnerables de la vía pública” (1), compuesto por los peatones: 25,65 % de las muertes en Colombia, 19,72 % en heridos; usuarios de bicicleta: 6,22 % de las muertes, 7,39 % en heridos; y los ocupantes de motocarro o motocicleta: 50,16 % de las muertes, 55,79 % en heridos.
- Las lesiones por accidentes de tránsito son la principal causa de muerte en niños de 5 a 14 años y adultos jóvenes de 15 a 29 años y es la octava causa de muerte para todos los

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

grupos de edad, que superan el VIH / SIDA, la tuberculosis y las enfermedades diarreicas. (Canesto Arenas, 2018)

- En el territorio de Colombia, la cifra supera los 60 mil fallecidos en la última década, siendo los actores vulnerables de la vía –peatones, usuarios de la bicicleta y motociclistas– los más afectados representado, en la actualidad, más del 80 % de la víctimas sobre el total de los casos.
- Para reducir las cifras de muertes, se adopta inicialmente en Suecia y posteriormente en diferentes países y ciudades del mundo, la política de Visión Cero cuya premisa dictamina que “la pérdida de una vida en el tránsito es inaceptable”. Dentro de esta política se establecen cuatro principios básicos, uno de ellos determina que la velocidad tiene un impacto directo en la seguridad vial.
- En Colombia, los rangos de edades se encuentran que para lesiones fatales el 50,61 % de las personas están en edades entre 15 y 39 años, mientras que en esta misma franja etaria el porcentaje de lesionados no fatales asciende a 57,90 %.
- A mayor velocidad, mayor es la probabilidad de que un peatón o un usuario de la bicicleta fallezca en un siniestro vial; si la velocidad del vehículo que colisiona a alguno de estos dos actores viales es de 50 km/h la probabilidad de que éste fallezca es del 85 %. Al disminuir esta velocidad en solo 10 km/h, es decir, de 50 km/h a 40 km/h, la probabilidad de muerte del peatón o del usuario de la bicicleta en un choque se reduce al 30 % y si esta velocidad de marcha es de 30 km/h la probabilidad de muerte es de solo el 10 %. (Navarro Gomez, 2017)
- De igual forma, entre mayor sea la velocidad de un vehículo, mayor es la distancia de frenado que este requiere en caso de presentarse alguna situación de riesgo; si un

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

automóvil de moviliza a 80 km/h necesita una distancia de frenado de 155m para poder detenerse completamente, esa distancia es mayor que un campo de fútbol. Sin embargo, si un automóvil se moviliza a 30 km/h su distancia de frenado es de 14 m.

- Las principales causas de accidentalidad en Colombia son el exceso de velocidad y la violación de las normas de tránsito.
- El miedo y el estrés son las principales emociones que produce la conducción de vehículos entre la población colombiana.
- Las distracciones son la causa número 1 de accidentes de tránsito en Colombia: maquillarse, conversar, mandar mensajes de texto o chatear, las distracciones más comunes entre los conductores colombianos.
- En un análisis más específico sobre el medio de desplazamiento usado para transportarse, se obtiene que los actores viales más afectados por accidentes de transporte siguen siendo los usuarios de motocicleta concentrando el 50,16 % de las muertes y el 55,79 % de los heridos.
- Por otro lado, la situación de la motocicleta es un factor de análisis prioritario, el año 2018 dejó 3.365 fallecidos como ocupantes de una motocicleta o motocarro (50 % del total), adicional la motocicleta fue el objeto de choque en 1.284 muertes más en el año (19 % de los fallecidos), de estos se destaca negativamente que 668 eran peatones (43 % de los peatones fallecidos fueron atropellados por una motocicleta -el vehículo que más peatones muertos dejó en el 2018-).

4. PRINCIPIOS FÍSICOS

Existe una situación que está asociada a la mecánica de fluidos el cual es desequilibrante producto de la dinámica del flujo laminar y turbulento del aire circundante que rodea a los vehículos de tipo pesado desplazándose a alta velocidad y su influencia en vehículos de dos ruedas que transitan a sus costados, evento que no se puede describir como el efecto Venturi, por lo anterior, a continuación se describen unos términos de principios físicos que nos permitirán entender el fenómeno que se puede presentar una vez de realizar el modelo experimental:

4.1 Aerodinámica

Es la ciencia que estudia el comportamiento que realiza el aire al alrededor de los cuerpos en movimiento, aplicada al automóvil como el estudio de la influencia que tiene el aire en el vehículo, según sea la forma del vehículo; el comportamiento del aire en torno al coche, influye en la mayor o menor resistencia al avance, en las reacciones del coche ante el viento lateral en la mayor o menor capacidad para mantenerse estables a altas velocidades en los flujos de aire a determinados elementos del vehículo, por lo tanto, un buen estudio de aerodinámico dará como resultado un vehículo más ecológico porque podrá consumir menos de combustible, más seguro porque podrá ser más estable y más eficiente porque podría enviar aire a las zonas donde más se requiera.



Figura 1. Flujo de aire en un vehículo tipo liviano
Fuente: PRmotortv-Youtube

Cuando se habla de la aerodinámica en coches se tiene el coeficiente de resistencia aerodinámico- C_x , es un valor numérico que define cuanta resistencia tiene una forma dada a avanzar, actualmente los valores C_x en vehículo livianos pueden estar entre 0,25 y 0,40; algunos coches experimentales o prototipos bajan de 0,20, dependiendo de su forma, teniendo mejor capacidad aerodinámica cuanto más bajo sea su C_x , este es uno de los datos necesarios para calcular la resistencia aerodinámica R_x . El otro dato es un área de referencia que, en coches de producción, es equivalente a la superficie frontal.

La razón por la que se escoge la superficie frontal es que se supone que por detrás del plano de mayor área es donde se produce la separación del flujo aerodinámico de la carrocería; esta separación del flujo es la principal causa de resistencia aerodinámica en coche de producción.

En cuanto al SC_x (superficie frontal por C_x), considera no solo su forma sino también el tamaño del vehículo, cuanto más grande sea el vehículo mayor será la capa de aire que deba atravesar, debiendo por ello utilizar más fuerza para atravesar dicho aire, por lo anterior, lo más

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

importante es valor SC_x que es la multiplicación del valor C_x por la superficie frontal del vehículo, al multiplicar el coeficiente de penetración C_x , tomado como número adimensional, por la superficie frontal expresada en m^2 , queda un valor de resistencia aerodinámica SC_x , expresado también m^2 de este modo, un rodante muy pequeño con un C_x regular puede llegar a ser más aerodinámico de un vehículo grande con un buen C_x .



Figura 2. Flujo de aire en vehículo pesado tipo tracto camión.

Fuente: y2mate.com - totalsim_cfd_simulation_of_semi_truck_and_trailer_afgntlCsl_o_1080p

Por tanto, la resistencia aerodinámica R_x depende fundamentalmente de cuatro factores: la densidad del aire, la velocidad al cuadrado, la superficie frontal y el coeficiente de resistencia aerodinámica del vehículo, todo ello multiplicándose y por tanto influyendo en la misma medida. Si dividimos el resultado de esa multiplicación entre dos, tenemos la fórmula completa, pero lo que importa aquí es lo que son y cómo actúan cada uno de esos factores.

$$R_x = \frac{1}{2} \rho \times v^2 \times A \times C_x$$

Ecuación 1

R_x = Resistencia aerodinámica (N))

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

d = Densidad del aire (kg/m^3)

v^2 = velocidad al cuadrado (m^2/s^2)

A = Superficie frontal (m^2)

C_x = Coeficiente de resistencia aerodinámica

4.2 Conservación de Energía

En física, el termino conservación se refiere a algo que no cambia. Esto significa que la variable en una ecuación que representa una cantidad conservativa es constante en el tiempo. Tiene el mismo valor antes y después de un evento. En resumen, la ley de la conservación de la energía afirma que la energía no se crea ni destruye solo se transforma (Campos Olguin, 2006).

En física hay muchas cantidades conservadas. A menudo son muy útiles para hacer predicciones en las que de otra manera serían situaciones muy complicadas. En mecánica hay tres cantidades fundamentales que se conservan: energía, momento y momento angular.

En los sistemas aislados la energía no cruza la frontera del sistema. Para dichos sistemas, la energía total del sistema es constante. Si dentro del sistema no actúan fuerzas no conservativas, se aplica la conservación de energía mecánica para resolver varios problemas.

Las situaciones que suponen la transformación de energía mecánica en energía interna debido a fuerzas no conservativas requieren un manejo especial. Se investigan los procedimientos para estos tipos de problemas.

La energía de un sistema, cuando los objetos se mueven en el tiempo, su energía asociada, por ejemplo, la energía cinética, energía potencial gravitacional, calor, puede cambiar la forma, pero la energía se conserva, entonces la energía total seguirá siendo la misma.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

La conservación de la energía es válida únicamente para sistemas cerrados. Por ejemplo, una pelota que rueda por un piso rústico no obedecerá la ley de conservación de la energía, ya que no está aislada del piso; de hecho, este hace un trabajo sobre la pelota debido a la fricción. Sin embargo, si consideramos la pelota junto con el piso, la ley de la conservación de la energía sí se cumple. Normalmente, llamaríamos a esta combinación *el* sistema piso-pelota.

En problemas de mecánica, es probable que encuentres sistemas que contienen energía cinética (E_k), energía potencial gravitacional (U_g), energía potencial elástica (U_s) y calor (energía térmica) (E_H). Para resolver estos tipos de problemas, a menudo comenzamos por establecer la conservación de la energía en un sistema entre un tiempo inicial —subíndice i — y un tiempo posterior —subíndice f —.

$$E_{Ki} + U_{gi} + U_{si} = E_{Kf} + U_{gf} + U_{sf} + E_{Hf}$$

Ecuación 2

La cual podemos desarrollar como:

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i + \frac{1}{2}kx_i^2 = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f + \frac{1}{2}kx_f^2 + E_{Hf}$$

Ecuación 3

En el ejemplo que se observa en la figura 3 movimiento de un péndulo, encontramos lo siguiente:

- En su posición más alta posee energía potencial.
- Al bajar se transforma en energía cinética
- Al subir de nuevo se vuelve a convertir en energía potencial.

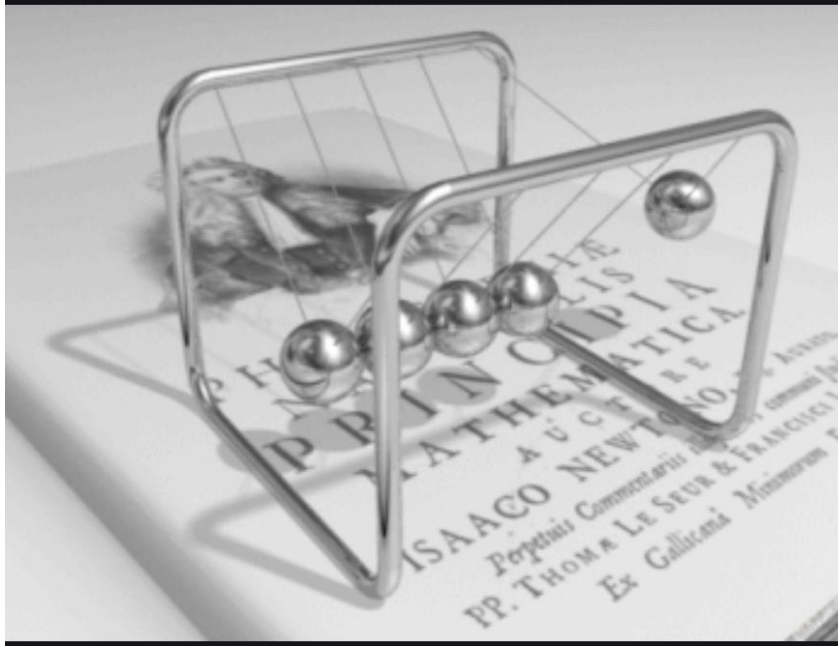


Figura 3. El Sistema mecánico en el cual se conserva la energía, para choque perfectamente elástico y ausencia de rozamiento.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Conservaci%C3%B3n_de_la_energ%C3%ADa#/media/Archivo:Newtons_cradle_animation_book_2.gif

Por último, se reconoce que la energía puede cruzar las fronteras de un sistema en diferentes cantidades. La rapidez de transferencia de energía se describe con la cantidad potencia.

4.3 Efecto Venturi

Consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor. En ciertas condiciones, cuando el aumento de velocidad es muy grande, se llegan a producir presiones negativas y entonces, si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido de este conducto, que se mezclará con el que circula por el primer conducto. Este efecto, demostrado en 1797, recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822), (Venturi, 2015).

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

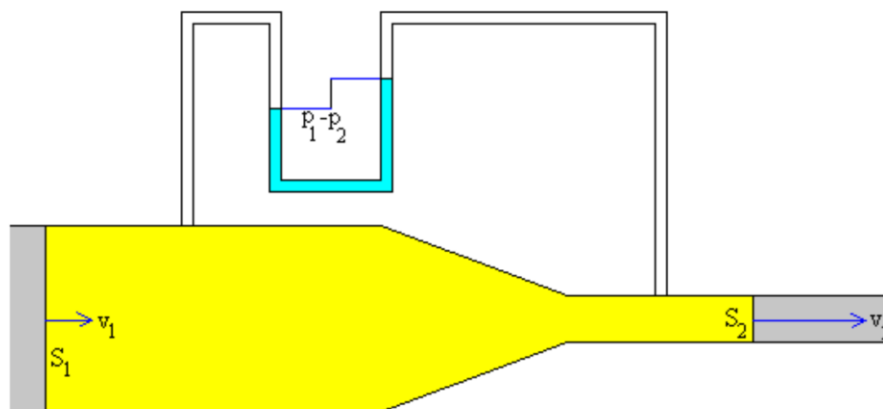


Figura 4. La presión P_1 es mayor que la presión P_2 porque $v_1 < v_2$. Este dispositivo se usa para medir la rapidez del flujo de fluido.

Fuente: <http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/bernoulli/bernouilli.htm#Efecto%20Venturi>

En la figura 4, se observa como la velocidad en el tramo de menor sección es mayor, la presión en dicho tramo es menor. Si $v_1 < v_2$ se concluye que $p_1 > p_2$. El líquido manométrico desciende por el lado izquierdo y asciende por el derecho, podemos obtener las velocidades v_1 y v_2 en cada tramo de la tubería a partir de la lectura de la diferencia de presión $p_1 - p_2$ en el manómetro. En conclusión, a mayor presión menor velocidad y a menor presión mayor la velocidad.

4.4 Ecuación de Continuidad

La ecuación de continuidad afirma que el producto del área y la rapidez del fluido en todos los puntos a lo largo de una tubería es constante para un fluido incompresible. La ecuación que se describe muestra que la rapidez es alta donde el tubo es estrecho (A pequeña) y baja donde el tubo es ancho (A grande). El producto Av , que tiene las dimensiones de volumen por unidad de tiempo, se llama flujo volumétrico o relación de flujo. La condición $Av = \text{constante}$ es equivalente a la afirmación de que el volumen de fluido que entra por un extremo de un tubo en un intervalo de tiempo dado iguala al volumen que conduce al otro extremo del tubo en el mismo intervalo de tiempo si no hay fugas presentes.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{constante}$$

Ecuación 4

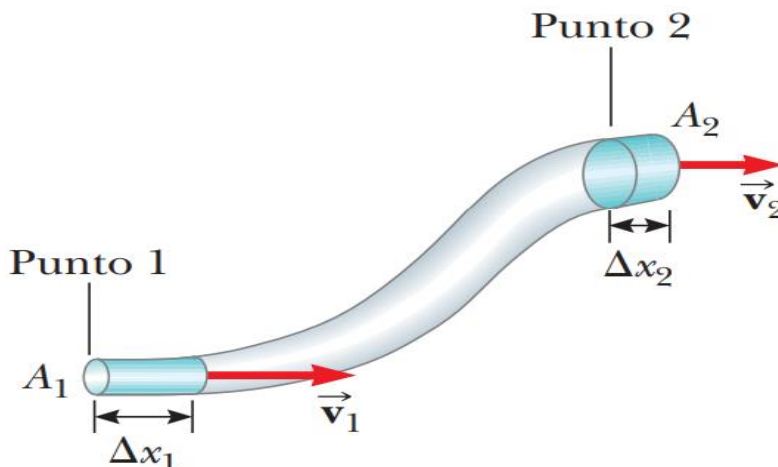


Figura 5. Un fluido que se mueve con flujo estable de sección a través de una tubería de área transversal variable. El volumen de fluido que fluye a través del área A_1 en un intervalo de tiempo Δt debe ser igual al volumen que fluye a través del área A_2 en el mismo intervalo de tiempo. Por lo tanto, $A_1 v_1 = A_2 v_2$

Fuente: Serway – Jewett Física para ciencias e Ingeniería Volumen 1 Séptima edición

Para entender la ecuación de continuidad, podemos traer a colación el ejemplo de una persona riega su jardín y pone su pulgar sobre el extremo de una manguera de jardín, como en la figura 5. Al bloquear parcialmente la abertura con su pulgar, reduce el área de sección transversal a través de la que pasa el agua. Como resultado, la rapidez del agua aumenta de sección mientras sale de la manguera, y se puede rociar a gran distancia.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante



Figura 6. La rapidez del agua que se rocía desde el extremo de una manguera de jardín aumenta conforme el tamaño de la abertura disminuye con el pulgar

Fuente: Serway – Jewett Física para ciencias e Ingeniería Volumen 1 Séptima edición

Por otra parte, el estudio de los fluidos se restringió a fluidos en reposo. Ahora la atención se dirige a los fluidos en movimiento. Cuando el fluido está en movimiento, su flujo se caracteriza como uno de dos tipos principales. Se dice que el fluido es estable, o laminar, si cada partícula del fluido sigue una trayectoria uniforme de tal modo que las trayectorias de diferentes partículas nunca se cruzan unas con otras, como se muestra en la figura 6 (costado izquierdo). En el flujo estable todas las partículas de fluido que llegan a un punto dado tienen la misma velocidad.

Sobre cierta rapidez crítica, el flujo de fluido se vuelve turbulento. El flujo turbulento es flujo irregular que se caracteriza por pequeñas regiones con forma de remolino, como se muestra en la figura 6 del costado derecho.

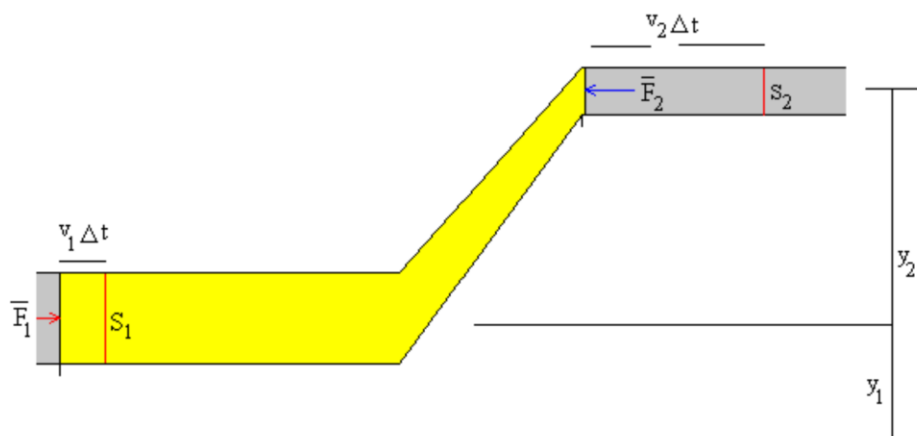
Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante



Figura 7. Imagen costado izquierdo: Flujo laminar alrededor de un automóvil en un túnel de viento; imagen costado derecho: Los gases calientes de un cigarrillo se hacen visibles mediante partículas de humo. Primero el humo se mueve en flujo laminar en la parte baja y luego en flujo turbulento arriba.
Fuente: Serway – Jewett Física para ciencias e Ingeniería Volumen 1 Séptima edición

4.5 Principio o ecuación de Bernoulli

Tal vez ha experimentado la sensación de conducir en una autopista y que un gran camión pase junto a usted con gran rapidez. En esta situación, es posible que haya tenido la aterradora sensación de que su automóvil era jalado hacia el camión mientras éste pasaba. En esta sección se investigará el origen de este efecto. A medida que un fluido se mueve a través de una región donde su rapidez o elevación sobre la superficie de la Tierra cambian, la presión en el fluido varía con dichos cambios. La correspondencia entre rapidez del fluido, presión y elevación la dedujo por primera vez, en 1738, el físico suizo Daniel Bernoulli.



Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Figura 8. Un fluido en flujo laminar a través de una tubería que se estrecha. El volumen de la porción sombreada a la izquierda es igual al volumen de la porción sombreada a la derecha.

Fuente:<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/bernoulli/bernoulli.htm#Ecuaci%C3%B3n%20de%20Bernoulli>

En dinámica de fluidos, el principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli, describe el comportamiento de un líquido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Fue expuesto por Daniel Bernoulli Físico Suizo (1700-1782) en su obra (Hydrodynamica, 1738) y expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido, (Clancy , 1975). Aunque Bernoulli dedujo que la presión disminuye cuando aumenta la velocidad del flujo, fue Leonhard Euler, quien derivó la ecuación de Bernoulli en su forma habitual en 1752, (Anderson , 2016) (Darrigol & Frinch , 2008).

El principio solo es aplicable a los flujos isentrópicos, es decir, cuando los efectos de los procesos irreversibles, como la turbulencia y los procesos no adiabáticos, como la radiación de calor, son pequeños y pueden despreciarse.

4.6 Turbulencia

En términos de la dinámica de fluidos, turbulencia o flujo turbulento es un régimen de flujo caracterizado por baja difusión de momento, alta convección y cambios espacio-temporales rápidos de presión y velocidad. Los flujos no turbulentos también son llamados flujos laminares. Un flujo se puede caracterizar como laminar o turbulento observando el orden de magnitud del número de Reynolds.

Considere el flujo de agua sobre un cuerpo simple de configuración geométrica suave como una esfera. A baja velocidad el flujo es laminar, es decir que el flujo es suave (aunque pueda estar relacionado con vórtices de gran escala), entendemos por ello que la vorticidad es

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

una propiedad que caracteriza la rotación de grandes escalas de masas de aire. A medida que la velocidad aumenta, en algún momento se pasa al régimen turbulento. En flujo turbulento, se asume que aparecen vórtices de diferentes escalas que interactúan entre sí. La fuerza de arrastre debido a fricción en la capa límite aumenta. La estructura y localización del punto de separación de la capa límite cambia, a veces resultando en una reducción de la fuerza de arrastre global.

En definitiva, la turbulencia es un fenómeno complejo, gobernado por las ecuaciones de la Mecánica de Fluidos para un medio continuo: incluso las escalas más pequeñas que aparecen en un flujo turbulento están muy lejos de las escalas de longitud molecular, por lo que su solución analítica resulta inviable. La dinámica de la turbulencia es la misma en todos los fluidos, sean líquidos o gases, si el número de Reynolds es suficientemente grande. Debido a que las ecuaciones del movimiento son no lineales, cada tipo de flujo posee ciertas características singulares que van asociadas a sus condiciones iniciales y de contorno.

4.7 Flujo Laminar o corriente laminar

Se refiere al movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado y su comportamiento es suave. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente. En flujos laminares el mecanismo de transporte lateral es exclusivamente molecular, ver figura 9.

El flujo laminar es típico de fluidos a velocidades bajas o viscosidades altas, mientras fluidos de viscosidad baja, velocidad alta o grandes caudales suelen ser turbulentos. El número de Reynolds es un parámetro adimensional importante en las ecuaciones que describen en qué condiciones el flujo será laminar o turbulento. En el caso de fluido que se mueve en un tubo de sección circular, el flujo persistente será laminar por debajo de un número de Reynolds crítico de aproximadamente 2040, (Avila , Moxey , Lozar , Avila, & Barkley , 2011, págs. 192-196).

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Para números de Reynolds más altos el flujo turbulento puede sostenerse de forma indefinida. Sin embargo, el número de Reynolds que delimita flujo turbulento y laminar depende de la geometría del sistema y además la transición de flujo laminar a turbulento es en general sensible a ruido e imperfecciones en el sistema.², (Reynold, 1883).

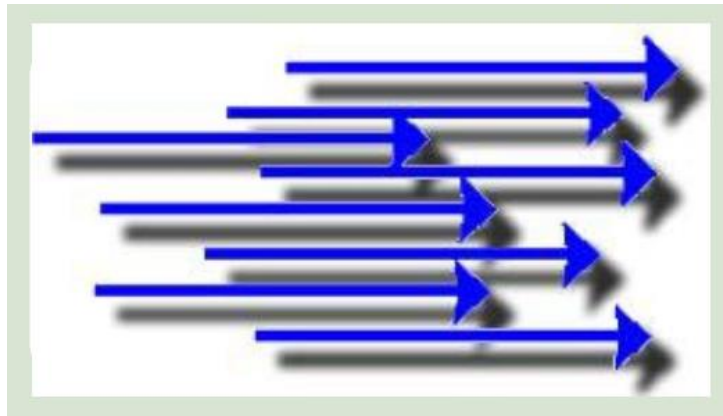


Figura 9. Líneas de corriente de Flujo laminar

Fuente: <https://www.aerodinamicaf1.com/2019/10/flujo-laminar/>

4.8 Flujo Turbulento o Vortex

La turbulencia es un efecto tridimensional caótico y aleatorio consistente en torbellinos de distintos tamaños que se superponen aun flujo principal de fluido. Mientras que en un flujo turbulento las partículas van cambiando de trayectorias y rotando, en un flujo laminar las partículas siguen trayectorias definidas, como se puede observar en la figura 10.

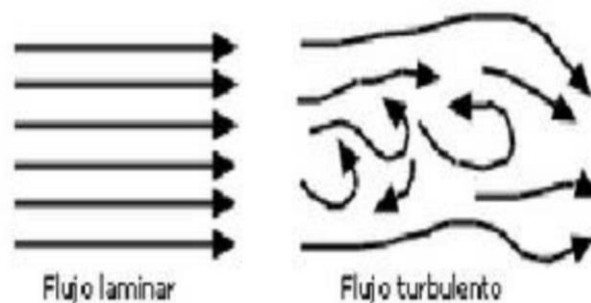


Figura 10. Líneas de corriente de flujo laminar y turbulento

Fuente: <http://hidrodinamica5e2015.blogspot.com/2015/11/lineas-de-flujo-laminar-y-tubular.html>

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

La turbulencia se inicia debido a inestabilidades provocadas por el gradiente de velocidades. Al incrementarse el gradiente de velocidades se incrementa también la fricción entre las partículas, adquiriendo estas una energía de rotación que ocasiona un cambio trayectoria dando lugar a torbellinos, ver figura 11. Estos torbellinos en movimiento generan nuevos torbellinos. Estos torbellinos en movimiento generan nuevos, pero más pequeños. Sin embargo, dependiendo del valor relativo entre la fricción y la viscosidad el flujo puede ser turbulento o laminar, ya que la viscosidad trata de impedir esta rotación (Chow, 1982) .

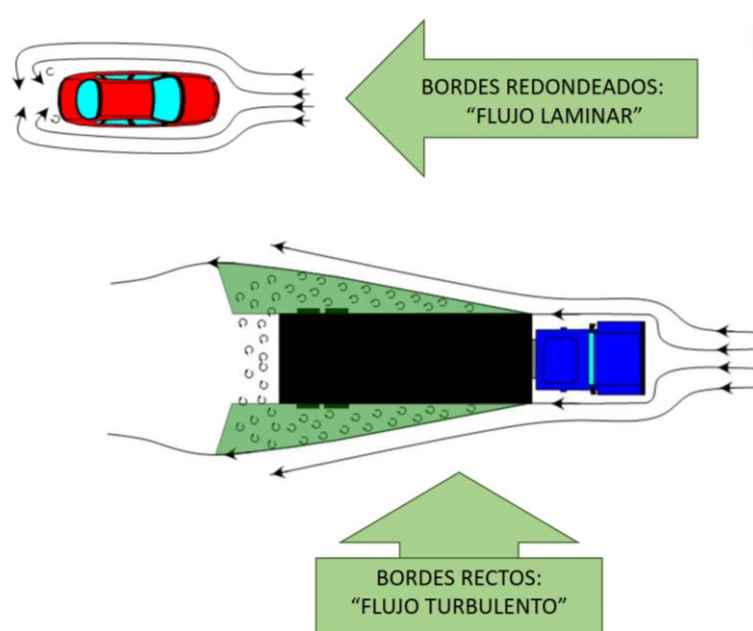


Figura 11. Se observa los bordes redondeados (flujo laminar) y la sección transversal de un tractocamión de los bordes rectos (flujo turbulento).

Fuente: <http://hidrodinamica5e2015.blogspot.com/2015/11/lineas-de-flujo-laminar-y-tubular.html>

4.9 Número de Reynolds

Para clasificar si un flujo es laminar o turbulento, se usa el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Ecuación 5

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Donde:

Re = Numero de Reynolds

v = Velocidad media del flujo (m/s)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

Tabla 3.
Condiciones de flujo según Reynolds

Tipo de Flujo	Re
Laminar	Re < 2 320
Transición (probablemente turbulento)	2 320 ≤ Re ≤ 10 000
Turbulento	Re > 10 000

Fuente: Tomado del libro Vente Chow

Las investigaciones de Osborne Reynolds (1842-1912) realizo un experimento que sirvió para poner en evidencia las diferencias entre flujo laminar y turbulento, ha demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad, de la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el NÚMERO DE REYNOLDS, puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad (Ballesteros Tajadura, 2004-2005).

Sin embargo, Reynolds observó que dicho movimiento sólo existe si la velocidad del flujo es suficientemente pequeña o el diámetro del tubo es suficientemente pequeño para un caudal dado. Bajo estas circunstancias, el colorante forma una línea de corriente bien definida

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

cuyo contorno muestra que sólo existe una pequeña difusión en la dirección radial, debida al transporte molecular.

5. CONSECUENCIAS (EFECTOS)

En la investigación de siniestros viales, los peritos en reconstrucción de estos siniestros se produce la pérdida de control y caída de un vehículo de dos (2) ruedas sin que se presente una colisión, lo que dificulta la reconstrucción del siniestro al no presentarse evidencia objetiva sobre la calzada. Las turbulencias y la estela creada por el paso de un vehículo de gran tonelaje (masa), pueden ejercer fuerzas que generan la pérdida de estabilidad de un vehículo ligero con poca estabilidad como pueden ser bicicletas y motocicletas.

Para entender el comportamiento del fluido del aire alrededor de un vehículo en movimiento, se deben aclarar previamente una serie de conceptos; para el caso en estudio las bicicletas y motocicletas en el que se producen tres (3) efectos en el cual estos rodantes pierden la estabilidad o equilibrio, los cuales se relacionan a continuación:

5.1 Dinámica de la motocicleta y bicicleta

5.1.1 Volcar (Capsize)

En el momento que una motocicleta o bicicleta pierde el equilibrio se produce un volcamiento. Durante este vuelco, la rueda delantera pierde el control, generalmente se dirige en la dirección de la inclinación, hasta que se alcanza un ángulo de inclinación alto, momento en el cual la dirección puede girar en el sentido opuesto. Un vuelco puede suceder muy lentamente si los vehículos de dos (2) ruedas avanzan a gran velocidad. Debido a que la inestabilidad de volcado es muy lenta, en el orden de segundos, es fácil de controlar para el conductor, y en realidad es utilizada por el conductor para iniciar la inclinación necesaria, (Vittore , 2006).

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Para la mayoría de los vehículos de dos (2) ruedas, dependiendo de la geometría y la distribución de la masa, el volcamiento es estable a bajas velocidades, y se vuelve menos estable a medida que aumenta la velocidad de circulación. Sin embargo, en vehículos de este tipo, la interacción de los neumáticos con la rodadura del material de la vía es suficiente para evitar que el vuelco se vuelva inestable a altas velocidades. (Vittore , 2006), (David Gordon , 2004)

5.1.2 Oscilación (Weave)

Es una oscilación lenta (0-4 HZ) entre inclinarse hacia la izquierda y girar hacia la derecha, y viceversa. Todo vehículo de dos (2) ruedas se ve afectada por cambios significativos en el ángulo de dirección, de inclinación (balanceo) y rumbo (eje vertical). La dirección está a 180° fuera de fase con el rumbo y 90° fuera de fase con la inclinación, (Vittore , 2006)

Para la mayoría de los vehículos de dos (2) ruedas, dependiendo de la geometría y la distribución de masa, el vehículo es inestable a bajas velocidades y se vuelve menos pronunciado a medida que aumenta la velocidad hasta el momento que pueda perder el equilibrio. (Massaro , Lot , Cossalter , Brendelson, & Sadauckas, 2012).

5.1.3 Bamboleo o temblor (Woble or shimmy)

Se describe como una oscilación rápida (4-10Hz) de solo el extremo delantero (rueda delantera, horquilla y manillar). También está involucrado el eje vertical del bastidor trasero que puede contribuir a la oscilación cuando es demasiado flexible (Roe & Thorpe, 1976). Esta inestabilidad ocurre principalmente a alta velocidad y es similar a la que experimentan las ruedas del carro de compras, el tren de aterrizaje del avión y las ruedas delanteras del avión, (Vittore , 2006), (Vittore , 2006). Si bien el tambaleo o la fluctuación se pueden corregir fácilmente ajustando la velocidad, la posición o la sujeción en el manillar, puede ser fatal si no se controla. (Kettler, 2004)

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

La oscilación o la fluctuación comienza cuando alguna irregularidad menor, como la asimetría de la horquilla, (Zinn, 2008) acelera la rueda hacia un lado. La fuerza de restauración se aplica en fase con el progreso de la irregularidad, y la rueda gira hacia el otro lado donde se repite el proceso. Si no hay suficiente amortiguación en la dirección, la oscilación aumentará hasta que ocurra una falla del sistema. La frecuencia de oscilación puede cambiar la velocidad de avance, haciendo que los vehículos de dos (2) ruedas sea más rígida o más ligera, o aumentando la rigidez de la dirección, de la cual el conductor es un componente principal, (Cossalter & Massaro , 2007, págs. 313-326), (Whitt & David , 1982, págs. 188, 198-233.)

5.2 Daños mecánicos en vehículos de dos ruedas

Uno de los factores que se presentan en los siniestros viales es la parte mecánica de los vehículos que circulan en una vía, algunos de estas hipótesis corresponde al mantenimiento de estos actores viales, los cuales no son realizados oportunamente por un programa periódico de mantenimiento preventivo, ya que las partes mecánicas de los rodantes requieren asentamiento, lubricación, cambio de partes averiadas por fatiga del material, llantas en mal estado, pastillas y bandas de frenos, entre otros; al realizar un correcto mantenimiento preventivo los vehículos de dos (2) van a tener un funcionamiento óptimo, con el fin de prevenir una falla mecánica, para que esta con el tiempo no transforme en un siniestro.

Por otra parte, los daños que se presentan en los vehículos de dos (2) ruedas una vez se presenta una colisión con tractocamiones, derivan unos costos en las reparaciones que afectan a la propiedad pública y privada de cada que persona que es afectada, igualmente, los mantenimientos tanto preventivos como correctivos, mas este último tienen un costo elevado ya que corresponde a una reparación o cambio una vez sucede el siniestro vial o también puede ser una pérdida total del vehículo.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

5.3. Siniestros viales en el contexto epidemiológico

Los siniestros viales tienen un contexto epidemiológico que va ligado con los años de vida saludable perdidos (AVISAS) (Vllejo Mora & Lopez p, 2012) y que esto deriva en varias ramas como son los daños en la familia, representado en el sufrimiento físico y psicológico de familiares y amigos; también, los conductores y acompañantes de la motocicleta y bicicleta que son los actores más vulnerables en la vía al momento de una colisión con un tractocamión, quienes presenta daños en el sistema de salud, debido al alto costo de rehabilitación y tratamiento médico de los lesionados, al presentar lesiones no fatales con incapacidad permanente o deformidad física, igualmente, por último, los primeros auxilios al momento que son atendidos por las ambulancias en el lugar del hecho.

Por otra parte, otro sistema que se ve afectado en los siniestros viales es el judicial, donde los policías de tránsito y bomberos asisten a prestar asistencia en el lugar del hecho a las personas involucradas; los seguros tanto como el SOAT que es el seguro obligatorio establecido por la ley con un fin netamente social. Su objetivo es asegurar la atención, de manera inmediata e incondicional, de las víctimas de siniestros viales que sufren lesiones corporales y muerte; El seguro a todo riesgo es aquel seguro de un vehículo automotor que cubre además de los daños a terceros, cuyo seguro es obligatorio por Ley, los daños propios, es decir los del rodante.

Por último, el sistema judicial se ve involucrado en la atención de los siniestros viales que se llevan en los procesos judiciales de lesiones no fatales y muertes de los intervinientes involucrados en el hecho, que son llevados por los Fiscales, abogados de confianza o defensores públicos y los Jueces que intervienen en ellos.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

En Colombia la pérdida de los años de vida para sociedad, se ve reflejado en el grupo de edad y sexo se observa que para el año 2018 entre los 20 a 24 años se presentaron 802 casos en el hombre correspondiente a una tasa 14,46% de muertes por accidentes de transporte según grupo de edad y sexo de la víctima y para las mujer de 157 casos obteniendo una tasa 11,79%, que en la mayoría de los casos pudiera evitarse, ya que son causados por no respetar las normas de tránsito, imprudencia, exceso de velocidad, pericia en los actores viales y zigzagueo entre los vehículos, entre otros; arriesgando su integridad física y la del acompañante al no transitar de una manera segura en la conducción, (ver anexo 4, tabla 1).

Continuación del párrafo, el Ministerio de Transporte y rectores de Seguridad Vial en el país como es la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV), buscan aunar esfuerzos con todas las organizaciones y entidades responsables de este tema, para reducir significativamente y evitar que se incrementen los siniestros viales

Para el caso de lesiones no fatales la tasa media de la franja etaria entre los 18 a 39 años registra 109,36 heridos por cada 100.000 habitantes, 37,84 % por encima de la tasa total nacional; para el caso de lesiones no fatales la concentración de lesionados totales concuerda con las más altas tasas, (ver anexo 4, Tabla 2).

5.4 Pérdida en los años de vida para sociedad

La pérdida de productividad de las personas que presentan lesiones fatales y lesiones no fatales en un siniestro vial corresponde a las edades entre 15 y 39 años, que son las edades de mayor productividad a la sociedad en el aspecto laboral y social; por otra parte, el sufrimiento físico y psicológico y la pérdida de productividad en la parte laboral y desempeño a la sociedad de los actores viales que resultan lesionados en un siniestro vial.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

El boletín FAL (Facilitación del Transporte y el Comercio en América Latina y el Caribe) sobre Seguridad vial y salud pública: Costos de atención y rehabilitación de heridos en Chile, Colombia y Perú. En el caso colombiano, el cálculo de la tarifa prestada por la atención médica a los lesionados en el servicio de Urgencias del HSVP de Caldas, Antioquia, se observó que los costos más significativos provenían del concepto de procedimientos terapéuticos no quirúrgicos, seguido del concepto de medicamentos del Plan Obligatorio de Salud-POS y en tercer lugar las ayudas diagnósticas, mientras que los costos de hospitalización fueron los menores costos. Valores similares se observaron en Medellín, donde los costos de atención promedio fueron de 2.000 dólares con un máximo de 6.700 dólares por persona, (CEPAL, 2012).

6. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se presenta una reseña de las hipótesis del problema, de acuerdo con cada factor interviniente, los cuales sirvieron como parámetros iniciales para estructurar la investigación:

6.1 Factor humano

El factor humano (conductor o peatón) es conocida la gran incidencia en el desencadenamiento de los accidentes, ya que en la inmensa mayoría de los siniestros viales se registra en algún momento una falla humana. Para poder conducir adecuadamente se precisan unas mínimas condiciones físicas y unos conocimientos sobre la conducción.

Este factor aporta el mayor número de hipótesis para la accidentalidad vial de las cuales muchas tienen que ver con los estados emocionales de las personas, es ahí donde se debe hacer énfasis al intervenir la problemática. Representa el mayor porcentaje de ocurrencia de un siniestro vial en un 90% de los casos. Las hipótesis hay que referenciarlas en diversos factores, destacando por encima de los demás las causas psíquicas, la búsqueda del riesgo, causas físicas, el respecto a las normas de tránsito y circulación, deficiencias en la percepción, la experiencia del conductor, la pericia al manejar, esto va ligado con la edad del conductor; además, las causas aparentes de los siniestros se deben a cansancio, agotamiento, distracción en el momento de conducir, el estado anímico del conductor, entre otros.

Los conocimientos necesarios tampoco son difíciles, pero la práctica demuestra que además de saber lo preciso para aprobar un examen de conducir, hace falta alguna experiencia en la conducción real. Por ello los conductores que no han recibido otra información que la exigida para obtener el citado permiso suelen tener accidentes con mayor frecuencia de lo normal durante el primer año de práctica, mientras que los

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

conductores que recibieron cursos especiales de formación tienen siempre menores índices de accidentes.

A continuación, se realiza un resumen de los antecedentes encontrados respecto a este factor para el estudio en curso:

6.2 Conductor vehículo tractocamión

Persona facultada por la autoridad competente de tránsito, previo cumplimiento de los requisitos legales, para desempeñar tal actividad. Debe conocer, cumplir y acatar las normas de tránsito. Al conducir este tipo de vehículo debe respetar el paso al peatón, ciclista y motociclista. Cuando el vehículo este en movimiento el conductor debe estar atento a cualquier situación. Tener una buena visión de la parte trasera del vehículo y sus lados, para ello corresponde a los espejos laterales en el contorno del vehículo. Una de las hipótesis en la mayoría de los casos de los siniestros viales con motocicletas y bicicletas, se produce porque estos actores viales no son observados por el conductor del vehículo tractocamión, debido a gran masa de este rodante con respecto a los vehículos de dos (2) ruedas.

Cuando hablamos del factor conductor de un vehículo, dado que no todas las personas tienen iguales los procesos psicológicos básicos como la percepción, decisión y reacción, para evitar un siniestro vial al momento de estar en una situación de riesgo.

Para mejorar el sistema persona-vehículo-vía, no es solo actuar sobre el vehículo o sobre la infraestructura vial, sino que uno de los principales elementos de actuación es elemento humano. La aptitud de conducir es fruto del aprendizaje, es decir un proceso complejo que abarca un periodo de tiempo estimado al llegar a su destino.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

6.3 Conductor motocicleta

El motociclista es la persona facultada por la autoridad competente de tránsito, previo requisito de ellos requisitos legales, para desempeñar tal actividad. Debe conocer, cumplir y acatar las normas de tránsito. Al conducir el rodante debe respetar el paso de los peatones, ciclistas y vehículos. Cuando la motocicleta este en movimiento estar atentos a cualquier situación. Una de las principales hipótesis en un siniestro vial atribuidas a los motociclistas es la pérdida de control debido al exceso de velocidad, carreteras resbaladizas, actitud e impericia al conducir.

De acuerdo, con el INMLCF, en Colombia en el 2018 se presentaron 19.753 siniestros viales que involucran motociclistas; en 2.852 de ellos los motociclistas fallecieron, correspondiente al conductor al 77.84%, y 16.901 quedaron lesionados, equivalente al conductor al 78.78% (Forensis, 2018), según el medio de desplazamiento de los casos el principal factor que contribuyó al siniestro fue un error humano del conductor de la motocicleta.

El consumo de alcohol es también uno de los causantes de siniestros en motocicletas. Varios estudios han demostrado que los siniestros en los que el conductor de motocicleta ha ingerido alcohol son diferentes a otros choques, y con una probabilidad mucho más alta de implicar hospitalizaciones (Kasantikul V, Ouellet, Smith, Sirathranont, & Panichabhongse, 2005). Aquellos motociclistas que ingieren alcohol y sufren un choque tienen 35% más de riesgo de hospitalización y un 11% más de probabilidad de ser víctima fatal

6.4 Conductor Bicicleta

Es toda persona faculta para maniobrar una bicicleta la cual usa como medio de transporte o entretenimiento, los siniestros viales de bicicleta no siempre se producen por la falta de atención o descuido del conductor. Ocurren porque el ciclista no obedece las normas de tránsito. Cuando la persona que conduce una bicicleta en movimiento debe estar atento a cualquier situación. Una

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

de las principales hipótesis entre ciclistas y vehículos se produce por una combinación de infraestructuras inadecuadas y comportamientos de riesgo por parte de estos actores viales. En los últimos años, cada vez son más las personas que en todo el mundo optan por usar este medio de transporte sostenible urbano, sin embargo, las personas se abstienen de hacerlo por el peligro que muchas veces implica moverse con este medio de transporte.

De acuerdo con el instituto nacional de medicina legal, en Colombia en el 2018 se presentaron 3.207 siniestros viales que involucran bicicletas; en 421 de ellos los ciclistas fallecieron, y 2.786 quedaron lesionados, (Forensis, 2018). Dadas las características del vehículo y el poco uso de medidas de seguridad pasiva, los ciclistas son, junto a los peatones, los usuarios viales más vulnerables a sufrir heridas graves en caso de accidente.

Para entender el aumento de los incidentes con ciclistas y poder desarrollar políticas preventivas, un estudio liderado por Sergio Alejandro Useche, investigador en el Instituto de Investigación de Tráfico y Seguridad Vial (Useche, 2018) de la Universidad de Valencia ha analizado la relación de las vías y los factores humanos con los accidentes de tráfico. Los resultados, que fueron publicados en la revista (Useche, Montoro, Alonso, & Oviedo-Trespalacio, 2018), demuestran que, en los choques entre vehículos motorizados y bicicletas, ambos factores están presentes.

6.5 Exceso de velocidad

La velocidad excesiva, es la causa que tiene el privilegio de ocupar el primer lugar. Las investigaciones han demostrado claramente la relación entre velocidad y accidentalidad. La velocidad, según numerosos estudios es un factor que está relacionado en el 30% de los accidentes mortales y en el 18% de los accidentes en general.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

A mayor velocidad, mayor es la probabilidad de que un peatón o un usuario de la motocicleta/bicicleta fallezca en un siniestro vial; si la velocidad del vehículo que colisiona a alguno de estos dos (2) actores viales es de 50 km/h la probabilidad de que éste fallezca es del 85 %. Al disminuir esta velocidad en solo 10 km/h, es decir, de 50 km/h a 40 km/h, la probabilidad de muerte del peatón o del usuario de estos vehículos de dos (2) ruedas en un choque se reduce al 30 % y si esta velocidad de marcha es de 30 km/h la probabilidad de muerte es de solo el 10 %.

(3) (Forensis, 2018).

De igual forma, entre mayor sea la velocidad de un vehículo, mayor es la distancia de frenado que este requiere en caso de presentarse alguna situación de riesgo; si un vehículo tipo tractocamión se desplaza a 80 km/h necesita una distancia de frenado de 53m para poder detenerse completamente. Sin embargo, si este mismo vehículo circula a 50 km/h su distancia de frenado es de 23 m, como se observa en la figura 1, ciudades más seguras mediante el diseño.

(WELLE, y otros, 2015)



Figura 12. Distancias de reacción y frenado para diferentes velocidades en pendiente y pavimento seco y buenas condiciones.

Fuente: RACC

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

La velocidad es el principal factor de riesgo en seguridad vial, aunque este argumento puede generar debate, es necesario entender que la gravedad de un incidente o un siniestro vial de tránsito bajo cualquier factor de riesgo como alcohol en la conducción, no respetar normas de tránsito, daños en la vía, etc, es determinado por la velocidad a la cual circulen los involucrados.

La velocidad influye en la ocurrencia de accidentes del tránsito: Aumenta la distancia recorrida por el vehículo desde el momento en que el conductor detecta una emergencia hasta que reacciona. Igualmente, aumenta la distancia necesaria para detener el vehículo desde que se reacciona ante una emergencia.

6.6 Puntos ciegos

También conocidos como ángulos muertos, los puntos ciegos que existen en todo vehículo son los que, desde el puesto del conductor, limitan su campo de visión al punto de obstaculizar su amplitud visual y crear zonas de riesgo en las que se pueden provocar accidentes de tránsito.

Según hallazgos técnicos del Centro de Experimentación y Seguridad Vial Colombia - Cesvi, dentro de los puntos ciegos no solamente se puede ‘esconder’ un motociclista, bici usuario, también un automóvil pequeño. Por esta razón, los puntos ciegos impiden advertir la presencia de otros vehículos, especialmente en el cambio de carril (o de adelantamiento). De ahí la necesidad de tener precaución cuando se realizan estas maniobras.

La parte del capó, especialmente en vehículos tipo camionetas, tractocamiones y rodantes muy grandes, también es un punto ciego importante. Por su tamaño, este tipo de vehículos hace necesario que la altura a la cual se encuentra el conductor sea mayor (Cesvi Colombia, 2020)

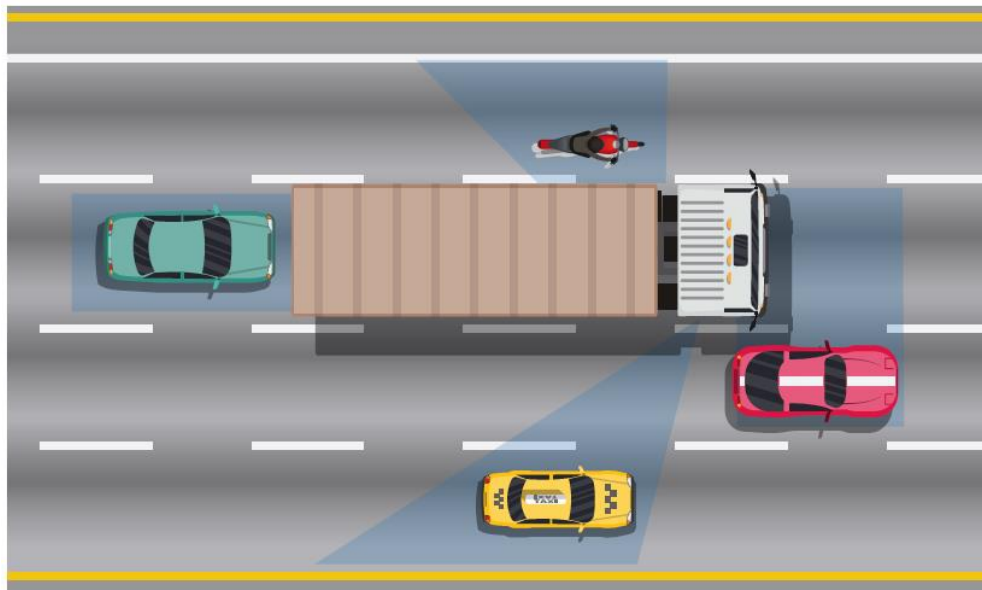


Figura 13. Puntos ciegos al conducir un vehículo tipo tracto camión

Fuente: <https://www.tekcrispy.com/2019/10/31/alaina-gassler-punto-ciego-vehiculo/>

6.7 Excesiva proximidad

Un tema que afecta la integridad física de los actores viales (motociclistas, ciclista) es la distancia lateral mínima de seguridad de 1,5m que cualquier vehículo que transita por una calzada debe mantener con estos actores al momento de adelantar, para el estudio los vehículos tipo tractocamión, con el fin de minimizar los riesgos.

El conductor de un tipo tractocamión que pretenda realizar un adelantamiento a un vehículo de dos (2) ruedas, o conjunto de ellos, debe realizarlo ocupando parte o la totalidad del carril contiguo o contrario, en su caso, de la calzada y guardando una distancia lateral seguridad mencionada anteriormente, igualmente, aplica para los vehículos de dos (2) ruedas que requieran realizar esta maniobra.

Las bicicletas y motocicletas deberán respetar la distancia mínima lateral al adelantar tractocamiones o a un peatón en una vía fuera de la ciudad o zona urbana. Los conductores de estos rodantes deben prestar atención en el entorno en que circulan y mantener visibles de otros conductores, como es el caso de vehículos de grandes dimensiones, ya que podría estar en un

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

punto ciego. Hay distintas maneras de los actores viales relacionados de dejarse ver en la calzada de la vía, como son el casco, las prendas reflectivas y haciendo uso del sistema de iluminación que presentan estos vehículos; lo establecido en la (Ley 1811 de, 2016) estos tipos de vehículos que circulan por una calzada de la vía deben hacerlo ocupando un carril como los señala el artículo 95 “Normas específicas para bicicletas y triciclos”.

6.8 Edad

En las diferentes investigaciones realizadas sobre siniestros viales con vehículos de dos (2) ruedas se observa cómo las personas jóvenes tienen mayor presencia en este tipo de siniestros; existen diferentes posiciones frente al riesgo de morir debido a la gravedad del siniestro en donde se plantea que a una edad adulta el riesgo es mayor, teniendo en cuenta la fragilidad orgánica de las personas mayores en un siniestro vial.

Al analizar los resultados en la revista (Forensis, 2018) por rangos de edades se encuentra que para lesiones fatales el 50,61 % de las personas están en edades entre 15 y 39 años, mientras que en esta misma franja etaria el porcentaje de lesionados no fatales asciende a 57,90 %. Es importante desarrollar campañas de educación vial, en la formación de conductores de vehículos de dos (2) ruedas, con el fin de que cumplan eficientemente su función al momento que se desplazan sobre una calzada de una vía. Esta formación debe incidir en el contexto de su capacidad de atención, en sus reflejos, sensibilidad, inteligencia, sentimientos de respeto a la vida y la propiedad, sentido de responsabilidad y ética profesional, así como en el conocimiento y la aplicación de las normas de tránsito, etc.

Igualmente, por medio de la educación básica primaria impartir una materia sobre la seguridad vial a los niños y niñas que están en proceso de formación, con el objetivo de enseñarles la importancia de proteger y conservar la vida ante un riesgo de un siniestro vial.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Los conductores de los vehículos de dos (2) ruedas tienen la facultad y formación de reaccionar frente al peligro imprevisto, a tomar sus precauciones y a no exponer su vida.

Finalmente, debemos señalar que el actor vial de circulación, además de conocer las normas de tránsito, debe estar capacitado para interpretar adecuadamente las actitudes humanas; así como saber qué posición adoptar para resolver los diversos y complicados problemas que le plantea diariamente el tráfico de vehículos.

6.9 Estabilidad de motocicleta/bicicleta

Las bicicletas y motocicletas son vehículos de una única trayectoria y sus movimientos tienen atributos fundamentales comunes que son inherentemente más complejos de estudiar y diferentes a los de los otros vehículos de ruedas, sean diciclos, triciclos o cuadríciclos (Pacejka, 2006, págs. 517-585). La principal característica de una motocicleta y bicicleta es que no mantiene su equilibrio como un vehículo de cuatro (4) ruedas, por lo que su estabilidad durante el desplazamiento depende de la pericia del conductor. Bajo los 10 km/h es más difícil mantener el equilibrio.

6.10 Adelantamiento

Es una maniobra efectuada como norma general por el costado izquierdo del eje de la calzada, mediante la cual un vehículo se sitúa delante de otro u otros que lo anteceden.

Para el caso de los vehículos de dos (2) ruedas la capacidad de aceleración es generalmente superior a la de la mayoría de los vehículos que circulan por la vía. Se debe esperar el espacio suficiente en la que no exista riesgo alguno y en que la normativa de tránsito permita la maniobra de adelantamiento, sin sobrepasar el límite de velocidad máximo permitido para cada vía.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Por otra parte, el conductor de un vehículo de dos (2) ruedas que adelante o sobrepase a otro, debe hacerlo por la izquierda y a una distancia que garantice seguridad, y no debe volver a tomar la vía de la derecha hasta que tenga una distancia suficiente y segura delante del vehículo que acaba de adelantar o sobrepasar.

6.11 Factor mecánico

El factor mecánico del vehículo se ven opacados en la ocurrencia de un siniestro vial en vista de que estos obligan al factor humano a adecuar su comportamiento a las situaciones que este le presente. Es importante mantener el vehículo en perfectas condiciones, es decir se debe tener en cuenta el mantenimiento preventivo y correctivo, antigüedad del rodante, el adecuado funcionamiento de las especificaciones técnicas adecuadas, frenos, luces, llantas, entre otros.

El mantenimiento de los vehículos se debe realizarse periódicamente, con el fin de reducir el desgaste de las partes mecánicas y conservar la vida útil de las mismas, igualmente, que contribuyan a un buen desempeño de la circulación del vehículo ante un riesgo que se presente en la vía. La reposición vehicular tiene que ver con la antigüedad del vehículo es un factor determinante en la gravedad del siniestro, para el caso de estudio en donde las motocicletas de 5 a 9 años de antigüedad tienen una probabilidad de dos y tres veces mayor de asociarse a un siniestro vial en donde la gravedad es mayor (Dónate , 2006). La presencia de motocicletas de modelos de 1 a 3 años tiene mayores tasas de accidentalidad en accidentes fatales y con heridos.

Con respecto a los tractocamiones se ha venido aumentando el número de víctimas fatales y de siniestros viales donde están involucrados los vehículos de carga. En ese sentido es muy importante, como transmitirle a los conductores de estos vehículos, la necesidad de poder revisar técnicamente sus vehículos de carga que circulan en Colombia, la edad promedio de 18

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

años, son vehículos que en su gran mayoría ya tienen un número importante de kilometraje y se hace necesario a futuro ir pensando en una política pública que permita ponerle vida útil a este tipo de automotores para proteger la vida de los conductores y actores viales que circulan en el entorno de estos vehículos.

6.12 Infraestructura y su entorno

La acción de los conductores de vehículos tipo tractocamión y de dos (2) ruedas hay que situarla en un escenario real, soporte físico del sistema de tráfico correspondiente a la vía y su entorno. Representa las exigencias a las que el sistema conductor-vehículo debe responder, está configurado por los aspectos o elementos ambientales “inalterables”: la calzada o vía y el diseño de su entorno, y por otra parte por todo un conjunto de condiciones circundantes de “naturaleza cambiante”.

Entre los elementos “estables” del sistema podríamos considerar los siguientes:

- La calzada o vía: incluyendo su planteamiento y construcción, trazado, pavimentación, anchura, resistencia al deslizamiento, número de carriles, la pendiente, el peralte, así como su explotación, mantenimiento y rehabilitación.
- El diseño del entorno de la vía: elementos y objetos que deben considerarse componentes de la vía por su influencia en la conducción, incluyendo desde la localización de señales, bolardos, barreras protectoras, la señalización y otros objetos del mobiliario urbano, hasta el problema que plantea el diseño correcto de la señalización desde su aspecto perceptivo, tipos de letra, tamaños, situación, visibilidad e iluminación de estas, etc.

Existe, por otra parte, todo un conjunto de elementos “cambiantes” que modulan e influyen en la conducción de forma más imprevisible, intemporal o incidental como son:

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- La climatología e incidencias u obstrucciones temporales: oscuridad, niebla, lluvia, nieve o hielo, obras en la vía, cruce de animales, otros vehículos y peatones, atascos, retenciones, etc.

Lluvia: sobre el pavimento se forma una película lubricante que facilita el deslizamiento del vehículo. Debe reducirse la velocidad y aumentar el espacio con el vehículo. Después de circular por una vía mojada recupere los frenos, dando varios toques cortos y suaves.

Niebla: se debe conectar el alumbrado de cruce y antiniebla. Disminuya la velocidad y aumente la distancia con el vehículo que le preceda.

Viento: aumenta el riesgo de desplazamiento o vuelco lateral. Se debe aminorar la marcha, sujetar firmemente el volante, y extremar la atención en los pasos de zonas protegidas a desprotegidas.

- Las medidas de control de tráfico y la supervisión policial que incluye el control y gestión temporal de las señales luminosas, pasos para peatones y rotondas, controles policiales de las infracciones del conductor, cámaras de control de tráfico, etc.

La climatología también cobra especial importancia. Cuando es adversa, la adherencia de los neumáticos a la calzada se reduce radicalmente y eso hace más difícil el control del vehículo. Y a mayor velocidad, menor adherencia. Por eso, los investigadores aseguran que con lluvia o hielo los conductores deberían reducir su velocidad entre un 30 y un 60 % sobre la señalizada para moverse en los mismos márgenes de seguridad de una carretera seca, cosa poco frecuente, según los expertos, porque los conductores desconocen cuáles son dichos márgenes y su importancia, (El factor ambiental la vía y su entorno , s.f.)

7. METODOLOGÍA

La metodología muestra los diferentes pasos que se llevaron a cabo para el desarrollo de la investigación, mediante los cuales se obtuvo los datos relevantes para el análisis descriptivo y finalmente el modelo experimental, se describe a continuación la metodología paso a paso:

7.1 Fuente de información

Por medio de la Secretaria de Movilidad de Bogotá, se obtuvo la estadística de siniestro viales de Bogotá reportados entre los actores viales: ciclista, motociclistas y tractocamión para los años 2014 a 2019, así mismos, sus hipótesis o causas probables, víctimas lesionadas y fallecidos, con lo que se puede identificar las áreas de la ciudad donde se reportaron estos eventos, los cuales se alimentaron con la información contenida en el Informe Policial de Accidentes de Tránsito–IPAT. La información de estos archivos planos se organizó en una base de datos que contenía los registros discriminada por años, con archivos independientes de las hipótesis del accidente de tránsito del conductor, del vehículo, de la vía, del peatón, del pasajero y otra.

7.2 Informe policial de accidentes de tránsito - IPAT

Bajo la resolución 0011268 de 2012 del 6 de diciembre de 2012, la cual tiene como objeto adoptar el nuevo formato del IPAT y su manual de diligenciamiento, facultar a los alcaldes de los Municipios que no cuenten con Organismo de Tránsito municipal no departamental, para que reporten la información de los accidentes de tránsito de su jurisdicción y establecer el procedimiento para tal efecto.

La actualización del formato IPAT, se orientó a permitir una identificación clara y probable de las hipótesis de siniestros viales en el país y a facilitar así mismo, al gobierno nacional, local, municipal, departamental y a los representantes de la sociedad civil la implementación de acciones relacionadas con la seguridad vial. Igualmente, el nuevo formato

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

permite alimentar el Registro Nacional de Accidentes de Tránsito y el Sistema de Información Geográfico de Accidentes de Tránsito – SIGAT, el cual se digitalizan todas las variables del informe de accidentes registrado.

El formulario está compuesto por un formato general está dividido en tres secciones que aparecen registradas en las hojas 1, 2 y 3. La primera hoja consigna la información general del accidente (descripción del lugar de los hechos, circunstancias de modo y tiempo, características de las vías, diseño vial e identificación de los conductores, vehículos y propietarios y un código de barras); la segunda hoja consigna la información del segundo vehículo involucrado, las víctimas, hipótesis, testigos y observaciones entre otros; y el tercer folio se diagrama el croquis correspondiente con la tabla de medidas de identificación de los puntos de referencia así como los datos de quien conoce el accidente.

Por otra parte, cuando en el accidente intervengan más de dos vehículos o se presentan varias víctimas se utilizarán los anexos 1 y 2 del formato respectivos. El Anexo 1 corresponde a la información en caso de haber más de 2 vehículos involucrados, la información de los conductores y propietarios de los otros vehículos; el Anexo 2 corresponde a víctimas, pasajeros y peatones, en caso de presentarse más de 2.

7.3 Bases de datos

Las bases de datos corresponden a archivos planos con información que contienen los siguientes registros:

- Siniestros viales “con muertos”, con participación Motocicleta y Tracto camión, entre los años 2014-2019.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Siniestros viales “con muertos”, con participación Bicicleta y Tracto camión, entre los años 2014-2019.
- Participación de hipótesis en siniestros viales “con muertos”, con participación Motocicleta y Tracto camión, entre los años 2014 -2019.
- Participación de hipótesis en siniestros viales “con muertos”, con participación Bicicleta y Tracto camión, entre los años 2014 -2019.

7.4 Diseño de la investigación

En el presente trabajo de grado, se aplican los siguientes tipos de investigación descriptiva, exploratoria, experimental y explicativa, presentados en el libro Metodología de la investigación “administración, economía, humanidades y ciencias sociales” tercera edición, (Bernal Torres, 2010); así:

La investigación exploratoria permite indagar sobre la información recolectada en los principios físicos, artículos científicos desarrollados por la comunidad científica internacional de pruebas realizadas a los tipos de vehículos que estudiamos, como son (bicicletas, motocicletas y tracto camión).

La investigación descriptiva y explicativa o causal, se aplica en este trabajo de grado para realizar el modelo experimental, realizando la obtención de resultados para la recopilación de los datos requeridos de acuerdo las variables físicas independientes, documentos de artículos y proyectos similares internacionalmente. Explicativa o causal, tiene como fundamento dentro de una de sus hipótesis, la siguiente, el aire circundante del flujo turbulento porque afectaría la estabilidad de circulación de la motocicletas y bicicletas.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

La investigación experimental se caracteriza porque actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos como mecanismos o técnica para probar las hipótesis planteadas.

7.5 Definición de las variables

A partir de la información contenida en los registros de las estadísticas de los siniestros viales gravedad “con muertos” en los que se vieron involucrados vehículos de clase Bicicletas y Motocicletas y Tracto camión y el modelo experimental que se pretende realizar en la presente investigación se analizaron las siguientes variables:

7.5.1 Variables dependientes

La Fuerza (indirecta), se calcula con la trayectoria que describe las plomadas (péndulos) en cada punto del espacio. Los péndulos muestran una trayectoria en un tiempo determinado, lo que permitiría establecer la ecuación espacio vs tiempo (software Tracker), cuando se tenga esta ecuación se realizara la derivada para obtener la ecuación de velocidad, una vez se halle, podemos calcular por una segunda derivada la ecuación de aceleración en cada punto; con la aceleración y teniendo la masa de la plomada que es movida, se obtendrá la ecuación de la fuerza ($\text{masa} \cdot \text{aceleración}$) en el tiempo, correspondiente a la ecuación final.

7.5.2 Variables independientes

Las variables independientes que podemos encontrar al realizar el modelo experimental en campo son las siguientes:

7.5.2.1 Vehículo tipo tracto camión:

1. Forma del tracto camión (geometría cabezote)
2. Forma de la carrocería
3. Fuerza de aerodinámica C_x

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

4. Masa del vehículo
5. Velocidad del vehículo tipo tractocamión

La velocidad alta relativa que se va a utilizar en la prueba experimental es de 80km/h o una velocidad mayor, si se utiliza a esta velocidad se eliminarán las velocidades inferiores es decir, la de 50 y 70 km/h, porque este fenómeno del flujo turbulento sucede a velocidades altas, y solo se va a realizar a esta velocidad debido a la seguridad y para optimizar los recursos, como son, costos, el montaje, el giro del tractocamión, entre otros.

7.5.2.2 Distancia o separación lateral:

1. Distancia o separación lateral (0,5m) entre el manubrio de la bicicleta costado izquierdo parte anterior con la línea de guía en la superficie asfáltica, por donde debe pasar y desplazarse el vehículo tipo tractocamión:

Se realizarán diez (10) pruebas de modo que se pueda efectuar un análisis estadístico directa y una generalización, en la distancia descrita de (0,5m), con el objetivo de determinar si es posible saber si se presenta succión, en una condición extrema, para optimizar los recursos, la cual nos va a permitir medir el desplazamiento de los péndulos (plomadas),

7.5.2.3 Vehículo tipo motocicleta/bicicleta:

1. Forma de la moto/bici
2. Masa del sistema vehículo/conductor
3. Aerodinámica Cx
4. Piloto (pericia moto/bici)

7.5.2.4 La Vía y su entorno:

1. Presión atmosférica
2. Humedad relativa

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

3. Temperatura
4. Latitud
5. Altitud
6. Dirección del viento
7. Hora y fecha
8. Velocidad del viento circundante
9. Punto de rocío

Para medir la velocidad del viento en el punto (directa), la podemos realizar con el aparato de nombre anemómetros de hélice (que permite medir la velocidad del viento en cada punto).

7.6 Población y muestra de estudio

De la estadística registrada en la revista Forensis 2018 del INMLCF, se presentaron 6879 muertes por accidentes de transporte, de las cuales se seleccionó aquellos accidentes donde estaban involucrados muertes por accidentes de transporte según el medio de desplazamiento bicicleta y motocicleta, los cuales se registraron para bicicleta un total de 428 casos distribuidos para el conductor de 421 y 7 para el pasajero y para el actor motocicleta un total de 3450 casos divididos entre el conductor 2852 y 598 para el pasajero respectivamente, a continuación, en la tabla 6 se observa el detalle de los registros obtenidos de esta revista:

Tabla 4.

Detalle registros utilizados de las tablas de datos del INMLCF

Variable dependiente	No de registros	Características
Accidente de tránsito donde están involucradas motocicletas	3450	Contiene los datos de los accidentes organizados según la gravedad del accidente
Gravedad del conductor del motociclista	2852	Contienen la información de los motociclistas según su gravedad
Gravedad del pasajero	598	Contiene la información del pasajero involucrados en ATM según su gravedad.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Accidente de tránsito donde están involucradas bicicletas	428	Contiene los datos de los accidentes organizados según la gravedad del accidente
Gravedad del conductor de la bicicleta	421	Contienen la información de los motociclistas según su gravedad
Gravedad del pasajero	7	Contiene la información del pasajero involucrados en ATB según su gravedad

Fuente: Elaboración propia

7.7 Instrumentos

Corresponde a las herramientas o materiales utilizados para la recolección de los datos. En este caso a los utilizados para la prueba del modelo experimental, los cuales se relacionan a continuación:

1. **Cámara de humo (opcional):** La cámara de humo de serie 1500 sin marca específica, la cual será ubicada en uno de los costados del vehículo 2 (bicicleta o motocicleta) y expulsará humo para observar la circulación de este al momento que el vehículo 1 (tractocamión-remolque) se desplaza por la pista de prueba a una velocidad de 80km/h o superior y una distancia lateral de 0.50m del vehículo 2.

2. Automotores:

- **Vehículo 1 tipo Tracto camión (C3S2 O C3S3):** sin Marca específica, Línea sin especificar, modelo superior a 2012, cilindrada 8000cc o similar cilindraje, color sin especificar, servicio público, combustible ACPM, de placas públicas, el cual se desplazará a una velocidad de 60 (velocidad permitida en las principales avenidas de la ciudad de Bogotá) y 80km/h (o superior), a una distancia lateral de 0.50m con respecto a uno de sus costados del vehículo 2 (bicicleta o motocicleta).
- **Vehículo 2 tipo bicicleta todo terreno o motocicleta:** clase de vehículo tipo Bicicleta, sin marca específica, línea sin especificar, modelo reciente, sin importar el color, estará ubicada de forma estática sobre un soporte metálico en uno de sus costados de la calzada de la vía, el cual se tomara una distancia lateral de acercamiento del vehículo 2 (bicicleta

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

o motocicleta) de 0,50m con respecto al punto del manubrio izquierdo o derecho de la bicicleta o motocicleta, al momento que transita el vehículo 1 (tractocamión-remolque) a una velocidad de 60 (velocidad permitida en las principales avenidas de la ciudad de Bogotá) y 80km/h (o superior) sobre el tramo de la prueba del modelo experimental.

3. **Computador portátil:** En este PC de cualquier marca que cuente con el paquete de Windows y con buena menorara de procesamiento, en el cual se descargarán los archivos digitales (videos y fotos), obtenidos del dron, las cámaras estáticas terrestres y iPhone 7 o versión superior, por medio de las diez (10) pruebas por cada velocidad de 60 (velocidad permitida en las principales avenidas de la ciudad de Bogotá) y (80km/h o superior) y la distancia lateral de 0.50m a uno de los costados del vehículo 2 (bicicleta o motocicleta). Igualmente, en este equipo se realizará el procesamiento de los datos con el apoyo del software trackers.
4. **Equipo Dron:** Corresponde a un equipo marca Mavic Pro, modelo Platino, en el cual se registrarán los videos que se obtienen del posicionamiento del área de la prueba, el objetivo de registrar por medio de videos el movimiento, circulación de la prueba del modelo experimental y el humo de la cámara.
5. **Software tracker:** Es un software libre que permite el análisis de movimientos (y otras situaciones reales) en una y dos (2) dimensiones. El programa permite extraer en tablas y gráficos, los valores de diferentes magnitudes:
 - Posición-tiempo de una o varias partículas a la vez
 - Velocidad-tiempo
 - Aceleración-tiempo

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Otras representaciones entran todas las posibles parejas de magnitudes cinemáticas, dinámicas y energéticas que permitan describir el movimiento

Además de todo esto permite la creación de un modelo cinemático o un modelo dinámico que describa el fenómeno a estudiar. De este modo podemos establecer el grado de viabilidad de nuestro modelo con la realidad en relación con su grado de predicción de datos reales. Este modelo puede compararse constantemente con los datos reales y por tanto podremos comparar su fiabilidad.

- 6. Cámaras terrestres estáticas:** se ubicarán dos (2) cámaras, marca Ricoh, referencia Theta S, o de similares características, ubicadas en uno de sus costados del vehículo 2 (bicicleta o motocicleta) de la parte frontal o anterior y posterior, con el fin de registrar por medio de videos y fotos el movimiento de las plomadas (péndulos) y el aire circundante que genera la cámara humo al momento que se desplaza el vehículo 1 (tractocamión-remolque) por uno de sus costados del vehículo 1 a una distancia lateral de 0,50m.
- 7. iPhone 7 capacidad 128Gb o versión superior:** Equipo se similares características que permitirá el registro de los videos con la profundidad del zoom, cuando se traslade el vehículo 1 (tractocamión-remolque), igualmente, la trayectoria que realizará las plomadas (péndulos) sobre la cuadrícula diseñada para el modelo experimental. La ubicación de este equipo será a la altura de la estructura fija del puente peatonal o vehicular; posteriormente, se analizarán en el software tracker los cuales se puede realizar un buen análisis de los resultados.
- 8. Maniquí de prueba:** hará función del conductor del vehículo 2 (bicicleta o motocicleta), con el fin de sujetar por algunos de sus costados las plomadas (péndulos) que serán ubicados en las partes de las extremidades (codo, cadera, rodilla y tobillo), con el fin de observar y

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

registrar el movimiento que realiza estos aditamentos al momento que se desplaza el vehículo 1 (tractocamión-remolque) a una determinada velocidad de 60 (velocidad permitida en las principales avenidas de la ciudad de Bogotá) y 80km/h (o superior), para que sean documentos por el equipo iPhone 7 o versión superior, el dron y las cámaras terrestres estáticas soportadas sobre trípodes.

- 9. Cuadrícula de prueba:** la cuadrícula tendrá un trazado en pliegos de cartulina de color negro con marcadores naranja y verde para una mejor visualización y cada cuadro presenta una medida de 3x3 o 5x5 cm, la cual se registrara sobre las columnas con las letras A, B, C, D, E hasta donde abarque la misma y sobre las filas los numeros del 1, 2, 3, 4, 5 hasta donde termine la cuadrícula, el objetivo de esta es observar y referenciar el movimiento y circulación de los péndulos (plomadas) por medio del equipo iPhone, cámaras estáticas terrestres y la circulación del humo expulsado por la cámara de humo, para luego ser analizados los videos obtenidos en la prueba experimental por medio del software tracker.
- 10. Plomadas (péndulos):** Estos instrumentos se van ubicar en uno de los costados del maniquí de prueba (codo, cadera, rodilla y tobillo) y en el vehículo 2 (bicicleta o motocicleta) por unos de sus costados en la partes (manubrio, ejes delantero y trasero y parte del motor o centro de estos vehículos), estos elementos van soportados sobre una piola y en la punta un proyectil que actúa como una masa de forma puntiaguda, el cual va permitir observar el movimiento que ejerce el aire circundante al momento que se desplaza el vehículo 1 (tractocamión-remolque) a una velocidad de 80km/h o superior cuando pasa a uno de sus costados de la distancia lateral de 0.50m del vehículo 2. Este movimiento se va a registrar por medio de las cámaras estáticas terrestres y el equipo iPhone 7 o versión superior.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

7.8 Procedimientos

Para la recolección de los datos adquiridos en la prueba experimental se realizará por medio de un equipo portátil de cualquier marca, en el cual se descargarán los archivos obtenidos de cada prueba del equipo celular marca iPhone 7 capacidad 128gb o versión superior, registrando los videos cuando se desplace el vehículo 1 (tracto camión) y pase sobre la cuadrícula ubicada al lado del vehículo 2 (bicicleta o motocicleta), igualmente, registrara las trayectorias que realiza las plomadas (péndulos) sobre la guía de la cuadrícula diseñada para el modelo experimental, es decir, se tomaran diez (10) registros respecto a la distancia lateral de 0,50m con su respectiva velocidad de 80, 90 o 100 km/h (o la mayor que se pueda alcanzar).

Continuación del párrafo anterior, se tendrá la opción de realizar una toma de datos a la velocidad permitida en la zona urbana de la ciudad de Bogotá correspondiente a 60 km/h (velocidad permitida en las principales avenidas de la ciudad de Bogotá); dicho equipo celular se encontrará ubicado en la parte superior del puente peatonal o vehicular donde se tenga establecido la realización de la prueba.

Igualmente, por medio de las dos (2) cámaras terrestres marca Ricoh, referencia Theta S estáticas las cuales se ubicarán en la parte anterior y posterior del costado derecho del vehículo 2 (bicicleta o motocicleta), con el fin de registrar por medio de videos el movimiento y circulación que ejercen las plomadas (péndulos) y el humo producido por la cámara humo, luego son descargados al computador portátil y posterior analizados por medio del software tracker.

Posteriormente, los archivos (videos) obtenidos por medio del registro del iPhone 7 o versión superior y las cámaras estáticas terrestres son analizados en el Software tracker, el cual es un software libre que permite el análisis de movimientos (y otras situaciones reales) en una y dos (2) dimensiones. El programa permite extraer en tablas y gráficos, los valores de diferentes

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

magnitudes: Posición-tiempo de una o varias partículas a la vez; velocidad-tiempo; aceleración-tiempo; otras representaciones entran todas las posibles parejas de magnitudes cinemáticas, dinámicas y energéticas que permitan describir el movimiento; Además de todo esto permite la creación de un modelo cinemático o un modelo dinámico que describa el fenómeno a estudiar.

De este modo podemos establecer el grado de viabilidad de nuestro modelo con la realidad en relación con su grado de predicción de datos reales. Este modelo puede compararse constantemente con los datos reales y por tanto podremos comparar su fiabilidad.

7.8 Análisis de los datos

El análisis de los datos consiste en interpretar los hallazgos relacionados con el problema de investigación, los objetivos propuestos, la hipótesis y/o preguntas formuladas, y las teorías o presupuestos planteados en el marco teórico, con la finalidad de evaluar si confirman las teorías o no. En este análisis deben mostrarse las implicaciones de la investigación realizada para futuras teorías e investigaciones.

Se realizará análisis de los datos obtenidos del software tracker en la que se podrá visualizar la fuerza con la que se mueven las plomadas (péndulos) en cada punto del espacio. Los péndulos va mostrar una trayectoria en un tiempo determinado, nos va permitir establecer la ecuación espacio vs tiempo, cuando tengamos esta ecuación se realiza una derivada ara obtener la ecuación de velocidad, una vez la tengamos podemos calcular por una segunda derivada la ecuación de aceleración en cada punto y con la aceleración y teniendo la masa que es movida podemos encontrar la ecuación de la fuerza ($\text{masa} \cdot \text{aceleración}$) en el tiempo, cada tiempo, la fuerza que esta experimento eso contrapeso es la ecuación final.

8 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Después de efectuar la revisión bibliográfica, no se encontraron estudios que permitan realizar análisis del efecto de flujo turbulento generado por vehículos tipo tractocamión sobre un vehículo de dos ruedas Anderson, J. (2016). La presente investigación busca implementar lineamientos para efectuar un modelo experimental en donde se verificará la existencia o no de los efectos que el tractocamión produce cuando se desplaza a alta velocidad sobre los vehículos de dos (2) ruedas que circulan a uno de los costados, de igual manera, se desea observar por medio de una cámara de humo (opcional) el comportamiento del aire al momento en que el tractocamión pase por un punto en donde se encuentre ubicado en reposo un vehículo de dos (2) ruedas.

Teniendo en cuenta que durante el desarrollo del proyecto, el País enfrenta una emergencia sanitaria, con ocasión de la pandemia generada por la COVID 19, y al plan de estudios que tiene la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, debido al periodo de la cuarentena se vio la necesidad de reorientar la investigación y adaptarla a las nuevas circunstancias del momento, sin modificar el alcance y la profundidad durante la etapa de preparación de la investigación, igualmente, la información teórica podría llegar a enriquecer mucho más el estudio, porque va permitir dejar planteados los lineamientos que se deben tener en cuenta para realizar este estudio (prueba experimental), por lo tanto, la presente investigación se desarrollará hasta este punto con un aporte para la seguridad vial. Se deja para futuras investigaciones la elaboración de la prueba experimental.

Por lo anterior, esta investigación aportará información de los datos obtenidos de la prueba experimental, para luego realizar la interpretación de resultados; igualmente, analizando

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

las hipótesis y sus consecuencias, las cuales se producen en el desplazamiento de vehículos de dos (2) ruedas sobre una vía con flujo de tractocamiones a alta velocidad.

Se puede indicar que hay una preocupación en el estado y a nivel distrital en la Secretaria de Movilidad de la ciudad de Bogotá en el incremento de la alta accidentalidad en los accidentes de tránsito con los actores viales (bicicletas, motocicletas y vehículos tipo tracto camión), por factores relacionados a la velocidad, la impericia y ahora sumado a lo que relacionan con el efecto Venturi, a raíz de esto se puede realizar un trabajo objetivo y que tenga un enfoque científico. Sin embargo, al estudiarlo teóricamente pareciera que no tiene de donde surgir, por eso es mejor hacerlo experimental para salir de los interrogantes que se dan al estudiar estos tipos de fenómenos que pueden determinar.

El Impacto social del por qué se realiza el presente proyecto, se relacionan a continuación en los siguientes ítems: 1. mostrar que existe un fenómeno relacionado al aire que podamos medir la fuerza y concluir que tanto puede llegar influenciar la fuerza en la dirección de los vehículos de dos (2) ruedas, para poder hacer pedagógica enfocándose al ser humano correspondiente a los conductores de tractocamiones, motos y bici, a partir de ahí poder mostrar ese fenómeno, como lo realizamos por medio de un plan de prevención; 2. Proponiendo una nueva señal de tránsito vertical de las ya existentes (puede ser una triangular donde se grafique el tractocamión, a una distancia (1,5m) los vehículos de dos (2) ruedas), con esto se puede reducir el número de muertes y lesionados por esta causa;

Por último, el 3. el efecto Venturi o nombrarlo como se llegue a concluir flujo turbulento, lo que se ve en el momento es que el aire empuja hacia adelante, es decir la trayectoria del vehículo.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

El Desarrollo de la metodología la cual se describió en el ítems 7 de este trabajo permite que se pueda implementar unos lineamientos como son el diseño de investigación cual es la finalidad de esa escogencia, la definición de variables que se van a tener en cuenta la prueba experimental, la población y muestra que es afectado por la problemática estudiada, los instrumentos, herramientas o materiales que se van a utilizar en recolección de los datos, los procedimientos de los pasos realizados para la recolección de los datos y el análisis de datos obtenida junto con las técnicas estadísticas empleadas, con el fin de probar el fenómeno que se puede presentar en el flujo de aire turbulento circundante u otro tipo de fenómenos que se pueden encontrar, todo esto asociado a las tecnologías de punta que podemos implementar.

Una de las acciones a tomar es realizar pedagogía vial con los actores viales intervinientes (bici usuarios, conductores de los vehículos tipo tracto camión y motociclistas), por medio de las entidades gubernamentales como es la Agencia Nacional de Seguridad Vial – ANSV adscrita al Ministerio de Transportes, academias de conducción, y entidades que estén vinculadas con la seguridad vial, entre otras, relacionadas a la prevención vial con los actores influyentes.

Por medio del análisis que está realizando se puede llegar a mostrar que existe un fenómeno relacionado al aire que podamos medir la fuerza y concluir que tanto puede llegar influenciar la fuerza en la dirección de los vehículos de dos (2) ruedas, para poder hacer pedagógica enfocándolo al ser humano correspondiente a los conductores de tractocamiones, motos y bici, lo realizaríamos por medio de un plan de prevención.

Después de recolectar los datos en la prueba experimental se realizará análisis de los datos y videos obtenidos que busca la implementación de un software que permite el seguimiento, como lo es el software del tracker, que es un software libre que permite el análisis

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

de movimientos (y otras situaciones reales) en una y dos (2) dimensiones. El programa permite extraer en tablas y gráficos, los valores de diferentes magnitudes (posición-tiempo de una o varias partículas a la vez; velocidad-tiempo; aceleración-tiempo; y otras representaciones entran todas las posibles parejas de magnitudes cinemáticas, dinámicas y energéticas que permitan describir el movimiento.

Un importante aporte con el presente trabajo es el fortalecimiento del estado social de derecho, para así poder despejar las dudas en cuanto a la resolución jurídica de casos donde se presenten accidentes de tránsito con estos actores viales (Bicicletas, Motocicletas y vehículos tipo tracto camión), en cuanto a la reconstrucción analítica de los hechos y la relación entre las hipótesis y causas que se pueden llegar a concluir una vez investigado el hecho de los intervinientes.

Aportando en la investigación para el fortalecimiento de la Escuela en sus áreas de los recursos humanos, tecnológicos, infraestructura del campus, equipos e instrumentos con los que cuenta la Escuela, para poder así desarrollar con plenitud el trabajo de grado y llegar a obtener los resultados propuestos una vez de analizado los datos obtenidos y por medio de las conclusiones y recomendaciones llegar a proponer una mejora y contribuir a la aplicación.

En el presente estudio de investigación se desarrollaron pruebas preliminares antes de la prueba experimental final, con el objetivo de observar el área, los equipos, cuadrícula de estudio y la logística que se va implementar el día de la practica a la misma; la finalidad también consiste en ajustar los datos obtenidos de los videos y fotografías y resultados, para poderlos procesar en el software tracker y poder determinar una metodología de estudio, a continuación se realiza un resumen de los resultados de la pruebas ejecutadas:

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

8.5 Prueba preliminar No 1

Esta prueba se efectúa el 24 de octubre de 2019 entre las 13:00 a 17:00 hrs, en la calzada de la parte posterior contigua al cementerio Jardines del recuerdo de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito ubicada en la dirección AK 45 (Auto norte) #205-59, Bogotá, la cual está conformada por una calzada recta, plana de aproximadamente 280m de longitud y ancho de calzada aproximadamente 4m, el alcance de esta prueba consistía en determinar el funcionamiento de los equipos utilizados y conocer el comportamiento si los equipos son los adecuados para realizar la prueba experimental.

En la prueba se utilizaron una serie de recursos y procedimientos, que se describen a continuación:

Recurso Humano

- Conductor vehículo 1
- Copiloto vehículo 1
- Banderillero
- Conductor y operario del equipo Dron
- Técnico del manejo del equipo de cómputo
- Técnico operador de la cámara de Humo:

Tecnológicos

- Computador portátil marca DELL Intel Core I7 7th Gen: En este PC
- Equipo Dron
- Radar de velocidad
- Cámara de humo
- Software traker

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Automotores

- Vehículo 1: Clase de vehículo Camioneta, marca Kia, Línea New Sportage Ex, modelo 2017, cilindrada 1999, color Blanco, servicio particular, combustible gasolina, de placas KFY151.
- Vehículo 2: Clase de vehículo tipo Bicicleta, marca Scott, línea Aspect 930, modelo 2017, color gris/naranja, con número de serie C2CV2505.



Figura 14. Imagen de campo de la prueba preliminar No 1, donde se aprecia el vehículo 1 de prueba, maniquí de prueba, cuadrícula, recurso humano, cámara de humo, entre otras.

Fuente: elaboración propia

Logísticos

- Cuadrícula de prueba (20x20cm)
- Distancia lateral de acercamiento del vehículo 1 al vehículo 2 (bicicleta): La distancia se tomará del manubrio lateral izquierdo del vehículo 2 con el desplazamiento a una velocidad de prueba que realiza el vehículo 1, las cuales corresponden a (0.5, 1 y 1,5m).
- Cinta de seguridad para acordonar

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Serpentina color rojo
- Señales de inicio y final (recurso humano)
- Maniquí de prueba.

Locativos

- Punto de hitradatación
- Refrigerios
- Agua

La prueba inicio acordonando con cinta de seguridad el sitio de la prueba, seguidamente, el vehículo tipo liviano (vehículo 1) se desplazó sobre una recta alcanzando una velocidad de 28, 34, 56 y 64km/h, y pasando sobre el costado lateral izquierdo del vehículo 2 (bicicleta) en posición estática a una distancia de 1 m, en total se efectuaron cinco (5) pruebas, la altura del equipo dron era de 10m; esta prueba nos arrojó como análisis y mejora para ajustar la prueba experimental que la cuadrícula de prueba tenía un área muy extendía (20m de longitud), la cual se podría aplicar solo para el área de ubicación del vehículo 2 y la distancia lateral de la prueba (0.50, 1, 1.5m).

Igualmente, el trazado de esta cuadrícula se podría remplazar por cinta de seguridad de tráfico pesado o cinta satín; también, se observó que los videos que tomaba el equipo dron presentaban mucho movimiento; por último, se ingresaron estos videos tomados al software tracker, el cual presentaron el problema que no era visible la trayectoria de las serpentinas.

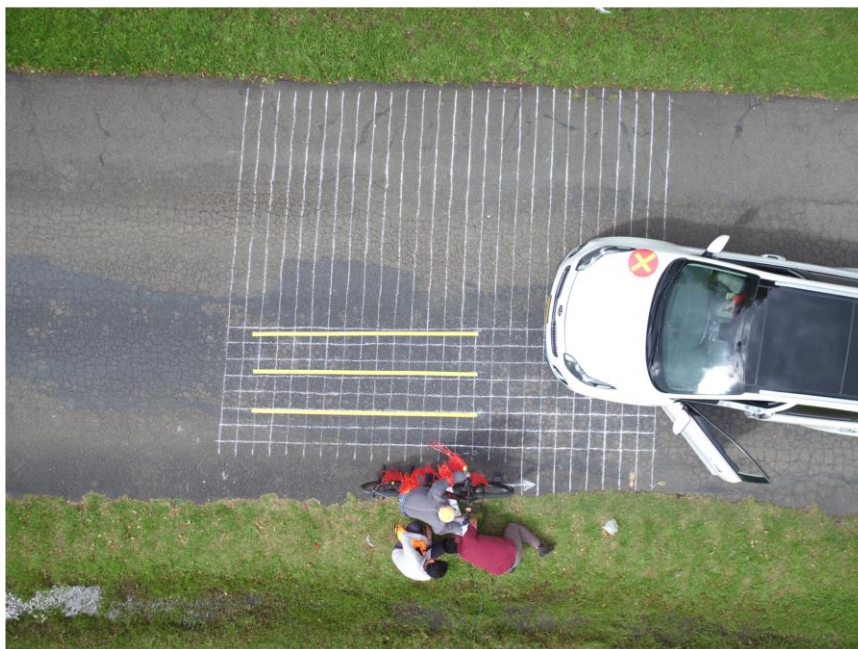


Figura 15. Imagen vista superior de campo de la prueba preliminar No 1, donde se observa el vehículo 1 de prueba, maniquí de prueba, cuadrícula de prueba, distancia lateral de prueba (0,50, 1m y 1,50m), recurso humano, entre otras.

Fuente: elaboración propia

8.6 Prueba preliminar No 2

Se realiza la prueba el 17 de diciembre de 2019 entre las 16:00 a 17:30 hrs, en la calzada de la parte posterior contigua al cementerio Jardines del recuerdo de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito ubicada en la dirección AK 45 (Auto Norte) #205-59, Bogotá, la cual está conformada por una calzada recta, plana de aproximadamente 280m de longitud y ancho de calzada aproximadamente 4m.

El objetivo consistía en observar mediante la cámara del equipo dron el movimiento que realiza la cinta satén color azul y la punta en figura de flecha en material balsa color naranja, luego se coloca a funcionar el ventilador de aspas en los puntos donde fue ubicado la cinta y verificar si la cuadrícula elaborada era visible a la altura del equipo dron; se instaló la bicicleta, el maniquí de prueba, la cuadrícula, el ventilador y el equipo dron, se efectuaron unos videos a diferentes alturas (4 y 11m), para luego ser analizado en el software tracker.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

En la prueba se utilizaron una serie de recursos y procedimientos, que se describen a continuación:

Recurso Humano

- Investigador tesis
- Director de tesis
- Conductor y operario del equipo Dron

Tecnológicos

- Equipo Dron
- Computador portátil marca DELL Intel Core I7 7th Gen
- Software tracker

Automotores

- Vehículo 2: Clase de vehículo tipo Bicicleta, marca Scott, línea Aspect 930, modelo 2017, color gris/naranja, con número de serie C2CV2505.



Figura 16. Imagen de campo de la prueba preliminar No 2, la imagen de la izquierda se observa una vista lateral del vehículo 2 (bicicleta), la cuadrícula de prueba (1x1cm), la cinta satén de color azul y la punta en figura flecha color naranja y el ventilador de aspas; en la imagen de la derecha, es una continuación, en otro ángulo donde se observa el ventilador de aspas, el vehículo 2 y la cuadrícula de prueba, entre otras.

Fuente: elaboración propia

Logísticos

- Cuadrícula de prueba (1x1cm)

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Cinta satín color azul con punta en forma de flecha en balsa color naranja
- Maniquí de prueba
- Ventilador de aspas

Locativos

- Punto de hitradatación
- Agua, refrigerios

Una vez analizados los videos obtenidos por el equipo dron, se observa que no presenta un ajuste del movimiento al momento de grabar cada video a diferente altura (4 y 11m) realizado, lo que dificulta al reproducirlo en el software tracker para tomar las medidas e interpretar los resultados, es decir, los videos que toma el equipo dron presentan demasiado movimiento al momento que se reproducen; por otra parte, se observó que el equipos dron es muy inestable a estas alturas, y también ejerce mucha presión del viento contra las citas satín y la punta y el vehículo 2 (bicicleta), lo que quiere decir, que realiza trayectorias en diferentes sentidos de esta cinta; por último, se va realizar otra prueba preliminar con el fin de ajustar la cuadrícula de prueba.

Por tal motivo, se descarta el equipo dron para realizar la prueba experimental, por el contrario, se va a utilizar el equipo celular marca iPhone versión 7 como se tenía propuesto inicialmente.

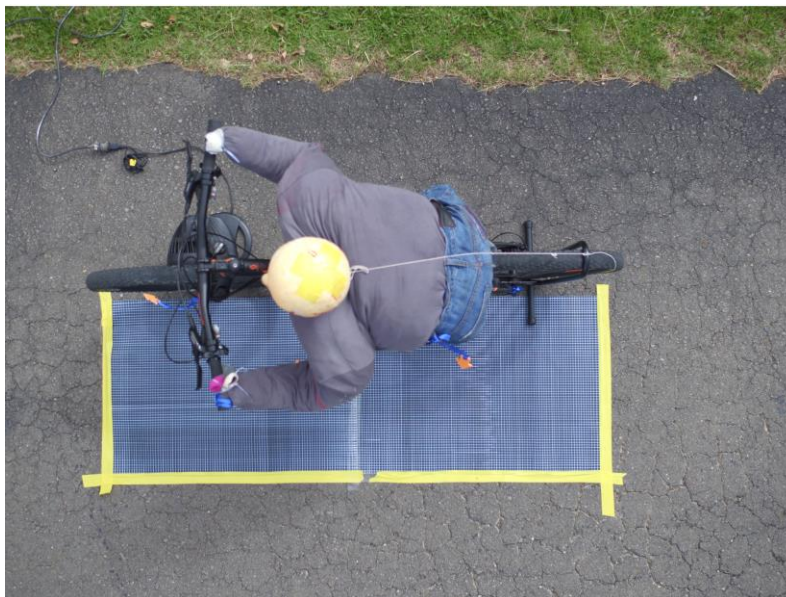


Figura 17. Imagen vista superior de campo de la prueba preliminar No 2, donde se observa el vehículo 2 (bicicleta), maniquí de prueba, cuadrícula de prueba (1x1cm) y ventilador de aspas, entre otras.
Fuente: elaboración propia

8.7 Prueba preliminar No 3

La prueba se realiza el 19 de enero de 2020 entre las 11:00 a 12:00 hrs, en el puente peatonal sobre la calzada de la vía Cajicá – Tabio carril izquierdo, sentido vial de circulación sur-norte del municipio de Chía de la sabana Bogotá, la cual está conformada por dos calzadas cada una de tres carriles de doble sentido vehicular, en material asfalto en buen estado de conservación y ancho de calzada aproximadamente 11m. Como se indicó en la prueba preliminar No 2, se descartó la utilización del equipo dron para la prueba experimental final, debido a lo anterior, el objetivo de la prueba preliminar No 3 consistía en observar los videos obtenidos por medio del equipo celular iPhone versión 7 o superior.

Continuación del párrafo anterior, el comportamiento y trayectoria de la cinta de enmascarar color beis, el cual estaba ubicado en la estructura fija del puente peatonal (ver figura 18 y 19), para luego ser analizados en el software tracker; igualmente, verificar y ajustar la

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

cuadrícula de la prueba (1x1cm), para saber si a la altura que se ubica el equipo celular, es posible observar el movimiento de la cinta a través de la cuadrícula de prueba.

En la prueba se utilizaron una serie de recursos y procedimientos, que se describen a continuación:

Recurso Humano

- Investigador tesis
- Asesor de tesis
- Operador del equipo celular

Tecnológicos

- Celular iPhone versión 7 o superior
- Computador portátil marca DELL Intel Core I7 7th Gen
- Software traker



Figura 18. Imagen de campo de la prueba preliminar No 3, la imagen de la izquierda se observa la vía que conduce de Cajicá - Tabio del municipio de Chía de la sabana de Bogotá; en la imagen de la derecha de vista superior se observa al investigador de la tesis, sosteniendo la base y sobre esta la cinta de enmascarar color beis y la cuadrícula de prueba (1x1cm).

Fuente: elaboración propia

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Logísticos

- Cuadrícula de prueba (1x1cm)
- Cinta de enmascarar color beis

Locativos

- Punto de hitradatación
- Agua y refrigerios

Se analizaron los videos obtenidos por el equipo celular iPhone versión 7 o superior, se observa que a la altura de ubicación de la estructura fija del puente peatonal los video presentan una buena resolución en cámara lenta y normal, igualmente, con la profundidad del zoom; posteriormente, se analizaron en el software tracker los cuales se puede realizar un buen análisis de los resultados; por otra parte, mediante esta prueba se concluyó que la cuadrícula de prueba (1x1cm), no es visible ante el movimiento de la cinta de enmascarar color beis (ver figura 19), con el fin de realizarle seguimiento a la trayectoria de la misma, por tal motivo, se va a realizar otra prueba preliminar con otro diseño de cuadrícula (3x3cm y 5x5cm), para poder apreciar el movimiento y ubicación por medio del software tracker.

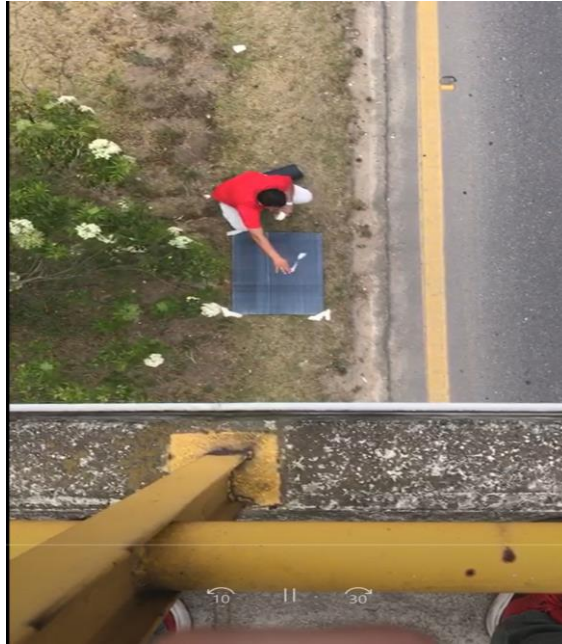


Figura 19. Imagen vista superior de campo de la prueba preliminar No 3, donde se observa el investigador de la tesis, sosteniendo la base y sobre esta la cinta de enmascarar color beis y la cuadrícula de prueba (1x1cm)..
Fuente: elaboración propia

8.8 Prueba preliminar No 4 (planteada)

La prueba preliminar No 4 no se pudo efectuar debido a la problemática que se está presentado a nivel internacional y nacional referente a la pandemia y la COVID-19, en la que se pretendía ajustar la metodología que se va emplear para el modelo experimental, con el objetivo de definir los parámetros correspondientes a la cuadrícula (3x3 o 5x5), el enfoque del zoom del equipo celular marca iPhone versión 7 o superior, la posición del mismo en la estructura del puente peatonal o vehicular, con el fin de adquirir los datos y el procesamiento de los videos, imágenes con el software Tracker.

Por otra parte, analizando las pruebas preliminares 1, 2 y 3, se podría indicar que en estas se efectuó un razonamiento en torno al fenómeno que se quería estudiar el tal llamado efecto Venturi, y experimentando al borde de la vía viendo pasar tractocamiones a alta velocidad, el movimiento del polvo que hay alrededor, y los vehículos que transitan a alta velocidad muy

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

cerca de bicicletas y motocicletas, se percibe cuando cualquier persona está al borde de la vía siente partículas de polvo y la sensopercepción del observador, también un movimiento más turbulento asociado a lo que está escrito con la turbulencia del aire, es decir, movimiento en varias direcciones.

Continuación del párrafo anterior, pero por ningún lado la persona experimenta una succión, ni las hojas del árbol que se encuentran en la berma de la vía, y si un cuerpo tan liviano no es absorbido, es decir, no tiene un vector de fuerza perpendicular claro que lo hale, pues ese fenómeno se podría decir que no se manifestó; entonces, para un mayor alcance en la nueva dirección del proyecto se busca ajustar más con rigor el objetivo del mismo, sino como se puede lograr estudiar el efecto turbulento en bicicletas o motocicletas en un cuerpo que es irregular que es poroso que deja pasar el aire de lado a lado, el cómo se realiza ese estudio, permitirá desarrollar unas recomendaciones para ser aplicado en los motociclistas y bici usuarios en la parte de Seguridad Vial de los mismos.

9 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

9.1 Problema principal

Alta tasa de siniestros viales en vehículos de dos (2) ruedas (bicicletas y motocicletas).

Con la presente propuesta de trabajo final se pretenden realizar lineamientos para el estudio de la influencia que ejerce el flujo de aire circundante en tractocamiones que transitan a alta velocidad, en el desplazamiento de bicicletas o motocicletas por los costados en condiciones ambientales de la sabana de Bogotá, con el fin evitar siniestros viales en estos actores viales y realizar campañas, metodologías y capacitaciones en pedagogía vial en estos actores.

En Colombia, de acuerdo con la información preliminar del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses - INMLCF para el periodo de enero a marzo de 2018 se registraron 6879 muertes violentas de las cuales el 28.24% corresponden a Accidentes de Transporte; para este mismo periodo en el año 2019 se obtuvo un registro de 5363 fallecidos donde el 25.83% fueron víctimas fatales de accidentes de tránsito. En la vigencia 2018 se perdieron 339.552 años de vida saludable, 52,7 % (178.883) en mujeres y 47,3 % (160.669) en hombres quienes pierden más años de vida saludable por lesiones en violencia interpersonal; en tanto que las mujeres lo hacen en episodios de violencia de pareja.

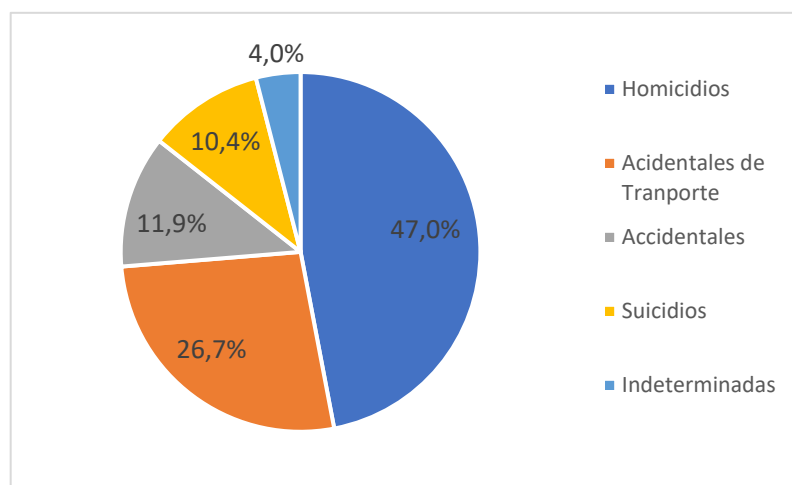


Figura 20. Porcentaje de muertes violentas según manera. Colombia, 2018.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Fuente: Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses -INMLCF (marzo 2019). Boletín estadístico mensual.

Además, el INMLCF reporta para el año 2018, 46.416 casos atendidos por accidentes de transporte; las lesiones fatales corresponden a un total de 6.879 tasa de personas fallecidas, 13,80 %, y las lesiones no fatales reportan un total de 39.537 tasa de personas lesionadas, 79,37 %. En este año las muertes de accidentes de transporte aumentaron en 1,85 % con respecto al año 2017. Lo anterior denota que en el año 2018 se registraron 125 fallecidos más en el sistema forense que en el año 2017 por causa de accidente de transporte, (Forensis, 2018). (Ver anexo 4, figura 1 y 2)

Las muertes violentas según manera de muerte, para los año 2018, los cuales en el año 2018 se presentaron un total de 25.807 casos, de las cuales 12.130 fueron por homicidio correspondientes a una tasa x 100.000 hab de 24,34%, y 6.879 muertes por accidentes de transporte por una tasa x 100.000 hab de 13,80%; en el año 2017 ocurrieron un total de 25.381 casos, de las cuales 11.373 fueron por homicidio correspondientes a una tasa x 100.000 hab de 23,07%, y 6.754 muertes por accidentes de transporte con una tasa x 100.000 hab de 13,70%, siendo la segunda causa violenta de muerte. Lo que quiere decir que para la manera de muerte homicidio hubo un aumento de 757 casos y para accidentes de transportes se presentó un aumento de 125 casos, (ver anexo 4, tabla 3).

Por lo anteriormente expuesto podemos concluir que, aunque el país avanza en un proceso de construcción con un desarrollo económico y social, continúan creciendo las cifras por accidentalidad vial en estos medios de transporte.

En el caso de muertes por accidentes de transporte según medio de desplazamiento para el año 2018, para el medio de transporte motocicleta –motocarro, se registraron 2.852 casos de muertes violentas de las cuales presenta una tasa de 77.84% corresponden para el actor vial conductor; para mismo periodo el actor vial bicicleta se presentaron 421 casos de muertes

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

violentas de las cuales presenta una tasa de 11,49% corresponden para el actor vial conductor, (ver anexo 4, tabla 4).

Respecto a las lesiones por accidentes de transporte según medio de desplazamiento para el año 2018, se registraron 16.901 casos de lesiones de las cuales presenta una tasa de 78.78% corresponden al actor vial motocicleta –motocarro para el actor vial conductor y para el actor vial pasajero se efectuaron 5.156 lesiones de las cuales presenta una tasa de 50,17%, para un total de casos de 22.057 lesionados correspondiente a un tasa del 55.79%; para el mismo periodo se presentaron 2.786 lesiones de las cuales presenta una tasa de 12,99% corresponden según al medio de transporte Bicicleta para el actor vial conductor y para el pasajero se efectuaron 135 casos de lesiones de las cuales presenta una tasa de 1,31%, para un total de casos de 2.921 lesionados correspondiente a un tasa del 7.39%, (ver anexo 4, tabla 5).

El tema de Seguridad Vial se ha convertido en una política nacional, con el fin de reducir a cero las muertes en siniestros viales y el número de víctimas, con la implementación del Decreto 813 de 2017, que adopta el nuevo “Plan Distrital de Seguridad Vial y del Motociclista 2017-2026”, contempla cinco ejes de acción:

- Institucionalidad y gestión de la seguridad vial
- Actores de la vía, comunicación y cultura vial
- Atención a víctimas; infraestructura segura
- Controles para la seguridad vial
- Tecnología y vehículos

El propósito de las autoridades nacionales, departamentales como locales es implementar planes de prevención, consistentes en educar y concientizar a conductores, peatones y ciclistas actores activos de la vía, para que conduzcan con precaución, de manera responsable y

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

preventiva para así cumplir la meta propuesta por el plan distrital. La Visión Cero le da un enfoque ético a la seguridad vial ya que establece que ninguna pérdida de la vida en el tránsito es moralmente aceptable y se basa en el hecho de que los seres humanos cometemos errores, pero esos errores no deben costarnos la vida; en este sentido, las fatalidades y lesiones graves son evitables y por esta razón, no se consideran accidentes sino siniestros.

Bogotá es la ciudad con más motocicletas en Colombia: se estima que hay alrededor de 500.000, lo que implica una por cada cuatro carros particulares; las cifras oficiales señalan que desde el 2003 hasta el 2012 el número de motos que circulan en la ciudad creció a un ritmo de 30 % al año. Y entre el 2013 y el 2016, el aumento fue del 21 %, según la investigación, una de cada tres muertes de motociclistas en Bogotá ocurre por lesiones craneales, lo que demuestra la importancia de usar bien el casco para reducir estas lesiones.

9.2 Datos de accidentalidad vial solicitados a entidades del distrito

La Secretaria de Movilidad de Bogotá mediante la comunicación y recibió contestación con número SDM-DIM-157986-2019, suministro información relacionada con la estadística sobre accidentes fatales entre vehículos tipo motocicleta y tracto camión entre los años 2014 a junio de 2019, la cual se resume a continuación:

Tabla 5.

Siniestros viales “con muertos”, con participación Motocicleta y Tracto camión. 2014-2019, en la ciudad de Bogotá.

Localidad	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	TOTAL
Antonio Nariño					1		1
Barrios Unidos	1		1		1		3
Bosa	3			1	1		5
Ciudad Bolívar	3	1	1	3	3	2	13
Engativá	1		3	1	2		7
Fontibón	5	3	5	4	5	2	24
Kennedy	4	3	4	3	2	1	17

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Los Mártires	1						1
Puente	1	3	1	1	1		7
Aranda							
Suba	1	1			1		3
Tunjuelito	1		1		2		4
Usaquén		1					1
Usme	1				1		2
Total	22	7	19	14	20	6	88
General							

Fuente: SIGAT, Elaboración: SDM-DIM

En la tabla 6, se presenta el porcentaje de participación de la descripción de las hipótesis en siniestros viales (muertos), con participación de motocicletas y tracto camión entre los años 2014 a 2019, registradas en los Informes Policiales de Accidentes de Tránsito- IPAT, correspondientes a los siniestros reportados en la tabla 7, es de anotar, que en un siniestro vial se puede registrar más de una hipótesis de ocurrencia.

Tabla 6.

Participación de hipótesis en siniestros viales “con muertos”, con participación Motocicleta y Tracto camión. 2014-2019, en la ciudad de Bogotá.

Código Hipótesis	Descripción de Hipótesis	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
97	TRANSITAR POR VIAS PROHIBIDAS					4%	
98	TRANSITAR ENTRE VEHICULOS	13%	43%	32%	29%	26%	13%
102	ADEANTAR POR LA DERECHA			9%		4%	
103	ADELANTAR CERRANDO				6%		13%
104	ADELANTAR INVADIENDO VÍA			5%			
106	ADELANTAR INVADIENDO CARRI DEL MISMO SENTIDO EN ZIGZAG				12%	4%	
112	DESOBEDER SEÑALES	3%		5%	24%	7%	
114	EMBRIAGUEZ APARENTE	3%		5%		4%	
115	EMBRIAGUEZ O DROGA	3%					
116	EXCESO DE VELOCIDAD	3%		5%			13%
121	NO MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD	3%		5%		19%	13%
122	GIRAR BRUSCAMENTE		14%				
123	NO RESPETAR PRELACION DE INTERSECCIONES O GIROS		14%				
139	IMPERICIA EN EL MANEJO		14%				
141	VEHÍCULO MAL ESTACIONADO	7%					
143	PONER EN MARCHA UN VEHÍCULO SIN PRECAUCIONES			5%			
157	OTRA	53%	14%	27%	18%	22%	38%
301	AUSENCIA TOTAL O PARCIAL DE SEÑALES					4%	

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

302	AUSENCIA O DEFICIENCIA DE DEMARCACIÓN			5%			
303	SUPERFICIE LISA	3%			6%	4%	
304	SUPERFICIE HÚMEDA	3%				4%	13%
306	HUECOS	3%			6%		
Tota General		100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: SIGAT, Elaboración: SDM-DIM

De igual manera, se solicitó información a la Secretaria de Movilidad de Bogotá mediante la comunicación y se recibió respuesta bajo el radicado SDM-DIM-220158-2019, suministro información relacionada con la estadística sobre accidentes fatales entre vehículos tipo bicicletas y tracto camión entre los años 2014 a 2018, la cual se visualiza en la tabla 7 y en la figura 23 se observa el mapa de estos siniestros viales georreferenciados con lo que se puede identificar las áreas de la ciudad donde se reportan estos eventos:

Tabla 7.

Siniestros viales “Con muertos”, con participación Bicicleta y Tracto camión 2014-2019, en la ciudad de Bogotá

Localidad	Años 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	TOTAL
Kennedy	3			1		4
Teusaquillo					1	1
Bosa			3		2	5
Fontibón	1	1		1	1	4
Puente Aranda				1		1
Usaquén		1				1
Suba					1	1
Kennedy						
Rafael Uribe	1					1
Uribe						
Total General	5	2	3	3	5	18

Fuente: SIGAT, Elaboración: SDM-DIM

Por otra parte, en la tabla 10, se presenta el código de la hipótesis y descripción de la misma en siniestros viales (muertos), con participación de motocicletas y tracto camión entre los años 2014 a 2018, registradas en los Informes Policiales de Accidentes de Tránsito- IPAT,

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

correspondientes a los siniestros reportados en la tabla 9, es de anotar, que en un siniestro vial se puede registrar más de una hipótesis de ocurrencia.

Tabla 8.

Participación de hipótesis en siniestros viales “con muertos”, con participación Motocicleta y Tracto camión. 2014-2019, en la ciudad de Bogotá

Código de Hipótesis	Descripción de Hipótesis
097	Transitar por vías prohibidas
098	Transitar entre vehículos
157	Otra
157	Otra
157	Otra
157	Otra
098	Transitar entre vehículos
157	Otra
157	Otra
098	Transitar entre vehículos
114	Embriaguez aparente
097	Transitar por vías prohibidas
157	Otra
098	Transitar entre vehículos
098	Transitar entre vehículos
157	Otra
114	Embriaguez aparente
098	Transitar entre vehículos
157	Otra
157	Otra
121	No mantener distancia de seguridad
157	Otra
112	Desobedecer señales

Fuente: SIGAT II. Elaboración DIM-SDM

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

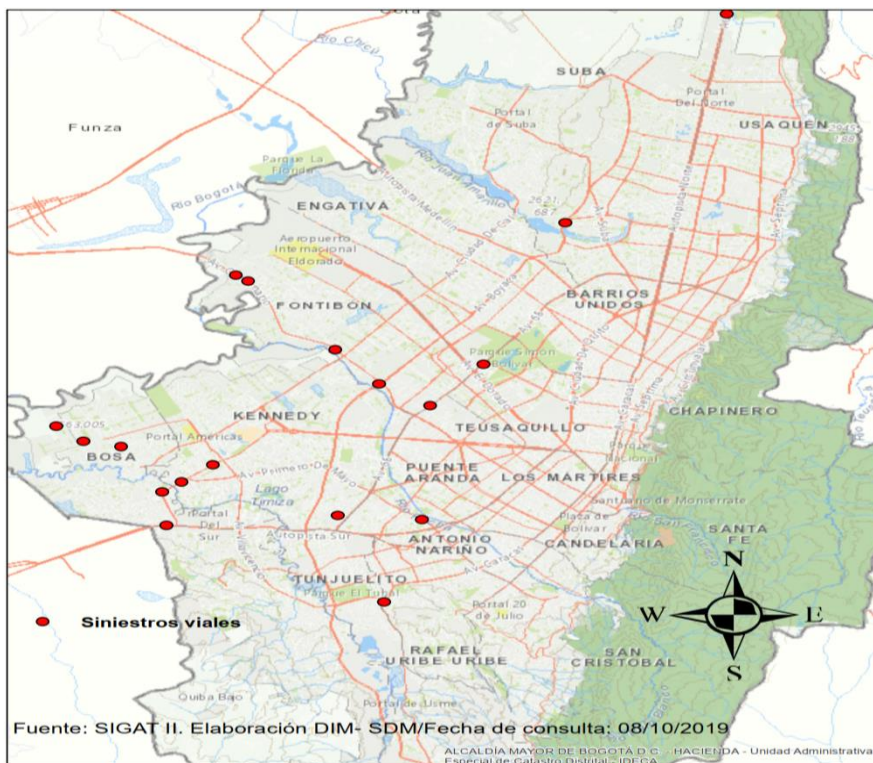


Figura 21. Siniestros viales reportados entre “Ciclistas y Tracto camión” con víctimas fatales
Fuente: SIGAT II. Elaboración DIM-SDM

Por otra parte, se solicitó información a la Seccional de Tránsito y Transporte de Bogotá mediante la comunicación y se recibió respuesta bajo el radicado No S-2019-/SETRA – UNMET -1.10, suministro información relacionada con la estadística de los últimos tres (3) años sobre siniestros viales con víctimas fatales viéndose involucrados vehículos de carga tipo “tracto camión” y vehículos de dos (2) ruedas tipo “bicicletas y motocicletas” con ocasión del efecto Venturi, respecto a esta solcito informan que la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá cuenta con el Sistema de Información Geográfico de Accidentes de Tránsito -SIGAT, en el cual se digitalizan todas las variables del IPAT, en relación a las hipótesis de dichos siniestros,

Por lo anterior, la resolución 011268de 2012 del Ministerio de Transporte, no proporciona ninguna hipótesis por esta causa relacionada, no obstante, a continuación se

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

relaciona información de los siniestros viales para este tipo de vehículos en los años 2017, 2018 y la vigencia 2019:

Tabla 9.

Siniestros viales con muertos en vehículos tracto camión” y vehículos de dos (2) ruedas tipo “bicicletas y motocicletas” en los años 2017, 2018 y la vigencia 2019

AÑO	TIPO DE VEHÍCULOS	CANTIDADES DE SINIESTROS	CANTIDAD VICTIMAS FATALES	CODIGOS DE HIPOTESIS
2017	Tracto camión Vs Bicicleta	3	3	098: Transitar entre vehículos. En tres siniestros
2017	Tracto camión Vs Motocicletas	14	14	098: Transitar entre vehículos. En cinco siniestros 103: Adelantar cerrando. En un siniestro 106: Adelantar invadiendo carril del mismo sentido en zig-zag. En dos siniestros 112: Desobedecer señales de tránsito. En cuatro siniestros 157: Por establecer. En tres siniestros 303: Superficie lisa. En un siniestro 306: Huecos en la vía. En un siniestro
2018	Tracto camión Vs Bicicleta	3	3	098: Transitar entre vehículos. En dos siniestros 114: Embriaguez aparente. En un siniestro
2018	Tracto camión Vs Motocicleta	17	18	098: Transitar entre vehículos. En tres siniestros 102: Adelantar por la derecha. En un siniestro 112: Desobedecer señales de tránsito. En dos siniestros 114: Embriaguez aparente. En un siniestro 121: No mantener distancia de seguridad. Cuatro siniestros 157: Por establecer. En seis siniestros 301: Ausencia total o parcial de señales. En un siniestro 304: Superficie humedad. En un siniestro
2019	Tracto camión Vs Bicicleta	9	9	098: Transitar entre vehículos. En dos siniestros 122: Girar bruscamente. En un siniestro

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

				157: Otra: No estar atento a los demás usuarios de la vía. En dos siniestros
				157: Otra: No se puede establecer dinámica del accidente. En un siniestro
				157: Otra: Perdida de control para el ciclista. En tres siniestros
	Tracto camión Vs Motocicleta	9	9	103: Adelantar cerrando. En un siniestro
				116: Exceso de velocidad. En un siniestro
				121: No mantener distancia de seguridad. En un siniestro
2019				139: Impericia en el manejo. En un siniestro
				157: Otra: No se puede establecer dinámica del accidente. En un siniestro
				157: Otra: Perdida de control para el motociclista. En cuatro siniestros

Fuente: SIGAT II. Elaboración DIM-SDM

10 LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD VIAL

Una vez realizada la revisión documental de las diferentes fuentes de información consultadas, es necesario realizar la consolidación y plantear los lineamientos de seguridad vial que resultarán para el estudio de la influencia que tiene el flujo de aire generado por tractocamiones a alta Velocidad en el desplazamiento de bicicletas o motocicletas por los costados del vehículo pesado y con los cuales se garantizara las condiciones mínimas de seguridad que pueden ser controladas desde la seguridad vial de los actores viales que intervienen en este estudio, a continuación, se presentarán los parámetros que deben tenerse en cuenta:

10.1 Percepción del riesgo

El conducir sin una protección estructural del vehículo genera conciencia en el hecho de tener mayor riesgo de accidentalidad y peligro al conducir, este mayor peligro está asociado a la forma de manejo de los conductores de los otros vehículos, los motociclistas expresaron la necesidad de tener mayor cuidado con los taxistas y los conductores de servicio público. En cuanto a la infraestructura vial consideran que son más peligrosos y el mal estado de las vías en Bogotá.

Los motociclistas consideran que la formación y el entrenamiento para conducir una motocicleta no es lo suficientemente riguroso ni les permite conocer el funcionamiento de su moto ni las precauciones necesarias en el momento de conducir su motocicleta. (Jiménez Castro, Díaz Anacona, & Meneses Veloza, 2017)

El comportamiento y hábitos de conducción se atribuyen a los factores laborales por los cuales se rigen los motociclistas, en donde las empresas (domicilios, mensajería) imponen tiempos máximos de entrega sin tener en que esto aumenta las infracciones y genera actitudes de mayor riesgo para el motociclista, además la estabilidad laboral del motociclista la mayoría de veces se ve afectada por el tipo de contrato con la empresa en donde algunos casos se rigen por

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

cantidad de domicilios o entregas realizadas, lo cual aumenta aún más la actitud de mayor riesgo en el motociclista.

Las infracciones de tránsito las argumentan los motociclistas en su seguridad. Debido a la poca protección estructural que tiene una motocicleta, el motociclista percibe un mayor riesgo en cuanto a su vida y la posesión de su vehículo. En horas de la noche argumenta un mayor temor de ser agredidos y por esta razón no respetan en su mayoría un semáforo en rojo.

Respecto a la bicicleta es una alternativa de movilidad sostenible, versátil, eficiente, saludable, consume menos espacio de tránsito y parqueo, rápida y segura en contextos de ciudades congestionadas, apropiada para viajes cortos, economiza el consumo de combustibles no renovables y fáciles de implantar como sistema de transporte urbano. Según estudios del World Watch Institute, un viaje de ida y vuelta en bicicleta de 6,5 kilómetros libera el aire que respiramos cerca de 7 kg de contaminantes; su uso masivo como medio de transporte impulsa la movilidad, la economía doméstica, la competitividad de la ciudad, la cultura urbana y la salud pública.

En Bogotá dispone de más de 540 Km de ciclorrutas donde según las estadísticas de Medicina Legal sobre lesionados o muertos a causa de accidentes, en el momento de transporte, los que usan la bicicleta se encuentran entre el 5% y el 7% está población cuando sucede un accidente tienden a tener un alto porcentaje que sufra la muerte, ya que su protección básica no es adecuada, además que no solo está el riesgo de accidente sino diferentes riesgos que generan que el usuario no elija este medio de transporte sino que siga con el tradicional. En la ciudad de Bogotá esta modalidad de transporte ha tomado fuerza por brindar innumerables beneficios, pero como se mencionaba es un actor vial con mayor vulnerabilidad a sufrir daños y un alto riesgo de que si hay un accidente puede llegar hasta la muerte por su escasa protección.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

La población bici usuaria mostró interés en el proyecto ya que los motiva a implementar mejores prácticas de seguridad en la vía. Es importante resaltar que la falta de información y promoción de EPP (Elementos de protección personal) por parte de estos actores viales ha llevado a la población bici usuaria a tener mayor riesgo de accidente en la vía. El estado de la infraestructura de las ciclorrutas en la ciudad de Bogotá afecta la movilidad de los biciusuarios, siendo factor principal de riesgo de accidentalidad. Sin embargo, aplicando medidas de seguridad vial y teniendo un mejor estado de las ciclovías se obtendría una disminución de accidentes y una percepción de riesgo menor.

El hurto se presenta como el riesgo social que más afecta a los biciusuarios, generando inseguridad y vandalismo; los riesgos ambientales, la lluvia, deslizamientos e inundaciones en las ciclovías condicionan el recorrido del biciusuarios siendo factor principal de caídas y accidentes en su recorrido, conllevando a los biciusuarios a efectuar actos inseguros, formando la presencia de obstáculos en el trayecto, elevando la probabilidad de la ocurrencia de riesgos sociales. Por tal motivo, es importante que investigaciones posteriores, tomen como base y analicen a fondo el estudio realizado y los riesgos a los que están expuestos los biciusuarios, con el fin plantear mejoras y recomendaciones para mejorar su bienestar y calidad de vida.

10.2 Distancia lateral de seguridad (1,5m)

La distancia lateral de seguridad es, por definición, el espacio que garantiza la seguridad cuando adelantamos o rebasamos a otros usuarios de la vía, esa área en la que no se sabe muy bien qué hará un usuario de la vía, hacia dónde se moverá y cuánto. Y esa zona de incertidumbre lo mismo la tienen los demás que nosotros mismos como usuarios de la vía. La distancia de seguridad, por lo tanto, es una herramienta básica que tenemos para atajar los riesgos derivados de movimientos con los que no contábamos demasiado.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Los actores viales ciclistas y los motociclistas (vehículos de dos ruedas) deben que extremar las precauciones debido a que son los usuarios más vulnerables de la vía. La recomendación es mantener al menos un metro y medio de distancia. El conductor debe mantener durante un adelantamiento una distancia lateral suficiente la cual se convierte en uno de los grandes factores de riesgo. Esto es así porque se trata de unos de los colectivos también llamados actores viales que más pueden llegar a sufrir las consecuencias de una colisión. Mediante la ley 1811 de 2016 en el artículo 60 parágrafo 3 establece ciertas garantías para el tránsito de bicicletas, esto también aplica para el caso de las motocicletas que transitan por el territorio nacional.

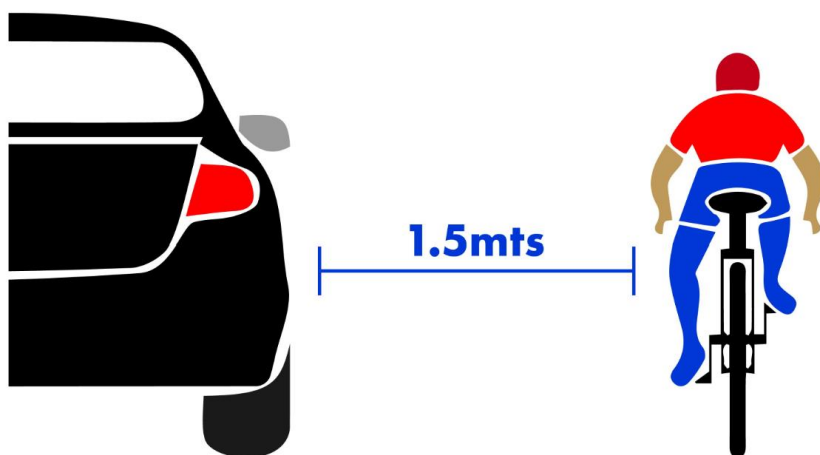


Figura 22. En la imagen se observa la distancia de seguridad lateral con el actor vial ciclista
Fuente: <https://twitter.com/saludcauca/status/1042782348641742848?lang=de>

El conductor de un automotor que pretenda realizar un adelantamiento a un vehículo de dos ruedas, o conjunto de ellos, debe realizarlo ocupando parte o la totalidad del carril contiguo o contrario, en su caso, de la calzada y guardando una anchura de seguridad de, al menos, 1,5 metros. Está prohibido adelantar poniendo en peligro o entorpeciendo a estos actores viales que circulen en sentido contrario, incluso si esos circulan por la berma.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Los riesgos que se pueden obtener con estos actores viales en estas situaciones es que se presente una colisión o un atropello; también, porque es fácil que lo que al volante parece una acción sin importancia, acabe con ellos fuera de la carretera. Igualmente, pasar demasiado cerca de los vehículos de dos ruedas podría desestabilizarlos cuando son adelantados, por la corriente que generan los vehículos, o asustarlos y que pierdan el control, al no percatarse de que alguien se acerca por su estela a una velocidad mucho mayor. En el caso del conductor de un vehículo de dos ruedas que pretenda adelantar a otro vehículo automotor lo hará de forma que entre aquél y las partes más salientes del vehículo que adelanta quede un espacio no inferior a 1,50 metros.

10.3 Comportamiento de ciclista y motociclista en la vía

Las bicicletas y motocicletas son vehículos, por lo tanto, sus conductores deben observar todas las normas de tránsito, cuya aplicación es uno de los principales elementos de su seguridad y de los demás usuarios de la vía pública.

Estos actores viales deben respetar, al igual que los otros conductores, las indicaciones de las señales de tránsito y las normas de comportamiento como está citado en el artículo 55 de la Ley 769 de 2002- CNT el cual literalmente dice “Comportamiento del Conductor, Pasajero o Peatón. Toda persona que tome parte en el tránsito como conductor, pasajero o peatón, debe comportarse en forma que no obstaculice, perjudique o ponga en riesgo a las demás y debe conocer y cumplir las normas y señales de tránsito que le sean aplicables, así como obedecer las indicaciones que les den las autoridades de tránsito”. Por esta razón queremos explicar en su orden todo lo relacionado en el tema, recomendaciones y observaciones.

El uso de la bicicleta como medio de transporte es una realidad cada vez más visible en el país. Miles de personas la utilizan no solo para ejercicio sino para transportarse a sus oficinas,

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

colegios y universidades, muchas personas ignoran que como conductores de bicicletas también tienen normas y obligaciones que cumplir ante las autoridades de tránsito.

Normas que rigen el transporte de bicicleta en Colombia

En el CNT, se fijan las siguientes normas a cumplir por parte de los ciclistas:

- Los conductores deben transitar por el lado derecho de las vías a una distancia no mayor a un metro de la acera u orilla.
- Nunca deben utilizar los carriles destinados al uso del transporte público.
- Los conductores y sus acompañantes tienen que vestir chalecos o chaquetas que los hagan visibles para los demás conductores, entre las 6 de la tarde y las 6 de la mañana o cuando las condiciones climáticas o ambientales dificulten su visibilidad.
- Si conducen varios ciclistas en grupo, tienen que ir uno detrás del otro.
- No deben sujetarse de otro vehículo o viajar cerca de otro de mayor tamaño que lo oculte de la vista de los demás conductores.
- Tienen prohibido cruzar por la acera, lugares destinados al tránsito de peatones y por aquellas vías prohibidas por los agentes de tránsito.
- Están obligados conducir en las vías públicas permitidas, y, si existen, en aquellas diseñadas para ello.
- Deben respetar las señales de tránsito y las normas y los límites de velocidad.
- Adelantar a otros vehículos por la derecha o entre vehículos que transiten por los respectivos carriles.
- Siempre tendrán que utilizar el carril libre a la izquierda del vehículo a sobrepasar.
- Si la bicicleta permite el tránsito de pasajeros, estos tienen que usar casco de seguridad, de acuerdo como lo fije el Ministerio de Transporte.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- No podrán transportar objetos que disminuyan su visibilidad o los incomoden en la conducción.
- Si se conduce en la noche, deben llevar prendidas una luz blanca en la parte delantera de la bicicleta y una luz roja en la parte trasera.
- Cuando se trate de ciclistas afiliados a las ligas de ciclismo o similares, cumplirán las normas que establezcan las organizaciones deportivas a cargo.

Con respecto a las motocicletas permite desplazamientos ágiles por vías poco óptimas. Consume una quinta parte del combustible de un automóvil. En promedio, una moto viaja dos veces más rápido que un carro en la ciudad y le permite ahorrar al usuario hasta 1,5 horas de desplazamiento al día. Tiene un motor 10 veces más pequeño que el de un carro liviano, el cual contamina menos que los carros más limpios. Por su bajo peso, le causa poco deterioro a la malla vial. Disminuye el tráfico de vías críticas en horas pico. Para que se presente un buen tránsito de estos vehículos lo que debe hacerse es reglamentar de forma inteligente y adecuada para la circulación de las motos y generar cultura en conjunto con las escuelas de conducción.

En la actualidad, un gran número de personas han abandonado los coches debido a la necesidad de evitar el tráfico, y prefieren usar motos con regularidad para ahorrarse unos minutos o simplemente, caer en la pasión por las dos ruedas. El tránsito en moto disfruta de muchas ventajas: agilidad, rapidez, sin atascos ni problemas de aparcamiento, pero menos protegidos, y que sobre dos ruedas se pierde el equilibrio. La experiencia del motociclista día a día te va proporcionando información sobre cómo maniobrar adecuadamente estos vehículos, sobre todo, en cuanto a velocidad, peso, acompañante, tipo de vía y muy especialmente, las condiciones meteorológicas, que influyen directa o indirectamente en el modo de conducir.

Para los motociclistas es imprescindible recordar que con solo tener la licencia de conducción no es suficiente para conducir una motocicleta. Para ello se deben tener en cuenta

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

varias regulaciones y utilizar la protección adecuada, conocer y respetar las normas de tránsito, conducir con seguridad y conocer la motocicleta. De esta manera a continuación se agrupan en 10 puntos, de prevención y cuidado para su seguridad en la vía.

1. Use un buen casco que cumpla con la norma técnica y manténgalo siempre abrochado. El casco no es para evitar una infracción de tránsito, use uno que realmente ofrezca protección en caso de un accidente y que cumpla con las normas técnicas. Recuerde que debe cambiarlo en caso de que el casco reciba un impacto, así en su apariencia externa se vea en perfecto estado.
2. Anticípese a las emergencias. Conduzca con prudencia y a la defensiva tratando de anticipar cualquier situación de riesgo. Recuerde que para otros vehículos usted puede llegar a ser invisible.
3. Nunca adelante entre dos vehículos ni por la derecha y recuerde que la motocicleta está diseñada para dos personas. Cualquier movimiento inesperado le puede hacer perder el control de la moto. Respete las señales de tránsito las cuales están diseñadas para proteger su vida y la de los demás actores de la vía.
4. Evite transitar sobre las señales longitudinales blancas y amarillas de la vía cuando esta se encuentre mojada y manténgase atento a los residuos de aceite dejados por otros vehículos (en estas condiciones no hay buena tracción con las llantas).
5. Use siempre las direccionales, stop, luz frontal y los espejos para indicar a otros conductores cuál será su próxima maniobra y nunca los retire de su vehículo. El uso del chaleco reflectivo en la noche es una buena medida para salvar su vida.
6. Mantenga la presión de aire de las llantas según la recomendación del fabricante. Las llantas con exceso o falta de presión comprometen la adherencia de la moto al piso y hacen que la conducción se vuelva inestable. Recuerde hacer una inspección básica de su motocicleta antes de

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

salir: revisar luces, frenos, llantas, nivel de aceite y pito. Atienda las recomendaciones de inspección y mantenimiento del fabricante.

7. Utilice siempre ambos frenos a la hora de detenerse. Trate de practicar la maniobra de frenado en una zona segura y despejada para que, a la hora de una emergencia, pueda hacerlo sin problemas. Practique lo que le enseñaron en su curso de conducción.

8. Antes de voltear o girar por un cruce, mire a la izquierda, luego a la derecha y nuevamente a la izquierda. Esta maniobra sirve para asegurarse que un vehículo no aparecerá en el último momento.

9. Recuerde que la motocicleta no es un vehículo de carga. Consulte el manual de su fabricante para conocer los límites de peso y dimensión de objetos que transporte.

10. Maneje más despacio de lo que su capacidad y la de la moto se lo permita. En caso de que un vehículo ajeno, cometa una imprudencia o haya obstáculos en la vía, (peatones, huecos, etc.) usted tendrá los reflejos y la potencia que se necesitan para sortear la situación. Recuerde que la velocidad máxima en zona residencial es de 30 Km/h, en la ciudad 60Km/h y en carretera 80 Km/h.

10.4 Realidad de las vías Vs las normas del ciclista y motociclista

La legislación que se tiene en el territorio nacional de los actores viales bicicletas y motocicletas, la Ley 769 del 06 de agosto de 2002 “por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito-CNT Terrestre y se dictan otras disposiciones”, en su capítulo V Ciclistas y Motociclistas, mediante los artículos artículo 94. Normas generales para bicicletas, triciclos, motocicletas, motociclos y mototriciclos; artículo 95. Normas específicas para bicicletas y triciclos; artículo 96. Normas específicas para motocicletas, motociclos y mototriciclos; este último artículo fue modificado por el artículo 3 de la ley 1239 del 25 de julio de 2008; de igual manera, la ley 1811 del 21 de

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

octubre de 2016 por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el CNT.

Se tienen otras reglamentaciones que se deben tener en cuenta para la conducción de estos tipos de vehículos que transitan sobre el territorio nacional. La realidad de las vías con las normas que se tienen en ciclistas y motociclistas en Colombia no son aplicadas, ni asumidas por estos actores viales, esto se podría presentar por la pericia que tiene por partes de estos, por la confianza con el vehículo rodante, por la negligencia que se puede presentar, conducir y usar al tiempo medios móviles tecnológicos, consumir bebidas embriagantes y sustancias psicoactivas mientras se conduce, no respetar las normas y señales de tránsito en la vía, entre otras, a continuación, se describirán apartes de los artículos y leyes antes descritos, con el fin de realizar un análisis:

El “Artículo 94. Normas generales para bicicletas, triciclos, motocicletas, motociclos y mototriciclos. Los conductores de bicicletas, triciclos, motocicletas, motociclos y mototriciclos, estarán sujetos a las siguientes normas:

- Los conductores que transiten en grupo lo harán uno detrás de otro.
- No deben transitar sobre las aceras, lugares destinados al tránsito de peatones y por aquellas vías en donde las autoridades competentes lo prohíban. Deben conducir en las vías públicas permitidas o, donde existan, en aquellas especialmente diseñadas para ello.
- Deben respetar las señales, normas de tránsito y límites de velocidad.
- No deben adelantar a otros vehículos por la derecha o entre vehículos que transiten por sus respectivos carriles. Siempre utilizarán el carril libre a la izquierda del vehículo a sobrepasar.
- Deben usar las señales manuales detalladas en el artículo 69 de este código.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Los conductores y los acompañantes cuando hubiere deberán utilizar casco de seguridad, de acuerdo como fije el Ministerio de Transporte”.

Si observamos el artículo 94, donde se describen algunas normas generales para bicicletas, triciclos, motocicletas, motociclos y mototriciclos, podemos indicar que muchos de estos ítems no son aplicados por estos actores viales, debido al afán de llegar a un destino, a la velocidad, al ahorrarse y cortar una distancia de recorrido, a la falta de pericia que se tiene al conducir estos rodantes y falta de pedagogía vial que se tiene al momento de prepararse para la conducción de estos vehículos. Una de las normas importantes en este artículo corresponde a que los motociclistas no deben adelantar a otros vehículos por la derecha o entre vehículos que transiten por sus respectivos carriles, pero este ítem es de los más infringidos por estos actores viales, y la hipótesis que más causan accidentes de tránsito en la vía.



Figura 23. En la imagen se observa el actor vial motociclista infringiendo las señales y normas de tránsito.
Fuente: <https://www.ambitojuridico.com/noticias/general/transito-y-transporte/motos-deben-transitar-ocupando-carril-y-otras-normas-que>.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante



Figura 24. En la figura se observa el adelantamiento a otros vehículos y el tránsito entre vehículos de los motociclistas.

Fuente: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/59-de-los-vehiculos-nuevos-son-motos-OA10677669>

Respecto al Artículo 96. Normas específicas para motocicletas, motociclos y mototriciclos.

Las motocicletas se sujetarán a las siguientes normas específicas:

1. Deben transitar ocupando un carril, observando lo dispuesto en los artículos 60 y 68 del Presente Código.
2. Podrán llevar un acompañante en su vehículo, el cual también deberá utilizar casco y la prenda reflectiva exigida para el conductor.
3. Deberán usar de acuerdo con lo estipulado para vehículos automotores, las luces direccionales. De igual forma utilizar, en todo momento, los espejos retrovisores.
4. Todo el tiempo que transiten por las vías de uso público, deberán hacerlo con las luces delanteras y traseras encendidas.
5. El conductor y el acompañante deberán portar siempre en el casco, conforme a la reglamentación que expida el Ministerio de Transporte, el número de la placa del vehículo en

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

que se transite, con excepción de los pertenecientes a la fuerza pública, que se identificarán con el número interno asignado por la respectiva institución.

6. No se podrán transportar objetos que disminuyan la visibilidad, que incomoden al conductor o acompañante o que ofrezcan peligro para los demás usuarios de las vías.

El artículo 96, se especifican las normas específicas para motocicletas, motociclos y mototriciclos, en las que podemos visualizar que el ítem 1, no lo cumplen los conductores que conducen una motocicleta, es cierto que tres motocicletas ocupan el espacio de un vehículo, que, para maniobrarlas, no se requiere el espacio que necesitan aquellos y que su capacidad de reacción es más eficiente, gracias a su tamaño y aceleración. En la práctica, esto significa para los motociclistas tener que zigzaguear entre carros, desde el andén derecho hasta la mitad de la avenida, para rebasarlos. Por eso optan por quedarse por donde van y pasar velozmente, pegados al andén, sin medir las consecuencias.

Si se tiene en cuenta que la movilidad es un tema álgido de nuestras ciudades, a las motos no se les puede dar tratamiento de vehículo de cuatro ruedas, simplemente porque ocupan tan solo una tercera parte del carril que ocupa un vehículo. De hacerlo, aumentaría la congestión vehicular de calles y avenidas. Si bien es cierto que falta cultura para que vehículos y motos compartan sin problema un carril, también lo es que no en muchas ocasiones los motociclistas no acatan las normas mínimas de tránsito y exponen a cada minuto su seguridad. Por eso están obligadas a transitar una detrás de otra (jamás en grupo) y deben observar todas las normas de circulación y tránsito que cumplen los vehículos pequeños, medianos y grandes.

Con respecto al actor vial bicicleta, el artículo 95 y en el artículo 9 mediante la ley 1811 de 2016, especifica las siguientes normas:

Artículo 95. Normas específicas para bicicletas y triciclos:

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

1. Debe transitar ocupando un carril, observando lo dispuesto en los artículos 60 y 68 del presente código.
2. Los conductores que transiten en grupo deberán ocupar un carril y nunca podrán utilizar las vías exclusivas para servicio público colectivo.
3. Los conductores podrán compartir espacios garantizando la prioridad de estos en el entorno vial.
4. No podrán llevar acompañante excepto mediante el uso de dispositivos diseñados especialmente para él o, ni transportar objetos que disminuyan la visibilidad o que impida un tránsito seguro.
5. Cuando Circulen en horas nocturnas, deben llevar dispositivos en la parte delantera que proyecten luz blanca, y en la parte trasera que reflecte luz roja

Como se observa en el artículo 95, el tipo de vehículo bicicleta transita por la calzada o el carril-bici si lo hubiera. A excepción del carril bici una bicicleta debe circular por los mismos sitios y en las mismas condiciones que otros medios de transporte mecanizados. Respetando el sentido del carril y todo tipo de señalizaciones incluyendo los semáforos. La velocidad máxima a la que una bicicleta puede circular es de 45km/h, y siempre ha de respetar la máxima velocidad permitida por el carril que circula. Es obligatorio que la bicicleta lleve reflectantes homologados. Asimismo, durante la noche, el uso de luces trasera y delantera de posición, además de una prenda reflectante en tramos interurbanos.

Respecto a la seguridad del casco en tramos urbanos no es obligatorio el uso del casco, pero este instrumento reduce las lesiones que se pueden presentar. En tramos interurbanos es obligatorio con algunas excepciones. El Alcohol tiene el mismo régimen que para cualquier otro

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

conductor. Los auriculares y telefonía móvil es totalmente prohibido, porque permite la distracción y el oír a los otros actores viales.

10.5 Psicología social del ciclista y motociclista

10.5.1 Comportamiento de un ciclista ante una situación de riesgo

Las bicicletas son también vehículos dentro del tránsito, por lo tanto, aún en las ciclovías, ciclo rutas y bicisendas, se deben respetar todas las normas de circulación, como los semáforos, la prioridad peatonal, todas las señales de tránsito, no beber nada de alcohol antes de conducir, no usar celular ni auriculares, entre otros.

El ciclista es un actor importante dentro del tránsito y el transporte de una ciudad, ya sea como modo de transporte complementario o bien como modo de transporte único, siempre ha sido uno de los elementos más vulnerables a diversos factores, tales como la accidentalidad, la inseguridad y a las condiciones ambientales, para disminuir este hecho, actualmente Bogotá cuenta con la red de ciclo rutas más grande de Latinoamérica, con una longitud de 550 kilómetros (Secretaria de Movilidad, 2020) y según el Observatorio de Movilidad de Bogotá, a diario se realizan en promedio 1.200.000 viajes en bici.

No obstante, los ciclistas siguen siendo vulnerables ante muchos factores de riesgo, como, por ejemplo, el consumo de alcohol; el cual está asociado al índice de muertes y lesiones en tránsito y al tema de la seguridad vial, tal y como se puede evidenciar en las cifras mencionadas para Estados Unidos y Colombia. Esta relación se explica por los efectos ocasionados por el alcohol como lo son la disminución de capacidades fisiológicas, el tiempo de respuesta, la capacidad de reacción para el frenado y la facilidad con que se desvía un conductor debido a la pérdida de atención y concentración. (Forensis, 2018)

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

El riesgo inminente de sufrir un accidente contra otros actores viales como vehículos particulares, buses, motos o camiones de carga siempre estará presente cada vez que decidamos circular en bicicleta por las vías más congestionadas. En definitiva, las hipótesis asociadas a este flagelo están relacionadas con la falta de precaución, el irrespeto a las señales de tránsito y la imprudencia de los conductores. El panorama real en las calles es de total hostilidad por parte de los conductores hacia los deportistas. Los carros pitan para que los ciclistas se muevan rápido, las motos los adelantan con maniobras peligrosas, los buses les cierran el paso y uno que otro piloto al volante les bloquea los pocos espacios por donde puede circular la bici.

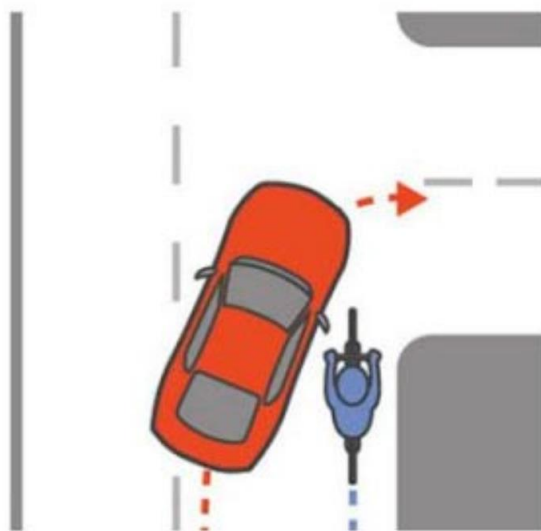


Figura 25. Un giro inesperado puede provocarte un fuerte accidente.
Fuente: todomountainbike

En la vía también se mueven ciclistas que no respetan las normas básicas de circulación, que se pasan los semáforos creyendo que las bicicletas no deben esperar o que montan en las jornadas nocturnas sin ningún tipo de luz o chaleco reflector, entre otras. Los expertos en temas de movilidad aseguran que este problema responde no solo a un déficit de infraestructura

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

exclusiva para las ciclas, sino también a una responsabilidad compartida debido a los comportamientos de riesgo y falta de precauciones entre ciclistas y conductores.

10.5.2 Comportamiento de un motociclista ante una situación de riesgo

La motocicleta es un medio de transporte, de desplazamiento, de deporte, de evasión, de trabajo y sobre todo de pasión para los verdaderos aficionados; es un vehículo de riesgo por su inestabilidad, que depende del equilibrio del conductor y sus movimientos, no ofrece carrocería protectora a sus usuarios y tiene poco volumen, por lo que resulta poco visible para el resto de los conductores. El motociclista, debido a su precaria estabilidad, está obligado a conducir, haciendo un esfuerzo mental, al que hacen el resto de los conductores. La conducción segura, le exige tomar las precauciones necesarias y con anterioridad suficiente, para evitar que puedan afectarle las maniobras de los que circulan en su proximidad, o las sorpresas que se pueda encontrar en la carretera.

Un contexto en el que estos actores viales son usuarios vulnerables de la vía, como lo define la "Organización Mundial de la Salud", por lo que necesita una "protección especial" frente a vehículos más pesados en las normas de circulación y en la propia persona. Existe una gran disparidad de criterio, entre el propio colectivo de motociclistas, si se tiene en cuenta la edad y el uso de la moto. No se comporta igual, el joven que se emociona con la velocidad, que el motociclista maduro, con muchos kilómetros recorridos. No piensa igual aquel que utiliza la moto para ocio y turismo, que el que la conduce por obligación, por ser su medio de transporte o trabajo, y por supuesto, aquel cuya actividad fundamental es la práctica deportiva profesional.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante



Figura 26. En la imagen se observa el motociclista en la que transita al medio de los vehículos y con carga extra dimensional

Fuente: <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/decreto-mintrabajo-regularia-moto-labor-riesgo/31932>

La educación de los conductores y el incremento de controles y sanciones a este grupo resultan medidas urgentes para revertir estas pérdidas de vidas y salud, absolutamente evitables. El motociclista debe recibir una preparación y formación en conducción segura, dejando claro, dos aspectos fundamentales, en orden interno, es preciso concienciar al usuario de la moto, de que conduce un vehículo, que, en caso de accidente, tiene mayor riesgo de lesiones. En orden externo, su seguridad depende en gran parte del buen hacer de otras personas, conductores de otros vehículos, técnicos de carreteras, y profesionales afines al sector del transporte, así como fabricantes de motocicletas y equipamientos.

Entre los factores asociados a las conductas de riesgo (Renault , 2011-2020), los cuales fueron extraídos, tomados, analizados y evaluados los que se describen a continuación:

El exceso de velocidad

El exceso de velocidad en la noche es casi siempre, una de las hipótesis de los accidentes de tráfico y acentúa la gravedad de las lesiones, siendo responsable de uno de cada dos accidentes

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

mortales. El número de muertes en las carreteras disminuiría notablemente si se redujera la velocidad. Según el Observatorio Nacional de Seguridad Vial en Francia- ONISR una reducción de 1 km por hora en la velocidad media produce una disminución del 4% en la probabilidad de accidentes. Cuando no adecuan su velocidad a las situaciones del camino en las cuales pueden encontrarse con otros vehículos y/o peatones. La velocidad excesiva, conducción de riesgo, ruido elevado, zigzagueos urbanos y comportamiento agresivo, el motociclista da muestras inequívocas de su solidaridad y educación vial.

El consumo de alcohol

En la mayoría de los países, se ha comprobado que el alcohol es un factor que contribuye aproximadamente al 30% de los accidentes mortales entre jóvenes y adultos (Observatorio Nacional de Seguridad Vial en Francia-ONISR, 2020). Es un problema cada vez más preocupante, ya que el consumo de alcohol en la adolescencia crece en casi todos los países. Además, se está extendiendo entre los jóvenes la práctica del botellón (beber en exceso y deprisa los fines de semana por la noche).

La fatiga

No se cuenta con datos estadísticos sobre la fatiga, ya que no es ilegal estar cansado, y es muy difícil detectar o confirmar como factor causante de accidentes. Es de suponer que al final de la noche desempeña un papel muy importante entre los jóvenes debido a la falta de sueño.

El hacinamiento en los vehículos

El hacinamiento también se da en camiones, autobuses e incluso a veces en vehículos de dos ruedas. Ello implica más víctimas en caso de accidente. Además, los conductores de vehículos excesivamente llenos son más propensos a distraerse.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Las conductas de riesgo asociadas a vehículos de dos ruedas

Los accidentes de vehículos de dos ruedas son muy comunes entre los jóvenes y se producen principalmente por dos motivos: Las infracciones y las acrobacias, relacionadas con la edad. Los errores debidos a la inexperiencia y falta de formación, sobre todo en lo que se refiere a la comprensión de las diferencias entre vehículos de dos ruedas y de cuatro. En este sentido, el “no lo vi” y “no entendí qué quería” se explican por las diferencias en cuanto a aceleración, maniobrabilidad y trayectoria entre los vehículos de dos ruedas y los de cuatro.

10.5.3 Comportamiento de género en accidentes de transporte

Investigaciones internacionales han hallado que las mujeres, causan menos siniestros graves (con heridos y/o muertos) que los hombres, en una proporción que va de dos a cinco veces (dependiendo del país de análisis). Los estudios, basados en observaciones sistemáticas del comportamiento de los conductores de ambos sexos en el tránsito, vuelve a demostrar que, pese a que muchos piensan lo contrario, las mujeres conducen en forma más segura que los hombres y se cuidan más (respetan las señales de tránsito, manejo defensivo, usan más el cinturón de seguridad y el casco, entre otros).

Las mujeres también muestran comportamientos riesgosos y protagonizan, y muchas veces causan siniestros, pero, mayoritariamente, de menor gravedad. Las hipótesis de los siniestros más frecuentes protagonizados por las mujeres suelen ser: errores en maniobras de giro y en intersecciones al circular marcha atrás y estacionar; mientras que, en los hombres, las hipótesis más comunes son: sobrepaso inadecuado, exceso de velocidad y conducir alcoholizado.

Según la estadística del libro Forensis 2018, durante el año 2018, según lo reportado en el sistema forense, el 80,63 % de las muertes en accidentes de transporte en el territorio colombiano

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

corresponde a hombres, para un total de 5.546 casos; en consecuencia, el 19,37 % de los casos corresponde a mujeres y representa 1.332 casos del total de muertes en el país. Lo anterior se traduce en que aproximadamente por cada cuatro hombres con lesiones fatales se registra una mujer con este tipo de causa. En comparación con datos internacionales, esta razón es similar a lo sucedido en el mundo donde aproximadamente el 77 % de los muertos en accidentes de transporte son hombres, (ver anexo 4, tabla 6).

10.5.4 Velocidad y gravedad de los accidentes

Siempre que algo se mueve va a una velocidad por pequeña que ésta sea. El problema está, por tanto, en ir a una determinada velocidad, pero con capacidad de control sobre la misma.

Trasladando tal aseveración al ámbito de la circulación rodada, la anterior deducción es igualmente aplicable, pues el conductor de un vehículo debe ir siempre a una velocidad que le permita controlar y detenerse con seguridad ante cualquier incidente.

¿Por qué los límites de velocidad? Con las actuales dimensiones y las potenciales posibilidades del panorama circulatorio, es inevitable tener que fijar unas reglas del juego aplicables a toda una colectividad, en función de la seguridad, la formación de los conductores, el estado de las carreteras, parque móvil, categoría del vehículo, y un largo etcétera de variables, de lo contrario circular sería una competición sin reglas y, por lo tanto, injusta y caótica. Hasta este punto no existe discusión alguna, todo el mundo entiende que deben existir unas ciertas reglas del juego.

Las normas proceden del Estado y se dirigen a toda la sociedad, pero estas no se explican, es decir, se perciben como una herramienta meramente fiscal, con el único objetivo de recaudar dinero. En la opinión pública no hay la sensación de que la Seguridad Vial sea un problema importante, la gente asume que haya tantos muertos en accidentes de tránsito, piensan que es un

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

inconveniente que conlleva la automoción, las libertades. En los medios de comunicación no se le da ninguna trascendencia, únicamente cuando hay algún accidente de autobús.

Que el exceso de velocidad es un grave problema de seguridad está constatado, así lo demuestran las investigaciones realizadas en diversos países: un aumento de un kilómetro por hora en la velocidad promedio de una vía, aumenta en un 5% las lesiones y en un 7% los accidentes fatales.

Lo anterior se explica porque:

- El exceso de velocidad reduce el tiempo que tiene el conductor ante un imprevisto, tiempo que le permite evitar un accidente mediante alguna acción evasiva, como por ejemplo frenar.
- Al superar el límite de velocidad para la que fue diseñada la vía, se deterioran aspectos como la estabilidad del vehículo y la visibilidad del conductor, reduciéndose, por ejemplo, la distancia hasta donde puede ver el camino.
- Mientras mayor sea la velocidad de un vehículo que se acerca a un peatón u otro conductor, más difícil será para éstos juzgar la distancia a la que se encuentra dicho vehículo.
- El comportamiento de los ocupantes de las motocicletas, ningún motociclista tiene la precaución de hablarle al acompañante, el cual este puede hacer causar un accidente en la vía en el momento que transitan.

10.5.5 Los conductores noveles

El conductor novel, suele ser por término general, una persona joven, adolescente y con muy poca experiencia de la vida, cosa que se traduce en una aceptación del riesgo importante.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Estudios de accidentalidad indican que es precisamente en los adolescentes donde se producen los mayores índices de accidentes mortales; los mismos estudios muestran que dichos accidentes se producen a las salidas de discotecas en fines de semana, por ingestión de alcohol o drogas, por establecer competitividad con otro u otros conductores, etc., lo que lleva a pensar que los accidentes en los adolescentes están más en función de su modo de vida que en el dominio y conocimientos del vehículo en sí.

Por ello, más que aumentar el número de prácticas en la obtención del carné de conducir, creo que sería más interesante incidir más en la Educación Vial, dando más información sobre las consecuencias del alcohol y de las drogas en la conducción; esto es, más conocimientos y más responsabilidad en la toma de decisiones.

10.6 Elementos de señalización vial y dispositivos

- Se propone la ubicación lateral de la señal vertical de las ya existentes (puede ser una triangular donde se grafique el tractocamión, a una distancia (1,5m) del costado derechos los vehículos tipo bicicleta o motocicleta, con el objetivo de reducir el número de muertes y lesionados por esta hipótesis que se puede presentar, ubicada al borde de calzada para no interferir con el paso de vehículos pesados.
- Se deben priorizar el uso de señales verticales de tipo preventivo sin llegar al exceso de las mismas, las condiciones que sin excepción se deberán señalar se encuentran curvas horizontales, ubicación de resaltos, advertencia de centros poblados y advertencia de centros educativos,
- Para el caso de las líneas de borde de vía, éstas deberán ser en pintura plástico en frío con aplicación de imprimante para garantizar la fijación de esta en la losa, así mismo se debe

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

garantizar una relación 50/50 entre el antideslizante y la microesfera de vidrio mejorando la visibilidad de estas en horas de la noche.

- La lámina retro reflectiva que se debe implementar en las señales verticales será tipo IX o superior, garantizando así la correcta visualización en horas de la noche.
- Las tachas reflectivas deberán ser ubicadas en las curvas horizontales cada 6 metros que servirán como respaldo en condiciones de lluvia intensa que impida la visualización de las líneas de borde.
- Los resaltos serán ubicados en zonas donde por las condiciones del trazado se deba reducir la velocidad a juicio del diseñador, estos tendrán una altura máxima de 5 cm y una longitud de mínimo 4 metros pintados de color amarillo.

10.7 Líneas longitudinales u horizontales en las vías

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses. Estas señales horizontales también conocidas como marcas viales o señales longitudinales son escritas adheridas o grabadas en la vía con elementos adyacentes a ella, para indicar, advertir o guiar el tránsito, pueden ser continuas o segmentadas. Las primeras indican sectores donde está prohibido estacionar o efectuar las maniobras de adelantamiento y virajes, y las segmentadas, donde dichas maniobras están permitidas. (Departamento de Seguridad Vial - Dirección de Vialidad, 2018)

Atendiendo al elemento de la vía que identifican, las líneas longitudinales se clasifican en:

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Líneas de eje central.
- Líneas de pista.
- Líneas de borde de calzada.
- Otras líneas.

Las señales de tráfico tienen por misión advertir, informar, ordenar o reglamentar el comportamiento de los conductores. Gracias a la señalización los usuarios de las vías públicas podemos obtener mucha información esencial para conducir y entender su significado. Estas líneas que se encuentran por donde transitan los vehículos tipo bicicleta y motocicleta son un peligro para estos actores viales, ya que permiten deslizarse, volcarse por alguno de sus costados, el asfalto puede ocultar trampas que nos hagan perder el equilibrio en la moto, provocando una caída, por lo tanto, estas líneas las siguen pintando y utilizan los materiales que no son los adecuados.

Los grupos de motociclismo manifiestan, que las motocicletas tienen menos agarre que un automóvil y en los bordes de las calles es donde más se acumula polvo, basura y objetos de diferente índole. Además, las líneas blancas del borde de las calzadas son extremadamente resbalosas con la lluvia.

En muchas de nuestras carreteras y calles las pinturas que se aplican en las marcas viales son altamente deslizantes y provocan accidentes de tránsito. Comprometiendo seriamente la correcta adhesión del neumático y dando lugar a deslizamientos que impiden el correcto control de la motocicleta y bicicleta. El problema es aún más grave porque la impericia y la imprudencia de estos actores no solo están afectando su propia integridad. En días de lluvia se vuelven realmente peligrosas porque la rueda patina sobre estas marcas provocando accidentes.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Continuación del párrafo anterior, conduciendo una moto con presencia de humedad, lluvia o nieve, y en un tramo donde exista pintura vial las probabilidades de que el accidente sea fatal son muy elevadas. Se supone que las pinturas que se utilizan para las vías son antideslizantes y que cumplen la reglamentación correspondiente, pero la realidad es completamente diferente. Generalmente, en días lluviosos o con climas alterados, es peligroso manejar una moto, ya que el asfalto está mojado y puede que las ruedas se deslicen justo al momento de frenar, produciendo así un inevitable accidente de tránsito ya que a los coches les sucede exactamente lo mismo.



Figura 27. Señales horizontales también conocidas como marcas viales o señales longitudinales.

Fuente: <https://periodistas.toyota.com.co/downloads/pdfs/Buen%20Conductor%2014X17%2021%2012%2018.pdf>

11 ANALISIS DE RESULTADOS

Debido a que en el proyecto inicial se tenía contemplada la realización de un modelo experimental del flujo de aire generado por tractocamiones en vehículos de dos ruedas para las condiciones ambientales de Bogotá; la cual no pudo llevarse a cabo por las circunstancias de la pandemia de la COVID-19 que se está presentado a nivel nacional e internacional. Se cambió el enfoque de la investigación y se formularon los lineamientos para dicho estudio, así como también, se efectuó una revisión teórica, bibliográfica y la construcción de un estado del arte.

En esta parte se desarrollará el procedimiento de seguridad vial que se va a implementar en la prueba del modelo experimental a ejecutar, para mostrar el contenido de la tesis. De forma resumida, se describirán los aspectos abordados a lo largo de la investigación realizada, los resultados que se obtendrán y su análisis de estos quedará para una futura investigación que se lograra cuando se efectuó la prueba del modelo. La presente tesis se recoge un compendio de publicaciones que construye aquí un hilo argumental que facilita la presentación del trabajo llevado a cabo, relacionándolo con las publicaciones compendiadas, de manera que queda justificada nuevamente su unidad temática.

La conexión entre el tema tratado en cada apartado y la publicación o las publicaciones en las que aparece se irá indicando, mediante las oportunas referencias, a lo largo de todo el capítulo. En algún caso, se presentan resultados obtenidos muy recientemente que no están incluidos en ninguna de las publicaciones del compendio. Esta circunstancia también se hará explícita en su momento. Por otra parte, se debe destacar el ajuste que se realizó en la presente investigación, ya que se logró adaptar la documentación que se tenía con la parte de seguridad vial aumentando la profundidad y entregando un trabajo más útil para la toma de decisiones al momento de desarrollar la prueba del modelo experimental.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

En la presente investigación se realizaron los lineamientos que se deben tener en cuenta para efectuar un modelo experimental para el estudio de la influencia que tiene el flujo de aire circundante generado por tractocamiones a alta velocidad en el desplazamiento de Bicicletas o Motocicletas por los costados en condiciones ambientales de la sabana de Bogotá; por lo anterior, el aspecto no resuelto en este trabajo corresponde a la prueba experimental, con el objetivo de comprobar o no las hipótesis planteadas, igualmente, las conclusiones y recomendaciones que se pueden obtener al realizar el análisis de resultados de esta prueba, para así poder desarrollar programas de pedagogía vial en estos actores viales que intervienen.

11.1 Estado del Arte

Después de realizar una revisión de los estudios existentes sobre modelos experimentales del flujo de aire generado por tractocamiones a alta velocidad en vehículos de dos ruedas, se encontraron principalmente tres investigaciones similares del tema a nivel mundial, las cuales sirvieron de guía para el presente estudio. En Colombia se realizó consulta en medios abiertos y bibliotecas universitarias, por medio de motores de búsqueda de artículos e investigaciones del flujo Aire Circundante Generado por Tractocamiones a Alta Velocidad, sin encontrar trabajo de tesis o investigaciones es este tema.

11.2 Experiencias e Investigaciones a Nivel Mundial

Los principales estudios e investigaciones realizados acerca de modelos experimentales del flujo de aire, consistieron en estudios de casos y controles, un primer estudio realizado en Karlsruhe, Germany, un segundo estudio realizado en Zhejiang University, Hangzhou China y un tercer estudio realizado en la Universidad de Glasgow, Reino Unido.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

11.2.1 Artículo: Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles.

La primera investigación encontrada a nivel mundial fue realizada en Karlsruhe, Germany por Prof. Dr.-Ing. Bodo Ruck y el Dr. Petr Lichtneger, periodo de investigación 2011-2014 y la denominaron “Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles”, cuya traducción al español corresponde a “presión inestable y fuerzas de succión en elementos planos de carretera inducidos por vehículos que pasan”. Dicha investigación tuvo por objeto la realización de experimentos a escala para seis tipos de vehículos diferentes (automóvil, camioneta, camión, camión con remolque, tractocamión, autobús) y tres tamaños de placas cuadradas, que se alinearon en tres configuraciones diferentes con respecto a la vía por donde transita el vehículo.

Esta investigación consistió en un estudio de la medición de cargas que afectan la placa, la técnica de presión multi-tapping se implementó con alta temporal y resolución espacial. Los experimentos entregaron una amplia base de datos para la correcta cuantificación de cargas inducidas por el vehículo sobre elementos planos en función del tipo de vehículo, velocidad del vehículo y distancia de paso a la placa, tamaño del elemento, así como alineación espacial de la placa con respecto al vehículo.

11.2.1.1 Resultados obtenidos en el estudio “Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles”,

En este estudio fueron encontrados las placas de prueba estaban equipadas con muchas tomas de presión en ambos lados para medir distribuciones de presión diferencial con alta resolución espacial y temporal durante el paso del vehículo. La integración de la distribución instantánea de presión diferencial (diferencia de presión entre el lado frontal y posterior del elemento conduce a

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

una fuerza transitoria que actúa sobre el elemento, que es una función del tipo de vehículo, la distancia de paso y la velocidad del vehículo(U) y el tiempo (t). estas curvas de fuerza dependientes del tiempo se dan a modo de ejemplo en la figura para las tres configuraciones (A, B, C).

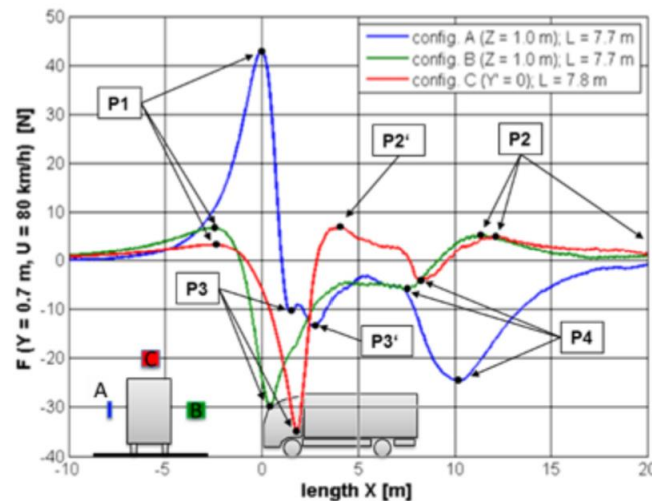


Figura 28. Curvas de fuerza características medidas con camión y diferentes configuraciones A, B, C; plato medianero curvas promediadas del conjunto recalculadas para una distancia de paso de 0,7m y una velocidad de aproximación de 80km/h.

Fuente: Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles, 2011-2014

Como las cargas de viento dependen del cuadrado de la velocidad, la fuerza inducida por el vehículo $F(t)$ se normalizó por una fuerza que consiste en el producto de la presión dinámica basada en la velocidad del vehículo, la densidad del aire y el área frontal del vehículo ($A_v = B \times H$). Esto condujo al coeficiente de fuerza transitoria adimensional $C_F(t)$

$$C_F(t) = \frac{2 \cdot F(t)}{\rho \cdot U^2 \cdot A_v} \quad (1)$$

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

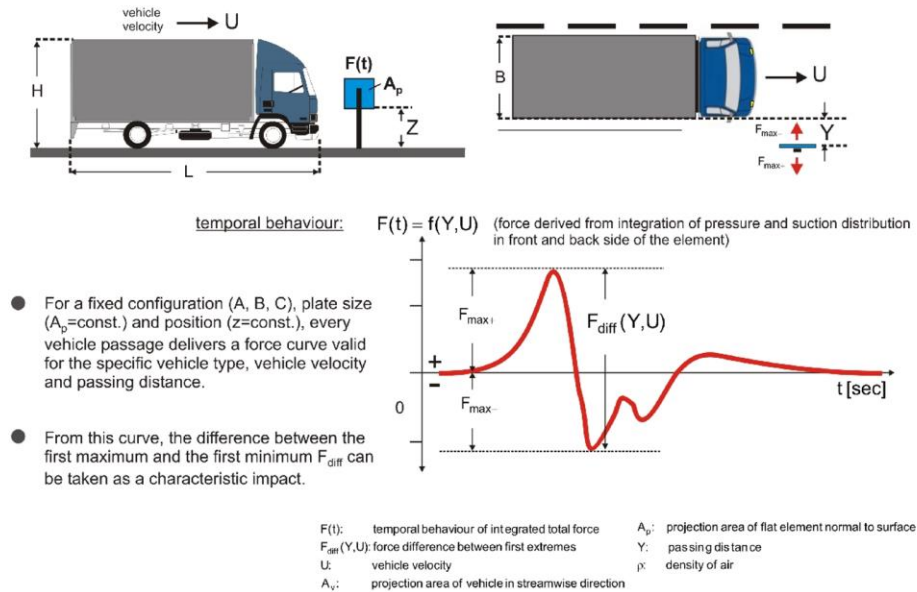


Figura 29. Fuerzas de succión y presión inestables que actúan sobre el elemento plano de la carretera
 Fuente: Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles, 2011-2014

Las curvas para el coeficiente de fuerza transitoria adimensional $CF(t)$ todavía depende de U en Y , sin embargo, todas las curvas de la misma distancia de paso muestran la misma amplitud, pero tienen diferentes duraciones de tiempo debido a la velocidad variable del vehículo. Si introducimos en la abscisa un tiempo adimensional t_n formado por la multiplicación el tiempo real con la velocidad del vehículo dividida por la longitud del vehículo L , entonces, todas las curvas medida del coeficiente de fuerza transitoria adimensional $CF(t_n)$ tendría la misma longitud, distancia de paso fija Y , las curvas de $CF(t_n)$ muestran la misma amplitud, es decir, $CF(t_n)$ depende solo de Y .

$$t_n = \frac{t \cdot U}{L} = \frac{X}{L} \quad (2)$$

Dado que el coeficiente de fuerza transitoria adimensional $CF(t_n)$ depende solo de Y , debería ser posible dividirlo por una función $k(Y)$, que se llama “modelo de distancia”, obligando a todas las curvas a colapsar en más o menos una sola curva, para una posición de prueba.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

11.2.1.2 Conclusiones del estudio ““Unsteady pressure and suction forces on flat roadside elements induced by passing vehicles””,

Los resultados de este estudio corresponden al modelo de distancia que describe la relación entre el impacto de fuerza y la distancia de paso Y . Para obtener un modelo de distancia, se realizó un gran número de pasos de vehículos con una posición de prueba específica que mide el coeficiente de fuerza diferencial (diferencia del coeficiente de fuerza del primer máximo $P1$ y primer mínimo) en cada curva y así mostrar los valores en un gráfico. Se encontró que el coeficiente de fuerza diferencial CF , $diff13$ podría aproximarse con una tercera función de potencia ajustada dentro del rango de distancia probado. Por lo tanto, para cada posición de prueba, se estimó un modelo de distancia $k(Y)$ aplicando los coeficientes del modelo a $[m^3]$ y $b[m]$ adecuadamente.

La base de datos VIPAS - (Presión y succión inducida por el vehículo) resume los resultados de extensas mediciones a gran escala parte 1: la 'posición de prueba' de la placa plana. Una "posición de prueba" se define como una combinación de una configuración particular (A, B o C), un tipo de vehículo y un nivel vertical Z de la placa de prueba. En cada posición de prueba, típicamente, se llevaron a cabo $N = 15$ a 25 corridas de prueba. Para cada carrera, la velocidad variable del vehículo U y la distancia variable Y entre la placa y el vehículo se capturaron automáticamente utilizando el disparador del haz de luz láser y la técnica de medición de distancia. (Ruck & Lichtneger, 2014)

La utilización de la base de datos VIPAS - parte 1: placa plana; supuestamente, se conoce la distancia de paso Y , la velocidad del vehículo U y el tipo de vehículo con área frontal A_v , la base de datos VIPAS se puede usar para calcular la carga de viento $F(t)$ o $F(X)$ que actúa sobre un elemento plano de tamaño $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$, $100\text{ cm} \times 100\text{ cm}$ o $150\text{ cm} \times 150\text{ cm}$ de altura Z

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

con configuración A, B o C. Este cálculo se puede realizar sobre la base de las curvas de carga características determinadas experimentalmente $\langle C_F^* \rangle$ en combinación con los modelos de distancia $k(Y)$ derivados de mediciones a escala completa:

$$F(t_n) = \frac{\rho \cdot U^2}{2} \cdot A_v \cdot k(Y) \cdot \langle C_F^* \rangle(t_n) \quad (5)$$

Sustituyendo t_n con la ecuación. (2) entrega la fuerza resultante $F(t)$ o $F(X)$.

11.2.2 Artículo: Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Tráiler.

La segunda investigación encontrada a nivel mundial fue realizada en Instituto de Maquinaria Eléctrica e Ingeniería Vehicular, Universidad de Zhejiang, Hangzhou China por Yue Yang, Jinxing Chen, Yuqi Huang*, Jiangang Chen, Yuan Ji, periodo de investigación de septiembre de 2017 y la denominaron “Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Tráiler”, cuya traducción al español corresponde a “Análisis de la influencia del flujo de brecha (vacío) alrededor de un tractor-remolque”. Dicha investigación tuvo por objeto explorar la brecha optima de cada modelo y analizar los mecanismos y leyes de flujo.

Para estudiar el mecanismo del flujo de brecha y explorar las reglas de la variación de resistencia Vs. brecha en diferentes relaciones de área, se establecieron y discutieron varios modelos tridimensionales en este documento. El modelo Large Eddy Simulation - LES fue adoptado para analizar el flujo alrededor del camión y el remolque después de que el método fuera validado por la comparación de los resultados de simulación y experimentales del modelo Ahmed.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

11.2.2.1 Resultados obtenidos en el estudio “Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Trailer”,

La Figura 32 refleja la relación entre la relación de área (C) y la distancia de separación (brecha). Los resultados de varias deficiencias (brechas) revelan que el coeficiente de resistencia disminuye con el aumento de la relación de área y la discrepancia es obvia, lo que significa que la relación de área tiene un impacto dramático en la resistencia aerodinámica. Teniendo en cuenta la influencia de la distancia de la brecha, la Figura 33 refleja que las tres curvas reflejan una tendencia de primero disminuir y luego aumentar lo que significa que hay una brecha óptima de cada modelo para el coeficiente de arrastre - C_D mínimo. En los casos de la proporción de área - $\psi=0.8$ y $\psi=0.89$, la distancia con mínimo C_D es 0.65m y la de $\psi=0.89$ es 0.6 m. El valor de C_D aumenta rápidamente cuando la distancia es superior a 0.65m.

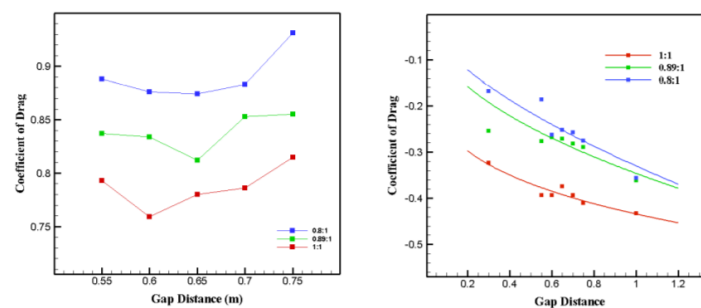


Figura 30. C_D en diferentes espacios (brechas) Figura 31. C_L en diferentes espacios
Fuente: Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Trailer

La Figura 34 muestra los contornos (límites) de presión superficial de los modelos con tres relaciones de área diferentes en la misma distancia de separación. Los tres modelos, todos reflejan una región de alta presión en la cabeza del camión que es la causa principal de arrastre adelante y el tamaño de la región se debe a la diferente altura de la cabeza del camión. Existe una región de baja presión en la parte superior de la cabeza del camión de todos los modelos en los que se separa el flujo de aire. El tamaño de la región negativa incrementa con el aumento de la

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

relación de área, lo que significa que una cabeza de camión más alta tiene una mejor capacidad de flujo de guía.

Los modelos con relación de área de 0,8 y 0,89 tienen una región de presión positiva en el borde superior del remolque, mientras que esta región no existe en el contorno del modelo con relación de área 1:1. La alta presión situada en el borde superior del carro podría ser un factor crítico para aumentar la resistencia del flujo de aire y deteriorar las características aerodinámicas.

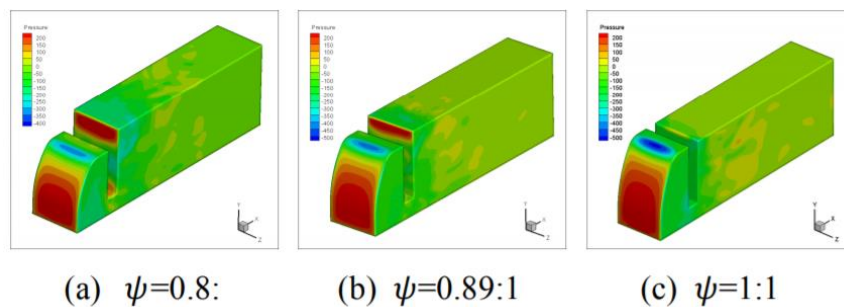


Figura 32. Contorno de presión superficial

Fuente: Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Tráiler

La aerodinámica a lo largo de la línea central mostrada en la Figura 35 refleja la misma tendencia que el vórtice en la brecha se fortalece con el aumento de la distancia de la brecha. Los modelos con brechas relativamente grandes proporcionan suficiente espacio para la generación de grandes remolinos, mientras que la brecha estrecha limita la ingesta de flujo de aire y por lo tanto se forma un remolino relativamente pequeño. La separación de flujo por encima del carro es mayor en los casos de huecos más pequeños y la separación muestra una tendencia a la baja con la creciente brecha, lo que significa que el aire pasa más fluidamente por el carro.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

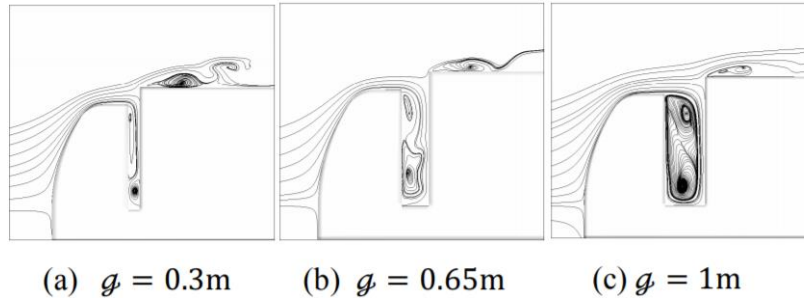


Figura 33. Racionalización a lo largo de la línea central

Fuente: Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Tráiler

11.2.2.2 Conclusiones del estudio “Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Tráiler”,

El trabajo analizó la influencia del flujo de la brecha utilizando el método de dinámica de fluidos computacional y encontró algunos mecanismos y leyes de las características del flujo. La relación de área entre la cabeza del camión y el carro tiene un impacto significativo en las características aerodinámicas. Los camiones con menor relación de área tienen mayor coeficiente de resistencia debido a la región de alta presión causada por el impacto del aire en el carro. También existe una fuerza descendente relativamente menor en los modelos con una relación de área mayor para una fuerte separación del flujo por encima del carro. Para mejorar la aerodinámica de los camiones, se debe evitar una gran diferencia de altura entre la cabeza del camión y el carro.

El aumento de la distancia entre la cabeza y el carro podría ampliar la vorticidad en el espacio y conducir a una mayor fuerza de arrastre. Mientras que pequeños huecos podrían causar una severa separación del flujo por encima del carro y resultar en el aumento del coeficiente de elevación - C_L .

En conclusión, tanto las brechas demasiado grandes como las demasiado pequeñas podrían deteriorar la aerodinámica. El documento consultado encontró que los modelos con

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

brecha alrededor de 0.6 ~ 0.65m tienen la mejor aerodinámica para el coeficiente de arrastre $-C_D$ relativamente más pequeño y C_L que podría proporcionar referencia para el futuro diseño de camiones. La diferencia de C'' entre el modelo más grande y el más pequeño es de hasta 19%. También se ha encontrado que la brecha óptima es diferente de los modelos con relación de área distinta debido a la entrada de aire de la brecha y la suavidad de flujo diferentes más allá del carro. Debido a la limitación del número de objetos estudiados, la relación específica entre la brecha óptima y la relación de área podría estudiarse en el futuro. (Yang, Chen, Huang, Chen, & Ji, 2017)

11.2.1 Artículo: Flow characteristics over a tractor-trailer model with and without vane-type vortex generator installed.

La tercera investigación encontrada a nivel mundial fue realizada en Universidad de Glasgow, Reino Unido por Kin Hing Lo. Konstantinos Kontis, periodo de investigación de diciembre de 2016 y la denominaron “Flow characteristics over a tractor-trailer model with and without vane-type vortex generator installed”, cuya traducción al español corresponde a “Características de flujo en un modelo de tractor-remolque con y sin generador de vórtices tipo paleta instalado”. Dicha investigación tuvo por objeto la realización de presente estudio experimental es investigar los efectos de los generadores de vórtices tipo paleta en el patrón de flujo aguas abajo del extremo posterior de un remolque trasero cuadrado utilizando un modelo de tractor-remolque a escala 1:20.

Esta investigación consistió en un estudio experimental se utilizó un modelo genérico de tractor-remolque a escala 1:20. La geometría y las dimensiones del modelo utilizado se muestran en la Figura 36, con el fin de simular las condiciones de funcionamiento de los camiones articulados en las autopistas, el tamaño normalizado del hueco (p. ej., el espacio entre el extremo

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

trasero del tractor y la cara delantera del remolque, $\sqrt{G/A}$) empleado en este estudio se mantuvo al mínimo en $\sqrt{G/A}=0,1$. Cabe señalar que G y A son la longitud del hueco (p. ej., la longitud entre el extremo trasero del tractor y la cara delantera del remolque) y la zona frontal del modelo del tractor.

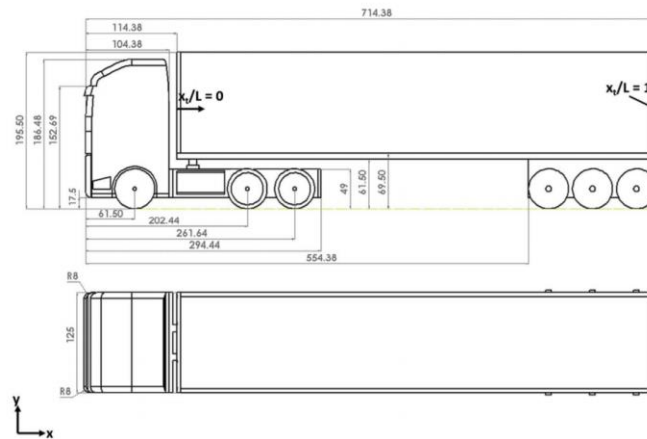


Figura 34. Esquema del modelo de tractor-remolque 1:20 utiliza

Fuente: Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed

11.2.1.1 Resultados obtenidos en el estudio “Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed”

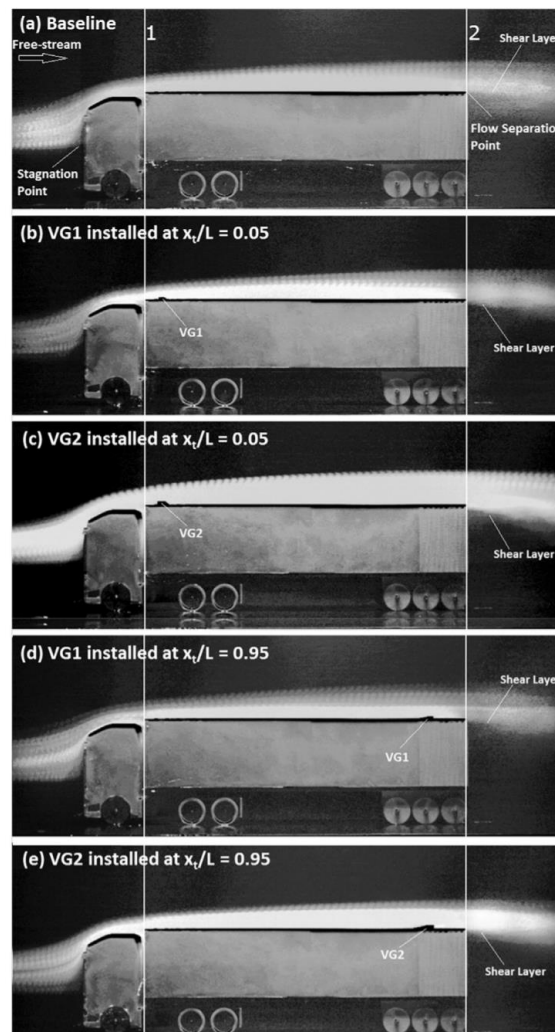
En este estudio muestra el patrón de flujo en sentido de la corriente promediado en el tiempo, como se muestra en la figura 37 a lo largo de la línea central del modelo de tractor con remolque con y sin generador de vórtice instalado obtenido de la visualización de humo. De la Fig. 4(a) a (e), se puede ver que el patrón general de flujo sobre el modelo tractor-remolque es similar en los cinco casos en estudio y se puede resumir de la siguiente manera.

Cualitativamente, cuando el flujo entrante llega a la parte delantera del modelo tractor, parte del flujo se detiene por esta cara delantera del modelo. Como resultado, una región de estancamiento de flujo aparece en la superficie frontal del modelo del tractor que se puede ver claramente en la Fig. 4(a) a (e). El flujo entrante por encima del punto de estancamiento se

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

vuelve hacia arriba y llega a la parte superior del modelo tractor. Después de girar hacia arriba, el flujo alcanza y se expande a lo largo de la curvatura del techo del modelo tractor.

A continuación, el flujo llega a la parte trasera del tractor y parte del flujo entra en la zona de separación entre el tractor y el remolque, mientras que el resto cruza la zona de separación e incide sobre la superficie delantera del modelo de remolque (p. ej., la línea vertical no. 1 que se muestra en la fig. 37. Aunque el borde delantero del modelo de remolque es afilado, no se pudo observar ninguna burbuja de separación evidente inmediatamente después del borde delantero del modelo de remolque en todos los casos en estudio.



Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Figura 35. Imágenes de visualización de humo del modelo tractor-remolque con y sin vórtice generador instalado. (a) configuración de línea de base (i.e. no VG instalado), (b) VG1 instalado en $x_t/L=0.05$, (c) VG2 instalado en $x_t/L=0.05$, (d) VG1 instalado en $x_t/L=0.95$ y (e) VG2 instalado en $x_t/L=0.95$

Fuente: Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed

Para estudiar los efectos de los generadores de vórtices en el ángulo de la capa de cizallamiento, se midieron los espesores y ángulos de las vetas de humo en varios lugares a lo largo del modelo del remolque. Un esquema se muestra en la Fig. 38 para ilustrar las ubicaciones donde se tomaron las mediciones de ángulo y espesor.

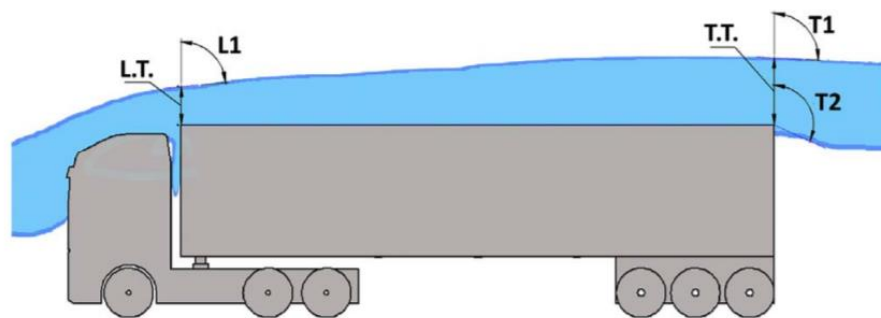


Figura 36. Definiciones de los espesores y ángulos medidos a partir del humo, imágenes de visualización

Fuente: Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed

Los resultados obtenidos de las mediciones se tabulan en la tabla 18. Cabe señalar que los resultados mostrados en la tabla se calcularon promediando los resultados de medición a partir de 1000 imágenes instantáneas captadas en los experimentos de visualización de humo. Una vez más, debe subrayarse que los datos presentados en el cuadro deben tratarse cualitativamente, ya que podría surgir una considerable incertidumbre midiendo los espesores y ángulos directamente a partir de las imágenes captadas en los experimentos de visualización del humo.

Tabla 10.

Espesores y ángulos promediados de las vetas de humo, medidos mediante imágenes de visualización de humo. Leyendas: Caso A = Modelo base, Caso B = VG1 instalado en $x_t/L=0.05$, Caso C=VG2 instalado en $x_t/L=0.05$, Caso D=VG1 instalado en $x_t/L=0.95$ y Caso E=VG2 instalado en $x_t/L=0.95$.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Case	L.T. (mm)	T.T. (mm)	L1 (deg)	T1 (deg)	T2 (deg)
A	31.6 ± 2.1	58.6 ± 3.8	84.6 ± 1.0	91.1 ± 0.8	97.9 ± 3.0
B	31.5 ± 3.5	53.8 ± 3.8	84.4 ± 1.0	90.7 ± 0.8	104.0 ± 2.5
C	30.8 ± 3.1	53.1 ± 3.2	84.1 ± 1.6	91.1 ± 0.9	104.8 ± 2.2
D	31.7 ± 2.9	55.8 ± 3.3	84.2 ± 1.1	91.3 ± 0.8	99.7 ± 2.8
E	31.0 ± 3.1	55.7 ± 2.5	84.0 ± 1.1	91.4 ± 0.8	99.5 ± 2.3

Fuente: Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed

A partir de la tabla 10, se puede ver que, en la sección frontal del modelo del remolque, las vetas de humo en todos los casos estudiados muestran un grosor similar de las vetas de humo (L.T.) y un ángulo de cizalladura (L1) independientemente de si el generador de vórtices está instalado. Esto implica que la presencia de los generadores de vórtices paleta en la sección frontal del modelo de remolque, como en los casos B y C, no induzcan ningún efecto de disparo de flujo obvio en la región frontal del remolque.

11.2.1.2 Conclusiones del estudio “Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed”,

El presente estudio experimental investigó los efectos de los generadores de vórtices tipo paleta en el control de separación de flujo en camiones articulados. Sin embargo, existen tres limitaciones principales en este estudio y los detalles de estas limitaciones.

Se ha llevado a cabo un estudio experimental para investigar los efectos de los generadores de vórtices de paletas que afectan a las características del flujo aguas abajo del extremo posterior de un modelo de tractor-remolque de espalda cuadrada 1:20. Se emplearon dos generadores de vórtices orientados en sentido contrario a la rotación y orientados hacia atrás con diferente altura y distancia de separación, conocidos como VG1 y VG2. La visualización de humo y las mediciones de velocidad de imagen de partículas de dos componentes se utilizaron

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

para el diagnóstico de flujo. El número de flujo de Reynolds con respecto a la altura del modelo tractor era 5×10^5 con la velocidad de flujo libre correspondiente igual a 50 ms^{-1} .

Sobre la base de las imágenes recogidas de los experimentos de visualización de humo, se observó que la separación de flujo apareció inmediatamente después del extremo posterior del modelo de remolque trasero cuadrado en todos los casos en estudio. Sin embargo, a partir de las mediciones del ángulo de la capa de cizallamiento, se observó que el ángulo de la misma era el más grande o los puntos más hacia abajo en el caso de que el generador de vórtices de paleta más grande VG2 se instalara en la ubicación normalizada $x_t/L=0.05$ en el techo del modelo de remolque. Además, se observó que, en comparación con el caso de referencia, la presencia de generadores de vórtices de paletas en el techo del remolque podría reducir el tamaño de la región de flujo de recirculación, aunque este enfoque parece ser más eficaz cuando se utiliza el generador de vórtices de paleta más grande VG2 y los generadores de vórtices se instalan cerca del extremo frontal del modelo de remolque. (Hing Lo & Kontis, 2016)

11.3 Experiencias e Investigaciones en Colombia

Se realizó consulta en los siguientes motores de búsqueda: Google, Bing y archive.org y las siguientes bases de datos científicas: Web of Science, SCOPUS y Science Direct. Igualmente, se realizó una revisión de algunos artículos e investigaciones realizadas en Colombia en lo referente al flujo Aire Circundante Generado por Tractocamiones o sobre lineamientos para el estudio de la influencia que tiene el flujo circundante generado por tractocamiones a alta velocidad en el desplazamiento de bicicletas o motocicletas por los costados en condiciones ambientales de la sabana de Bogotá, sin encontrarse investigaciones puntuales efectuadas sobre estos temas particulares.

12 CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de este trabajo de grado se logró afianzar los conocimientos en Seguridad Vial durante la Maestría y con este conocimiento, se pudo establecer un marco para crear los lineamientos para el estudio de la influencia que tiene el flujo aire circundante generado por tractocamiones a alta velocidad en el desplazamiento de bicicletas o motocicletas por los costados en condiciones ambientales de la sabana de Bogotá, para el desarrollo de la prueba del modelo experimental, con enfoque a la pedagogía vial, dando así alcance al primer objetivo trazado.
- En el año 2018 Colombia registró 46.416 casos atendidos por accidentes de transporte; las lesiones fatales corresponden a un total de 6.879 personas fallecidas equivalentes al 14,82 % y las muertes según el medio del desplazamiento motocicleta-motocarro a un total de 3.450 casos equivalentes al 50,16% y bicicleta a un total de 428 casos equivalentes al 6,22%, según los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal.
- Al estudiar los factores, hipótesis, comportamientos, principios físicos, consecuencias (efectos), marco conceptual y lineamientos de seguridad vial, entre otros, se enriqueció la estructura del diseño experimental, para la confirmación o no de las hipótesis planteadas y por medio de los resultados concluidos poder plantear recomendaciones en la parte pedagógica de los actores viales que intervienen en este trabajo.
- Inicialmente se realizó una revisión del estado de arte y actual sobre investigaciones o proyectos realizados de la dinámica de fluidos del flujo de aire circundante a vehículos tractocamiones y vehículos de dos ruedas, igualmente, la identificación de los reportes de estadísticas Forensis 2018, reportadas por el INMLCF.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Lo que en Seguridad Vial se conoce como el efecto Venturi, solo ha sido estudiado con este nombre, en la República de Colombia. Los trabajos relacionados a este fenómeno son escasos y abordan esta problemática indicando que se trata de una turbulencia, lo cual se corroboró en las pruebas preliminares, donde al paso de vehículos a alta velocidad, nunca se observó en las cintas ubicadas al borde de la vía, que estas presentaran un movimiento laminar y con una dirección contundente hacia el vehículo utilizado en la prueba, como para considerarla una succión.
- Con lo analizado y observado en las pruebas preliminares el efecto Venturi no fue posible detectarlo dentro del marco experimental, en su lugar se propone llamarlo efecto Bernoulli, debido a que en realidad se podría explicar a partir de una teoría más general del flujo turbulento.
- El flujo turbulento si puede llegar a generar movimientos aleatorios en los vehículos de dos ruedas, no de succión, pero sí de empuje sobre el manillar, aun sin hacer la prueba del modelo experimental, pero considerando la revisión bibliográfica, es posible aseverar que la fuerza inducida en el manillar de estos actores viales no representa una magnitud desequilibrante suficiente como para generar la caída inmediata del ciclista y motociclista.
- En las pruebas preliminares se observó el movimiento turbulento del aire en las cintas ubicadas en la bicicleta. Para que exista el efecto que en Colombia fue denominado Venturi, tendría que existir una evidente fuerza dirigida hacia la línea media del tractocamión, pero no es así, según lo visualizado en las pruebas.
- Las pruebas preliminares que se realizaron permitieron observar lo que desde el punto de vista teórico se esperaba, que efecto Venturi no se hizo manifiesto, sin embargo, lo que se estaba buscando era desarrollar un experimento controlado, porque en las pruebas incluso

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

se observó que las cintas nunca fueron direccionadas por un vector de fuerza contundente, hacia el interior del vehículo como para tener el tiempo suficiente para que el vehículo de dos ruedas cayera en la trayectoria del tractocamión.

- En las pruebas preliminares desarrolladas se observó que existen otros factores que no son el efecto Venturi, si no que está relacionado a la psicología de las personas que conducen estos vehículos en el momento que se aproximan a un vehículo de gran masa, sintiendo intimidación al conducir lo que puede generar tomar decisiones erróneas y podría perder el control de estabilidad del automotor, pero este factor en realidad es un tema de maniobrabilidad.
- Corregir el concepto efecto Venturi que en la vida real durante las pruebas preliminares realizadas no se hizo manifiesto, sin embargo, se puede llegar a presentar flujos turbulentos o corrientes de aire entre motocicletas y bicicletas con tractocamiones a alta velocidad, generando inestabilidad en estos actores viales.
- Como complemento a lo anterior se pudo evaluar diferentes cifras de estadísticas Forensis 2018 en los accidentes de transporte (bicicletas y motocicletas); esto permitió realizar unos lineamientos a tener en cuenta en el desarrollo de la prueba del modelo experimental, con el fin de comprobar las hipótesis planteadas y así tomar enfoques a la pedagogía vial de los actores que intervienen en el trabajo de esta tesis.
- Con respecto a la edad se concluye que el riesgo de morir en un accidente de tránsito se ve incrementado con el aumento de esta en el caso de los motociclistas.
- Revisando la normatividad vigente vs el comportamiento de las bicicletas y motocicletas, es claro que hacen falta conciencia en estos actores viales, documentos técnicos y la actualización de otros que fundamenten y regulen las leyes existentes para cualquier tipo de condición.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Las hipótesis que más se presentan en los accidentes de transporte de los actores viales (bicicletas y motocicletas) están relacionados con el exceso de velocidad, el zigzaguo de los motociclistas al momento de desplazarse, el tránsito entre vehículos, desconocimiento de las normas, mantenimiento de la moto, invasión de carril, no mantener la distancia de seguridad, circular muy cerca de los vehículos, entre otros, son los factores determinantes.
- El procedimiento de seguridad vial propuesto, el formato de la inspección preoperacional del vehículo tipo tractocamión y el plano o croquis a escala que se van a implementar en la prueba del modelo experimental a ejecutar, busca dar claridad del paso a paso a desarrollar, la seguridad de los intervinientes, la toma de resultados en las pruebas, la ubicación de cada actor vial, entre otros.
- De los estudios e investigaciones realizados a nivel mundial, el primer fue efectuado en Karlsruhe, el segundo en Germany, Zhejiang University, Hangzhou China y el tercero en la Universidad de Glasgow, Reino Unido, se pudo concluir que estas investigaciones tienen un fin específico en la investigación y una similitud a la prueba del modelo experimental que pretende dejar para futuras investigaciones que quieran desarrollar por medio del flujo aire circundante generado por tractocamiones a alta velocidad.

13 RECOMENDACIONES

- A los motociclistas, se les recomienda concientizarse en el manejo defensivo en lo que corresponde al zigzaguo, al tránsito entre vehículos, adelantamiento por la izquierda a vehículos, a la velocidad que transitan y la distancia de reacción al momento de un peligro; los conductores de motocicletas de mayor masa (grandes), presentan menos accidentes de transporte, por el contrario, las motos de menor masa (pequeñas), causan más accidentes.
- Los acompañantes de los motociclistas tienen menor riesgo de resultar heridos o de causar un accidente de tránsito, si tiene la precaución de preguntarle al iniciar la marcha al conductor del rodante el comportamiento que debe tener en el momento que está en movimiento la moto, o cuando se está en una curva o cuando realiza el adelantamiento a otro vehículo.
- Para el caso de los pasajeros de motocicleta se encontró que el riesgo en pasajeros muertos y heridos es mayor en algunos meses del año, se recomienda realizar un estudio enfocado a esta problemática con el fin de esclarecerla y poder tomar medidas preventivas.
- A los actores viales de la bicicleta y motocicleta les hace falta recibir un curso de conducción como a los conductores de los demás tipos de vehículo, en donde se les explique la importancia del uso de los elementos de protección, las velocidades a las cuales es prudente conducir, la señalización existente y la normatividad. Dichas capacitaciones deben estar dirigidas a la población joven y joven adulta, y principalmente a las personas de sexo masculino, ya que como se observó en la estadística Forense 2018, estos conforman la mayoría de la población que presentan más accidentes de transporte.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

- Se requiere diseñar una nueva señalización vial y de simuladores del efecto Bernoulli o de turbulencia, con el fin de organizar y brindar seguridad en calles, pistas y carreteras, para proteger la integridad de los actores viales bicicleta y motocicleta.
- Hacer que las vías públicas sean más seguras y transitables depende del compromiso de todos los actores viales, el cual, se debe asegurar mediante capacitaciones periódicas, acertadas y auditorias de seguridad vial y seguimientos.
- Se recomienda el uso de pintura de tipo plástica en frio con antideslizante para la demarcación de zonas escolares o de paso peatonal teniendo en cuenta la durabilidad de esta y los pocos recursos que en materia de señalización se remiten por las entidades territoriales.
- Para el caso de las líneas longitudinales presentes en la vía, se recomienda que esta cumpla con la especificación técnica INVIAS INV 700-13, la cual indica que se debe garantizar una retro reflectividad mayor o igual a 200 milicandelas/m²/lux para pintura amarilla y 250 milicandelas/m²/lux para pintura blanca.
- Hacer que las vías públicas sean más seguras y transitables depende del compromiso de todos los actores viales, el cual, se debe asegurar mediante capacitaciones periódicas, acertadas y auditorias de seguridad vial y seguimientos.
- La experiencia en la conducción de la motocicleta es uno de los factores que más afectan la ocurrencia de los accidentes de transporte, es por esta razón que se sugiere un estudio que analice este factor de forma detalla debido a la falta de información en las bases de datos de accidentalidad de Bogotá D.C, así se podrá determinar las horas mínimas para un curso de conducción de motocicleta y futura expedición de la licencia.

14 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson , J. (2016). *Some reflections on the history of fluid dynamic*. Johnson, R.W.
- Avila , K., Moxey , D., Lozar , A., Avila, M., & Barkley , D. (08 de JULIO de 2011). *NCBI*.
Obtenido de The onset of turbulence in pipe flow.:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21737736>
- Ballesteros Tajadura, R. (2004-2005). Área de Mecánica de Fluidos. *Universidad de Oviedo*, 2-25.
- Bernal Torres, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. Bogota D.C: Prentice Hall.
- Campos Olguin, V. (2006). *Fisica Principios con Aplicaciones volumen 1 Sexta Edicion*. Mexico: Pearson Educación .
- Canesto Arenas. (2018). Exámenes medico legales por presunto delito sexual, Colombia año 2017. 301 a 348.
- CEPAL. (2012). *Boletín FAL*. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Desktop/FAL-311-WEB_es.pdf
- Cesvi Colombia. (8 de enero de 2020). Obtenido de <https://www.carroya.com/noticias/guia-para-conductores/puntos-ciegos-de-un-vehiculo-que-son-y-como-reducirlos-3714>
- Chow, V. T. (1982). Hidráulica de canales abiertos. En V. T. Chow. Mexico : Mc Graw Hill.
- Clancy , L. (1975). *Aerodynamics*. Wiley.
- Cossalter, V., & Massaro , M. (2007). *The influence of frame compliance and rider mobility on the scooter stability*.
- Darrigol , O., & Frinch , U. (2008). *From Newtons mechanics to Eulers equations*. Physica D.
- David Gordon , W. (2004). With Contributions by Jim Papadopoulos.-bicycling Science. En W. David Gordon, *With Contributions by Jim Papadopoulos.-bicycling Science* (págs. 263-390).
- Departamento de Seguridad Vial - Dirección de Vialidad. (2018). Señales Horizontales - Instructivo de Aplicación. *DEMARCACIONES*, 28 de 131.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Dónate , L. C. (2006). Obtenido de Factores de riesgo de mortalidad y morbilidad en

El factor ambiental la via y su entorno . (s.f.). Obtenido de seguridad vial:

https://www.uv.es/sfpenlinia/cas/643el_factor_ambiental_la_va_y_su_entorno.html

Forensis, I. N. (2018). *Forensis 2018 datos para la vida*. Bogota D.C: DISEÑUM.

Francis (th)E mule Science's News. (7 de octubre de 2012). *La Ciencia de la Mula Francis*.

Relatos breves sobre Ciencia, Tecnología y sobre la Vida Misma. Obtenido de La Ciencia de la Mula Francis. Relatos breves sobre Ciencia, Tecnología y sobre la Vida Misma: <https://francisthemulenews.wordpress.com/2012/10/07/nota-dominical-lev-d-landau-propuso-las-estrellas-de-neutrones-antes-del-descubrimiento-del-neutron/>

Hing Lo, K., & Kontis, K. (2016). Flow characteristics over a tractor-tráiler model with and without vane-type vortex generator installed. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 110-122.

Hydrodynamica. (1738). Britannica online Encyclopedia.

Jiménez Castro, J. D., Díaz Anacona, T. C., & Meneses Veloza, S. (2017). Caracterización de los riesgos de movilidad en bicicleta en una institución de educación superior en la localidad de Engativá. *AVANCES: Investigacion en Ingenieria*, 14, 46-61. doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.1282. .

Kasantikul V, Ouellet, J., Smith, T., Sirathranont, J., & Panichabhongse, V. (2005). The role of alcohol in Thailand motorcycle crashes. *NCBI*.

Legal, I. N. (2018). *Forensis 2018*. 299.

Massaro , M., Lot , R., Cossalter , V., Brendelson, J., & Sadauckas, J. (2012). Numerical and Experimental Investigation of Passive Rider Effects on Motorcycle Weave. En M. Massaro, R. Lot, V. Cossalter, J. Brendelson, & J. Sadauckas.

Navarro Gomez. (2017). El suicidio en jóvenes en España: cifras y posibles causas. Análisis de los Últimos datos dispnibles. *Clinica y salud*. 25-31.

Observatorio Nacional de Seguridad Vial en Francia-ONISR. (2020). Obtenido de

<https://es.calameo.com/books/001253402f59939ec9522>

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Renault . (2011-2020). Las conductas de riesgo . *Seguridad y movilidad para todos*, 3, 4.

Republica, C. d. (21 de octubre de 2016). Ley 1811 de. Bogota D.C, Colombia, Colombia.

Reynold, O. (1883). *An experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water shall be direct or sinuous, and of the law of resistance in parallel channels*. Obtenido de

http://www.homepages.ucl.ac.uk/~uceseug/Fluids3/Extra_Reading/Reynolds_1883.pdf

Roe, G. E., & Thorpe, T. E. (1976). A Solution of the low-speed wheel flutter instability in motorcycles. *ournal Mechanical Engineering Science* .

Ruck, B., & Lichtneger, P. (2014). Vehicle Induced Pressure and Suction forces on flat roadside elements. *Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Laboratory of Building- and Environmental Aerodynmaics*, 1-18.

Serwey, R., & Jewett, J. (2008). *Fisica para ciencias e Ingenieria* . Mexico: Abril Vega Orozco.

Tatiana salinas. (febrero de 2013). *My Physical Blog*. Obtenido de My Physical Blog:

<https://tsalinas8712.wordpress.com/3-hidrodinamica/3-1-fluido/turbulento/>

Useche, S. A. (18 de abril de 2018). Porque se producen cada vez mas accidentes de trafico con ciclistas.

Useche, S., Montoro, L., Alonso, F., & Oviedo-Trespalacio, O. (2018). Infrastructural and Human Factors Affecting Safety. *sustainability*.

Vittore , C. (2006). Motorcycle Dynamics . En C. Vittore, *Motorcycle Dynamics* (págs. 241-342).

Vllejo Mora, G., & Lopez p, C. (10 de agosto de 2012). *Avad y avisas*. Obtenido de

<https://es.slideshare.net/vgreissy/avad-y-avisas-ultima>

WELLE, B., QINGNAN , L., WEI , L., ADRIAZOLA-STEIL, C., KING, R., SARMIENTO, C., & OBELHEIRO, M. (2015). *CIUDADES MÁS SEGURAS MEDIANTE EL DISEÑO*. Washington, DC 20002, USA.

Whitt, F. R., & David , G. W. (1982). *Bicycling Science(Second edición)*. . Massachusetts Institute of Technology.

Lineamientos Para el Estudio del Flujo Circundante

Yang, Y., Chen, J., Huang, Y., Chen, J., & Ji, Y. (2017). Analysis on the Influence of Gap Flow Around a Tractor-Trailer. 1-7.

Zinn, L. (30 de diciembre de 2008). *VeloNews*. Obtenido de <https://www.velonews.com/gear/technical-q-shifting-and-shimmy/>

15 ANEXOS

ANEXO 1: 1. PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA DEL
MODELO EXPERIMENTAL

ANEXO 2: 2. FORMATO INSPECCIÓN PREOPERACIONAL

ANEXO 3: 3. PLANO A ESCALA DE LA PRUEBA DEL MODELO EXPERIMENTAL

ANEXO 4: 4. COMPORTAMIENTO DE MUERTES Y LESIONES POR ACCIDENTES
DE TRANSPORTE, COLOMBIA, AÑO 2018 (REVISTA FORENSIS)