

ACELERACIONES Y DESACELERACIONES DE VEHICULOS LIVIANOS EN RECTAS EN UN TRAMO EXPERIMENTAL DE SANTANDER

**PAULA ANDREA COMBARIZA ANGULO
000272032
ANGIE TATIANA VARGAS VILLALBA
000242684**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

ACELERACIONES Y DESACELERACIONES DE VEHICULOS LIVIANOS EN RECTAS EN UN TRAMO EXPERIMENTAL DE SANTANDER

**PAULA ANDREA COMBARIZA ANGULO
000272032
ANGIE TATIANA VARGAS VILLALBA
000242684**

Trabajo de grado como requisito para optar al título de ingeniera civil

**DIRECTOR:
ING. RICARDO PICO VARGAS
Docente Especialista en Vías Terrestres**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director

Firma del Jurado N°1

Firma del Jurado N°2

Bucaramanga, febrero de 2018

DEDICATORIA

Yo Paula Andrea Combariza Angulo le dedico mi trabajo de grado principalmente a Dios, quien es mi motor y apoyo en todo momento. Sin la seguridad que Él me ha proporcionado, no hubiera podido dar todo de mí y no hubiera conseguido lo que hoy es mi investigación final para optar el honorífico título de ingeniera Civil. Adicionalmente, se lo dedico a mis padres quienes son los protagonistas de mi desarrollo profesional y espiritual. Ellos son la razón principal por la cual quiero ser una mujer exitosa. Este va ser el primer logro de muchos que vienen por delante. Finalmente le dedico mi trabajo de grado con mucho amor a mi novio José Miguel quien me acompañó en todo momento ufano y arduo a lo largo de mi carrera profesional.

Yo Angie Tatiana Vargas Villalba le dedico mi trabajo de grado a Dios por ser el inspirador para cada uno de mis pasos dados en mi diario vivir, a mis padres Flaminio Vargas y Yaneth Villalba por ser los guías en el sendero de cada acto que realizo hoy, mañana y siempre; por ser mi ejemplo para luchar por mis sueños, por inculcarme valores que de una u otra forma me han servido en la vida, mi hermano Andrés Vargas por estar a mi lado y ser el incentivo para seguir adelante, mis abuelos Luz Mery García, Félix Vargas y mi tía Teresa Mendoza a ellos por brindarme su apoyo espiritual y por aportar su granito de arena. Sobre todo, a Wilfran Daniel Navarro por la paciencia, tolerancia, amor y por ser mi apoyo incondicional durante toda mi carrera, fundamentalmente a Daniela Bent Watson por ser mi amiga y compañera, por estar conmigo en los altos y bajos, por ser mi aliento en los momentos más difíciles, Por ultimo mis amigos y amigas que me incentivaron y me motivaron en mis proyectos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos brindado la sabiduría en afrontar los momentos difíciles y acompañarnos en cada paso dado. Agradecemos haber puesto en nuestro camino ángeles que nunca nos desampararon y nunca nos hicieron desistir para alcanzar nuestro sueño.

A nuestros padres por habernos apoyado financieramente y espiritualmente a lo largo de nuestra vida. Gracias a ellos estamos cumpliendo nuestro proyecto de vida y estamos completamente seguras que siempre contaremos con su apoyo.

A nuestro director de tesis Ricardo Pico. Quién fue desorbitadamente paciente con nosotras, nos brindó su espacio y trabajo con nosotras inclusive horas extras. Además de brindarnos su conocimiento, nos brindó su amistad. Estamos completamente agradecidas porque es el mejor profesor que hemos tenido a lo largo de nuestro trayecto académico.

A nuestros hermanos por brindarnos su comprensión y su positivismo para persistir y no desistir.

A la Universidad Pontificia Bolivariana ya que nos ha brindado una formación integral. Gracias a su excelente personal hoy somos unas mujeres maduras, llenas de propósitos, conocimientos y ganas para dar lugar a nuestros proyectos de vida.

A nuestros compañeros de clase que nos ayudaron a tener un pensamiento crítico, tolerante e inteligente.

CONTENIDO

1	GENERALIDADES	12
1.1	INTRODUCCIÓN	12
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.3	JUSTIFICACIÓN	14
1.4	OBJETIVOS	15
1.4.1	Objetivo General	15
1.4.2	Objetivos específicos	15
1.5	METODOLOGÍA	16
2	MARCO TEÓRICO.....	18
2.1	CONSISTENCIA	18
2.1.2	CONDUCTOR	19
2.1.3	VEHÍCULO	20
2.1.4	VÍA	20
2.2	VELOCIDADES	21
2.2.1	DEFINICIONES DE VELOCIDAD	21
2.2.2	MODELOS DE ESTIMACIÓN DE VELOCIDAD	23
2.3	EQUIPO DE VIDEO VBOX LITE	24
2.3.1	CARACTERÍSTICAS	25
2.4	MODELOS DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN	26
2.4.1	ESPECIFICOS	26
2.4.2	VARIABLES	27
3	METOLOGIA	32
3.1	LOCALIZACIÓN	32
3.2	TRAMO EXPERIMENTAL	33
3.2.1	CRITERIOS DE SELECCIÓN	33
3.2.2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	34
3.2.3	TRÁNSITO	35
3.2.4	SINIESTRALIDAD	35
3.3	RECOLECCIÓN DE DATOS	36
3.3.1	CONDUCTORES	36
3.3.2	DISPOSITIVO	37

3.4	CLASIFICACIÓN DE DATOS	38
3.4.1	VARIABLES INFLUYENTES	38
3.4.2	MATRICES	39
4	ANÁLISIS DE DATOS	40
4.1	PERFÍLES DE VELOCIDAD	40
4.2	PROCESAMIENTO DE DATOS	41
4.2.1	DESACELERACIONES RECTA – CURVA	43
4.2.2	ACELERACIONES CURVA-RECTA	47
4.2.3	MATRICES	52
4.3	PATRONES DE COMPORTAMIENTO	53
4.4	VALIDACIÓN MODELOS ACCELERACIÓN Y DESACELERACIÓN	55
4.4.1	FITZPATRICK ET AL	55
4.4.2	LAMM	57
4.4.3	YASMANY GARCÍA	58
5	CONCLUSIONES	64
6	RECOMENDACIONES	65
7	BIBLIOGRAFÍA	66
8	ANEXOS	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo de las entradas y salidas de tareas de conducción	19
Figura 2 Video BBOX	25
Figura 3 Flujo modelo Perfil-Velocidad.....	29
Figura 4 Departamento Santander.....	32
Figura 5 Ruta 45A Departamento Santander	32
Figura 6 Tramo Experimental	33
Figura 7 Condiciones Geométricas Tramo Experimental	34
Figura 8 Grupo control vial	36
Figura 9 Gráficas Conductores.....	36
Figura 10 Secciones donde se calculan desaceleraciones y aceleraciones	38
Figura 11 Perfil de Velocidad Curva 67 Sentido Rio Negro – Bucaramanga	41
Figura 12 Gráfica Desaceleración Entretangencia 0 -20m.....	43
Figura 13 Gráfica Desaceleración Entretangencia 20-50 m.....	45
Figura 14 Gráfica Desaceleración Entretangencia 50 -200m	46
Figura 15 Gráfica Aceleración Entretangencia 0 -20m.....	48
Figura 16 Gráfica Aceleración Entretangencia 20--50m.....	49
Figura 17 Gráfica Aceleración Entretangencia 50-200.....	51
Figura 18 Sentido Bucaramanga - Rio Negro.....	54
Figura 19 Sentido Rio Negro – Bucaramanga.....	54
Figura 20 Validación Aceleración y Desaceleración Fitzpatrick	56
Figura 21 Validación Desaceleración Yasmany	59
Figura 22 Validación Aceleración Yasmany	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Evaluación del Diseño Según Criterio de Fitzpatrick	19
Tabla 2. Modelos para cálculo de velocidad de operación en función del trazado en Planta	24
Tabla 3 Modelos específicos	26
Tabla 4 Aceleraciones y Desaceleraciones, en Fitzpatrick et al. (2000)	28
Tabla 5 Resumen de aceleración / desaceleración geométrica	31
Tabla 6 Tránsito Promedio Diario Bucaramanga – Rio Negro.....	35
Tabla 7 Matriz Variables influyentes.....	40
Tabla 8 Matriz Desaceleración	52
Tabla 9 Matriz Aceleración	53
Tabla 10 Comparación Fitzpatrick.....	55
Tabla 11 Consistencia Fitzpatrick.....	57
Tabla 13 Comparación Desaceleración antes de ingresar a la curva	58
Tabla 14 Aceleración antes de la curva existente	60
Tabla 12 Comparación Longitud de desaceleración al aproximarse a la curva.....	61
Tabla 15 Longitud de aceleración después de la curva existente	63

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Aceleraciones y desaceleraciones de vehículos livianos en rectas en un tramo experimental de Santander.

AUTOR(ES): Paula Andrea Combariza Angulo y Angie Tatiana Vargas Villalba.

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Ricardo Pico Vargas

10

RESUMEN

Esta investigación comprende el análisis de las aceleraciones y desaceleraciones que realizan 35 conductores al entrar y salir de una curva en una vía de una calzada entre Bucaramanga y Rio Negro en el departamento de Santander. Este trabajo lleva consigo un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde la recopilación bibliográfica de modelos realizados en el mundo, continúa con el análisis de las aceleraciones obtenidas por el Vbox, correlaciones mediante graficas descriptivas y termina con el análisis de resultados. De tres modelos definidos mundialmente, se precisa el modelo que más se asemeja a los datos obtenidos en 50 curvas en el tramo experimental K7-500 a K12-650. Se precisan particulares patrones de los conductores colombianos, se caracteriza las condiciones geométricas influyentes en el cambio de velocidades como Entretangencias, pendientes y radios de curvaturas, se examinan las aceleraciones promedios al salir de la curva y las desaceleraciones promedios antes de entrar a la curva y se compara con los modelos realizados por Fitzpatrick ET AL, LAMM Y Yasmany García. Los resultados sugieren al modelo de aceleración y desaceleración realizado por Fitzpatrick ET AL, cómo base para analizar la consistencia entre el diseño geométrico de las vías santandereanas y la experiencia que tiene el conductor. Adicionalmente, demuestra que los conductores no tienen una velocidad constante a lo largo de la curva. De esta manera este estudio aportará un análisis más argumentativo sobre la alta tasa de accidentalidad.

PALABRAS CLAVE:

Aceleración, Desaceleración, Entretangencias, Velocidad de operación, Consistencia y accidentalidad.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

11

TITLE: Accelerations and decelerations of light vehicles through straights in an experimental section in Santander.

AUTHOR(S): Paula Andrea Combariza Angulo y Angie Tatiana Vargas Villalba

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Ricardo Pico Vargas

ABSTRACT

This research entails the analysis from the accelerations and decelerations that 35 drivers make to approach and getting out the curve in a way of one roadway between Bucaramanga and Rio Negro in Santander Department. This work has a progressive development of different steps that starts from the bibliographic recompilation of done models in in the world, it continues with the accelerations analysis gotten from the Vbox, correlations through descriptive plots and finish with the result analysis. From three models set worldwide, it establishes the model that resembles more to data gotten in 50 curves in an experimental section K7-500 to K12-650. It defines particular patterns from Colombian drivers, it characterizes the influential geometric conditions in the gear shift like tangent transition, curvature radius and slopes, it examines the average accelerations before to get out the curve and the average decelerations to approach the curve and it compares them with the models made by Fitzpatrick ET AL, LAMM and Yasmany Garcia. The results suggest the acceleration and deceleration model made by Fitzpatrick ET AL, as a base to analyze the consistency between the geometric design from Santandereanas ways and the driver experience. Additionally, it proves that drivers do not have a regular speed along the curve. In this way, this study will contribute a more argumentative analysis about the accident high rates.

KEYWORDS:

Accelerations, decelerations, tangent transition, and consistency and accident rates

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La naturaleza de los accidentes de tránsito en vías locales, departamentales y nacionales, comúnmente se estudia a partir de un análisis interrelacionado de los factores que intervienen en la accidentalidad a saber: el hombre, el vehículo y la vía.

La conducción es declarada como una actividad peligrosa, por el Código de Tránsito, ya que el conductor es susceptible al manejo de grandes cantidades de energía cinética (en movimiento) y por ello, tiene en el volante una capacidad potencial para hacer daño. Existen varios factores por el cual ocurren estos siniestros ya sea imprudencia del conductor, exceso de velocidad o deficiencia en sus trazados.

Los accidentes de tránsito han dejado miles de víctimas triplicando las cifras del conflicto armado anualmente, Colombia es un país que cuenta con carreteras que pueden calificarse como una pesadilla para cualquier conductor, carreteras sin pavimentar, con señalización inadecuada y construidas sobre terrenos vulnerables son la constante de las carreteras del país, en la que millones de conductores se movilizan cada año y donde muchos sufren accidentes de tránsito, en ocasiones fatales (Transportes Cambia LTDA, 2015).

Los lugares con mayor riesgo a un accidente de tránsito son las intersecciones o cruces y las vías rápidas, en el día, es cuando ocurren el mayor número de accidentes, pero es en la noche cuando generalmente ocurren los accidentes más aparatosos.

A nivel mundial se estima que una de las causas por las que más fallecen personas al año es por accidentes de tránsito. Según el informe del director de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, Ricardo Galindo Bueno, entre enero y diciembre de 2016 se registraron en Colombia más de 198.000 accidentes de tránsito terrestre, que dejaron 6806 muertes, es decir 7 % más que en el mismo período de 2015, cuando la cifra llegó a 6361 víctimas fatales (Colprensa/ El País , 2017).

Este proyecto de grado hace parte de la investigación llamada “Análisis de velocidad entre la intersección la cemento (PRO+300) y el peaje de Rio negro 5300 (PR13+000) de la Ruta Nacional 45A08, además ayudará a contribuir con el desarrollo de la investigación de la facultad de Ingeniería Civil.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los accidentes de tránsito se han convertido en un diario vivir para las familias colombianas. Cada día del 2016 se presentaron, en promedio, 534 accidentes que dejaron, en el mismo lapso, cerca de 18 personas muertas y 114 lesionadas, de acuerdo con las cifras preliminares del Observatorio de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV), entidad adscrita al Ministerio de Transporte (RODRÍGUEZ, 2017). A pesar de los esfuerzos e estudios que se han invertido en el país para mejorar los controles de velocidad y educar la cultura de los conductores, hay que evaluar otra alternativa ya que evidentemente no han tenido un resultado significativo.

Los entes institucionales de transporte de Colombia como el Ministerio de Transporte y INVIAS, han intentado mejorar las cifras de accidentes de tránsito por medio de diferentes estrategias y modalidades. Sin embargo, esta problemática nacional no ha tenido un mejoramiento radical ya que durante los últimos años las muertes por accidentes de tránsito siguen aumentando y se siguen perdiendo valiosas vidas, lo que ha generado una cultura pesimista. América Latina, incluido el Caribe, tiene la tasa de mortalidad por accidentes de tránsito más alta del mundo (26.1 muertes por cada 100 mil habitantes) (Organización Mundial de la Salud, 2008).

El exceso de velocidad, la falta de cultura ciudadana, el consumo de bebidas alcohólicas y alucinógenos por parte de los conductores y el estado de las vías, siguen siendo las principales causas de Siniestralidad en Colombia. No obstante, la falta de consistencia entre el diseño geométrico de la vía y la experiencia que tiene el conductor es una causa más significativa de lo que se cree y no ha tenido un protagonismo radical. Por ende, La Universidad Pontificia Bolivariana ha venido contribuyendo en diferentes proyectos de grado sobre la importancia que tiene la Consistencia en las vías a la hora de evaluar la tasa de siniestralidad.

Los estudios de velocidad que se han hecho en Colombia durante los últimos años, se han basado en el análisis de velocidad de operación que tienen los vehículos en la mitad de la curva. Sin embargo, ha sido una premisa que busca contradecirse y justificarse argumentativamente en este trabajo de grado. Se realiza un análisis basado en la hipótesis de que el conductor no tiene una velocidad constante a lo largo de la curva, incluso antes y después de la curva, tiene una velocidad diferente.

Es preciso levantar información cualitativa y cuantitativa respecto a esta hipótesis, ya que en la actualidad no hay suficientes argumentos que lo contradigan. En este orden de ideas, resulta importante ir más allá de la problemática colombiana, no conformándose solo con las estrategias que se han venido evaluando por años y no han tenido resultados. Hay que protagonizar esta perspectiva y consolidar bases que abran nuevos caminos a argumentos ingenieriles del porqué de la alta tasa de accidentabilidad.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Una carretera es un sistema de transporte diseñado para permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo y que requiere de cierto nivel de seguridad, rapidez y comodidad (INVIAS, 2008).

En los últimos años las vías de nuestro país han demostrado altos índices de accidentalidad, debido a los factores relacionados con la carencia de infraestructura, en la actualidad nos encontramos en una situación donde los diseños geométricos constructivos establecidos en las carreteras de Colombia no corresponden a los plasmados inicialmente en los planos y esa es una de las causas por las cuales se producen accidentes de tránsito, como también existen otros factores externos como el exceso de velocidad, maniobras imprudentes y malas condiciones en las carreteras de la país.

Desde hace algunos años a nivel nacional se ha venido trabajando en la reducción de tasas de accidentes que se presentan en las vías del país. Se busca un equilibrio entre el crecimiento automotriz y la conservación de la vida humana, es por esto que uno de los proyectos a estudiar es la Consistencia en el diseño geométrico y dentro de él un análisis estadístico de aceleración, desaceleración en función a las variables geométricas. Para ello y de acuerdo con la matriz factorial, se agruparon en Entretangencias, radios y pendientes.

El propósito de esta investigación es seleccionar tres modelos y escoger el que más se adapte a los datos del tramo de carretera experimental (Bucaramanga / Rio Negro). Como aspecto importante se puede resaltar la oportunidad que se le da al estudiante de ingeniería civil para enriquecer todos los conocimientos adquiridos durante la carrera, contribuyendo en posibles soluciones.

1.4 OBJETIVOS

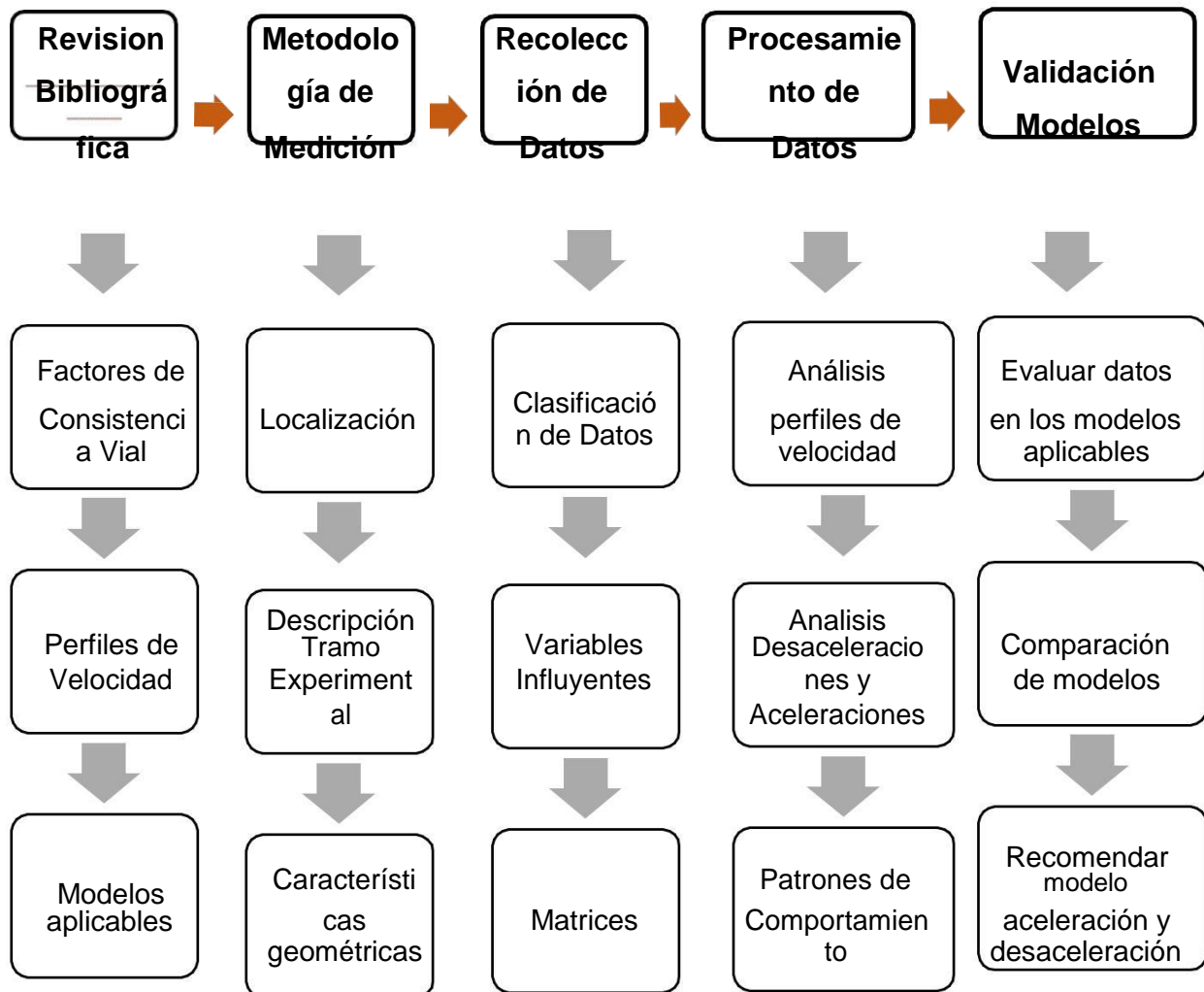
1.4.1 Objetivo General

Recomendar un modelo de aceleración y desaceleración para vehículos livianos basados en un tramo experimental en Santander.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar las variables que se necesitan en los modelos de aceleración y desaceleración a estudiar
- Caracterizar el diseño geométrico de la carretera en estudio
- Elaborar una metodología de medición, procesamiento de datos y análisis estadísticos para los datos de aceleración y desaceleración.
- Analizar los patrones de comportamiento respecto a los elementos de la aceleración y desaceleración.
- Evaluar tres modelos de aceleración y desaceleración en función de las variables geométricas más importantes.
- Proponer un modelo de aceleración y desaceleración adecuado para la carretera en estudio.

1.5 METODOLOGÍA



El trabajo de grado empieza con un profundo análisis al estado del arte en el cual se estudiaron trabajos de grado donde analizaron la consistencia en Colombia y alrededor del mundo. Se analizaron las variables influyentes más importantes y se definieron las variables a estudiar a lo largo de la investigación. Se estudiaron las diferentes maneras de recolectar Perfiles de velocidad en tramos experimentales y se estudiaron los modelos de aceleración y desaceleración más representativos en el mundo. En base a esta información, se definió la metodología a utilizar para lograr los objetivos propuestos.

Luego se prosiguió a localizar la vía colombiana a la cual se iba hacer el estudio. Se definió el tramo experimental a evaluar. Los criterios tenidos en cuenta para escogerlo, las características geométricas y generales del tramo. Aspectos a tener

en cuenta en la vía, los cuales van a impactar positivamente y negativamente los resultados.

En base a los perfiles de velocidad obtenidos de la base de datos del tramo experimental, se clasificaron los datos teniendo en cuenta los dos sentidos Bucaramanga – Rio Negro y Rio Negro – Bucaramanga. Se hizo un análisis gráfico de las maniobras de aceleración y desaceleración que hacen los conductores a lo largo de una curva. Se clasificaron en base a las variables influyentes definidas en la metodología (Entretangencia, pendiente y radio de curvatura). Después de haberlas clasificado cuantitativamente los datos, se prosiguió a vincularlas a las matrices diseñadas con el fin de obtener el número de observaciones necesarias para el análisis de resultados.

El procesamiento de datos inició con la caracterización cualitativa de los datos obtenidos en los dos sentidos. Se describió el comportamiento que tiende a tener el conductor con relación las variables influyentes de la investigación. Se hizo un análisis estadístico y descriptivo de estos patrones de comportamiento y finaliza con la validación de la hipótesis establecida. Esta etapa fue fundamental para validar los modelos de aceleración y desaceleración.

Finalmente se evaluaron los modelos de aceleración y desaceleración seleccionados en el estado del arte de la investigación, se tabularon teniendo en cuenta las variables influyentes de autores de los modelos. Se compararon los resultados de los modelos con los resultados obtenidos experimentalmente. La investigación termino con la recomendación del modelo más semejante a las maniobras de aceleración y desaceleración realizadas por conductores colombianos. En este caso Yasmany García para coeficientes de desaceleración y Fitzpatrick para coeficientes de aceleración.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 CONSISTENCIA

La consistencia es la relación entre las características geométricas de la vía y las que el conductor espera encontrar al circular en ella. Se entiende que una vía es consistente cuando el trazado corresponde con lo que conductor espera encontrar (Ordóñez, 2011).

Se define como “la condición bajo la cual una vía se encuentra en armonía con las expectativas del conductor” (Echaveguen & Sáenz, 2001). A pesar de que el termino de consistencia ha venido a penas incursionándose en Colombia desde uno 5 años atrás, el departamento de transporte de Estados unidos, ha sido la fuente de referencia para entender con profundidad lo que abarca este término. Este departamento expresa que las causas y consecuencias de las inconsistencias en los alineamientos de las vías tienen que ver con la interacción de la vía, vehículo y conductor.

2.1.1.1 CRITERIOS DE CONSISTENCIA

Las variables comúnmente consideradas para explicar el comportamiento del conductor, son el radio, el ángulo de deflexión y la velocidad de operación. Este comportamiento se evalúa mediante la velocidad en la mitad de la curva bajo el supuesto que es constante dentro de ella (Echaveguen & Sáenz, 2001).

El elemento base para el análisis de consistencia es el perfil de velocidad. Hasta antes de los estudios de Fitzpatrick et al (2000) y Otessen y Krammes (2000), se asumía que toda la aceleración y deceleración ocurría antes o después de la curva horizontal en un tramo de corta longitud, de modo tal que se asumían tramos de velocidad constante. El valor especificado en el estudio FHWA – RD – 94 – 034, tanto para aceleración como deceleración era 0.85 m/s^2 .

Se identificaron tres conjuntos de valores de aceleración y deceleración para evaluar la consistencia del diseño, los que se muestran en Tabla 1.

Desaceleración d (m/s ²)	Clasificación del Diseño(Condición para todo Alineamiento)	Aceleración a (m/s ²)
$1.0 \leq d \leq 1.48$	Bueno	$0.54 \leq a \leq 0,89$
$1.48 < d \leq 2.0$	Crítico	$0.89 < a \leq 1.25$
$d > 2.0$	Peligroso	$a > 1.25$

Tabla 1 Evaluación del Diseño Según Criterio de Fitzpatrick

2.1.2 CONDUCTOR

El departamento de Transporte de Estados Unidos interpreta al conductor de la siguiente manera:

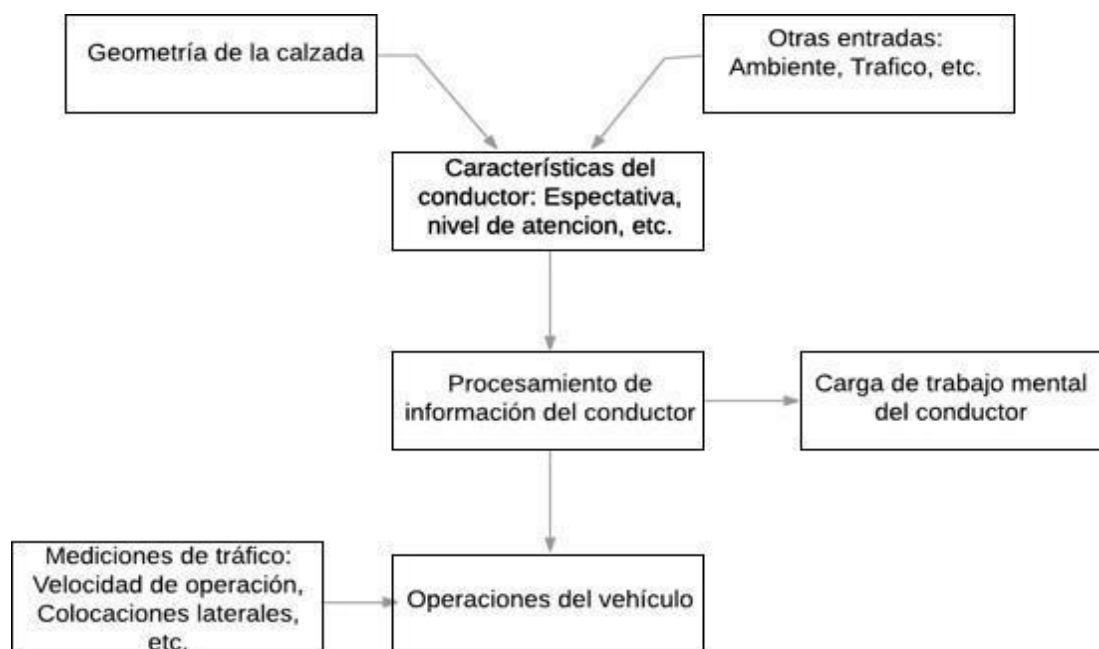


Figura 1 Diagrama de flujo de las entradas y salidas de tareas de conducción

La tarea de conducir es principalmente un procesamiento de información y toma de decisiones, son acciones de control que se traducen dentro de las operaciones del vehículo. La operación del vehículo puede ser observada y caracterizada por las medidas del tráfico, incluidas la velocidad de operación y las medidas geométricas

de la vía. Ésta entidad estadounidense asegura que hay que entender detenidamente cómo las características del conductor particularmente la expectativa y el nivel de atención, afectan el procesamiento de información del conductor (Federal Highway Administration, 1995).

La carga de trabajo del conductor se define como “la tasa de tiempo a la que los conductores deben realizar una determinada cantidad de trabajo o tarea de conducción” (Messer, Mounce, & Brackett, 1981). El trabajo es mental más que físico. La carga de trabajo del conductor también aumenta ya que el tiempo disponible para procesar una determinada cantidad de información disminuye debido a los aumentos en velocidad y / o reducciones en la distancia de visión.

La expectativa influye en el nivel de atención del conductor y consecuentemente, en el valor que conductor procesa la información necesaria para actuar. Esto representa en las tendencias de los conductores a reaccionar a lo que ellos esperan a lo que realmente está pasando en el tráfico o el estado de la vía. Expectativa es definida como “una inclinación, basada en la experiencia previa, a responder de una manera establecida a una carretera o situación del tráfico” (Rowan, Woods , Stover, Anderson, & Dozier, 1980).

2.1.3 VEHÍCULO

Es importante que cada país facilite su transporte, que lo mecanice al máximo para que progrese, para que puedan transportar todos los bienes de consumo, desde las fuentes de producción hasta los mercados.

El diseño geométrico de una vía está orientado a definir un trazado que facilite la circulación de los vehículos tanto en el sentido longitudinal como en su ubicación en el sentido transversal de la calzada. El vehículo representativo de todos los vehículos que pueden circular por dicha vía se denomina vehículo de diseño (INVIAS, 2008).

2.1.4 VÍA

Se entiende por vía aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. Ciertamente uno de los patrimonios más valiosos con los que se cuenta cualquier país, es su infraestructura de su red vial, por lo que su magnitud y calidad representa uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo. Se encontrará siempre que un país de un alto nivel de vida tendrá un excelente sistema vial, un país atrasado tendrá una red deficiente (INVIAS, 2008).

El diseño geométrico de las carreteras y calles, incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y los diversos componentes de la sección transversal.

2.2 VELOCIDADES

2.2.1 DEFINICIONES DE VELOCIDAD

2.2.1.1 VELOCIDAD DE DISEÑO (VTR)

Es la velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de una carretera, está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos (Cárdenas Grisales, 2013).

Para garantizar la consistencia en la velocidad el diseñador debe identificar a lo largo del corredor de ruta los tramos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad (INVIAS, 2008). Para identificar los tramos homogéneos y establecer su velocidad de diseño se debe atender a los siguientes criterios.

- La longitud mínima de un tramo de carretera con una velocidad de diseño dada debe ser de (3) kilómetros para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de (4) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento diez kilómetros por hora (60 y 110 km/h) (INVIAS, 2008).
- La diferencia de la velocidad de diseño en tramos adyacentes no puede ser mayor de diez kilómetros por hora (10 km/h).

2.2.1.2 VELOCIDAD ESPECÍFICA DE UN ELEMENTO (V_e)

Velocidad máxima que puede mantenerse a lo largo de un elemento del trazado considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, el valor de la velocidad específica de un elemento geométrico depende de los siguientes parámetros (INVIAS, 2008).

- De la velocidad de diseño geométrico del tramo homogéneo en el que se encuentra incluido un elemento, debido a lo que lo deseable es que todos los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se les pueda asignar la velocidad de diseño del tramo como velocidad específica (INVIAS, 2008).

- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en el que el vehículo realiza el recorrido (INVIAS, 2008).

Para asignar la velocidad específica a las curvas horizontales incluidas en un tramo homogéneo, se deben considerar los siguientes criterios.

- La velocidad específica de una curva horizontal no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo ni superior a esta en 20 km/H (INVIAS, 2008).
- La velocidad específica de una curva horizontal debe ser asignada teniendo en cuenta la velocidad específica de la curva horizontal anterior y la longitud de segmento recto anterior (INVIAS, 2008).

2.2.1.3 VELOCIDAD DE PUNTO

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto. Las características de la velocidad de punto tienen las siguientes aplicaciones.

- Tendencias de velocidades: Se determina mediante la recolección de datos a través de muestreos periódicos en lugares seleccionados.
- Lugares con problemas de velocidad: mediante un estudio de velocidades es posible determinar si son muy altas y si las quejas recibidas, a este respecto, son justas.
- Planeación de la operación del tránsito, regulación y control: La magnitud en la dispersión de las velocidades afecta tanto la capacidad como la seguridad.

2.2.1.4 VELOCIDAD DE OPERACIÓN (V85)

Velocidad a la que un vehículo aislado circula de forma cómoda y segura por un elemento geométrico determinado, Sin que ningún factor relacionado con la intensidad de tránsito o meteorológico limite la elección de la velocidad del conductor, es decir, el conductor puede circular a flujo libre (Reyes Spíndola & Cal, 1998).

El indicador para estimar este parámetro es el percentil 85 de la distribución de velocidades (Reyes Spíndola & Cal, 1998).

2.2.2 MODELOS DE ESTIMACIÓN DE VELOCIDAD

2.2.2.1 Modelos para la estimación de velocidad de operación en curvas horizontales

Los modelos para la estimación de velocidad de operación en curvas horizontales estudiadas en la tesis Definición del modelo de consistencia de velocidad para una carretera rural en el departamento de Santander a partir de un tramo experimental por el ingeniero Ricardo Pico, muestra lo siguiente. La velocidad de operación a lo largo de la curva no es constante. Debido a que, en su tesis de maestría, mostró diferentes velocidades al iniciar, en el medio y al terminar la curva. A continuación, se muestra un resumen de los modelos de estimación de velocidad adecuados para realizar un estudio de consistencia:

AÑO	AUTOR	ECUACIÓN	R ²	OBSERVACIONES
1990	Lamm et al.	$85 = 94.398 - \frac{3188.656}{\sqrt{R}}$	0.79	Para velocidades inferiores a 94 km/h, datos en 322 curvas
1990	Kanellaidis et al.	$85 = 129.88 - \frac{623.1}{\sqrt{R}}$	0.78	Para velocidades cercanas hasta 130 km/h, datos en 58 curvas
1994	Islam y Seneviratne	$85 = 103.03 - \frac{4208.76}{\sqrt{R}} - \frac{36597.92}{2R}$	0.98	
1994	Morall et al.	$85 = \frac{103.03 + 0.0001R}{1 + 0.0001R}$	0.63	Ecuación donde involucra el grado de curvatura
1994	Islam et al.	$85 = 95.41 - 0.45 - 0.001^2$ $85 = 96.11 - 0.32$ $85 = 103.03 - 0.76 - 0.003^2$	0.99 0.98 0.98	

1999	Lamm et al.	$85 = 95.594 - 1.597$	0.79	
2005	Missagh i y Hassan	$85 = 94.30 + 8.67 * 10^{-6} \cdot 2$	0.52	
2006	Castro et al.	$85 = 120.16 - \frac{5596.72}{}$	0.75	
2012	GIIC	$85 = 106.863 \frac{60.1185}{0.00422596}$	0.72	

Tabla 2. Modelos para cálculo de velocidad de operación en función del trazado en Planta

Dónde:

V_{85} = Velocidad de operación (km/h)

R = Radio de la curva horizontal (m)

G_c = Grado de curvatura (°/100 m)

R^2 = Coeficiente de determinación.

Pico concluye en su tesis que todos los modelos presentados dan como resultado un único valor para la velocidad de operación en toda la curva a excepción del modelo de Islam et al. Donde calibraron tres modelos, al inicio, en el medio y al final de la curva horizontal, con coeficientes de correlación muy altos. (Islam, 1994).

2.3 EQUIPO DE VIDEO VBOX LITE

Dispositivos que permiten registrar las velocidades de los vehículos y con ella obtener la aceleración y desaceleración. Para esta investigación se usaron los datos obtenidos del equipo Video VBOX Lite de 10 Hz (Ver figura 2).

Posee un sistema de multi-cameras integrado para obtener imágenes digitales geo referenciadas integradas con los datos recolectados. El equipo captura información en movimiento de 8 satélites, con lo cual se obtiene una precisión razonable prescindiendo de estaciones base para efectuar correcciones. El quipo permite obtener cada 0,1 s información de distancias (con una precisión de 0,05%), velocidad (con una precisión de 0,2 km/h), altura (con una precisión de ± 10 m) y heading (con una precisión de 0,5). El heading mide los cambios en la orientación

de la trayectoria del vehículo independiente de la velocidad de circulación(Garcia, Altamina, Echaveguren, & Marcet, 2017).



Figura 2 Video BBOX

2.3.1 CARACTERÍSTICAS

- Sistema de grabación con cámaras, facilita el análisis e interpretación de los datos.
- Cámaras de alta resolución, tiene una calidad de imagen de 580 TVL(Líneas de tv)
- El equipo utiliza tarjetas de memoria USB estándar para almacenar datos y videos.
- Se acopla a cualquier vehículo y se puede mover fácilmente de un vehículo a otro.
- La velocidad máxima que registra el equipo es 1600 km/h y la mínima es de 0,1 km/h. La máxima aceleración es de 4g
- El dispositivo se enciende automáticamente cuando el automóvil viaja a más de 3 km/h
- Tiene integrado el filtro de Kalman, que es un algoritmo que provee una solución eficiente del método de mínimos cuadrados, sirve para sincronizar los datos y acoplarlos cuando se produce caídas de satélites (COTE FLÓREZ, 2016).

2.4 MODELOS DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN

2.4.1 ESPECIFICOS

HALLAZGO	RESULTADOS
La desaceleración esta Entre $-1,13 \text{ m/s}^2$ y -2.5 m/s^2 .	Una vez se tienen los datos aceleración y desaceleración, un perfil de velocidad de operación continua puede ser diseñado para la longitud total de las carreteras (Dell'Acqua & Russo, 2010).
Los rangos de los valores de aceleración y desaceleración van de $-1,34$ a $+1.31 \text{ m/s}^2$.	Los resultados indican que las variables explicativas asociadas con las tasas de aceleración o desaceleración al acercarse o alejarse de las curvas horizontales incluyen variables de diseño geométrico, como la dirección de la curva, el radio de la curva, la longitud de la curva horizontal y el índice de la curva vertical (Hu & Donnell, 2010).
Rangos de aceleración de 0.21 a 0.29 m/s^2 y desaceleración de -0.15 a -0.65 m/s^2 .	En 32 curvas de horizontales de terreno plano en Chile (Echaveguren & Basualto, Assessment of acceleration in the consistency on single horizontal curves, 2003).
La aceleración y desaceleración de $0,85 \text{ m/s}^2$ cuando se sale y se aleja de la curva.	La aceleración y desaceleración es razonable para velocidades de desaceleración que se aproximan a curvas que requieren reducciones de velocidad pero pueden sobreestimar las velocidades de aceleración que salen de las curvas (Collins & Krammes, 1996).
Aceleraciones entre $0,34$ a $1,18 \text{ m/s}^2$ y desaceleraciones de $0,50$ a $1,47 \text{ m/s}^2$.	Un grupo de investigación australiano dedujo esos valores teniendo en cuenta un estudio realizado en vías rurales (McLean, 1991).
Aceleración y desaceleración de $0,85 \text{ m/s}^2$.	Se consideró la aceleración en la tangente de salida. La desaceleración y aceleración empieza o termina en el punto entre 210 y 230 metros del principio o el fin de la curva (Lamm, Hayward, & Choueir, 1988).
Aceleración y desaceleración de $0,85 \text{ m/s}^2$.	Los resultados establecen que el 65.5% de la transición de desaceleración y el 71.6% de la transición de aceleración ocurren en los segmentos tangentes anterior y siguiente de una curva, respectivamente (Figueroa & Tarko, 2005).

Tabla 3 Modelos específicos

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 VARIABLES

2.4.2.1 MODELO PERFIL-VELOCIDAD REALIZADO POR LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AUTOPISTAS E.E.U.U.

La administración federal de las autopistas en Estados Unidos se ha preocupado por el objetivo que realmente tiene el transporte desde los comienzos del siglo. Es por esto que en el año 2000 hacen una investigación referente a la consistencia en las vías. El objetivo del transporte es la seguridad y la eficiencia del movimiento de las personas. Una técnica para mejorar la seguridad en las vías es examinar la consistencia en el diseño. No obstante, a veces los conductores cometen menos errores que las características que tienen la vía. Por consiguiente, basado en el estudio del Modelo de diseño de la seguridad en vías interactivas (IHSSDM), la administración federal de Estados Unidos deduce las siguientes ecuaciones:

Tasa de desaceleración, $d(m/s^2)$		Condición de Alineamiento		Tasa de aceleración, $a(m/s^2)$	
Radio, R(m)	d			Radio, R(m)	a
R > 436	0.00	1 a 4	Curvas horizontales en grado: $-9\% \leq i < 9\%$	R > 875	0.00
$175 \leq R < 436$	$0,6794-295,14/R$			$436 < R \leq 875$	0.21
R < 175	1.00			$250 < R \leq 436$	0.43
1.00		5	Curva horizontal combinada con curva vertical cóncava	0.54	
(Usar valores para condición de alineamiento 1 a 4)		6	Curva horizontal combinada con curva vertical de cresta de distancia de vista no limitada	(Usar tasas de alineamiento de condiciones 1 a 4)	
1.00		7	Curva horizontal combinada con curva vertical de cresta de distancia de vista limitada (p.e, $K \leq 43m/\%$)	0.54	
No Disponible		8	Curva vertical en una tangente horizontal	No Disponible	

No Disponible	9	Curva de cresta vertical con distancia de vista no limitada(p.e: $K > 43m\%$) en una tangente horizontal	No Disponible
1.00	10	Curva de cresta vertical con distancia de vista limitada(p.e: $K \leq 43m\%$) en una tangente horizontal	0.54

Tabla 4 Aceleraciones y Desaceleraciones, en Fitzpatrick et al. (2000)

Después de diseñar y ensayar las ecuaciones de estimación de velocidad, La Administración Federal de Autopistas recomienda usar las ecuaciones predichas para calcular el percentil 85 en la curva horizontal o vertical y usar el promedio del percentil 85 para rango de tangentes de 93 a 104 km/h. Es por esto que el modelo puede ser usado para evaluar el diseño de la consistencia o para generar un perfil de velocidad a lo largo de un alineamiento. Los pasos que muestran resumidamente el modelo que emplearon se muestran a continuación (Administración Federal de Autopistas, 2000).

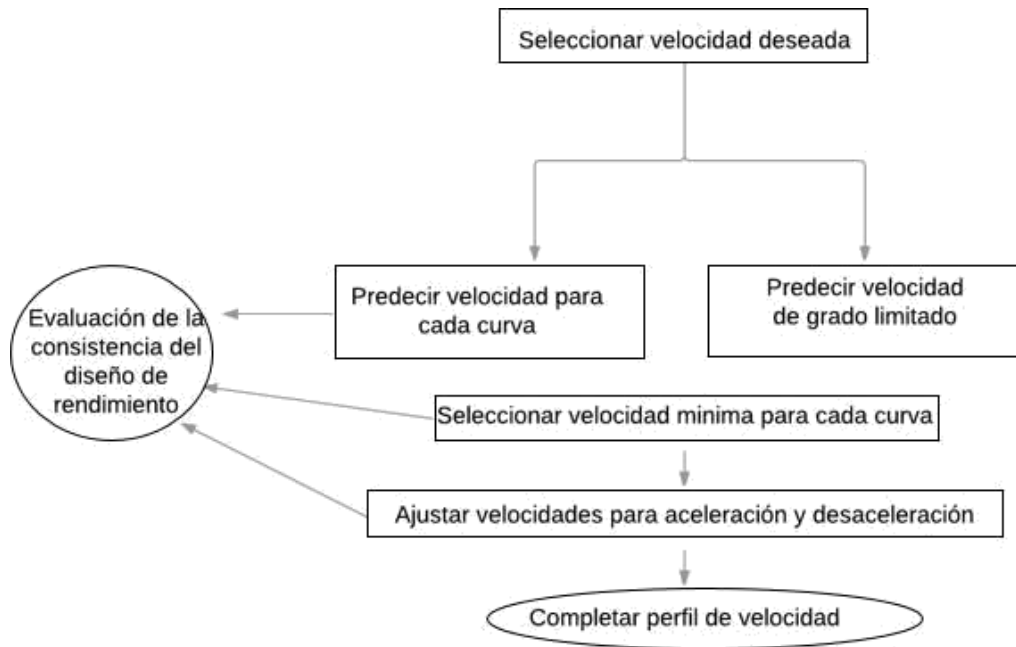


Figura 3 Flujo modelo Perfil-Velocidad

2.4.2.2 ESTUDIO REALIZADO SAN JUAN ARGENTINA 2017

Un estudio recientemente hecho sobre aceleraciones y desaceleraciones realizadas en San Juan Argentina por Yasmany García, Aníbal Altamina, Tomás Echaveguren y Juan Marcet, decreta que la curvatura en la carretera es la variable más importante a la hora de evaluar la carretera ya que afecta la aceleración y desaceleración, especialmente en el radio de curvatura y la velocidad de manejo y en ocasiones el frado longitudinal. Además, los perfiles de velocidad (representación gráfica) obtenidos del diseño geométrico de la vía son muy importantes para el análisis de seguridad de la vía.

Es necesario estudiar las variables influyentes en el cambio de velocidades en una vía. Por medio de modelos de aceleración y desaceleración, se pueden analizar profundamente estos fenómenos teniendo en cuenta variables influyentes como las características geométricas de la curva y el comportamiento de los conductores. Ellos hicieron el estudio con tres enfoques, el primero considera un solo valor constante para aceleraciones y desaceleraciones y el segundo que son diferentes valores constantes y la tercera toma en cuenta valores de aceleraciones y desaceleración que dependen de la geometría. Para descartar premisas ellos proponen modelos aceleración y desaceleración para vehículos livianos en carreteras planas y de montaña en la provincia de San Juan, Argentina.

Ellos aseguran que pocos estudios emplean equipos de grabación y seguimiento como GPS. Pues la principal desventaja es que el equipo no muestrea el lugar donde la maniobra empieza y termina. El aparato muestra precisión en el punto, pero también afecta el comportamiento del conductor porque él se siente vigilado. Por otra parte, las cámaras de videos en las calles son más efectiva pues son más útiles para el procesamiento de datos.

Primero tomaron en cuenta el modelo de aceleración de Swiss Road Standards quien fue la pionera en diseñar modelos aceleración y desaceleración, ella decía que hay un cambio de velocidad en acercarse y al salirse de la tangente y las curvas ya que, según ella, dentro de la curva circular la velocidad permanece constante.

Para comparar la desaceleración percentil 85 ellos tomaron la distancia entre el comienzo del punto de la aceleración y el comienzo de la curva. Después de todo el estudio, se dio cuenta que la variable que mostró mejores resultados fue $1/R$ con una máxima desaceleración fue -1.45 m/s^2 y de la aceleración la variable que más se acercó fue $1/R$ con $1,20 \text{ m/s}^2$.

Teniendo en cuenta propusieron estos métodos:

Condición de Alineamiento	Modelo Calibrado	N	R^2	RM S(m/s^2)	Rango de Validez
Longitud de desaceleración en la aproximación tangente a la curva(L_{id})	$L_{id} = 70$	38	-	-	$L_{re} \leq 100 \text{ m}$ or $V_{85} \leq 85\text{km/h}$
	$L_{id} = 110$	77	-	-	$100 < L_{re} \leq 200 \text{ m}$ or $85 < V_{85} \leq 95\text{km/h}$
	$L_{id} = 230$	72	-	-	$200 < L_{re} \leq 600 \text{ m}$ or $95 < V_{85} \leq 105\text{km/h}$
	$L_{id} = 250$	48	-	-	$L_{re} > 600 \text{ m}$ or $V_{85} > 105\text{km/h}$
Desaceleración antes de la Curva	$d_{85} = \frac{122,8}{}$	47	0,56	0,07	$287 < R < 990 \text{ m}$ y $CCR \leq 50 \text{ }^\circ/\text{km}$
	$d_{85} = -0.11 - \frac{32,85}{}$	103	0,56	0,14	$39 < R < 883 \text{ m}$ and $CCR > 50 \text{ }^\circ/\text{km}$
Fin de desaceleración/ comienzo de la	$L_{fd} = L_{ia} = 0,5L$	248	-	-	$R \leq 300 \text{ m}$
	$L_{fd} = L_{ia} = 0,375L$	203	-	-	$300 < R \leq 600 \text{ m}$

aceleración en la curva	$L_{fd} = L_{ia} = 0,25L$	134	-	-	$R > 600 \text{ m}$
Aceleración antes de la curva existente	$a_{85} = 0,12 + \frac{32,85}{\sqrt{\quad}}$	11	0,98	0,02	$25 < R < 1000 \text{ m}$
Longitud de aceleración después de la curva existente	$L_{fa} = 30$	147	-	-	$L_{rs} \leq 100 \text{ m}$
	$L_{fa} = 30$	67	-	-	$100 < L_{rs} \leq 200 \text{ m}$
	$L_{fa} = 90$	64	-	-	$200 < L_{rs} \leq 600 \text{ m}$
	$L_{fa} = 130$	43	-	-	$L_{rs} > 600 \text{ m}$

Tabla 5 Resumen de aceleración / desaceleración geométrica

Donde:

CCR = tasa de cambio de curva ($^{\circ}$ /km)

N = número de secciones de evaluación

L_{id} = longitud medida desde el punto de inicio de la desaceleración en el enfoque de aproximación a la curva horizontal (PC) de la curva horizontal, m

L_{re} = longitud del segmento de acercamiento a la curva horizontal, m

d_{85} = percentil 85 de desaceleración antes de entrar a la curva, m/s^2

L_{fd} = fin de la longitud de desaceleración en la curva horizontal, de la curva PC, m

L_{ia} = comienzo de la longitud de desaceleración en la curva horizontal, de la curva PC, m

a_{85} = promedio de aceleración antes de la curva horizontal existente, m/s^2

L_{fa} = longitud del fin de la aceleración en el segmento de salida, de la salida de la curva horizontal (PT), m

L_{rs} = longitud del segmento de la tangente en la salida de la curva, m

RMS = error de la media cuadrática, en m/s^2

R^2 = coeficiente de determinación.

Todos estos resultados solo fueron tenidos en cuenta en tres carreteras, pendientes longitudinales menos de 8% y condiciones planas. Por lo tanto, concluyeron que cuando la desaceleración se acerca a la curva horizontal no es contante, depende de la inversa del radio de la curva y por eso la desaceleración antes de la curva es mejor. Por otro lado, que la aceleración empieza cuando se acerca a la curva y termina el punto interno de la curva horizontal. Si el radio de la curva es muy alto la desaceleración va disminuir en la curva. (Garcia, Altamina, Echaveguren, & Marcet, 2017).

3 METOLOGIA

3.1 LOCALIZACIÓN

La vía estudiada está comprendida en la ruta 45ª de Colombia. Esta ruta pasa por los departamentos de Huila, Cundinamarca, Bogotá, Boyacá, Santander y Cesar. Sin embargo, se analizó un tramo experimental comprendido entre la ciudad de Bucaramanga y Rio Negro en el departamento de Santander. Esta Vía se caracteriza por ser una de las más importantes y antiguas del país, tiene un tránsito promedio moderado y puede representar a las condiciones geométricas promedio de las vías colombianas.

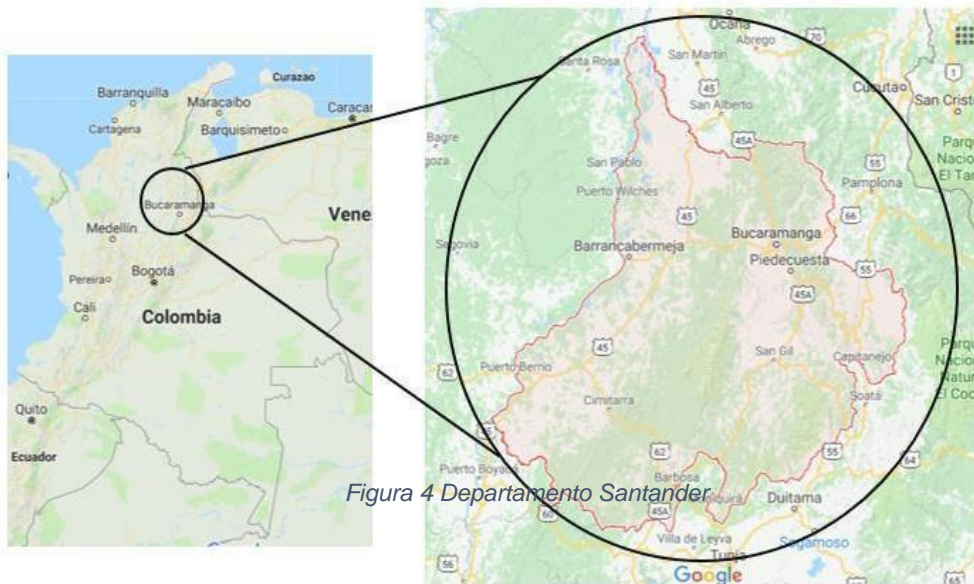


Figura 4 Departamento Santander

Figura 5 Ruta 45A Departamento Santander

3.2 TRAMO EXPERIMENTAL

El Tramo experimental se encuentra ubicado entre el Peaje Rio Negro 6500 y La interseccion la Cemento entre Bucaramanga y Rionegro. Esta tramo experimental esta bajo el proyecto Zona Metorlopolitana de Bucaramanga – ZMB como restauracion por su critico estado bajo la Concesión Autopistas de Santander S.A. (Camara de Comercio de Bucaramanga, 2016).

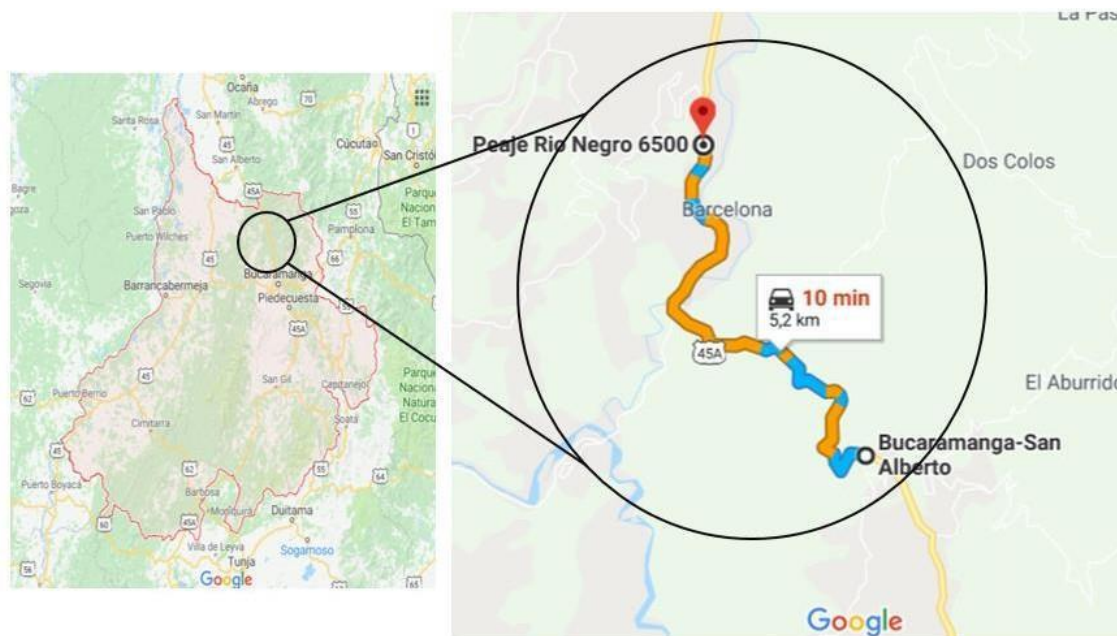


Figura 6 Tramo Experimental

3.2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Tramo experimental con una calzada
- Sin Intersecciones ni puentes en todo el trayecto
- Condiciones normales a flujo libre
- Sin características físicas que obstaculicen las condiciones de operación
- Terreno ondulado o montañoso
- Pendientes menores al 15%
- Trayecto no muy largo
- No reductores de velocidad

3.2.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

El tramo experimental empieza en la abscisa K7-500 y termina en la abscisa K12-650 Bucaramanga – Rio Negro. Comprende una longitud de aproximadamente 5,2 km. Tiene cambios de dirección bastantes fuertes que generan curvas peligrosas de muy bajo radio. Adicionalmente, se encuentran taludes bastante altos, pendientes pronunciadas con inclinaciones entre 0.25 H: 1.00 V hasta 0.50 H: 1.00 V, tanto por el borde interno como el externo (Camara de Comercio de Bucaramanga, 2016).

Todo el trayecto de la sección de estudio, tiene una calzada bidireccional. Cada carril tiene un ancho de 3,5 m, la vía no tiene berma, el tipo de terreno transversal es montañoso, esta pavimentada con pavimento flexible, está debidamente señalizada, la velocidad de diseño es de 40km/h en la zona urbana y 60 km/h en la zona rural y tiene 50 curvas.



Figura 7 Condiciones Geométricas Tramo Experimental

3.2.3 TRÁNSITO

El tránsito promedio diario entre el municipio de Bucaramanga y Rio Negro, dado por el INVIAS se presenta en la siguiente tabla.

SECTOR	LONGITUD	SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO			
		2013	2014	2015	2016
BUCARAMANGA- RIO NEGRO	16	5.206	5.750	5.897	8.203

Tabla 6Tránsito Promedio Diario Bucaramanga – Rio Negro.

Fuente: Instituto nacional de vías

3.2.4 SINIESTRALIDAD

El exceso de velocidad y el irrespeto o desconocimiento de las normas de tránsito se convierten en las principales causas de accidentalidad en las vías de Colombia. A esto hay que agregarle el exceso de fatiga, que produce micro sueños, especialmente en conductores de transporte de carga e intermunicipal, y a conducir bajo los efectos del alcohol y de otras sustancias.

Las condiciones de infraestructura que ofrecen algunas carreteras, también propician las colisiones. Una de ellas es la que conduce (Bucaramanga-Rio Negro) Cuenta con un significativo tráfico de tracto camión (muchas con sobrepeso), que son las protagonistas de las siniestralidades, siempre hay alguna implicada en todos los casos de choque y de volcamientos.

Indicadores víctimas fatales en accidentes enero a junio comparativo año 2015 y 2016 (Gonzáles, 2015).

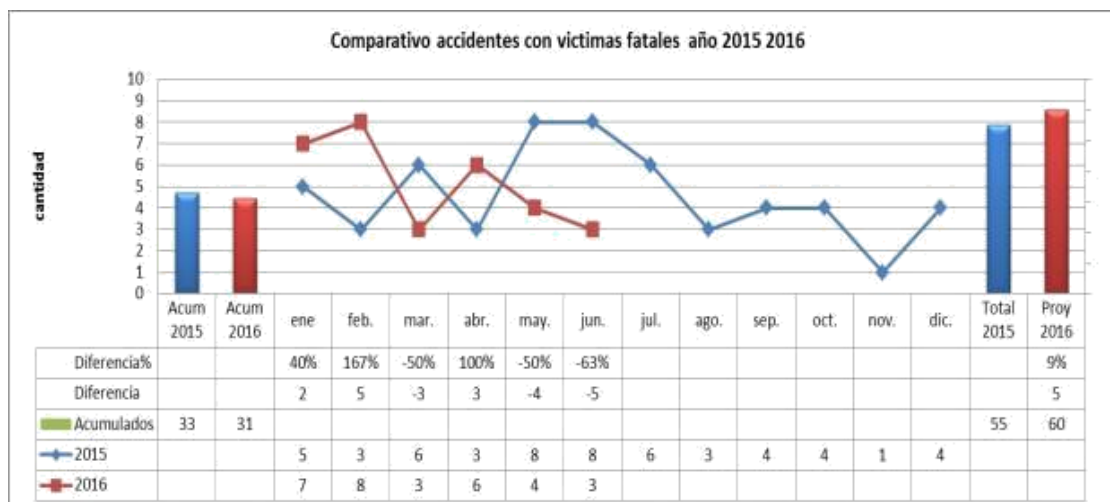


Figura 8 Grupo control vial

:

3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 CONDUCTORES

Las características propias del conductor son la edad, el género y la experiencia estos son algunos de los factores que influyen en la elección de la velocidad de operación.

Para el estudio de campo se seleccionó personal de la universidad pontificia bolivariana donde fueron estudiantes y padres de familias, además se escogieron 35 vehículos, los conductores manejaban a flujo libre en el tramo experimental y cada prueba tuvo una duración de 40 a 50 min. La figura 9 muestra las características de los conductores en cuanto a sexo y edad (Pico, 2017).

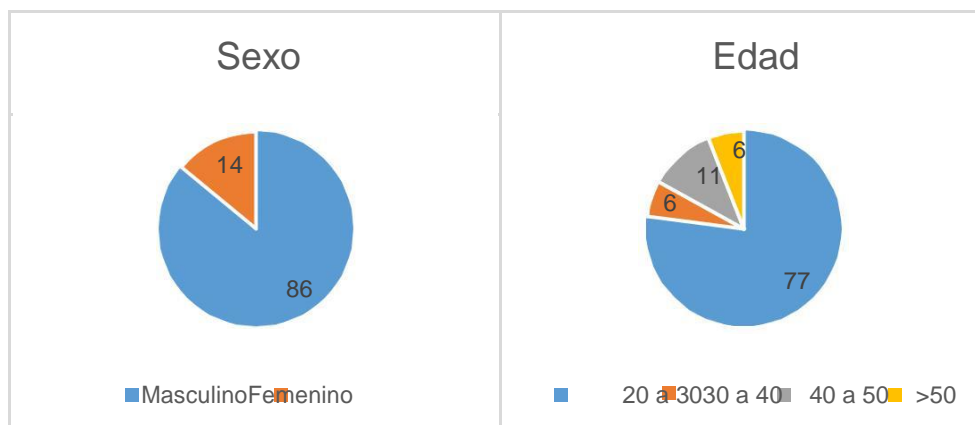


Figura 9 Gráficas Conductores

Los datos registran mayor participación en los hombres con 86% y en mujeres con 14% y la edad promedio en una categoría de 20 a 30 años. La selección de los datos se hizo en ambas direcciones del tramo experimental.

3.3.2 DISPOSITIVO

La base de datos obtenida por el dispositivo Vbox, fue suministrada por un trabajo de grado realizado por la estudiante Mayerly Cote Floréz de la Universidad Pontificia Bolivariana. Gracias al dispositivo Vbox, se obtienen velocidades cada 5m, lo cual permite analizar perfiles de velocidad, reproducir videos de forma intermodal, es decir, al mismo tiempo que se reproduce el video va indicando la trayectoria que se está recorriendo sobre el perfil de velocidad, permitiendo tener la velocidad en cualquier punto deseado.

Apoyándose en la base de datos de Cote, se procede a clasificar las curvas según los rangos previamente establecidos en la tabla 7. El radio de curvatura, Entretangencia de entrada y de salida y pendiente de entrada y de salida. Los datos tienen las siguientes características:

- Velocidades exportadas cada 5 m ya que las velocidades no cambian sustancialmente. En orden de disminuir la demanda computacional y disminuir el margen de error.
- Dependen de la Entretangencia de entrada y de salida, se evaluaron el cambio de velocidades al entrar y al salir de la curva.

A partir de la base de datos, se calculan desaceleraciones cada 5 metros antes del PC y aceleraciones cada 5 metros después del PT. El rango varia depende de la longitud de Entretangencia de la curva. En la figura 10 se demuestra lo anteriormente dicho:

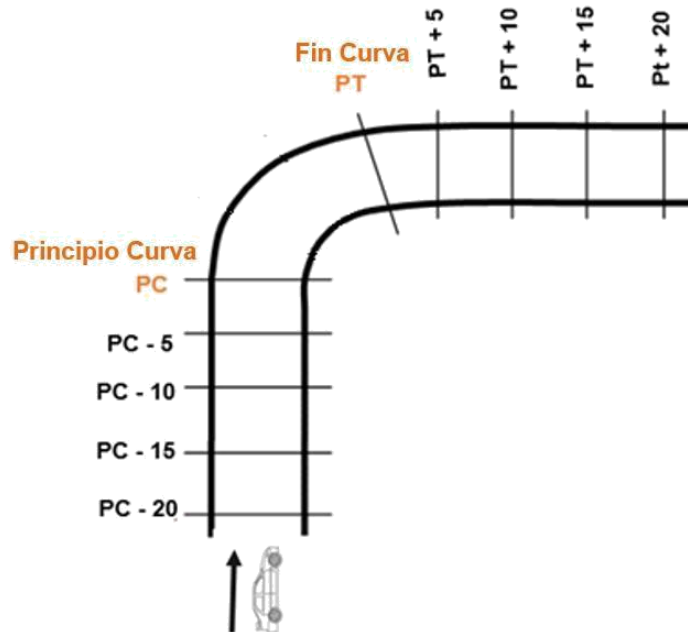


Figura 10 Secciones donde se calculan desaceleraciones y aceleraciones

3.4 CLASIFICACIÓN DE DATOS

3.4.1 VARIABLES INFLUYENTES

Después de la revisión bibliográfica acerca del cambio continuo de aceleraciones y desaceleraciones, se definen las siguientes variables como las más influyentes en este fenómeno.

- Pendientes Longitudinales
- Entretangencias
- Radios de Curvatura

Segmentar los datos teniendo en cuenta estas variables, permite analizar de una manera más argumentativa las aceleraciones y desaceleraciones que realizan los conductores al entrar y al salir de la curva. Los datos obtenidos, se clasifican por colores teniendo en cuenta las variables influyentes. Hay que tener en cuenta que cada conductor, arroja perfiles de velocidad diferente en cada abscisa de sentido Bucaramanga a Rio Negro y de sentido Rio Negro a Bucaramanga. Tener los datos calificadas por colores, aportan una lectura más clara en las matrices factoriales.

3.4.2 MATRICES

Teniendo en cuenta que se maneja la hipótesis de que vehículo desacelera antes de entrar a la curva y el vehículo acelera al salir de la curva. Se realizan dos matrices diferentes. La primera matriz toma los datos de entrada, es decir la entretangencia de entrada (recta – curva) y la segunda matriz toma los datos de salida, es decir la Entretangencia de salida (curva recta).

La finalidad de la matriz consiste en analizar las maniobras que realizan los conductores teniendo en cuenta la variable influyente: pendientes longitudinales, radios de curvatura, entretangencia de entrada para desaceleraciones y entretangencia de salida para aceleraciones. De esta manera se puede interpretar y validar que modelo de aceleración y desaceleración se asemeja más al comportamiento que tienen los conductores colombianos promedio. Se requiere ver el anexo D y E para conocer el muestreo de las desaceleraciones en los dos sentidos y el anexo F y G para conocer el muestreo de las aceleraciones en ambos sentidos. A partir del muestro, se prosigue a definir la representatividad de la siguiente manera:

Radios

- 20 – 50 = 17 observaciones
- 50 – 100 = 16 observaciones
- 100 – 300 = 17 observaciones

Entretangencias

- 0 – 20 = 34 observaciones
- 20 – 50 = 37 observaciones
- 50 – 200 = 29 observaciones

Pendientes Longitudinales

- < 4% = 5 observaciones
- 4 – 8 % = 29 observaciones
- >8 % = 26 observaciones

Al obtener la representatividad de los datos, se construye la matriz teniendo en cuenta colores que coincidan con las variables representativas.

Entretangencia de Entrada - Salida									
	0-20			20-50			50-200		
Radio de la curva									
i	20-50	50-100	100-300	20-50	50-100	100-300	20-50	50-100	100-300

Tabla 7 Matriz Variables influyentes

4 ANALISIS DE DATOS

4.1 PERFÍLES DE VELOCIDAD

La base de datos de los 35 conductores muestra las variaciones de velocidad que tienen a lo largo de la curva. En la siguiente figura se muestra como ejemplo las velocidades promedio arrojadas por los conductores en la curva 67 en el sentido Rio Negro – Bucaramanga.

Cabe destacar que el perfil de velocidad donde los conductores tienen maniobras de aceleración y desaceleración se unen líneas y rectas las cuales son poco apreciable en la figura 11. Se puede observar que la velocidad no es constante a lo largo de la curva. Si se desea aminorar los quiebres del perfil, es necesario elegir un intervalo más pequeño. Las abscisas representan el promedio de velocidad de los 35 conductores desde cinco metros antes de iniciar la curva hasta cinco metros después de finalizar la curva.

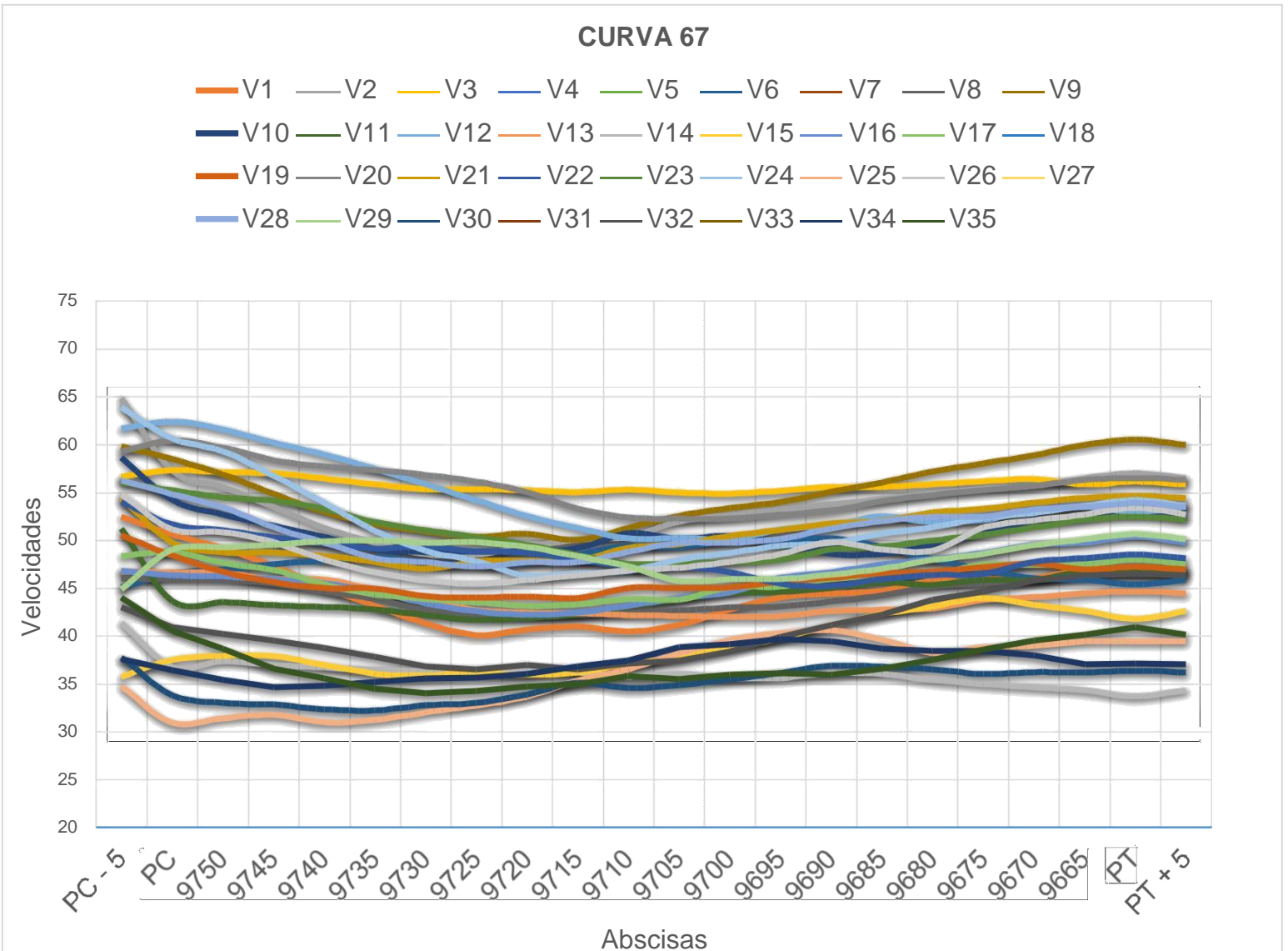


Figura 11 Perfil de Velocidad Curva 67 Sentido Rio Negro – Bucaramanga

4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el cálculo de las desaceleraciones y aceleraciones se manejan 4 hojas de cálculo. Cada hoja de cálculo está sigilosamente detallada con la respectiva curva, abscisa y cambio de velocidad, El cálculo de las desaceleraciones antes de entrar a la curva en el sentido Bucaramanga – Rio negro y Rio Negro – Bucaramanga. Por otra parte, el cálculo de las aceleraciones al salir de la curva en el trayecto Rio Negro – Bucaramanga.

Por medio de la ecuación de cinemática expuesta por Yasmany García en su tesis doctoral, se calculan las aceleraciones y desaceleraciones en las hojas de cálculo

con el propósito de analizar detalladamente el comportamiento del vehículo en la curva.

$$a_{i-1} = \frac{v_i^2 - v_{i-1}^2}{25,92 \cdot d_{i-1}}$$

Ecuación 1 Aceleración Cinemática

Donde:

a_{i-1} = es la aceleración / desaceleración entre puntos consecutivos y i-1, en m/s^2 ,

v_{i-1} = Velocidad en el punto i-1, en km/h,

v_i = Velocidad en el punto i, en km/h, y,

d_{i-1} = Distancia entre los puntos i y i-1, en m.

Una vez calculada las desaceleraciones y aceleraciones a lo largo de la curva en los dos trayectos, se prosigue a calcular las variaciones de velocidad de la siguiente manera.

- Aceleraciones: Aceleraciones promedios cada 5 metros después del PT. Teniendo en cuenta que se evalúa el comportamiento de la aceleración a lo largo de la entretangencia de salida (curva-recta).
- Desaceleraciones: Desaceleraciones promedio cada 5 metros antes del PC. Teniendo en cuenta que se evalúa el comportamiento de la desaceleración a lo largo de la entretangencia de entrada (recta-curva).

Se descartan los valores atípicos, en los cuales el conductor no realiza el mismo comportamiento que la media aritmética de los 35 conductores. Este fenómeno se debe a aspectos externos como obstáculos en la vía, estado de ánimo del conductor o interferencias.

4.2.1 DESACELERACIONES RECTA – CURVA

Para argumentar la hipótesis de que el conductor desacelera antes de empezar la curva se hace el siguiente análisis teniendo en cuenta a que distancia el conductor empieza la maniobra de desaceleración y la distancia en la cual la realiza. En el eje X se representa la distancia antes de entrar a la curva cada cinco metros. El rango está sujeto a la distancia de entretangencia.

4.2.1.1 Entretangencias de 0 – 20 m

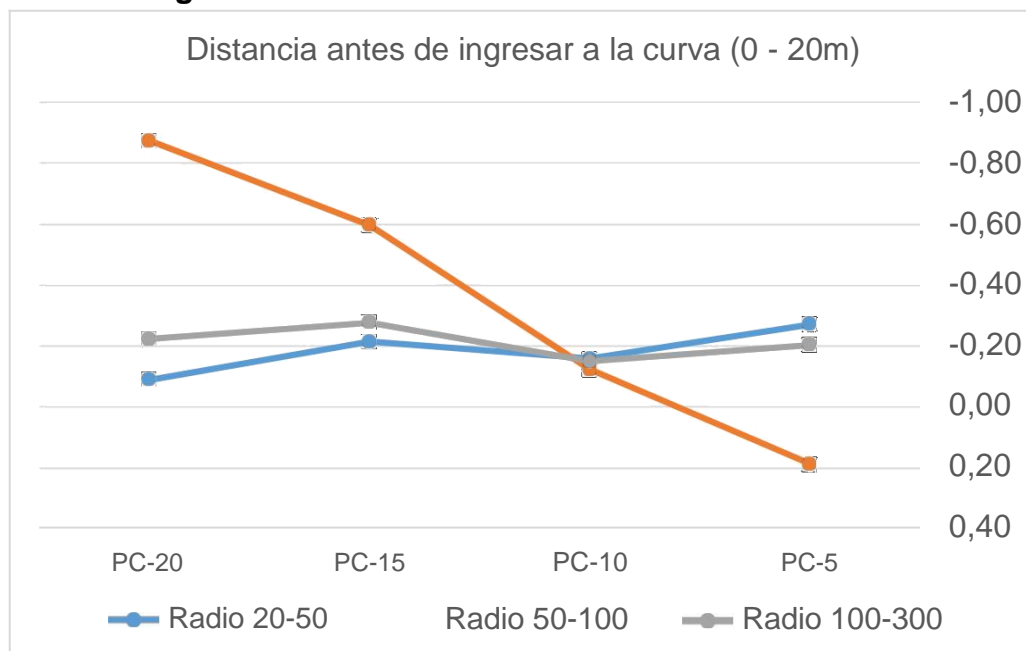


Figura 12 Gráfica Desaceleración Entretangencia 0 -20m

Radio 20 – 50 m

- En el 57,14% de las curvas con entretangencia de entrada entre 0-20m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración entre 5 y 15 metros antes de entrar a la curva. El restante 42,86% entre 5 y 15 metros después de empezar la curva, esto debido a la poca longitud de entretangencia presente entre curvas consecutivas.
- Independientemente del sitio donde se empieza la maniobra de desaceleración, el 71,42% de los conductores la realiza en una distancia entre 5 y 10 m y el 28,58% restante lo hace en una distancia entre 11 a 25m.

Radio 50 – 100m

- En el 75% de las curvas con entretangencia de entrada entre 0-20m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración entre 5 y 15 metros antes de entrar a la curva. El restante 25% entre 5 y 15 metros después de empezar la curva.
- Los conductores siguen teniendo un radio muy pequeño para tener una desaceleración prolongada. El 75% de los conductores realizan la maniobra de desaceleración entre 5 y 10m y el 25% restante lo hace en una distancia entre 11 a 25m.

Radio 100 – 300

- En el 80% de las curvas con entretangencia de entrada entre 0-20m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración entre 5 y 15 metros antes de entrar a la curva. El restante 20% entre 5 y 15 metros después de empezar la curva.
- Teniendo en cuenta que los conductores tienen un radio mayor en el cual puede tener una desaceleración más larga, el 40% de los conductores realizan la maniobra de desaceleración entre 5 y 10m y el 60% restante lo hace en una distancia entre 11 a 25m.

La mayoría de vehículos disminuyen su velocidad antes de ingresar a la curva. Sin embargo, los resultados muestran que se puede presentar el escenario donde los conductores tienen un comportamiento ascendente antes de ingresar a la curva. Este fenómeno se presenta cuando no hay o hay una mínima entretangencia entre la curva de salida y la curva de entrada, es decir los conductores no tienen distancia ni tiempo para desacelerar. Paralelamente el 66% de las curvas anteriores a las curvas en el que el vehículo entra a la curva acelerando, tienen un radio entre 20 y 40 metros. El vehículo tiene un radio muy pequeño de salida para alcanzar a desacelerar antes de entrar a la curva de entrada. El porcentaje restante tiene un radio entre 150 y 250 metros.

4.2.1.2 Entretangencias de 20 – 50 m

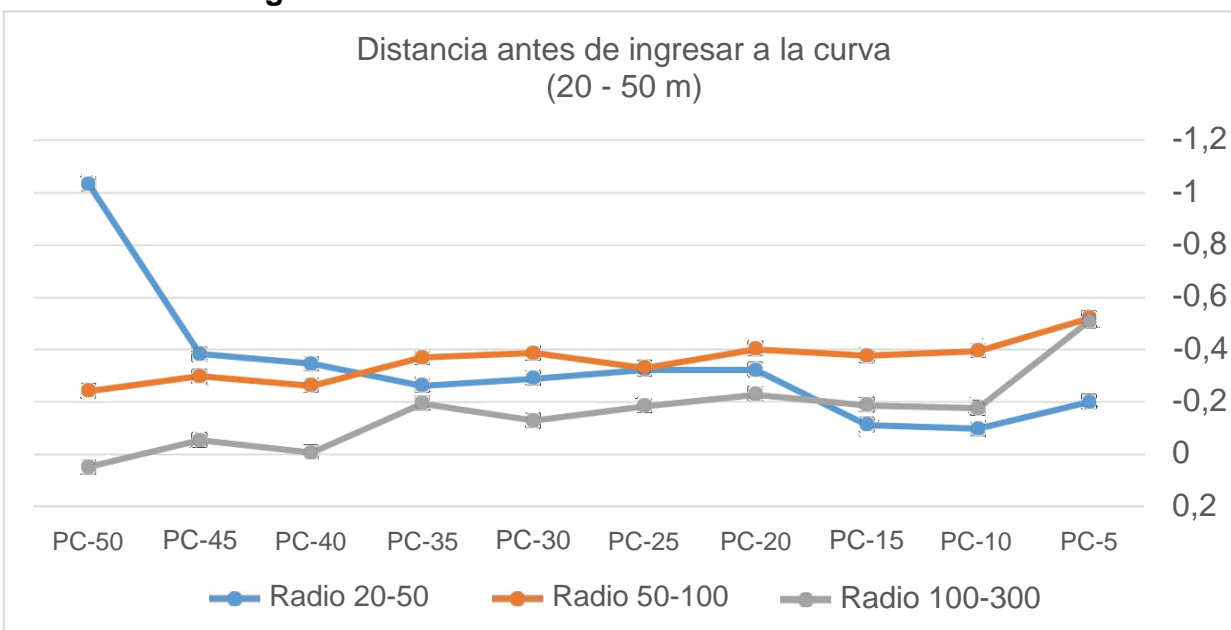


Figura 13 Gráfica Desaceleración Entretangencia 20-50 m

Radio 20 – 50m

- En el 80% de las curvas con entretangencia de entrada entre 20-50m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración entre 5 y 15 metros antes de entrar a la curva. El restante 20% entre 5 y 15 metros después de empezar la curva.
- El 40% de los conductores realizan la maniobra de desaceleración entre 5 y 10m, el 53% lo hace en una distancia entre 11 a 25m y el restante 6,66% en una distancia mayor a 25m. Los conductores al tener una larga entretangencia y un radio pequeño, tienen un buen espacio para alcanzar a desacelerar antes de entrar a la curva. Sin embargo, no tendrá longitud suficiente para tener una desaceleración prolongada.

Radio 50 – 100m

- En el 7,69% de las curvas con entretangencia de entrada entre 20-50m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración a más de 50 metros antes de entrar a la curva. El 69,23% entre 5 y 15 antes de entrar a la curva y el restante 15,38% entre 5 y 15 metros después de empezar la curva.
- El 46,15% de los conductores realizan la maniobra de desaceleración entre 5 y 10m, el 38,46% lo hace en una distancia entre 11 a 25m y el restante 7,6% en una distancia mayor a 25m.

Radio 100-300m

- En el 5,88% de las curvas con entretangencia de entrada entre 20-50m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración a más de 50 metros antes de entrar a la curva. El 64,70% entre 5 y 15 antes de entrar a la curva y el restante 17,64% entre 5 y 15 metros después de empezar la curva.
- El radio al ser bastante extenso, permite a los conductores tener una desaceleración larga. El 58,82% de los conductores realizan la maniobra de desaceleración entre 5 y 10m, el 17,64% lo hace en una distancia entre 11 a 25m y el restante 11,76% en una distancia mayor a 25m.

Los resultados muestran que la curva al tener una entretangencia moderadamente amplia, les permite a los conductores desacelerar en su mayoría antes de ingresar a la curva independientemente del radio de la curva. No obstante, existen datos atípicos donde los conductores no presentan ninguna desaceleración a lo largo de la curva. Entre más grande sea el radio de curvatura, los conductores se sienten más cómodos para llevar una velocidad ascendente. El 7% de los conductores no desaceleran desde el PC hasta el PT (independientemente del radio de curvatura de la curva de salida).

4.2.1.3 Entretangencias de 50 – 200 m

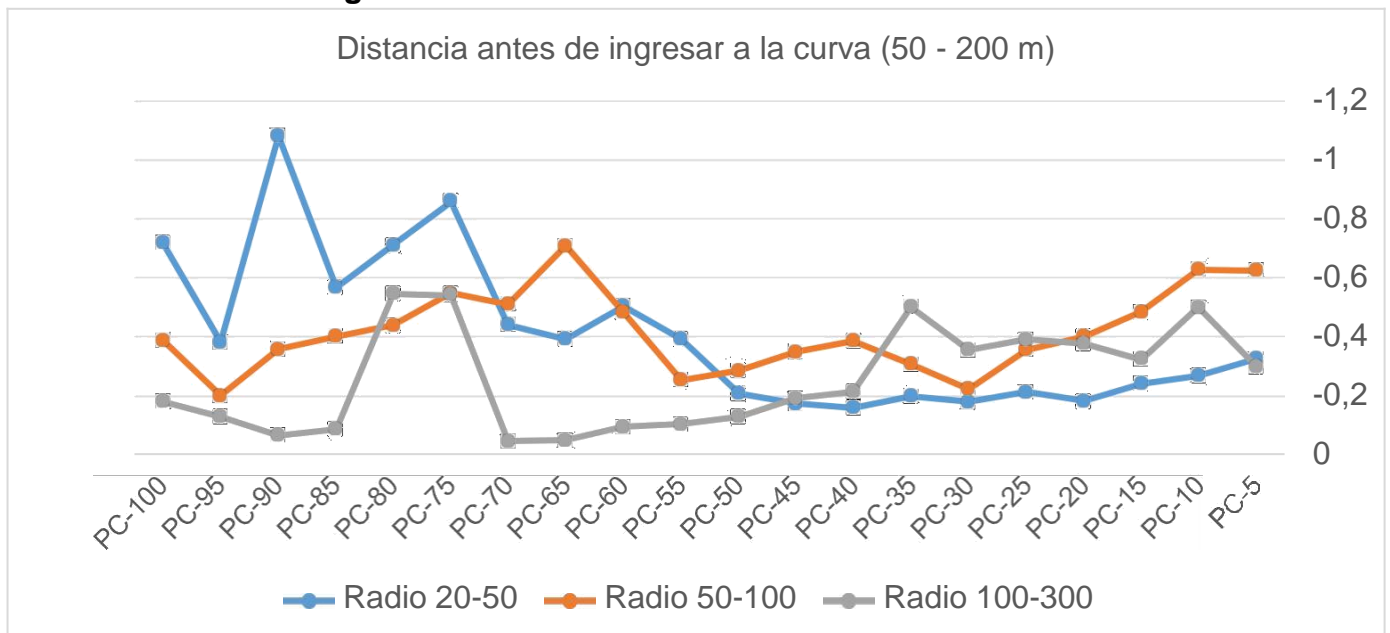


Figura 14 Gráfica Desaceleración Entretangencia 50 -200m

Radio 20 -50m

- En el 50% de las curvas con entretangencia de entrada entre 50-200m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración entre 5 y 15 metros antes de entrar a la curva. El restante 50% entre 5 y 15 metros después de

empezar la curva. La dualidad demuestra que los conductores tienen la comodidad para desacelerar antes o después de empezar la curva.

- El 75% de los conductores realizan la maniobra de desaceleración entre 5 y 10m, el 16,66% lo hace en una distancia entre 11 a 25m y el restante 8,33% en una distancia mayor a 25m.

Radio 50 -100 m

- En el 6,25% de las curvas con entretangencia de entrada entre 50-200m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración a más de 50 metros antes de entrar a la curva. El 50% entre 5 y 15 antes de entrar a la curva y el restante 43,75% entre 5 y 15 metros después de empezar la curva.
- El 87,5% de los conductores realizan la maniobra de desaceleración entre 5 y 10m y el restante 12,5% lo hace en una distancia entre 11 a 25m.

Radio 100 – 300m

- En el 62,5% de las curvas con entretangencia de entrada entre 50-200m los conductores empiezan la maniobra de desaceleración entre 5 y 15 antes de entrar a la curva y el 37,5% restante entre 5 y 15 metros después de empezar la curva.
- El 87,5% de los conductores realizan la maniobra de desaceleración entre 5 y 10m y el restante 12,5% lo hace en una distancia entre 11 a 25m. Los conductores tienen una corta distancia de desaceleración, porque tienen la libertad de acelerar ya que la entretangencia y el radio grande se lo permiten.

A mayor entretangencia los conductores tienen la distancia suficiente para acelerar en la recta antes de llegar a la curva. No obstante, el 38,29% de las curvas entran acelerando, tienen un radio de curvatura entre 30 y 60 metros. El 33,33% entre 60 y 100 metros y 28,5% para radios de curvatura entre 100 y 150 metros. Esto explica, que independientemente del radio de curvatura de la curva anterior, los conductores se sienten en la libertad de acelerar al tener una entretangencia amplia en la cual pueda realizar diferentes maniobras.

4.2.2 ACCELERACIONES CURVA-RECTA

Para argumentar la hipótesis de que el conductor acelera al finalizar la curva, se muestra a continuación el promedio de aceleraciones que realizan los conductores al salir de la curva. En el eje x se plasman las distancias al finalizar la curva. El rango de distancias está sujeto a la entretangencia.

4.2.2.1 Entretangencias de 0 – 20 m

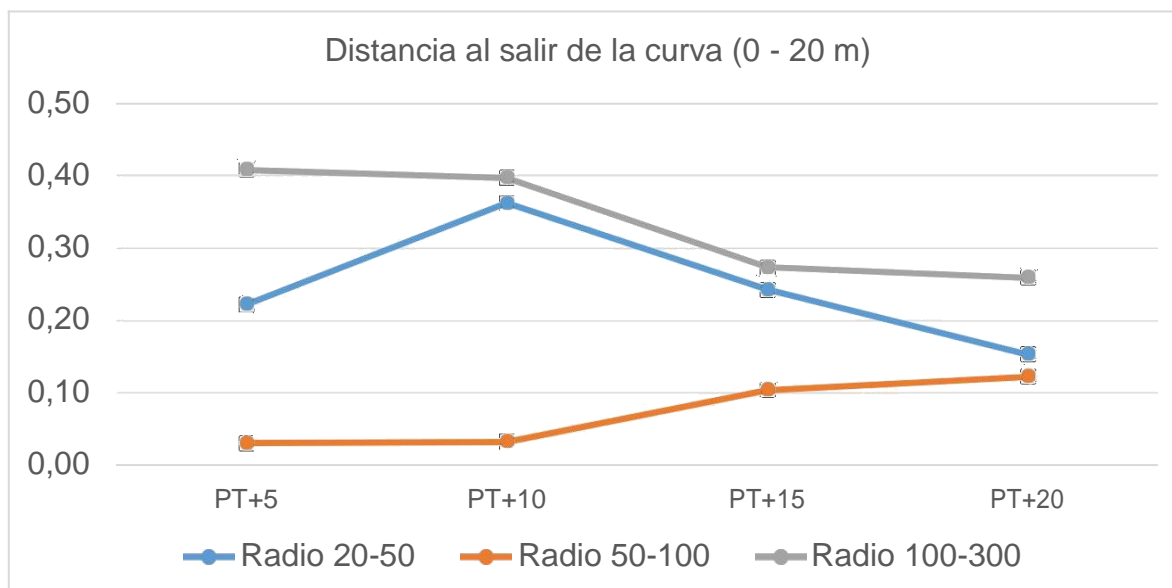


Figura 15 Gráfica Aceleración Entretangencia 0 -20m

Radio 20-50m

- En el 71,42% de las curvas con entretangencia de salida entre 0-20m los conductores empiezan la maniobra de aceleración entre 5 y 15 metros antes de salir de la curva. El 28,57 restante entre 5 y 15 metros después de finalizar la curva. Al tener un radio pequeño, los conductores no tienen mucha distancia para tener una larga aceleración.
- Independiente del sitio donde se empieza la maniobra de aceleración el 85,71% de los conductores la realiza a una distancia entre 5 y 10m y el 14,28% restante entre 11 y 25m.

Radio 50-100

- En el 75% de las curvas con entretangencia de salida entre 0-20 metros los conductores empiezan la maniobra de aceleración entre 5 y 15 antes de salir de la curva. El restante 25% entre 5-15 metros después de finalizar la curva. A medida de que el radio sea más grande les permite a los conductores prolongar su longitud de aceleración.
- Independientemente de donde se empieza la maniobra de aceleración, el 75% de los conductores la realiza en una distancia entre 5 y 10 metros y el 25% restante lo hace en una distancia entre 11 y 25 metros.

Radio 100-300

- El 100% de las curvas con entretangencia de salida entre 0-20m los conductores empieza la maniobra de acelerar entre 5 y 15 metros antes de finalizar la curva.
- El 60% de los conductores la realiza en una distancia entre 5 y 10 metros y el 40% restante lo hace en una distancia entre 11 y 25 metros.

Teniendo en cuenta que los conductores tienen una entretangencia de salida pequeña, los conductores no tienen una distancia de aceleración prolongada, A pesar de que tienden a acelerar entre 5 y 15 metros antes de finalizar la curva, al empezar la otra curva ya los vehículos van desacelerando. El 75% de las curvas siguientes, tienen un radio entre 55 y 75 metros. Lo cual indica, que el conductor se siente obligado a desacelerar por atravesar una curva cerrada.

4.2.2.2 Entretangencias de 20 – 50m

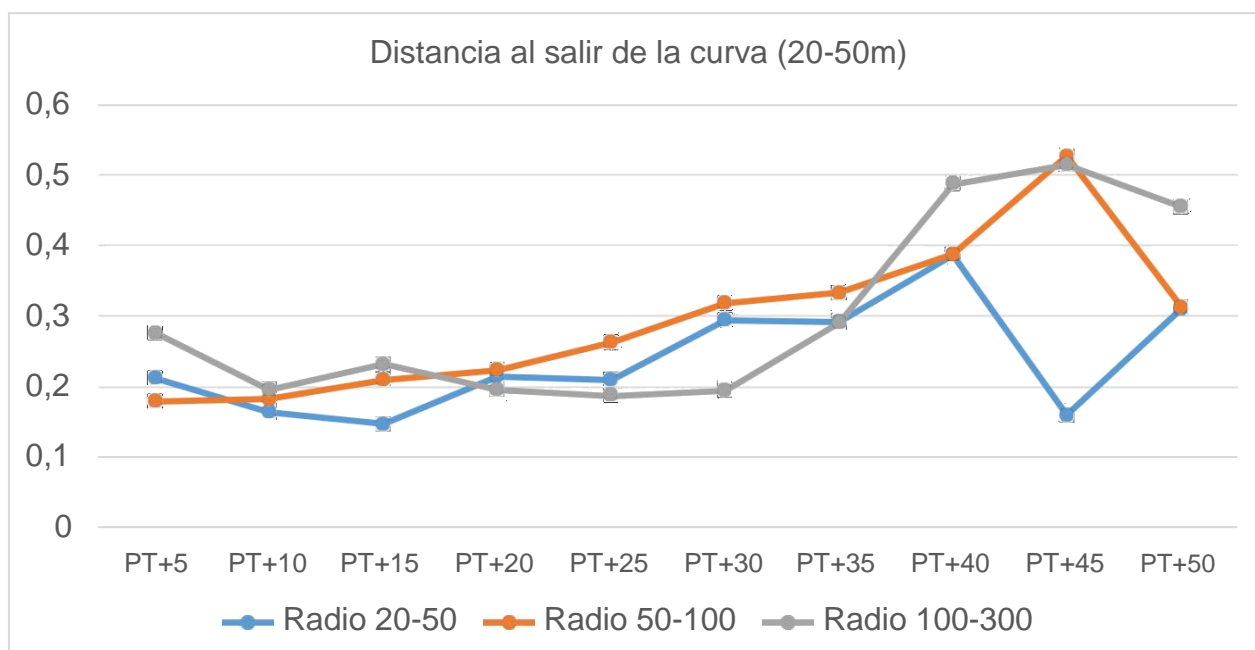


Figura 16 Gráfica Aceleración Entretangencia 20--50m

Radio 20-50

- En el 66,66% de las curvas con entretangencia de salida entre 20-50m los conductores empiezan la maniobra de aceleración entre 5 y 15 metros antes de salir de la curva. El restante 13,33% entre 5 y 15 después de finalizar la curva. Adicionalmente el 6,66% de los conductores no acelera durante toda la curva.
- El 86,66% de los conductores aceleran entre 5 y 10 m. El resto lo hacen entre 11 y 25 metros.

Radio 50-100

- En el 53,84% de las curvas con entretangencias de salida entre 20-50m los conductores empiezan la maniobra de aceleración 5 y 15 metros antes de finalizar la curva. El restante 30,76% entre 5 y 15 metros después de finalizar la curva. Adicionalmente el 7.69% de los conductores aceleran en toda la curva.
- El 69,23% de los conductores la realiza en una distancia 5 y 10 metros, El 15,35% durante 11y 25 metros y el restante 15,38% a más de 25 metros. Un radio amplio permite que el conductor empiece acelerar no tan próximo a la abscisa de salida de curva.

Radio 100-300

- En el 56,25% de las curvas con entretangencias de salida entre 20-50m los conductores empiezan la maniobra de aceleración entre 5 y 15 metros antes de salir de la curva. El restante 12,5% entre 5 y 15 metros después de finalizar la curva.
- El radio amplio permite que los conductores prolonguen su longitud de aceleración antes de finalizar la curva. Por ejemplo: El 43,75% aceleran entre 5 y 10 metros, el 25% aceleran durante 11 y 25 metros y el 31,25% lo hacen a más de 25 metros.

Una entretangencia amplia permite que los conductores incrementen la aceleración. Adicionalmente, a medida que el conductor aumenta su radio, aumenta su longitud de aceleración. Inclusive se presenta el caso donde los conductores no disminuyen su aceleración a lo largo de la curva. Un 75% de esos casos cuando el radio de curvatura de la curva siguiente está entre 140 y 240 metros.

4.2.2.3 Entretangencias de 50-200m

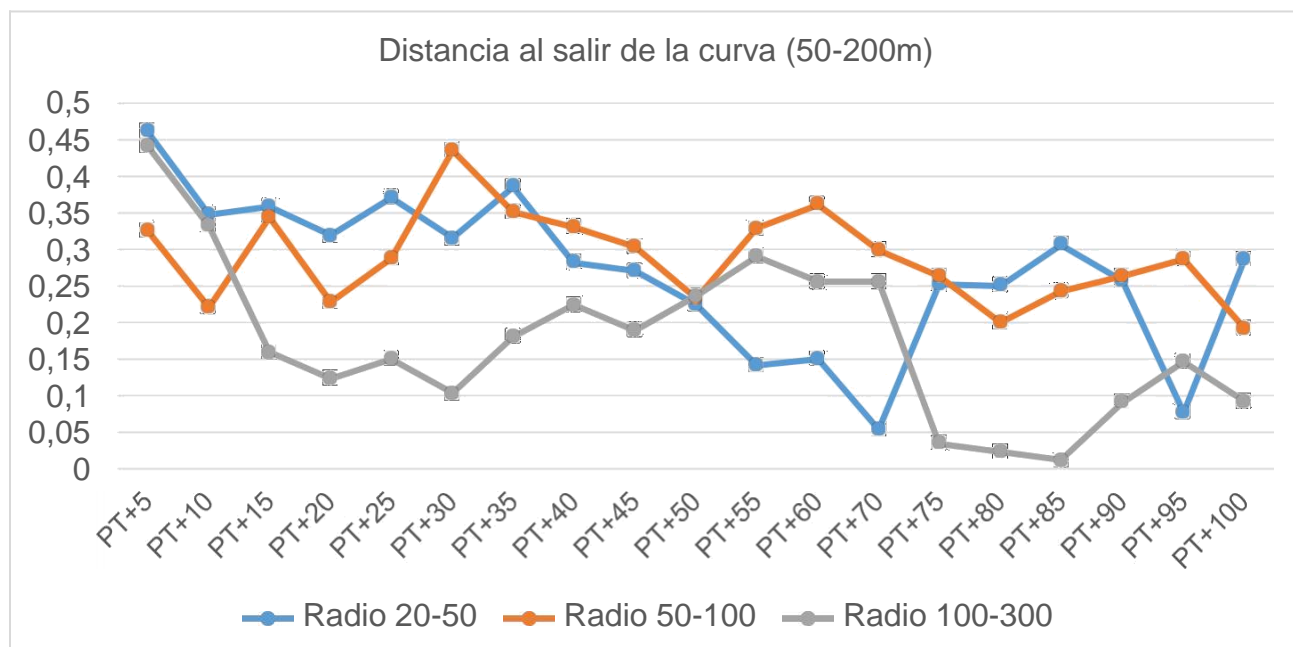


Figura 17 Gráfica Aceleración Entretangencia 50-200

Radio 20 - 50

- En el 33,33% de las curvas con entretangencia de salida entre 50-200m los conductores empiezan la maniobra de aceleración entre 5 y 15 metros antes de salir de la curva. El 25% entre 5 y 15 metros después de finalizar la curva y el restante 14,67% acelera toda la curva.
- Adicionalmente el 58,33% de los conductores la realiza en una distancia entre 5 y 10 metros, el 16,66% entre 11 y 25 metros y finalmente el 25% aceleran en longitud mayor 25 metros.

Radio 50-100

- El 35,24% de las curvas con entretangencia de salida entre 50-200m, los conductores empiezan la maniobra de aceleración entre 15 y 50 metros antes de terminar la curva, el 29,41% entre 5 y 15 metros de terminarla, el 29,41% entre 5 y 15 después de finalizar la curva y el restante 5,88% lo hace en toda la curva.
- El 62,5% de los conductores aceleran entre 5 y 10 metros, el 18,75% entre 11 y 25 metros y finalmente 18,75% a una distancia mayor a 25 metros.

Radio 100-300

- En el 44,44% de las curvas con entretangencia de salida entre 50-200m, los conductores empiezan la maniobra de aceleración 5 y 15 metros antes de salir de la curva. El restante 55,55% entre 15 y 50 metros después de la curva.
- El 44,44% de los conductores la realiza a una distancia entre 5 y 10 metros y el 55,55% restante lo hacen a una distancia mayor a 25 metros.

La distancia a la cual los conductores empiezan a acelerar antes de termina la curva aumenta significativamente con la amplitud de su entretangencia. Adicionalmente, a medida que aumenta el radio de curvatura, los conductores aceleran prolongadamente a lo largo de la curva. Incluso, existe el caso en el que conductor no alcanza a desacelerar en toda la curva. No obstante, son muy pocas las vías colombianas donde existen curvas con radios y Entretangencias grandes.

4.2.3 MATRICES

Las observaciones se dividen en dos matrices generales. Cada matriz tiene consigo el trayecto de Bucaramanga – Rio Negro y de Rio Negro Bucaramanga. La primera matriz tiene en cuenta la entretangencia de entrada que experimenta cada conductor antes de entrar a la curva es decir donde desacelera y la segunda matriz tiene en cuenta la entretangencia de salida que experimenta el conducto antes de salir de la curva, es decir donde acelera.

Entretangencia de Entrada									
	0-20			20-50			50-200		
Radio de la curva									
i	20-50	50-100	100-300	20-50	50-100	100-300	20-50	50-100	100-300
4%	3	2	4	7	7	10	7	10	5
8%	1	0	0	5	3	6	4	5	4
9%	3	2	1	3	3	2	1	2	0

Tabla 8 Matriz Desaceleración

Entretangencia de Salida									
	0-20			20-50			50-200		
Radio de la curva									
i	20-50	50-100	100-300	20-50	50-100	100-300	20-50	50-100	100-300
<4%	4	2	2	8	6	9	5	12	6
r - 8%	1	0	0	1	3	7	5	5	2
>8%	2	2	3	6	4	2	2	0	1

Tabla 9 Matriz Aceleración

Las celdas que no tienen un dato de observación son debidas a que esas específicas combinaciones de variable no fueron encontradas. Sin embargo, se comprueba las 100 observaciones en cada matriz.

4.3 PATRONES DE COMPORTAMIENTO

De acuerdo con las matrices factoriales, solo se consideró desaceleración desde la recta de aproximación hasta la curva horizontal (Recta-Curva) y aceleración desde la curva horizontal hasta la recta de salida (Curva-Recta). A pesar de que los 35 conductores mostraron un comportamiento irregular a lo largo de la curva, tuvieron en su mayoría el mismo patrón de desaceleración al entrar a la curva y el mismo patrón de aceleración al salir de la curva. La abscisa de entrada y la entretangencia de entrada a la curva en el sentido Bucaramanga – Rio Negro son la misma abscisa de salida y entretangencia de salida de la curva en el sentido Rio Negro – Bucaramanga. No obstante, se hizo el análisis por separado porque son diferentes velocidades y por lo tanto aceleraciones – desaceleraciones en los dos sentidos.

En la figura 18 se muestra el comportamiento de desaceleración que tienen los conductores al ingresar a la curva en el sentido Bucaramanga – Rio Negro. El conductor empieza la maniobra de desaceleración desde la entretangencia de entrada.

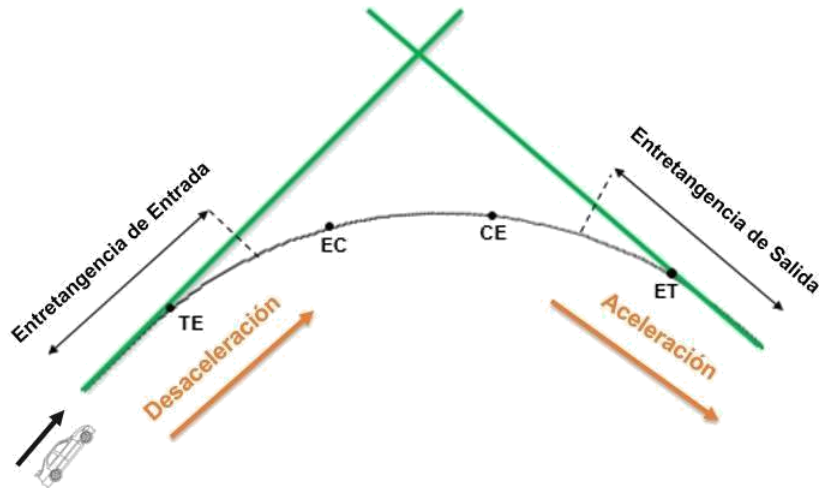


Figura 18 Sentido Bucaramanga - Rio Negro.

Fuente propia

En la figura 19 se muestra el patrón de desaceleración que tuvieron los 35 conductores al ingresar a la curva en el sentido Rio Negro – Bucaramanga y el patrón de aceleración al salir de la curva.

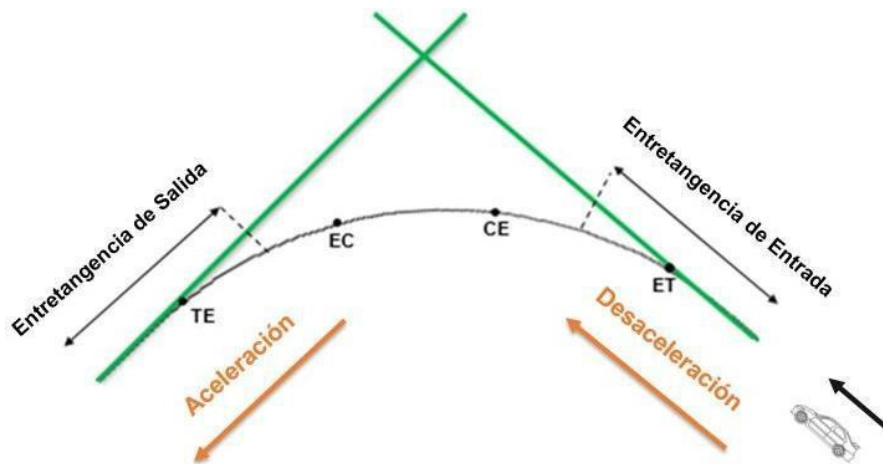


Figura 19 Sentido Rio Negro – Bucaramanga.

Fuente propia

Como se observa en las gráficas, la desaceleración inicia aproximadamente en la recta de entrada y el comienzo de la curva. La aceleración inicia aproximadamente al finalizar la curva y al empezar en la recta de salida. Se encontró que el inicio de la desaceleración se produce a diferentes distancias del pc y depende de la longitud de la recta de entrada y el inicio de la aceleración se encuentra en diferentes lugares

de la curva horizontal y depende del radio de la curva. Adicionalmente, se encontró que las variables más influyentes sobre la desaceleración representativa es el radio de la curva horizontal, mientras que en la aceleración representativa fueron el radio de la curva horizontal y longitud de curva horizontal.

4.4 VALIDACIÓN MODELOS ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN

4.4.1 FITZPATRICK ET AL

Teniendo en cuenta los parámetros generales para el modelo de FitzPatrick plasmado en el marco teórico, los modelos muestran que hay ciertas partes de sus ecuaciones que aportaron a analizar nuestros resultados y otros no.

En base al análisis cualitativo que se planteó en la matriz, se calcula el porcentaje mayor en la cual los conductores empiezan a desacelerar, considerándolo por la desaceleración representativa para validarlo con el modelo. A continuación se muestra la comparación de predicción de desaceleración y aceleración predicha por FitzPatrick comparado con los resultados obtenidos en la investigación.

Datos Geométricos			Fitzpatrick et al.		Angie y Paula	
Sección radio	R prom d(m/s ²)	R prom a(m/s ²)	d(m/s ²)	a(m/s ²)	d(m/s ²)	a(m/s ²)
Entretangencia 0-20 m						
20-50	30,83	30,83	1	n/a	-0,21	0,10
50-100	59,50	59,50	1	n/a	-0,35	0,05
100-300	244,00	244,00	-0,53	0,54	-0,21	0,18
Entretangencia 20-50 m						
20-50	34,60	34,60	1	n/a	-0,14	0,10
50-100	64,23	63,75	1	n/a	-0,43	0,12
100-300	156,34	156,34	-1,21	0,54	-0,29	0,11
Entretangencia 50-200 m						
20-50	34,07	34,07	1	n/a	-0,28	0,13
50-100	85,37	85,37	1	n/a	-0,58	0,14
100-300	171,51	165,79	-1,04	0,54	-0,38	0,08

Tabla 10 Comparación Fitzpatrick

- Para el proyecto en estudio en las entretangencias de 0-20m, 20-50m, 50-200m y radios entre 20-50 y 50-100 en la maniobra de desaceleración el modelo propuesto por Fitzpatrick define un coeficiente de 1,0(m/s²). Para la maniobra de aceleración no aplica porque no corresponde al rango de los radios propuestos en el modelo validado.
- En los radios de 100-300 para las diferentes entretangencias en estudio, los coeficientes obtenidos se asemejan a los del modelo propuesto por

Fitzpatrick et al, ya que los coeficientes de aceleración están en un rango 0,05 y 0,18(m/s²) y para Fitzpatrick es 0,540(m/s²).

En la figura 20 se puede observar el modelo de Fitzpatrick para predecir la desaceleración no se puede comparar con los resultados de esta investigación ya que proporciona un resultado positivo. Por otra parte, Fitzpatrick coincide en un 20,37% para predecir la aceleración que lleva consigo con los conductores.

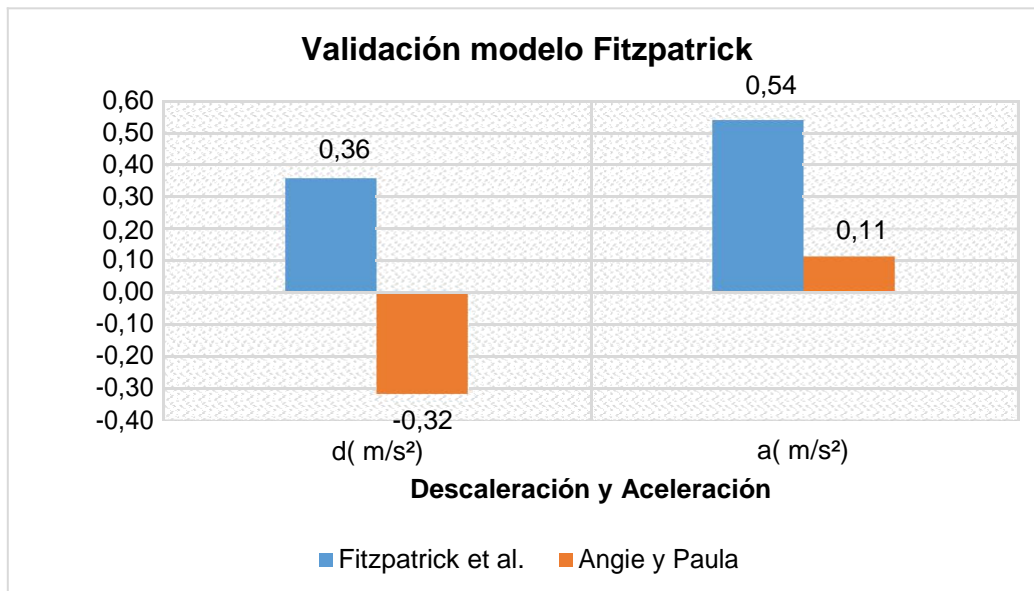


Figura 20 Validación Aceleracion y Desaceleracion Fitzpatrick

4.4.1.1 Evaluación de consistencia

El análisis de consistencia se aborda comúnmente aplicando el criterio Fitzpatrick

- Evaluando los patrones de comportamiento, los resultados arrojados se pueden observar que solo un 5% de la vía es peligroso ya que son mayores a 1.25. El 1% es crítico por que oscila entre el rango de 0.89- 1.25. El 4% es bueno ya que oscila entre el rango de 0.54-0.89 (m/s²).
- La vía presenta una excelente consistencia, ya que el 95% es menor de 0.54 (m/s²).

Porcentaje Vía	# abscisas	Aceleración(m/s ²)	Clasificación del Diseño
0%	1	>1,25	Peligroso
1%	22	$0.89 < a \leq 1.25$	Crítico
4%	77	$0.54 \leq a \leq 0,89$	Bueno
95%	1907	<0,54	

Tabla 11 Consistencia Fitzpatrick

4.4.2 LAMM

El método de Lamm plantea que la aceleración y desaceleración ocurre en el interior de la curva y que tiene un valor igual o constante a 0.85m/s^2 .

Los resultados del proyecto muestran que los coeficientes de aceleración y desaceleración obtenidos no son constantes a lo largo de las rectas y las curvas como lo establece el método de Lamm, además que la desaceleración está fuertemente relacionada con la longitud de las entretangencias de entrada y salida a las curvas e igualmente con su radio.

Los coeficientes de desaceleración del proyecto en estudio varían entre $-0,21$ y $-0,60\text{ m/s}^2$ y los coeficientes de aceleración están varían entre $0,05$ y $0,18\text{ m/s}^2$. Por lo tanto no es conveniente utilizar el modelo de Lamm para aceleraciones y desaceleraciones porque no se asemeja al coeficiente propuesto que es -0.85m/s^2 y 0.85m/s^2 respectivamente.

4.4.3 YASMANY GARCÍA

4.4.3.1 CONDICIONES DE ALINEAMIENTO

- Desaceleración antes de la curva.

Datos Geométricos		Modelo Calibrado Yasmany		Angie y Paula
Sección Radio	R promedio	Rango de Validez	d85	Desaceleración representativa antes de la curva
Entretangencia 0 - 20m				
20-50	30,83	39<R<883	-1,18	-0,21
50-100	59,50	39<R<883	-0,66	-0,35
100-300	244,00	39<R<883	-0,24	-0,21
Entretangencia 20 - 50m				
20-50	34,60	39<R<883	-1,06	-0,14
50-100	64,23	39<R<883	-0,62	-0,43
100-300	156,34	39<R<883	-0,32	-0,29
Entretangencia 50 - 200m				
20-50	34,07	39<R<883	-1,07	-0,28
50-100	85,37	39<R<883	-0,49	-0,58
100-300	171,51	39<R<883	-0,30	-0,38

Tabla 12 Comparación Desaceleración antes de ingresar a la curva

El modelo de García es bastante útil para predecir el coeficiente de desaceleración que tienen los conductores antes de ingresar a la curva. Se anulan los radios entre 20 y 50 metros porque el radio mínimo a considerar en el modelo de Yasmany es 39 metros. A medida que aumenta el radio en nuestra investigación, coincide más con los coeficientes de desaceleración predichos por Yasmany.

En la figura 21 se puede observar que el modelo de Yasmany García para predecir la desaceleración coincide en un 88,09%, lo cual indica un excelente modelo para predecir la desaceleración.

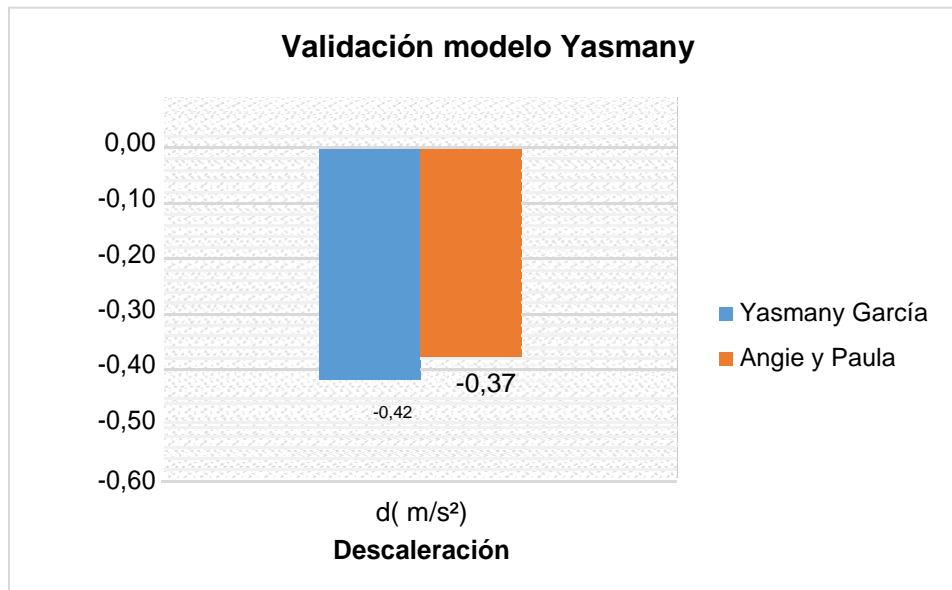


Figura 21 Validación Desaceleración Yasmany

- **Fin de la desaceleración y comienzo de la aceleración de la curva.**

Teniendo en cuenta la condicionalidad que diseñó García para calcular la abscisa a la cual el conductor termina de desacelerar para empezar a hacer la maniobra de aceleración, no se puede hacer un análisis con los resultados obtenidos. García afirma que esta abscisa está ubicada en la mitad de la curva siempre y cuando la curva sea menor a 300 metros. Por lo tanto, según su hipótesis, todos los conductores de esta investigación lo hacen en la mitad de la curva. Se muestra un margen de error grande ya que en los perfiles de velocidad desarrollados en esta investigación lo contradice.

- **Aceleración antes de la curva existente**

Datos Geométricos		Modelo Calibrado Yasmany		Angie y Paula
Seccion	R	Rango de	a85	Aceleración representativa
Radio	promedio	Validez		antes de la curva
Entretangencia 0 - 20m				
20-50	30,83	25<R<1000 m	6,04	0,25
50-100	59,50	25<R<1000 m	4,38	0,07
100-300	244,00	25<R<1000 m	2,22	0,33
Entretangencia 20 - 50m				
20-50	34,60	25<R<1000 m	5,70	0,18
50-100	64,23	25<R<1000 m	4,22	0,20
100-300	156,34	25<R<1000 m	2,75	0,22
Entretangencia 50 - 200m				
20-50	34,07	25<R<1000 m	5,75	0,37
50-100	85,37	25<R<1000 m	3,68	0,28
100-300	171,51	25<R<1000 m	2,63	0,26

Tabla 13 Aceleración antes de la curva existente

Esta condición de alineamiento se descarta completamente ya que no coincide con los coeficientes de aceleración obtenidos en esta investigación. El rango de radio es demasiado grande para poder hacer un análisis en el cual el conductor acelera antes de la curva.

En la figura 22 se puede observar que la predicción de aceleración del modelo de Yasmany García no resulta eficaz para comparar la aceleración de los 35 conductores.

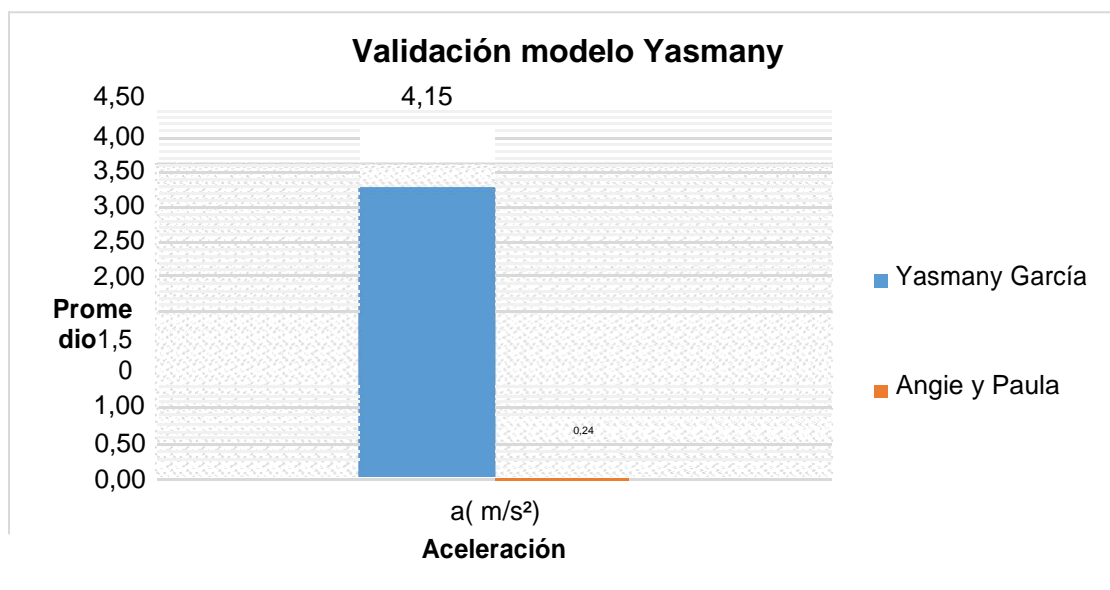


Figura 22 Validación Aceleración Yasmany

- Longitud de desaceleración al aproximarse a la curva.

Datos Geométricos		Modelo Calibrado Yasmany		Angie y Paula
Seccion Radio	Lre promedio	Rango de Validez	Lid	Porcentaje de Longitud de Desaceleración
Entretangencia 0 - 20m				
20-50	30,83	$Lre \leq 100 \text{ m}$	70	El 71.42% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 28.57% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$
50-100	59,50	$Lre \leq 100 \text{ m}$	70	El 75% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 25% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$
100-300	244,00	$Lre \leq 100 \text{ m}$	70	El 60% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 40% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$
Entretangencia 20 - 50m				
20-50	32,28	$Lre \leq 100 \text{ m}$	70	El 40% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$, 53% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$ y 6.66% $Lid > 25\text{m}$
50-100	36,71	$Lre \leq 100 \text{ m}$	70	El 46.15% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$, 38.46% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$ y 7.69% $Lid > 25\text{m}$
100-300	33,23	$Lre \leq 100 \text{ m}$	70	El 58.82% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$, 17.64% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$ y 11.76% $Lid > 25\text{m}$
Entretangencia 50 - 200m				
20-50	74,54	$Lre \leq 100 \text{ m}$	70	El 75% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$, 16.66% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$ y 8.33% $Lid > 25\text{m}$
50-100	109,22	$100 < Lre \leq 200 \text{ m}$	110	El 87.5% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 12.5.66% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$
100-300	109,59	$100 < Lre \leq 200 \text{ m}$	110	El 87.5% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 12.5.66% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$

Tabla 14 Comparación Longitud de desaceleración al aproximarse a la curva

Se puede observar que los conductores al aproximarse a la curva, es decir entre la transición recta-curva, desaceleran en una distancia de 70m en entretangencias menores o iguales a 100m según García. No obstante, los resultados obtenidos en esta investigación se muestran bastante lejanos a excepción de los resultados obtenidos con entretangencias entre 50 y 200 metros. No tiene sentido que la

longitud de desaceleración sea 70m ya que la investigación se basó en tres categorías: 0-20 m, 20-50 m y 50-200 metros, siendo nula para las dos primeras.

Esta condición de alineamiento es útil nuestra investigación solo en el análisis de entretangencias entre 50 y 200 metros. Sin embargo, se presenta un margen de error grande ya que García empieza a categorizar las condiciones con entretangencias mayores 100 metros. Según los datos obtenidos en esta investigación, entre el 75% y 88% de las curvas tienen una longitud de desaceleración entre 5 y 11 metros. El porcentaje restante pertenece a longitudes entre 11 y 25 metros. A pesar de cumplir el condicionamiento mínimo de García, no se puede comparar este modelo con nuestros resultados ya que muestra un abismo en el porcentaje de coincidencia en la longitud de desaceleración. Longitud de aceleración después de la curva existente.

Datos Geométricos		Modelo Calibrado Yasmany		Angie y Paula
Seccion Radio	Lre promedio	Rango de Validez	Lfa	Porcentaje de Longitud de Aceleración
Entretangencia 0 - 20m				
20-50	14,12	$Lre \leq 100 \text{ m}$	30	El 87.71% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 14.28% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$
50-100	19,33	$Lre \leq 100 \text{ m}$	30	El 75% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 25% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$
100-300	15,29	$Lre \leq 100 \text{ m}$	30	El 80% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 20% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$
Entretangencia 20 - 50m				
20-50	32,28	$Lre \leq 100 \text{ m}$	30	El 86.66% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 13.34% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$
50-100	36,71	$Lre \leq 100 \text{ m}$	30	El 69.23% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$, 15.35% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$ y 15.38% $Lid > 25\text{m}$
100-300	33,23	$Lre \leq 100 \text{ m}$	30	El 43.75% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$, 25% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$ y 31.25% $Lid > 25\text{m}$
Entretangencia 50 - 200m				
20-50	74,54	$Lre \leq 100 \text{ m}$	30	El 58.33% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$, 16.66% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$ y 25% $Lid > 25\text{m}$
50-100	109,22	$100 < Lre \leq 200 \text{ m}$	90	El 62.5% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$, 18.75% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$ y 18.75% $> 25\text{m}$
100-300	104,39	$100 < Lre \leq 200 \text{ m}$	90	El 44.44% $5 \leq Lid \leq 10\text{m}$ y 55.55% $11 \leq Lid \leq 25\text{m}$

Tabla 15 Longitud de aceleración después de la curva existente.

Los resultados de esta investigación muestran que entre el 44% y el 88% de las curvas, la longitud de aceleración está entre 5 y 15 metros. Si lo comparamos con los de Yasmany (30 metros), se puede observar que coincide en un 50%.

5 CONCLUSIONES

- Las variables más influyentes en el análisis de consistencia vial son el radio de curvatura y la entretangencia a la cual el vehículo entra y sale a la curva. Se utiliza la entretangencia de entrada para el análisis de desaceleraciones y la entretangencia de salida de la curva para el análisis de aceleraciones.
- Los conductores no circulan a velocidad constante a lo largo de la curva, pero presentan el mismo comportamiento de desaceleración antes de ingresar a la curva y a acelerar al salir de la curva en condiciones normales.
- La aceleración comienza en el segmento que se aproxima a la curva y termina en un punto interno de la curva horizontal. Por lo tanto, si el radio de la curva es alto, la desaceleración tiende a disminuir dentro de la curva.
- En algunas curvas con radios mayores a 190 metros debido a que presentan una mejor visibilidad la maniobra de desaceleración en la mayoría de los casos no se realiza.
- El radio de la curva horizontal es inversamente proporcional a la distancia de desaceleración. El conductor tiende a acelerar en la curva cuando tiene un radio bastante grande que se lo permite.
- Se encontró que la mayoría de los modelos propuestos de aceleración y desaceleración (Alemania – Nueva Zelandia – Argentina – Estados Unidos) se basan en alineamientos geométricos con radios de curvatura y entretangencias muy grandes.
- El modelo con mayor porcentaje de coincidencia fue el de Yasmany García para coeficientes de desaceleración y el de Fitzpatrick para coeficientes de aceleración.
- Los coeficientes de desaceleración de la investigación oscilan entre -0,21 y - 0,60 m/s² y los coeficientes de aceleración están entre 0,05 y 0,18 m/s².
- El método propuesto por Lamm no es conveniente utilizarlo ya que él considera coeficientes constantes de aceleración y desaceleración. Los resultados del trabajo de grado muestran diferentes rangos de coeficientes.

6 RECOMENDACIONES

- Seleccionar un tramo experimental más grande. En el transcurso de la investigación se eliminaron datos porque no permitían ser modelados con ecuaciones de predicción seleccionadas en el mundo.
- Buscar más modelos de aceleración y desaceleración que puedan acomodarse a las condiciones geométricas colombianas. La mayoría de modelos en el mundo utilizan rangos muy grandes en las variables influyentes estudiadas. De esta manera, se eliminará el margen de error.
- En una próxima investigación no analizar solo vehículos livianos, incluir vehículos pesados, buses y otras categorías. De esta manera, se pueden analizar otras variables influyentes en la consistencia como la pendiente longitudinal y peso del vehículo,
- Para analizar patrones de comportamiento se recomienda analizar varios tramos experimentales en diferentes sectores del país. A medida que se aumente la base de datos, se elimina el margen de error.
- Crear un modelo de aceleración y desaceleración para un tramo experimental en Colombia.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. Administración Federal de Autopistas. (2000). *Evaluation of Design Consistency Methods for Two-Lane Rural Highways, Executive Summary*. McLean: U.S. Department of Transportation.
2. Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2017). Obtenido de Agencia Nacional de Seguridad Vial: <http://ansv.gov.co/accidentes-transito-ano-curso/>
3. Australasian Traffic Surveys. (1990). *Acceleration/Deceleration Profiles at Urban Intersections*. Victoria: Report to Transit New Zeland.
4. Bennet, C. (1994). *MODELLING DRIVER ACCELERATION AND DECELERATION BEHAVIOUR IN NEW ZEALAND*. Vancouver: N.D. Lea International (Ltd.).
5. C.J., M., J.M., M., & R.R., B. (1981). *Highway Geometric Design Consistency Related to Driver Expectancy*. Washington D.C: Federal Highway Administration.
6. Camara de Comercio de Bucaramanga. (2016). *PROYECTO ZONA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA -ZMB*. Bucaramanga.
7. Collins, K., & Krammes, R. (1996). *Preliminary Validation of a Speed-Profile Model for Design Consistency Evaluation*. R. A: Transportation Research Board.
8. COTE FLÓREZ, M. K. (2016). *Análisis de velocidad entre la intersección la cemento y el peaje Rionegro*. BUCARAMANGA: Universidad Pontificia Bolivariana.
9. Dell'Acqua, G., & Russo, F. (2010). SPEED FACTORS ON LOW-VOLUME ROADS FOR HORIZONTAL CURVES AND TANGENTS . En *THE BALTIC JOURNAL OF ROAD AND BRIDGE ENGINEERING*. Naples: Dept of Transportation Engineering, University of Naples.
10. Echaveguen, T., & Sáenz, J. (2001). *Estudio de relaciones de velocidad - geometría horizontal en vías de la VII Región*. Chile: Actas X Congreso del Chileno de Ingeniería de Transporte.
11. Echaveguren, T., & Basualto, J. (2003). *Assessment of acceleration in the consistency on single horizontal curves*. Santiago: XI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte.
12. Echaveguren, T., Arellano, D., & Vargas, T. (2012). *Estudio empírico de velocidad de operación de vehículos pesados en pendientes ascendentes*.

XVII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y logística.

13. El Tiempo. (2017). 2017 quebró década en aumento de muertes por accidentes de tránsito. *EL Tiempo*, 1.
14. Federal Highway Administration. (1995). *Horizontal Alignment Design Consistency*. McLean: U.S. Department of Transportation.
15. Figueroa, A., & Tarko, A. (2005). Free-flow Speed Changes in the Vicinity of Horizontal Curves. 3rd International Symposium on Highway Geometric Design.
16. García, Y., Altamina, A., Echaveguren, T., & Marcet, J. (Julio de 2017). Modelos de Aceleración y Desaceleración en Curvas Horizontales en Carreteras Rurales de dos Carriles en San Juan, Argentina. *Revista Politécnica*, 39(2), 9. Obtenido de <http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen39/tomo2/866.pdf>
17. Gonzáles, N. R. (2015). *Informe Gestión Primer Semestre Grupo Control Vial*. Bucaramanga: DIRECCIÓN DE TRANSITO.
18. GRISALES, J. C. (2013). *Diseño Geométrico de carreteras*. Bogotá: ECOE Ediciones.
19. Hu, W., & Donnell, E. (2010). Models of acceleration and deceleration rates on a complex two-lane rural highway: Results from a nighttime driving experiment. En *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*.
20. INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Obtenido de INVIAS: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/985-manual-de-diseno-geometrico>
21. Lamm R., C., E. Hayward, J., & Paluri, A. (1988). Echaveguren, T. y Sáez, J. (2001) Estudio de relaciones velocidad – geometría horizontal en vías de la VIII Región. Actas X Congreso del Chileno de Ingeniería de Transporte. En *Transportation Research Record* (págs. 111-122).
22. Lamm, R., Hayward, J., & Choueir, E. (1988). Tangent as an Independent Design Element. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*.
23. MAYOR, C. Y. (1998). *Ingeniería de tránsito, Fundamentos y Aplicaciones*, Alfaomega.

24. McLean, J. (1991). Adapting the HDM-III Vehicle speed prediction models for Australian rural highways. En *Working Document TE 91/014*. Australian Road Research Board.
25. N.J, R., D.L, W., V.G, S., D.A, A., & J.H, D. (1980). *Safety Design and Operational Practices for Streets and Highways*. Washington: Federal Highway Administration.
26. Ordóñez, J. F. (2011). *METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL TRAZADO DE CARRETERAS INTERU*. Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID .
27. Organización Mundial de la Salud. (2008). *WORLD HEALTH STATISTICS REPORT*.
28. Pico, R. (2017). *DEFINICION DEL MODELO DE CONSISTENCIA DE VELOCIDAD PARA UNA CARRETERA RURAL EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER A PARTIR DE UN TRAMO EXPERIMENTAL* . Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
29. Polus, A., & Mattar-Habib, C. (2004). New consistency model for rural highways and it's relationship for safety. En *Journal of Transportation Engineering* (págs. 286-293).
30. R, A., & Biggs, D. (1987). Acceleration Profile Models for Vehicles in Road Traffic. *Transportation Science*, págs. 36-54.
31. Transportes Cambia LTDA. (2015). Obtenido de Transcambia:
<http://transcambia.blogspot.com.co/2014/11/accidentes-de-transito-en-colombia.html>

8 ANEXOS

ANEXO A. Curvas Verticales

Curvas Verticales					
#	Pend	Empieza	PVI	Termina	Pend
Curva	Entrada				Salida
1	0,00	7500	7500	7500	-4,97
2	-4,97	7526,38	7556,38	7586,38	-6,83
	-6,83		7586,38		0,00
3	-6,83	7746,18	7761,18	7776,18	-7,30
	-7,30		7776,18		0,00
4	-7,30	7969,22	7989,22	8009,22	-8,48
	-8,48		8009,22		0,00
5	-8,48	8056,65	8076,65	8096,65	-7,07
	-7,07		8096,65		0,00
6	-7,07	8099,52	8109,52	8119,52	-6,56
	-6,56		8119,52		0,00
7	-6,56	8120	8130	8140	-4,95
	-4,95		8140		0,00
8	-4,95	8140,52	8150,52	8160,52	-8,32
9	-8,32	8160,52	8170,52	8180,52	-10,26
	-10,26		8180,52		0,00
10	-10,26	8187,58	8197,58	8207,58	-7,18
11	-7,18	8207,58	8217,58	8227,58	-5,95
	-5,95		8227,58		0,00
12	-5,95	8233,15	8248,15	8263,15	-7,95
	-7,95		8263,15		0,00
13	-7,95	8271,78	8291,78	8311,78	-6,55
14	-6,55	8311,78	8321,78	8331,78	-5,71
	-5,71		8331,78		0,00
15	-5,71	8364,58	8379,58	8394,58	-9,03
	-9,03		8394,58		0,00
16	-9,03	8449,87	8479,87	8509,87	-7,25
	-7,25		8509,87		0,00
17	-7,25	8553,35	8568,35	8583,35	-8,86
	-8,86		8583,35		0,00
18	-8,86	8647,87	8667,87	8687,87	-6,68
	-6,68		8687,87		0,00
19	-6,68	8720,23	8740,23	8760,23	-10,12
	-10,12		8760,23		0,00

20	-10,12	8793,41	8808,41	8823,41	-8,87
	-8,87		8823,41		0,00
21	-8,87	8844,06	8859,06	8874,06	-9,46
	-9,46		8874,06		0,00
22	-9,46	8877,5	8892,5	8907,5	-7,06
	-7,06		8907,5		0,00
23	-7,06	8967,38	8982,38	8997,38	-7,66
	-7,66		8997,38		0,00
24	-7,66	9086,1	9101,1	9116,1	-6,47
	-6,47		9116,1		0,00
25	-6,47	9170	9190	9210	-8,25
	-8,25		9210		0,00
26	-8,25	9255	9275	9295	-7,10
	-7,10		9295		0,00
27	-7,10	9423	9443	9463	-9,10
	-9,10		9463		0,00
28	-9,10	9500	9520	9540	-2,80
	-2,80		9540		0,00
29	-2,80	9567	9587	9607	-11,10
	-11,10		9607		0,00
30	-11,10	9640	9660	9680	-9,05
31	-9,05	9680	9705	9730	-12,56
	-12,56		9730		0,00
32	-12,56	9740,45	9755,45	9770,45	-8,25
	-8,25		9770,45		0,00
33	-8,25	9780,09	9795,09	9810,09	-7,80
	-7,80		9810,09		0,00
34	-7,80	9829,12	9844,12	9859,12	-8,71
	-8,71		9859,12		0,00
35	-8,71	9934,24	9959,24	9984,24	-6,10
	-6,10		9984,24		0,00
36	-6,10	9997,04	10012,04	10027,04	-9,34
	-9,34		10027,04		0,00
37	-9,34	10047,88	10057,88	10067,88	-7,90
	-7,90		10067,88		0,00
38	-7,90	10103,9	10113,9	10123,9	-8,39
	-8,39		10123,9		0,00
39	-8,39	10150,36	10165,36	10180,36	-6,72
	-6,72		10180,36		0,00
40	-6,72	10234,63	10254,63	10274,63	-8,85
	-8,85		10274,63		0,00
41	-8,85	10315,26	10335,26	10355,26	-5,20
	-5,20		10355,26		0,00

42	-5,20 -10,43	10369,01	10384,01 10399,01	10399,01	-10,43 0,00
43	-10,43 -11,42	10412,98	10422,98 10432,98	10432,98	-11,42 0,00
44	-11,42 -8,94	10442,92	10462,92 10482,92	10482,92	-8,94 0,00
45	-8,94 -8,29	10484,08	10499,08 10514,08	10514,08	-8,29 0,00
46	-8,29 -9,26	10536,03	10556,03 10576,03	10576,03	-9,26 0,00
47	-9,26 -7,48	10706,34	10731,34 10756,34	10756,34	-7,48 0,00
48	-7,48 -8,43	10793,26	10813,26 10833,26	10833,26	-8,43 0,00
49	-8,43 -9,18	10862,16	10877,16 10892,16	10892,16	-9,18 0,00
50	-9,18 -8,51	10968,14	10988,14 11008,14	11008,14	-8,51 0,00
51	-8,51 -4,79	11036,3	11071,3 11106,3	11106,3	-4,79 0,00
52	-4,79 -3,44	11110	11130 11150	11150	-3,44 0,00
53	-3,44 5,19	11160	11185 11210	11210	5,19 0,00
54	5,19 2,49	11350	11370 11390	11390	2,49 0,00
55	2,49 5,77	11475	11520 11565	11565	5,77 0,00
56	5,77 6,73	11725	11745 11765	11765	6,73 0,00
57	6,73 5,58	11870	11890 11910	11910	5,58 0,00
58	5,58 1,53	12040	12120 12200	12200	1,53 0,00
59	1,53 -4,59	12355	12465 12575	12575	-4,59 0,00
60	-4,59 -3,74	12660	12680 12800	12700	-3,74

ANEXO B. Curvas Circulares Horizontales

Curvas Circulares Horizontales		
# Curva	Entrada	Salida
51	7549,36	7620,50
52	7744,99	7767,76
53	7838,64	7858,43
54	7945,23	7981,17
55	8046,72	8076,25
56	8149,62	8169,06
57	8246,29	8289,65
58	8378,65	8399,75
59	8444,29	8459,38
60	8516,79	8516,79
61	8562,85	8613,27
62	8678,15	8693,73
63	8745,30	8780,80
64	8852,72	8887,43
65	8939,40	8972,66
66	9171,41	9205,12
67	9248,96	9304,06
68	9330,42	9330,42
69	9394,53	9428,97
70	9547,90	9590,98
71	9625,00	9625,00
72	9650,00	9650,00
73	9690,36	9724,35
74	9811,71	9831,68
75	9861,82	9861,82
76	9894,84	9894,84
77	9929,66	9958,28
78	10003,27	10023,83
79	10091,84	10113,67
80	10183,96	10183,96

81	10236,00	10236,00
82	10287,31	10319,43
83	10385,14	10425,94
84	10450,86	10450,86
85	10510,92	10510,92
86	10548,83	10548,83
87	10588,26	10633,29
88	10777,88	10777,88
89	10933,26	11073,85
90	11240,30	11251,14
91	11343,81	11343,81
92	11500,75	11531,80
93	11666,02	11734,53
94	11905,50	11905,50
95	11967,70	11984,88
96	12055,89	12055,89
97	12143,40	12168,63
98	12310,65	12323,72
99	12523,83	12534,50
100	12703,276	12733,243

ANEXO C Entretangencias curvas horizontales.

		Ta	C/2	Entretangencia(Ta+C/2)			
				BGA-RIO		RIO-BGA	
				Entretangencia(Ta+C/2)	Abs. Entretangencia	Entretangencia(Ta+C/2)	Abs. Entretangencia
51	Entrada	13,364	18,000	31,364	7531,364	94,485	7531,36
							0,00
	Salida	64,485	18,000	94,485	7638,503	31,364	7638,50
							0,00
52	Entrada	64,485	12,000	94,485	7732,988	46,88	7732,99
							0,00
	Salida	22,880	12,000	46,880	7779,759	94,485	7779,76
							0,00
53	Entrada	22,880	12,000	46,880	7826,639	62,797	7826,64
							0,00
	Salida	38,797	12,000	62,797	7870,435	46,88	7870,43
							0,00
54	Entrada	38,797	12,000	62,797	7933,232	35,547	7933,23
							0,00
	Salida	5,547	12,000	35,547	7993,175	62,797	7993,17
							0,00
55	Entrada	5,547	18,000	35,547	8028,722	43,363	8028,72
							0,00
	Salida	13,363	18,000	43,363	8094,254	35,547	8094,25
							0,00
56	Entrada	13,363	12,000	43,363	8137,617	54,722	8137,62
							0,00
	Salida	32,222	12,000	54,722	8181,064	43,363	8181,06
							0,00
57	Entrada	32,222	10,500	54,722	8235,786	66,496	8235,79
							0,00
	Salida	43,996	10,500	66,496	8300,153	54,722	8300,15
							0,00
58	Entrada	43,996	12,000	66,496	8366,649	22,268	8366,65
							0,00
	Salida	0,000	12,000	22,268	8411,749	66,496	8411,75
59	Entrada	0,000	10,268	22,268	8434,017	36,588	8434,02
							0,00
	Salida	15,768	10,000	36,588	8469,384	22,268	8469,38
							0,00
60	Entrada	15,768	10,820	36,588	8505,971	25,238	8505,97
	Salida	4,417	10,821	25,238	8527,612	36,588	8527,61
							0,00
61	Entrada	4,417	10,000	25,238	8552,851	44,879	8552,85
							0,00
	Salida	24,879	10,000	44,879	8623,271	25,238	8623,27

62	Entrada	24,879	10,000	44,879	8668,150	31,589	8668,15
							0,00
	Salida	11,569	10,000	31,569	8703,726	44,879	8703,73
							0,00
63	Entrada	11,569	10,000	31,569	8735,296	39,42	8735,30
							0,00
	Salida	6,920	22,500	39,420	8803,302	31,569	8803,30
							0,00
64	Entrada	6,920	10,000	39,420	8842,722	31,973	8842,72
							0,00
	Salida	11,973	10,000	31,973	8897,427	39,42	8897,43
							0,00
65	Entrada	11,973	10,000	31,973	8929,400	168,749	8929,40
							0,00
	Salida	138,749	20,000	168,749	8992,658	31,973	8992,66
							0,00
66	Entrada	138,749	10,000	168,749	9161,407	23,839	9161,41
							0,00
	Salida	3,839	10,000	23,839	9215,124	168,749	9215,12
							0,00
67	Entrada	3,839	10,000	23,839	9238,963	13,181	9238,96
							0,00
	Salida	0,000	10,000	13,181	9314,059	23,839	9314,06
68	Entrada	0,000	3,181	13,181	9327,240	50,93	9327,24
	Salida	37,747	3,183	50,930	9333,605	13,181	9333,60
							0,00
69	Entrada	37,747	10,000	50,930	9384,535	99,433	9384,53
							0,00
	Salida	79,933	10,000	99,433	9438,967	50,93	9438,97
							0,00
70	Entrada	79,933	9,500	99,433	9538,400	17,01	9538,40
							0,00
	Salida	0,000	9,500	17,010	9600,480	99,433	9600,48
71	Entrada	0,000	7,510	17,010	9617,490	12,5	9617,49
	Salida	0,000	7,500	12,500	9632,500	17,01	9632,50
72	Entrada	0,000	5,000	12,500	9645,000	20,178	9645,00
	Salida	0,000	5,178	20,178	9655,179	12,5	9655,18
73	Entrada	0,000	15,000	20,178	9675,357	62,359	9675,36
	Salida	37,359	15,000	62,359	9739,351	20,178	9739,35
							0,00
74	Entrada	37,359	10,000	62,359	9801,710	15,068	9801,71
							0,00
	Salida	0,000	10,000	15,068	9841,682	62,359	9841,68
75	Entrada	0,000	5,068	15,068	9856,750	20,546	9856,75
	Salida	8,068	5,074	20,546	9866,892	15,068	9866,89
							0,00
76	Entrada	8,068	7,404	20,546	9887,438	17,408	9887,44
	Salida	0,000	7,404	17,408	9902,247	20,546	9902,25
77	Entrada	0,000	10,004	17,408	9919,654	24,992	9919,65
							0,00
	Salida	4,992	10,000	24,992	9968,283	17,408	9968,28
							0,00
78	Entrada	4,992	10,000	24,992	9993,274	43,005	9993,27
							0,00
	Salida	18,005	10,000	43,005	10033,830	24,992	10033,83
							0,00
79	Entrada	18,005	15,000	43,005	10076,835	40,293	10076,84
							0,00
	Salida	10,294	15,000	40,293	10128,671	43,005	10128,67
							0,00
80	Entrada	10,294	14,999	40,293	10168,964	26,018	10168,96
	Salida	0,000	15,000	26,018	10198,964	40,293	10198,96
81	Entrada	0,000	11,018	26,018	10224,981	26,299	10224,98
	Salida	1,282	11,017	26,299	10247,016	26,018	10247,02

82	Entrada	1,282	14,000	26,299	10273,314	40,71	10273,31
	Salida	15,710	10,000	40,710	10329,431	26,299	10329,43
							0,00
83	Entrada	15,710	15,000	40,710	10370,141	12,461	10370,14
	Salida	0,000	9,000	12,461	10434,937	40,71	10434,94
84	Entrada	0,000	3,461	12,461	10447,398	47,16	10447,40
	Salida	34,261	3,466	47,160	10454,324	12,461	10454,32
							0,00
85	Entrada	34,261	9,433	47,160	10501,484	18,954	10501,48
	Salida	0,000	9,434	18,954	10520,351	47,16	10520,35
86	Entrada	0,000	9,521	18,954	10539,305	19,716	10539,31
	Salida	0,000	9,520	19,716	10558,345	18,954	10558,35
87	Entrada	0,000	10,196	19,716	10578,061	105,458	10578,06
	Salida	66,503	17,500	105,548	10650,791	19,719	10650,79
							0,00
88	Entrada	66,503	21,545	105,548	10756,338	113,33	10756,34
	Salida	71,288	21,545	113,333	10799,428	105,548	10799,43
							0,00
89	Entrada	71,288	20,500	113,333	10912,761	132,447	10912,76
	Salida	98,447	15,000	132,447	11088,853	113,33	11088,85
							0,00
90	Entrada	98,447	19,000	132,447	11221,300	58,662	11221,30
	Salida	24,662	19,000	58,662	11270,143	132,447	11270,14
							0,00
91	Entrada	24,662	15,000	58,662	11328,805	123,941	11328,81
	Salida	90,941	15,001	123,941	11358,806	58,662	11358,81
							0,00
92	Entrada	90,941	18,000	123,941	11482,747	98,216	11482,75
	Salida	62,216	18,000	98,216	11549,799	123,941	11549,80
							0,00
93	Entrada	62,216	18,000	98,216	11648,015	132,967	11648,02
	Salida	94,967	18,000	132,967	11752,531	98,216	11752,53
							0,00
94	Entrada	94,967	20,000	132,967	11885,498	31,983	11885,50
	Salida	1,765	20,218	31,983	11925,716	132,967	11925,72
							0,00
95	Entrada	1,765	10,000	31,983	11957,698	43,013	11957,70
	Salida	15,013	10,000	43,013	11994,881	31,983	11994,88
							0,00
96	Entrada	15,013	18,000	43,013	12037,894	51,853	12037,89
	Salida	16,204	18,149	51,853	12074,043	43,013	12074,04
							0,00
97	Entrada	16,204	17,500	51,853	12125,895	107,02	12125,90
	Salida	72,020	17,500	107,020	12186,132	51,853	12186,13
98	Entrada	72,020	17,500	107,020	12293,152	152,611	12293,15
	Salida	105,111	17,500	152,611	12341,219	107,02	12341,22
99	Entrada	105,111	30,000	152,611	12493,830	108,779	12493,83
	Salida	48,779	30,000	108,779	12564,497	152,611	12564,50
100	Entrada	48,779	30,000	108,779	12673,276	36,757	12673,28
	Salida	6,757	30,000	36,757	12763,243	108,779	12763,24

ANEXO D. Desaceleración Bucaramanga-Rio Negro

	Curva	Radio	Entretangenci a Entrada	Pendiente Entrada
	51	300,00	31,36	-4,97
	52	42,00	94,48	-6,83
	53	120,00	46,88	-7,3
	54	25,00	62,80	-7,3
	55	140,00	35,55	-7,3
	56	30,00	43,36	-4,95
	57	25,00	54,72	-5,95
	58	30,00	66,50	-5,71
	59	70,00	22,27	-9,03
	60	103,00	36,59	-7,25
	61	120,00	25,24	-7,25
	62	120,00	44,88	-6,68
	63	54,00	31,57	-10,12
	64	36,00	39,42	-8,87
	65	60,00	31,97	-7,06
	66	39,00	168,75	-6,47
	67	29,00	23,84	-8,25
	68	37,00	13,18	-7,1
	69	39,00	50,93	-7,10
	70	300,00	99,43	-2,80
	71	250,00	17,01	-11,1
	72	280,00	12,50	-11,1
	73	47,00	20,18	-9,05
	75	38,00	15,07	-8,71
	76	36,00	20,55	-8,71
	77	140,00	17,41	-8,71
	78	43,00	24,99	-6,1
	79	80,00	43,01	-7,90
	80	212,00	40,29	-6,72
	82	56,00	26,30	-8,85
	83	23,00	40,71	-10,43
	84	22,00	12,46	-11,42
	85	55,00	47,16	-8,29
	86	56,00	18,95	-8,29
	87	71,00	19,72	-9,26
	88	148,00	105,55	-7,48
	89	99,00	113,33	-9,18
	90	100,00	132,45	5,19
	91	79,65	58,66	5,19
	92	136,00	123,94	2,49
	93	94,00	98,22	5,77
	94	102,00	132,97	5,58
	95	60,00	31,98	5,58
	96	80,00	43,01	5,58
	97	80,00	51,85	1,53
	98	77,00	107,02	1,53
	99	90,50	152,61	-4,59
	100	102,10	108,78	-3,74

ANEXO E. Desaceleración Rio Negro-Bucaramanga

R I O	51	300,00		94,48	4,97
	52	42,00		46,88	6,83
	53	120,00		62,80	7,3
	54	25,00		35,55	7,3
	55	140,00		43,36	7,3
	56	30,00		54,72	4,95
	57	25,00		66,50	5,95
	58	30,00		22,27	5,71
	59	70,00		36,59	9,03
	60	103,00		25,24	7,25
	61	120,00		44,88	7,25
	62	120,00		31,57	6,68
	63	54,00		39,42	10,12
	64	36,00		31,97	8,87
	65	60,00		168,75	7,06
	66	39,00		23,84	6,47
	67	29,00		13,18	8,25
	68	37,00		50,93	7,1
	69	39,00		99,43	7,1
	70	300,00		17,01	2,8
	71	250,00		12,50	11,1
	72	280,00		20,18	11,1
	73	47,00		62,36	9,05
	74	30,80		15,07	7,8
	75	38,00		20,55	8,71
	77	140,00		24,99	8,71
	78	43,00		43,01	6,1
	79	80,00		40,29	7,9
	80	212,00		26,02	6,72
	81	190,00		26,30	6,72
	82	56,00		40,71	8,85
	83	23,00		12,46	10,43
	84	22,00		47,16	11,42
	85	55,00		18,95	8,29
	86	56,00		19,72	8,29
	87	71,00		105,55	9,26
	88	148,00		113,33	7,48
	89	99,00		132,45	9,18
	90	100,00		58,66	-5,194
	91	79,65		123,94	-5,19
	92	136,00		98,22	-2,49
	93	94,00		132,97	-5,771
	94	102,00		31,98	-5,58
	95	60,00		43,01	-5,579
	96	80,00		51,85	-5,58
	97	80,00		107,02	-1,53
	98	77,00		152,61	-1,528
	99	90,50		108,78	4,59
	100	102,10		36,76	3,738

ANEXO F. Aceleración Bucaramanga-Rio Negro

	Curva	Radio	Entretangencia Salida	Pendiente Salida
	51	300,00	94,48	-6,83
	52	42,00	46,88	-7,3
	53	120,00	62,80	-7,3
	54	25,00	35,55	-7,3
	55	140,00	43,36	-8,48
	56	30,00	54,72	-8,32
	57	25,00	66,50	-7,95
	58	30,00	22,27	-9,03
	59	70,00	36,59	-9,03
	60	103,00	25,24	-7,25
	61	120,00	44,88	-8,86
	62	120,00	31,57	-6,68
	63	54,00	39,42	-10,12
	64	36,00	31,97	-9,46
	65	60,00	168,75	-7,06
	66	39,00	23,84	-8,25
	67	29,00	13,18	-7,10
	68	37,00	50,93	-7,1
	69	39,00	99,43	-7,1
	70	300,00	17,01	-11,1
	71	250,00	12,50	-11,1
	72	280,00	20,18	-11,1
	73	47,00	62,36	-12,56
	75	38,00	20,55	-8,71
	76	36,00	17,41	-8,71
	77	140,00	24,99	-8,71
	78	43,00	43,01	-9,34
	79	80,00	40,29	-7,9
	80	212,00	26,02	-6,72
	82	56,00	40,71	-8,85
	83	23,00	12,46	-11,42
	84	22,00	47,16	-11,42
	85	55,00	18,95	-8,29
	86	56,00	19,72	-8,29
	87	71,00	105,55	-9,26
	88	148,00	113,33	-7,48
	89	99,00	132,45	-4,79
	90	100,00	58,66	5,19
	91	79,65	123,94	5,19
	92	136,00	98,22	5,77
	93	94,00	132,97	5,77
	94	102,00	31,98	5,58
	95	60,00	43,01	5,58
	96	80,00	51,85	5,58
	97	80,00	107,02	1,53
	98	77,00	152,61	1,53
	99	90,50	108,78	-4,59
	100	102,10	36,76	-3,74

ANEXO G. Aceleración Rio Negro-Bucaramanga

R I O	51	300,00		31,36	6,83
	52	42,00	🟡	94,48	7,3
	53	120,00	🟢	46,88	7,3
	54	25,00	🟡	62,80	7,3
	55	140,00	🟢	35,55	8,48
	56	30,00	🟡	43,36	8,32
	57	25,00	🟡	54,72	7,95
	58	30,00	🟢	66,50	9,03
	59	70,00	🟢	22,27	9,03
	60	103,00	🟡	36,59	7,25
	61	120,00	🟡	25,24	8,86
	62	120,00	🟡	44,88	6,68
	63	54,00	🟡	31,57	10,12
	64	36,00	🟡	39,42	9,46
	65	60,00	🟡	31,97	7,06
	66	39,00	🟡	168,75	8,25
	67	29,00	🟢	23,84	7,1
	68	37,00	🟡	13,18	7,1
	69	39,00	🔴	50,93	7,1
	70	300,00		99,43	11,1
	71	250,00	🟢	17,01	11,1
	72	280,00	🔴	12,50	11,1
	73	47,00	🔴	20,18	12,56
	74	30,80	🟡	62,36	7,8
	75	38,00	🟢	15,07	8,71
			🔴		
	77	140,00	🟡	17,41	8,71
	78	43,00	🔴	24,99	9,34
	79	80,00	🟡	43,01	7,9
	80	212,00	🟡	40,29	6,72
	81	190,00	🟡	26,02	6,72
	82	56,00	🟡	26,30	8,85
	83	23,00	🟡	40,71	11,42
	84	22,00	🔴	12,46	11,42
	85	55,00	🟡	47,16	8,29
	86	56,00	🔴	18,95	8,29
	87	71,00	🔴	19,72	9,26
	88	148,00	🟢	105,55	7,48
	89	99,00	🟢	113,33	4,79
	90	100,00	🟢	132,45	-5,194
	91	79,65	🟢	58,66	-5,19
	92	136,00	🟢	123,94	-5,77
	93	94,00	🟢	98,22	-5,77
	94	102,00	🟢	132,97	-5,58
	95	60,00	🟡	31,98	-5,579
	96	80,00	🟡	43,01	-5,58
	97	80,00	🟢	51,85	-1,53
	98	77,00	🟢	107,02	-1,528
	99	90,50	🟢	152,61	4,59
	100	102,10	🟢	108,78	3,738

ANEXO H. Intervalos Aceleración Entretangencia 0 – 20

Entratangencias 0 - 20							
Radios	Direccion	Curva	bc empieza aceler	Aceleracion			
		67	9310	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
		74	9840	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,33479998	0,408847	0,313971	0,271368
		76	9900	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,0095824	0,015519		
		83	10430	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,01097443			0,014894
		68	9330	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,2585938	0,302688	0,410574	0,379661
		75	9860	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
		84	10450	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
		85	10520	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,1662548	0,102376		
		86	10555	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
					0,018133		
		86	10540	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,0214805		0,041615	
		87	10580	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,1814785	0,191459	0,024926	0,030928
		70	9600	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,2558353	0,342358	0,337326	0,40794
		71	9630	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,4388729	0,454879	0,457086	
		71	9620	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
		72	9650	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20
				0,0822437	0,023719		

Entratangencias 20 - 50		Curvas	a Entrada	Desaceleraciones antes de la curva									
Radios	Direccion												
		52	7780	PT+5 0,334674421	PT+10 0,289655934	PT+15 0,092181512	PT+20 0,043890572	PT+25 0,04620706	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		54	7990	PT+5	PT+10	PT+15 0,281409723	PT+20 0,551272532	PT+25 0,64989595	PT+30 0,83020381	PT+35 1,02501123	PT+40 0,9750409	PT+45	PT+50
		58	8410	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		64	8895	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		66	9210	PT+5 0,090427912	PT+10 0,098875431	PT+15 0,048811835	PT+20	PT+25	PT+30 0,050495	PT+35 0,15407287	PT+40	PT+45	PT+50
		75	9865	PT+5 0,208772993	PT+10 0,066381248	PT+15 0,162372807	PT+20 0,145287179	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		78	10030	PT+5	PT+10	PT+15 0,087598792	PT+20 0,060129331	PT+25 0,0695791	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		84	10455	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
					0,077763256	0,050429066			0,29843161	0,0388245	0,2649175	0,07625363	0,26428241
		56	8140	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		64	8845	PT+5 0,284580902	PT+10 0,360796234	PT+15 0,331027219	PT+20 0,136309994	PT+25 0,10181142	PT+30 0,2716085	PT+35 0,01415131	PT+40 0,21092715	PT+45 0,3464037	PT+50 0,35565157
		67	9240	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		73	9680	PT+5 0,265528231	PT+10 0,061847012	PT+15	PT+20 0,167622037	PT+25 0,1643196	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		76	9890	PT+5 0,145281289	PT+10 0,103777651	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		78	9995	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,156184063	0,256360416	0,121703318	0,398965695	0,43192386	0,01947669				

50-100		59	8465			0,041474187	0,172020729	0,17633127	0,33015608	0,49375095	0,50586381	0,57442766	
		63	8800	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,02609822									
		79	10125	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,000264239	0,248726668	0,229808486	0,489063299	0,676234	0,9232966	1,0053141	0,91027726	0,90449979	
		82	10325	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,191730032	0,036006053	0,058267659	0,119728657	0,27509192	0,31228296	0,34184161	0,40483164	0,43733226	0,46475059
		95	11990	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,09902298	0,230084003	0,313879241	0,356315251	0,35514249	0,46694773	0,46701128	0,36799558	0,45979953	0,43766336
		59	8435	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,128355888	0,073937461	0,225624542	0,105302762	0,24348607					
		63	8740	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,10942485		0,068616107							
		65	8930	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
										0,08411088			
		79	10080	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,604780669	0,344577891	0,407102623	0,363333328	0,24652345	0,31624458	0,11312005	0,00636425		0,03489163
		82	10275	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
					0,010437234		0,00239164	0,00521872	0,00413206				
		83	10375	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		85	10505	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,028030701		0,151617047	0,142418818	0,1063684	0,0152522	0,00175059	0,12697739	0,25454309	
		95	11960	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,427617839	0,33350389	0,391174769	0,26169553	0,28076626	0,17274387	0,15288981			
		96	11960	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50

100-300		55	8090	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
									0,07758643	0,38686834	0,70404782	0,74817426	0,84876423
		60	8525	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,438671376	0,211085885	0,100262982	0,002526256						
		61	8620	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,480163086	0,354713067	0,248443345	0,23259318	0,12376389	0,08134227				
		62	8700	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,662636806	0,76365309	0,753500038	0,652077574	0,73279074	0,71064014	0,67726095	0,65348853		
		72	9655	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,129918808	0,007469426								
		77	9965	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		80	10195	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,141201475	0,217612643	0,126265915			0,06603324				
		81	10245	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,100821537	0,117990602	0,150602688	0,034096617	0,05005856					
		94	11925	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		51	7535	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		53	7830	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,04761544	0,061839444	0,048549402			0,03874813	0,03183075			0,06014563
		55	8030	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		60	8510	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
								0,01548744		0,06741281	0,10303249	0,28108684	
		61	8555	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
				0,209753035	0,079005988	0,192246514	0,212026746	0,0145053					
		62	8670	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
					0,054144908		0,040151327						
		80	10170	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
		81	10225	PT+5	PT+10	PT+15	PT+20	PT+25	PT+30	PT+35	PT+40	PT+45	PT+50
					0,089503055								

[illegible]

ANEXO K. Intervalos Desaceleración Entretangencia 0 – 20

Entratangencias 0 - 20							
Radios	Direccion	Curvas	Abcisa Entrada Curva	Desaceleraciones antes de la curva			
		68	9330	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				-0,46836343	0	-0,14223765	0,02195062
		75	9860	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
		84	10450	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
					-0,1627284	-0,44779012	
		67	9310	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
		74	9840	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				-0,15	-0,31	-0,17	-0,20
		76	9900	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
		83	10430	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				-0,195	-0,15	-0,10	
		86	10540	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				1,15	0,3145463		
		87	10580	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				-0,60	-0,87328704	-0,59578318	-0,87328704
		85	10520	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				0,02	-0,06		
		86	10555	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				0,18	0,13		
		71	9620	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
		72	9645	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
		77	9920	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
					-0,04911343	-0,28209877	-0,13486188
		70	9600	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				-0,22	-0,25	-0,27	-0,31
		71	9630	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20
				-0,19			

Entratangencias 20 - 50												
Radios	Direccion	Curvas	Abcisa Entrada Curva	Desaceleraciones antes de la curva								
		56	8140	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
						-0,02635417			-0,24845448	-0,60030787	-0,61365741	-0,9200162
		64	8845	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
				-0,33391667	-0,03737963			-0,02485802			-0,11767978	
		67	9240	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
					-0,03065741		-0,05078704					
		73	9680	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
		76	9890	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
		78	9995	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
				-0,29375	-0,11858025	-0,10127855	-1,01239506	-0,71988889				
		83	10375	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
										-0,04116281	-0,22477469	-0,15507716
		52	7780	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
				-0,11	-0,05			-0,19	-0,15			
		54	7990	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
				-0,32	-0,30	-0,20	-0,38	-0,42	-0,40	-0,13	-0,43	
		58	8410	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
		64	8895	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
					-0,12	-0,13	-0,15	-0,28	-0,37	-0,29		
		66	9215	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
				-0,10	-0,06	-0,10	-0,02					
		75	9865	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
				-0,14	-0,07							
		84	10455	-0,14	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
												-0,07
		78	10030	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45
				-0,11								

50-100		59	8435	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,53580247	-0,41955633	-0,47696296	-0,42720988	-0,35138889					
		63	8740	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		65	8930	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
					-0,00916975		-0,08241667	-0,05061188	-0,19028935				
		79	10080	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-1,18350694	-0,66876775	-0,31145448	-0,21215046						
		82	10275	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		85	10505	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		95	11960	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,29686343	-0,46903164	-0,47477392	-1,01491358	-0,59013966	-0,89647454	-0,77092593			
		96	12040	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
												-0,11706173	-0,38317901
		59	8465	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
								-0,02	-0,20	-0,09	-0,06		
		63	8800	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		79	10125	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,66	-0,62	-0,38	-0,32	-0,35	-0,34	-0,38	-0,36	-0,35	
		82	10325	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,27	-0,29	-0,28	-0,29	-0,48	-0,32	-0,34	-0,29	-0,53	-0,25
		95	11990	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,18	-0,30	-0,34	-0,49	-0,47	-0,38	-0,27	-0,34	-0,19	-0,09

100-300		51	7535	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		53	7830	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-1,21580633	-0,59211111	-0,73455556	-0,30394444	-0,10175926	-0,04246528	-0,16171991	0,37366049	0,64671682	0,48109568
		55	8030	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		60	8510	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		61	8555	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,72661111	-0,20409877								
		62	8670	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
					-0,00517515	-0,03108333	-0,06753781	-0,03125926	-0,06268519				-0,06242593
		80	10170	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
											-0,0210054	-0,64869213	
		81	10225	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
					-0,00540046	-0,3213588	-0,72134491	-0,72347608					
		55	8090	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		60	8525	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
							-0,10	-0,22	-0,33	-0,30	-0,29	-0,17	-0,15
		61	8620	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,25	-0,13	-0,05	-0,02	-0,06		-0,13		-0,04	-0,07
		62	8700	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,21	-0,20	-0,04	-0,17		-0,03		-0,10		
		72	9655	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		77	9965	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		80	10195	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
				-0,14	-0,10	-0,13		-0,06	-0,18				
		81	10245	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
						-0,01		-0,11	-0,12				
		94	11925	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50
		100		PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50

[illegible]

100-300	70	9540	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
			-0.62863889	-0.81225926	-0.66139815	-0.72433102	-0.8032963	-0.4851875	-0.71870139																			
	88	10760	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
						-0.57519367	-0.59352855	-0.55496528	-0.38416435	-0.15677083	-0.3879537	-0.32842978	-0.12663194					-0.08430247	-0.16951235	-0.03039738	-0.18319444	-0.03066744		-0.04297762				
	92	11485	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
	94	11890	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
			-0.05958102														-0.89149306	-1.38083951	-0.05590818	-0.13609182		-0.49867901			-0.02413857	-1.06750849		
	100		PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
100-300	51	7635	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
													-0,08		-0,05	-0,05	-0,19	-0,18	-0,07	-0,07	-0,15	-0,02						
	53	7870	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
					-0,04	-0,03	-0,11	-0,24	-0,41	-0,27	-0,13	-0,03	-0,11	-0,11														
	88	10795	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
			-0,21	-0,19	-0,27	-0,18	-0,06	-0,14			-0,06	-0,03		-0,08														
	92	11545	PC-5	PC-10	PC-15	PC-20	PC-25	PC-30	PC-35	PC-40	PC-45	PC-50	PC-55	PC-60	PC-65	PC-70	PC-75	PC-80	PC-85	PC-90	PC-95	PC-100	PC-105	PC-110	PC-115	PC-120	PC-125	PC-130
																		-0,06	-0,03	-0,06	-0,18	-0,18	-0,38					

ANEXO N. Desaceleración

Entretangencia 0 – 20 m			
	Dirección	Curva	Descripción
50 m	Kione gro	68	Conductores comienzan a desacelerar desde 5m del comienzo de la curva hasta donde empieza la curva.
		75	Conductores aceleran desde 5m antes de empezar la curva hasta el comienzo de la curva. La curva anterior tiene un radio de 30,80m. No tiene entretangencia. Desacelera a los 5m del comienzo de la curva 10m.
		84	Conductores aceleran desde 5m antes de empezar la curva hasta el comienzo de la curva. La curva anterior tiene un radio de 23m. No tiene entretangencia. Desacelera a los 5m del comienzo de la curva 10m.
	Bucarama nga	67	Conductores comienzan a desacelerar desde 10m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		74	Conductores comienzan a desacelerar desde 10m antes de empezar la curva hasta 5 m después del comienzo de la curva.
		76	Conductores aceleran desde 5m antes de empezar la curva hasta el comienzo de la curva. La curva anterior tiene un radio de 140m. No tiene entretangencia. Desacelera a los 5m del comienzo de la curva 5m.
		83	Conductores comienzan a desacelerar desde 10 m antes de empezar la curva hasta 15 m después de empezar la curva.
Radio 50-100	nga-	86	Conductores comienzan a desacelerar desde 5 m antes de empezar la curva hasta 5 m desde donde empieza la curva.
		87	Conductores aceleran desde 5m antes de empezar la curva hasta el comienzo de la curva. La curva anterior tiene un radio de 56m. No tiene entretangencia. Desacelera donde comienzan la curva 5m.
	RioN egro - Bucarama nga	85	Conductores comienzan a desacelerar desde 5 m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		86	Conductores comienzan a desacelerar desde 5 m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
	ca a nga- Rio	71	Conductores comienzan a desacelerar desde 5m antes de empezar la curva hasta 15 m desde donde empieza la curva.

		72	Conductores comienzan a desacelerar desde 5 m antes de empezar la curva hasta el comienzo de la curva.
		77	Conductores aceleran desde 5m antes de empezar la curva hasta el comienzo de la curva. La curva anterior tiene un radio de 36m. No tiene entretangencia. Desacelera a los 5m del comienzo de la curva 20m.
	Rio Negro-Bucaramanga	70	Conductores aceleran desde 10m antes de empezar la curva hasta el comienzo de la curva. La curva anterior tiene un radio de 250m. No tiene entretangencia. Desacelera a los 15m del comienzo de la curva 15m.
		71	Conductores comienzan a desacelerar desde 5m antes desde donde empieza la curva 10m.

Entretangencia 20 – 50 m			
	Dirección	Curva	Descripción
Radio	Negro - Rio	56	Conductores comienzan a desacelerar desde 10 m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		64	Conductores comienzan a desacelerar desde 5 m antes de empezar la curva hasta 10 m desde donde empieza la curva.
		67	Conductores comienzan a desacelerar desde 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		73	Conductores comienzan a desacelerar desde 15m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		76	Conductores comienzan a desacelerar desde 10m antes de empezar la curva hasta 5 m desde donde empieza la curva.
		78	Conductores comienzan a desacelerar desde 5m antes de empezar la curva hasta 5 m desde donde empieza la curva.
		83	Conductores comienzan a desacelerar desde 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la
		52	Conductores comienzan a desacelerar desde 10m antes de empezar la curva hasta cinco metros desde donde ha empezado la curva.

		54	Conductores comienzan a desacelerar desde donde empieza la curva hasta 10 m desde donde empieza la curva.
		58	Conductores comienzan a desacelerar desde 15m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		64	Conductores aceleran desde 10m antes de empezar la curva a hasta después de 50m del comienzo de la curva que desacelera. La curva anterior tiene un radio de 60m.
		66	Conductores aceleran 5m antes de empezar la curva a pesar de que hay una buena entretangencia. Sin embargo, empieza desacelerar donde empieza la curva hasta 15m desde donde empieza. La curva anterior tiene un radio de 29m.
		75	Conductores desaceleran 10m antes de empezar la curva hasta 5m después de empezar la curva
		78	Conductores comienzan a desacelerar desde 10m antes de empezar la curva hasta 5m después de empezar la curva
		84	Conductores comienzan a desacelerar desde el comienzo de la curva hasta 5m desde donde empieza la curva.
Radio 50- 100	Neg o ro Bucar amang a	59	Conductores comienzan a desacelerar 15m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		63	Conductores comienzan a desacelerar desde 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		65	Conductores comienzan a desacelerar desde 50m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		79	Conductores comienzan a desacelerar desde 10m antes de empezar la curva hasta 15m desde donde empieza la curva.
		82	Conductores vienen acelerando desde 15m antes de empezar la curva. Hay entretangencia pero la curva anterior tiene un 190m. No obstante desacelera desde donde empieza la curva hasta
		85	Conductores comienzan a desacelerar 15m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		95	Conductores comienzan a desacelerar 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		96	Conductores comienzan a desacelerar 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.

	Rio Negro - Bucaramanga	59	Conductores comienzan a desacelerar 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		63	Conductores empiezan a desacelerar 10m antes de empezar la curva hasta 5m desde donde empieza la curva.
		79	Conductores empiezan a desacelerar 5m antes de empezar la curva hasta 10m desde donde empieza la curva.
		82	Conductores aceleran 5m antes de empezar la curva. La curva anterior tiene un 23m. Sin embargo, el empieza a desacelera apenas empieza la curva hasta 5m desde donde empieza la curva.
		95	Conductores aceleran 5m antes de empezar la curva. La curva anterior tiene un radio 80m. Toda la curva la coge acelerando.
Rio Negro - Bucaramanga	Rio Negro - Bucaramanga	51	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		53	Conductores empiezan a desacelerar 15m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		55	Conductores aceleran desde 15m antes de empezar la curva. El radio de la curva anterior 25m. Sin embargo, el empieza a desacelera apenas empieza la curva hasta 5m desde donde empieza la curva.
		60	Conductores aceleran desde 10m antes de empezar la curva. El radio de la curva anterior 70m. Sin embargo, el empieza a desacelera apenas empieza la curva hasta 5m desde donde empieza la curva.
		61	Conductores empiezan a desacelerar 25m antes de entrar a la curva hasta 10m desde donde empieza la curva.
		62	Conductores aceleran desde 10m antes de empezar la curva. El radio de la curva anterior 120m. Sin embargo, empiezan a desacelerar a los 5m desde donde empieza la curva hasta 15m desde donde empieza la curva.
		80	Conductores empiezan a desacelerar 5m antes de empezar la curva hasta 5m desde comenzó la curva.
		81	Conductores aceleran desde 10m antes de empezar la curva. El radio de la curva anterior 212m. Conductores aceleran en toda la curva.

		55	Conductores aceleran desde 10m antes de empezar la curva. El radio de la curva anterior 30m. Conductores aceleran en toda la curva.
		60	Conductores empiezan a desacelerar 10m antes de entrar a la curva hasta 10m desde donde empieza la curva.
		61	Conductores empieza a desacelerar 10m antes de entrar a la curva hasta 25m desde donde empieza la curva.
		62	Conductores empiezan a desacelerar 5m antes de entrar a la curva hasta 10m desde donde empieza la curva.
		72	Conductores aceleran desde 5m antes de empezar la curva. El radio de la curva anterior 47m. Sin embargo, Conductores empiezan a desacelerar cuando entra a la curva hasta 10m desde donde empieza.
		77	Conductores desaceleran desde 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		80	Conductores aceleran desde 10m antes de empezar la curva. El radio de la curva anterior es 190m. Sin embargo, el desacelera apenas empieza la curva hasta 5m desde donde empieza la curva.
		81	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		94	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		100	Vbox no proporcionó datos por lo tanto se anula.

Entretangencia 50 – 200m			
	Dirección	Curva	Descripción
Radio 20- 50m	Negro Bucaramanga- Rio	52	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza.
		54	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 120m. Sin embargo, empieza a desacelerar cuando empieza la curva hasta 35m después desde donde empieza.
		57	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 30m. Sin embargo, empieza a desacelerar cuando empieza la curva hasta 10m después desde donde empieza.
		58	Conductores desaceleran 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.

		66	Conductores aceleran desde 20m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 60m. Sin embargo, empieza a desacelerar a los 5m desde donde empieza la curva 10m.
		69	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 37m. Sin embargo, empieza a desacelerar a los 15m desde donde empieza la curva 10m.
		74	Conductores comienzan a desacelerar 10m antes de empezar la curva hasta donde empieza.
	Buzar aman ga	56	Conductores comienzan a desacelerar 5m antes de empezar la curva hasta donde empieza la curva.
		57	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 30m. Sin embargo, empieza a desacelerar a los 5m desde donde empieza la curva 10m.
		68	Conductores aceleran desde 15m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 39m. Sin embargo, empieza a desacelerar donde empieza la curva 10m.
		69	Conductores desaceleran 5m antes de empezar la curva hasta 5m después desde donde empieza la
		73	Conductores desaceleran 10m antes de empezar la curva hasta 5m desde donde comienzan la curva.
	Rio	89	Conductores aceleran desde 10m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 148m. Sin embargo, empieza a desacelerar donde empieza la curva 5m.
		90	Conductores comienzan a desacelerar 25m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		91	Conductores comienzan a desacelerar 10m antes de empezar la curva hasta donde empieza.
		93	Conductores aceleran desde 15m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 136m. Sin embargo, empieza a desacelerar donde empieza la curva 5m.
		97	Conductores aceleran desde 10m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 80m. Sin embargo, empiezan a desacelerar a los 5m desde donde empieza la curva 10m.
Radio 50- 100	Neg ro - Rio		

	Ri Negro	98	Conductores desaceleran 10m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		99	Conductores aceleran desde 15m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 77m. Sin embargo, empieza a desacelerar donde empieza la curva 15m.
		65	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		87	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 148m. Sin embargo, empiezan a desacelerar donde empieza la curva 5m.
		89	Conductores desaceleran 10m antes de empezar la curva hasta donde comienzan la curva.
		90	Conductores desaceleran 15m antes de entrar a la curva 5m. Después empieza acelerar incluso cuando todavía no ha entrado a la curva.
		91	Conductores aceleran desde 15m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 136m. Sin embargo, empiezan a desacelerar donde empieza la curva 5m.
		93	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 102m. Sin embargo, empiezan a desacelerar donde empieza la curva 5m.
		96	Conductores desaceleran 10m antes de entrar a la curva hasta donde comienzan la curva.
		97	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la
		98	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 90,50m. Sin embargo, empiezan a desacelerar donde empieza la curva 10m.
		99	Vbox no proporcionó datos por lo tanto se anula.
Radio 100- 300	Negro Bucaramanga- Rio	70	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la curva hasta donde comienzan la curva.
		88	Conductores desaceleran 15m antes de entrar a la curva hasta 5m desde donde empieza la curva.
		92	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 79,65m. Sin embargo, empiezan a desacelerar donde empieza la curva 5m.
		94	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 94m. Sin embargo, empiezan a desacelerar donde empieza la curva 5m.

		100	Vbox no proporcionó datos por lo tanto se anula.
	Ri o Negro - Bucaramanga	51	Conductores aceleran desde 10m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es 42m. Sin embargo, empieza a desacelerar a los 5m del comienzo de la curva 10m.
		53	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.
		88	Conductores aceleran desde 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva. El radio de la curva anterior es R42m. Sin embargo, empiezan a desacelerar donde comienzan la curva 10m.
		92	Conductores desaceleran 5m antes de entrar a la curva hasta donde empieza la curva.

ANEXO O. Aceleraciones

Entretangencia 0 – 20 m			
	Dirección	Durva	Descripción
Radio20– 50m	Ri o Negro - Rio	67	Conductores empiezan acelerar 20m antes de salir de la curva durante 5m.
		74	Conductores empiezan a acelerar 5m antes de salir de la curva 5m.
		76	Conductores empiezan a acelerar 10m antes de terminar la curva durante 10 m y 5m después empieza a desacelerar porque está pegada a la otra curva con un radio de 140.
		83	Conductores empiezan acelerar donde termina la curva durante 5m.
	RioNegro- Bucaramanga	68	Conductores aceleran durante toda la curva hasta 5 metros después de donde termina la curva.
		75	Conductores empiezan a acelerar donde termina la curva 5m.
		84	Conductores empiezan a acelerar 15m antes de terminar la curva durante 10. Empieza a desacelerar antes de salir de la curva. El radio de la curva siguiente es de 55m.

Radio50-100	Bucaramanga	RioNegro	85	Conductores empiezan a acelerar 10m antes de terminar la curva durante 5m. Empieza a desacelerar antes de salir de la curva. El radio de la curva siguiente es de 56m.
			86	Conductores empiezan a acelerar 5m antes de terminar la curva durante 5m. Empiezan a desacelerar antes de salir de la curva. El radio de la curva siguiente es de 71m.
	RioNegro		86	Conductores aceleran donde termina la curva durante 5m.
			87	Conductores empiezan a acelerar 20m antes de terminar la curva hasta donde finaliza la curva.
Radio100-300	Bucaramanga		70	Conductores empiezan a acelerar 25m antes de terminar la curva hasta donde finaliza la curva.
			71	Conductores empiezan a acelerar 15m antes de finalizar la curva 10m.
	Bucaramanga		71	Conductores empiezan a acelerar 10m antes de finalizar la curva 25m.
			72	Conductores empiezan a acelerar 10m antes de terminar la curva durante 5m. Empiezan a desacelerar antes de salir de la curva. El radio de la curva siguiente es de 250m.
			77	Conductores empiezan a acelerar 5m antes de terminar la curva durante 10m.

Entretangencia 20 – 50 m			
<div>Radio20-50m</div>	Dirección	Curva	Descripción
	<div>Bucaramanga</div>	52	A lo largo de la curva los conductores desaceleran. El radio es pequeño.
		54	Conductores empiezan a acelerar 20m antes de finalizar la curva durante 40m.
		58	Conductores aceleran 5m antes de finalizar la curva 5m.

i Neg o ro	ra ma ng a	64	Conductores empiezan a acelerar 25m antes al salir de la curva 50m.
		66	Conductores empiezan a acelerar a los 5m de donde termina la curva 5m.
		78	Conductores empiezan a acelerar 10m antes de salir de la curva 10m.
		84	Conductores empiezan a acelerar 5m antes de finalizar la curva durante 10m.
	-	56	Conductores empiezan a acelerar 5m desde donde ha finalizado la curva 10m.
		64	Conductores empiezan a acelerar 10m antes de terminar la curva 5m. El conductor empieza a desacelerar antes de que ha terminado la curva. El radio de la curva siguiente es de 54m.
		67	Conductores empiezan a acelerar donde termina la curva 5m.
		73	Conductores empiezan a 5m antes de finalizar la curva durante 10m.
		76	Conductores empiezan a acelerar 15m antes de finalizar la curva durante 10m. Conductores desaceleran cuando incluso la curva no ha terminado. El radio de la curva siguiente es 140m.
		78	Conductores empiezan a acelerar 5m antes de finalizar la curva 5m.
		83	Conductores empiezan a acelerar 5m antes de finalizar la curva hasta donde termina la curva.
.	e - o z e e b - o	59	Conductores aceleran 5m antes de terminar la curva 10m.
		63	Conductores aceleran 5m antes de terminar la curva hasta donde termina la curva.
		79	Conductor acelera durante toda la curva hasta la siguiente. El radio de la curva siguiente es de 212m.
		82	Conductores empieza acelerar desde 5m antes de terminar la curva 40m.

	Ri Negro	95	Conductores aceleran desde 35m antes de terminar la curva 45m.
		59	Conductores aceleran donde termina la curva durante 5m.
		63	Conductores aceleran 5m antes de finalizar la curva hasta donde termina la curva.
		65	Conductores aceleran 10m antes de finalizar la curva durante 15m.
		79	Conductores aceleran a los 5m desde donde termina la curva durante 5m.
		82	Conductores aceleran donde termina la curva durante 10m.
		85	Conductores acelera 5m antes de salir de la curva hasta donde termina la curva.
		95	Conductores aceleran donde termina la curva durante 5m.
		96	Conductores empiezan a acelerar 15m antes de terminar la curva durante 10m.
Radio 100- 300	Negro Bucaramanga- Rio	60	Conductores desaceleran. Conductores aceleran 50m antes de ingresar la curva 60m.
		61	Conductores aceleran 50m antes de terminar la curva, pero también 10m antes de finalizar la curva empezó a desacelerar.
		62	Conductores empiezan acelerar 45m antes de salir de la curva durante 55m.
		72	Conductores empiezan a desacelerar 30m antes de salir de la curva durante 25m.
		77	Conductores aceleran 5m antes de ingresar a la curva durante 5m.
		80	Conductores empiezan a acelerar donde termina la curva durante 15m.
		81	Conductores empiezan a acelerar 15m antes de salir de la curva hasta donde termina la curva, pero 5m después desacelera al finalizar la curva.

		94	Conductores empiezan a acelerar 10m antes de salir de la curva hasta donde finalizar la curva.
		100	Vbox no arrojo datos
		Negro Bucaramanga Rio	51
	53		Conductores empiezan a acelerar 15m antes de terminar la curva durante 10m, pero 15m después empieza a desacelerar al finalizar la curva
	55		Conductores empieza acelerar 10m antes de terminar la curva durante 25m, pero 5m después desacelera al finalizar la curva.
	60		Conductores empieza acelerar donde termina la curva durante 10m.
	61		Conductores empezó acelerar 5m antes de salir de la curva durante 10m.
	62		Conductores empieza acelerar 30 antes de terminar la curva hasta donde termina la curva.
	80		Conductores empieza acelerar 5m antes de finalizar la curva durante 5m.
	81	Conductores empieza acelerar 15m antes de terminar la curva durante 15m.	
ENTRETANGENCIA 50 – 200 M			
Radio 20- 50m	Dirección	curva	descripción
	Negro Bucaramanga- Rio	56	Conductores aceleran 35m antes de terminar la curva 30m.
		57	Conductores empiezan a acelerar donde termina la curva 5m.
		68	Conductores comienzan a acelerar 35m antes de terminar la curva 20m.
		69	Conductores empiezan a acelerar 45m antes de salir de la curva hasta donde empieza.
		73	Conductores empiezan a acelerar 30m antes de termina la curva 35m.

	Ri Negr	52	Conductores empiezan a acelerar 10m antes donde termina la curva.
		54	Conductores empieza acelerar 10m antes de salir de la curva hasta donde termina la curva.
		57	Conductores empieza acelerar 5m antes de salir de la curva hasta donde termina la curva.
		58	Conductores acelera 25m antes de terminar la curva durante 20m, 15m después empieza a desacelerar antes de salir de la curva, porque está pegada a la otra curva con un radio de 70.
		66	Conductores aceleran donde termina la curva 10m.
		69	Conductores empiezan a acelerar donde termina la curva 5m.
		74	Conductores aceleran 5m antes de salir de la curva hasta donde termina la curva.
Radio 50-100	N e g r - Rio	65	Conductor acelera en toda la curva.
		87	Conductores aceleran 5m antes de finalizar la curva 10m.
		89	Conductores aceleran 10m antes de finalizar la curva durante 12m.
		90	Conductores empiezan a desacelerar 25m antes de terminar la curva 5m, 5m después desacelera al finalizar la curva
		91	Conductores aceleran 5m antes de finalizar la curva durante 15m.
		93	Conductores aceleran donde termina la curva
		96	Conductores aceleran 5m antes de finalizar la curva hasta donde termina la curva.
		97	Conductores empiezan a acelerar 15m antes de salir de la curva 40m.
		98	Conductores empiezan a acelerar a 5m desde donde termina la curva 5m.

	o o - Bucaramanga	89	Conductores aceleran 5 metros antes de finalizar la curva durante 5m.
		90	Conductores empiezan a acelerar 25m antes de finalizar la curva 5m.
		91	Conductores empiezan a acelerar donde finaliza la curva 10m.
		93	Conductores empiezan a acelerar 20 antes de salir de la curva durante 25m.
		97	Conductores empiezan a acelerar donde termina la curva 5m.
		98	Conductores empiezan a acelerar 25m antes de termina la curva hasta donde termina la curva.
Radio 30 100	a nga- Rio Negro	51	Conductores empiezan a acelerar 10m antes de finalizar la curva 5m.
		53	Conductores aceleran 20m antes de termina la curva 25m.
		88	Conductores aceleran 10m antes de terminar la curva hasta donde termina.
		92	Conductores empiezan a acelerar 25m antes de termina la curva durante 30m.
	Negro - Bucaramanga	70	Conductores empiezan acelerar 20m antes de terminar la curva horizontal durante 25m.
		88	Conductores empiezan acelerar 20m antes de salir de la curva durante 25m y 10m después desacelera porque está pegada a la otra curva con una radio de 99.
		92	Conductores aceleran 5m antes de terminar la curva, 5m después desacelera al finalizar la curva.
		94	Conductores aceleran 5m antes de terminar la curva, 5m después desacelera al finalizar la curva.