PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LA VÍA INTEROCEÁNICA (QUITO-TUMBACO). DESARROLLO DE APLICACIÓN MOVIL.

CASO DE ESTUDIO: AVENIDA INTEROCEÁNICA

EMILY JOHANNA CRIOLLO COYAGO

MARCELO ANDRES JACOME PINEDA

DIRECTOR: INGENIERO FREDY PAREDES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ACORDE A LA CARRERA

QUITO, MARZO – 2019

Director: Ing. Fredi Paredes

Lectores: Ing. Patricio Castro, Ing. Santiago Muñoz

DEDICATORIA

A mi madre, Angelita Coyago, por haberme dado su apoyo incondicional y no dejarme decaer en ningún momento de mi vida, por su amor, paciencia que me han ayudado a cumplir este sueño.

A mi padre, Patricio Criollo, por su gran amor y responsabilidad con la familia, la paciencia y consejos para seguir adelante y sobre todo por confiar completamente en mí.

A mi pequeño hermano Justin, por ser llegar a alegrar nuestras vidas y darme las ganas de ser un mejor ejemplo para él.

Emily Johanna Criollo Coyago

A mis queridos padres, Nuria Pineda y Marcelo Jácome, por su gran amor, paciencia y dedicación incondicional los cuales me ayudaron para culminar con éxito mi carrera universitaria.

A mis hermanos, Emy y Emanuel, por aquellas risas y peleas que surgieron a lo largo de estos cinco años, pero sobre todo por su amor y paciencia depositados en mí.

A mi abuelito, Alfonso Pineda por sus palabras de aliento en momentos adversos para seguir adelante.

Marcelo Andrés Jácome Pineda

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen, por haberme bendecido y guiado por los caminos correctos para lograr cumplir con esta etapa académica.

A mis amados padres, por todo el sacrificio que han hecho para no dejarme sola sé que ha sido con todo su amor, por su apoyo incondicional ante las adversidades a largo de este camino. Han sido mi ejemplo para seguir adelante, de lucha y perseverancia para no rendirme. No me queda más que decirles gracias, los amo.

Al ingeniero Fredi Paredes, por ser el encargado de llevar esta investigación correctamente, por su tiempo y accesibilidad para terminarla de igual forma.

A todos mis amigos del colegio que me demuestran que la amistad va más allá del tiempo, a mis amigas del alma Eve, Cinty y Flor que me han brindado palabras de apoyo a través de este proceso, momentos de risa y llanto con quienes tendré recuerdos toda mi vida, las amo.

Por último, a mi compañero Andrés por su dedicación y esfuerzo para lograr realizar esta investigación de manera exitosa. Además de ser una gran persona y buen amigo de quien me llevo gratos recuerdos y enseñanzas.

Emily Criollo

Agradezco a Dios por haberme guiado y darme las fuerzas por seguir adelante y culminar mi carrera con éxito.

A mi madre, Nuria Pineda por su confianza depositada en mí y por todos sus consejos que me ayudaron sobresalir sobre las adversidades que se presentaron, gracias por todo el amor y compresión.

A mi padre, Marcelo Jácome por escucharme y por vivir esta etapa como si fuera suya.

A mi abuelito, Alfonso Pineda por soportarme en algunos momentos donde más necesitaba un apoyo incondicional y aconsejarme en los momentos más complicados.

Al Ingeniero, Fredi Paredes por su tiempo dedicado a esta investigación ya que con su amplio conocimiento nos guio a un trabajo sobresaliente.

A mis amigos por su apoyo y cariño brindados en esta etapa

A mi compañera y amiga de tesis Emily Criollo, quien con ella pasamos duros y difíciles momentos en el trayecto tanto en aula como en la investigación.

Finalmente, a mis profesores quienes me dieron un granito de su sabiduría para llegar hacer el profesional y tener la suficiente experiencia para salir adelante.

Marcelo Jácome

RESUMEN

El exceso de velocidad es la primera causa para realizar este estudio, ya que esta es muy importante para controlar la seguridad vial. En esta disertación el principal objetivo es determinar la velocidad con la que se puede conducir en la Avenida Interoceánica, esta velocidad será determinada en base a mediciones realizadas en campo para establecer una velocidad segura, la cual permita disminuir el número de accidentes de tránsito debido a este motivo. Al finalizar la investigación se complementó el estudio con una herramienta tecnológica (aplicación móvil) para que el conductor pueda medir la velocidad a la que viaja en tiempo real, con la cual el usuario se sienta seguro en la vía que transcurre.

ABSTRACT

Speeding is the first reason to carry out this study, since it is very important to control road safety. In this dissertation the main objective is determine the speed with which you can drive on Interoceanic Avenue, this speed will be determined based on measurements made in the field to establish a safe speed, which allows reducing the number of traffic accidents due to this reason. At the end of the research, study was supplemented with a technological tool (mobile application) so that the driver can measure the speed at which he is traveling in real time, with which the user feels safe on the road that passes.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN VII

ABSTRACT VII

INTRODUCCIÓN 1-1

JUSTIFICACIÓN 1-2

OBJETIVOS 1-3

Objetivo General 1-3

Objetivos Específicos 1-3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1-4

1. GENERALIDADES 1-6

1.1 Modelo matemático del diseño geométrico de la vía Interoceánica 1-6

1.2 Capacidad del conductor y vehículo en la vía Interoceánica 1-9

1.3 Características físicas y sus costados en la vía Interoceánica 1-10

1.4 Tipos de climas en la Avenida Interoceánica 1-10

1.5 Congestión vehicular en la Avenida Interoceánica 1-11

1.6 Limitaciones de velocidades en la Avenida interoceánica 1-11

2. DISEÑO GEOMÉTRICO 2-13

2.1 Parámetros Básicos 2-13

2.1.1 Velocidad Directriz o de Diseño 2-13

2.1.1.1 Velocidad de Diseño de tramos homogéneos 2-14

2.1.2 Parámetros para la selección de la Velocidad de Diseño 2-15

2.1.2.1 Configuración del terreno natural 2-15

2.1.2.2 Volumen de tránsito 2-16

2.1.3 Velocidad Específica de un elemento de trazado 2-17

2.1.3.1 Velocidad especifica de una curva circular 2-17

2.1.4 Visibilidad 2-17

2.1.4.1 Distancia de visibilidad de parada 2-17
2.2 Diseño geométrico en planta 2-19
2.2.1 Curvas Circulares 2-19
2.2.1.1 Relación entre el radio y el peralte 2-20
2.2.1.2 Perceptibilidad de la curva 2-26
2.2.2 Curvas de Transición 2-27
2.2.2.1 Longitud de transición 2-29
2.3 Diseño geométrico en perfil 2-30
2.3.1 Acuerdos verticales 2-30
2.3.2 Curvas verticales convexas 2-31
2.3.3 Curvas verticales cóncavas 2-32
2.3.4 Pendientes longitudinales 2-32
2.3.5 Distancia de visibilidad 2-34
2.4 Intersecciones 2-35
2.4.1 Carriles de cambio de velocidad 2-39
2.4.2 Carril de deceleración 2-39
2.4.3 Carril de aceleración 2-41
3. DISEÑO DE VELOCIDAD REGLAMENTARIA EN LA VÍA INTEROCÉANICA 3-42
3.1 Estudio de velocidades para vehículos livianos, tipos L 3-44
3.2 Estudio de velocidades para vehículos de transporte público, tipo C 3-45
3.3 Estudio de velocidades para vehículos de carga pesada, tipo C 3-45
3.4 Velocidad percentil 3-49
3.4.1 Frecuencia excesiva o inadecuada en la vía Interoceánica 3-49
3.5 Análisis de los límites de velocidad 3-54
3.6 Estadísticas de accidentes 3-56
4. RESULTADOS OBTENIDOS 4-59

4.1 Velocidades a las que transitan los vehículos en la vía Interoceánica 4-59
4.2 Desarrollo de la aplicación 4-61
4.2.1 Configuración de la aplicación 4-61
4.3 Resultados obtenidos de la aplicación 4-66
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 5-68
6. BIBLIOGRAFÍA 6-71
7. ANEXOS 7-73
7.1 Anexo 1: Puntos de Control 7-73
7.2 Anexo 2: Identificación de Curvas 7-74
7.3 Anexo 3: Velocidad de Diseño estimada 7-75
7.4 Anexo 4: Aplicación 7-76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Causas probables de accidentes de tránsito en la Av. Interoceánica..... 1-4
Tabla 2: Velocidades establecidas en la Av. Interoceánica..... 1-12
Tabla 3: Velocidades de Diseño..... 2-14
Tabla 4: Rangos de Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera y tipo de terreno..... 2-15
Tabla 5: Volumen de tránsito..... 2-16
Tabla 6: Coeficiente de fricción longitudinal..... 2-19
Tabla 7: Valores máximos de f..... 2-23
Tabla 8: Radios mínimos según valores límites de e y f..... 2-25
Tabla 9: Longitudes de transición, en carreteras de 2 carriles..... 2-29
Tabla 10: Índice (K) para la longitud de curva vertical convexa..... 2-31
Tabla 11: Índice (K) para la longitud de curva vertical cóncava..... 2-32
Tabla 12: Valores de diseño de pendientes longitudinales máximas (%)..... 2-33
Tabla 13: Pendientes Máximas..... 2-33
Tabla 14: Parámetros mínimos de curvas verticales para disponer de visibilidad de parada para cualquier clase de carretera..... 2-35
Tabla 15: Límites máximos de velocidad según el tipo de vía..... 3-46
Tabla 16: Radios para vehículos ligeros..... 3-47
Tabla 17: Radios para vehículos de carga pesada..... 3-47
Tabla 18: Modelos de velocidad percentil en curvas..... 3-50
Tabla 19: Modelos de velocidad percentil para curvas con características variables . 3-51
Tabla 20: Límites de velocidad..... 3-55
Tabla 21: Límites de velocidad con factores de ajuste..... 3-56
Tabla 22: Siniestros en la Interoceánica..... 3-57
Tabla 23: Heridos en la Interoceánica..... 3-57
Tabla 24: Fallecidos en la Interoceánica..... 3-58
Tabla 25: Resultados finales (Sentido Oeste-Este)..... 4-59
Tabla 26: Resultados finales (Sentido Este-Oeste)..... 4-60
Tabla 27: Velocidad segura propuesta (O-E)..... 4-66
Tabla 28: Velocidad segura propuesta (E-O)..... 4-67

Tabla 29: Curvas donde la velocidad reglamentaria excede a la velocidad de diseño y percentil 5-68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Eje vial en espacio tridimensional 1-7
Ilustración 1.2: Diseño geométrico en planta y perfil 1-8
Ilustración 2.1: Distancia de visibilidad de parada 2-18
Ilustración 2.2: Estabilidad de un vehículo en curva 2-22
Ilustración 2.3: Relación del coeficiente de fricción f y la velocidad 2-24
Ilustración 2.4: Elementos para la determinación de la flecha 2-27
Ilustración 2.5: Elementos de la curva y espiral 2-28
Ilustración 2.6: Curva vertical convexa 2-31
Ilustración 2.7: Curva vertical cóncava 2-32
Ilustración 2.8: Esquema de carriles de deceleración 2-40
Ilustración 2.9: Esquema de carril de aceleración 2-41
Ilustración 3.1: Dimensiones de vehículos tipo 3-43
Ilustración 4.1: Pantalla de inicio 4-61
Ilustración 4.2: Pantalla de configuración 4-63
Ilustración 4.3: Pantalla principal 4-63
Ilustración 4.4: Mensaje de alerta 4-63
Ilustración 4.5: Base de datos 4-63
Ilustración 7.1: Funcionamiento de la APP 7-76
Ilustración 7.2: Mensaje de exceso de velocidad 7-76

INTRODUCCIÓN

La avenida Interoceánica es una vía secundaria de sentido este-oeste ubicada en la provincia de Pichincha de aproximadamente 15 km de longitud y es la principal vía de conexión de la ciudad de Quito con las parroquias nororientales de Cumbayá, Tumbaco, el Quinche, Yaruquí, Puembo, Tababela y Pifo, así como una conexión importante hacia el Nuevo Aeropuerto (Tababela).

En los primeros años de funcionamiento en la vía se registraban accidentes de tránsito casi a diario debido a la gran cantidad de vehículos que circulaban por la misma, pues la vía representaba la principal unión con el Nuevo Aeropuerto de Quito. Acontecimiento que luego se vio resuelto con la construcción de la Ruta Viva hacia el nuevo aeropuerto de Quito; con esto la Av. Interoceánica disminuyó la cantidad de vehículos que circulaban, a más del 50% y por consiguiente los accidentes de tránsito.

La mayor cantidad de accidentes registrados en la Av. Interoceánica ocurren principalmente cuando los conductores circulan superando los límites máximos de velocidad, por este motivo el presente trabajo de disertación tiene como finalidad proponer una velocidad segura (la cual será obtenida al comparar la velocidad de diseño, velocidad reglamentaria y velocidad percentil) para los usuarios que viajan por esta vía y de esta manera reducir incidentes de tránsito e incluso muertes; considerando que el exceso de velocidad es solo uno de los motivos por los que se generan los accidentes de tránsito.

Además, con ayuda de la tecnología se complementará este estudio con el desarrollo de una aplicación móvil (VSP) que permite al usuario del vehículo movilizarse por tramos definidos a lo largo de la Av. Interoceánica, los cuales constan con información en tiempo real como ubicación, clima y si el vehículo excede la velocidad segura a la que debería desplazarse el conductor para evitar siniestros en la vía.

JUSTIFICACIÓN

La siguiente disertación se realiza con el fin de investigar la velocidad promedio de la teórica que conduce el 85% de los conductores o también llamada velocidad percentil de la población. Esta es la velocidad segura, a la que pueden ir los conductores por una carretera sin la posibilidad de ocasionar accidentes, además de ser aquella con la cual puede reaccionar el conductor ante un obstáculo o imprevisto en la vía; esta velocidad no necesariamente coincide con la velocidad de diseño o reglamentaria.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar las velocidades de diseño, reglamentarias y velocidades seguras de los conductores, para realizar una comparación y mejorar los estándares de seguridad de la vía, y emplear una aplicación que sea útil para el conductor que se transporta en la vía.

Objetivos Específicos

- Investigar cómo se aplica la velocidad de diseño en las vías, y como podemos calcular dichas velocidades de diseño.

- Revisar las normas establecidas para controlar las velocidades reglamentarias que se deben aplicar en las vías.

- Medir las velocidades de los vehículos que circulan por la vía, por medio de un aparato mecánico (pistolas de velocidad)

- Crear una app que permita a los usuarios de la vía, viajar con seguridad y además que la app informe al conductor si sobrepasa la velocidad segura.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según datos estadísticos de años anteriores la Av. Interoceánica se ha presenciado un alto rango de accidentes en la vía, por lo cual se ha iniciado la investigación y el estudio de la Av. Interoceánica para informar a los conductores cual es el peligro de dicha vía por su velocidad y brindar una mejor seguridad tanto para los peatones como a los conductores.

En lo cual la Agencia Metropolitana de Transito (AMT) sobre la Av. Interoceánica registra una cantidad representativa de accidentes en los últimos años en la ciudad de Quito, por lo cual las personas que transitan en dicha vía exigen resolver el problema de la velocidad de los automotores tanto bus, pesados y automóviles. Y piden que se verifique los siguientes parámetros en la vía:

- Diseño Geométrico.
- Demanda prevista.
- Control de velocidades

En la siguiente tabla estadística indicamos el porcentaje actual que registra la Agencia Nacional de Transito sobre los accidentes que se registra en la Av. Interoceánica.

Tabla 1: Causas probables de accidentes de tránsito en la Av. Interoceánica

#	CAUSAS PROBABLES
1	IMPERICIA E IMPRUDENCIA DEL CONDUCTOR
2	NO RESPETA LAS SEÑALES DE TRÁNSITO
3	CAUSA DESCONOCIDA
4	EXCESO DE VELOCIDAD
5	EMBRIAGUEZ DEL CONDUCTOR
6	IMPRUDENCIA DEL PEATÓN
7	INVADIR CARRIL
8	MAL REBASAMIENTO
9	OTRAS CAUSAS
10	CASO FORTUITO
11	DAÑOS MECÁNICOS
12	FACTORES CLIMÁTICOS
13	CANSANCIO AL CONDUCIR
14	MAL ESTADO DE LA VÍA
15	SALIDA DE ANIMALES A LA VÍA
16	MAL ESTACIONAMIENTO
17	CALZADA RESVALADIZA
18	OBSTÁCULOS EN LA VÍA
19	EXCESO DE PESO Y VOLUMEN
20	EMBRIAGUEZ DEL PEATÓN
21	FALLAS DE ILUMINACIÓN
22	ENCANDILAMIENTO

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2016)

Con estas características que nuestro país tiene, sobre todo en las vías más transitadas como es una la Av. Interoceánica el principal problema es el exceso de velocidad, por

esta razón este tema es el centro de investigación y estudio para un cambio de mentalidad sobre las altas velocidades que se han registrado. De esta manera se determinará una velocidad segura para disminuir de alguna forma el porcentaje de accidentes de tránsito, y por ende evitar muertes en las vías.

1. GENERALIDADES

1.1 Modelo matemático del diseño geométrico de la vía Interoceánica

Para interpretar de mejor manera al modelo matemático, primero se debe conocer que una carretera es una infraestructura acondicionada dentro de una faja de terreno que se le denomina derecho de vía. El propósito es que circulen vehículos tanto pesados como livianos y que estos satisfagan los niveles de seguridad y comodidad de la vía.

Sabiendo muy bien que el diseño geométrico de la vía Interoceánica es la parte más importante de su infraestructura donde su configuración geométrica tridimensional se fija. Como diseñador de vías la premisa más importante es que sea segura y esto se logra siendo que sea simple, uniforme y consistente.

También se necesita saber que para la geometría de la vía Interoceánica se toma dos requisitos muy importantes que son los factores externos y factores internos. Los externos se relacionan con los aspectos de la topografía, geología, características de tránsito, climatología y parámetros socioeconómicos, en cambio los factores internos que son en los que se va a enfatizar, ya que aquí se contempla la velocidad que se va a tener en la vía Interoceánica y sus efectos de operación geométrica.

La base del diseño geométrico se forma por fases, la fase 1 es establecer la ruta, la fase 2 es establecer la rentabilidad y la fase 3 es la elaboración de diseños definitivos, sabiendo que la carretera es transitable, continua y regular, la cual está en un espacio tridimensional. El modelo matemático es muy poco empleado porque resulta complejo; razón por la cual en la mayoría de diseños se realizan dos análisis bidimensionales del eje de la vía, tomando en cuenta la dimensión longitudinal del alineamiento en planta conocido como el diseño geométrico vertical ya que este es la proyección del eje real. Las formas geométricas que se utilizan son rectas continuas de pendientes uniformes enlazadas con curvas verticales parabólicas.

En la ilustración 1.1 se puede observar el eje de una vía que se encuentra en el espacio tridimensional:

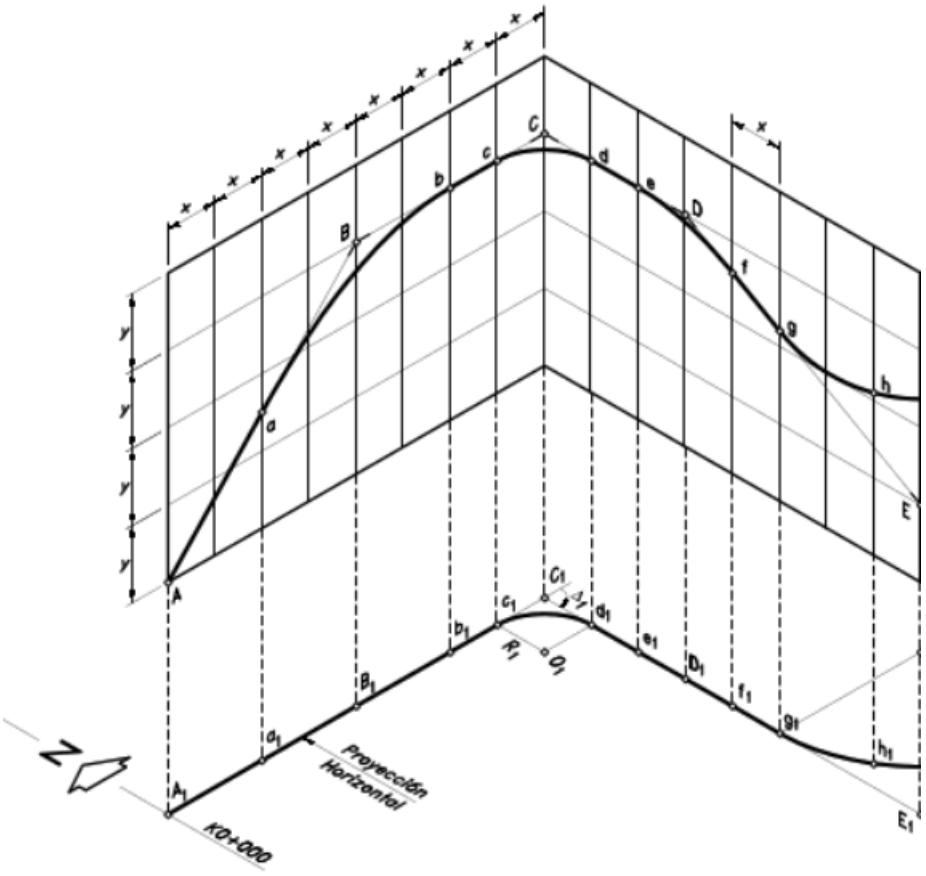


Ilustración 1.1: Eje vial en espacio tridimensional

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 10)

En el modelo se observa tres planos verticales rectangulares a un ángulo de 90, a lo largo de estos ejes tiene 8x y en lo alto 4y, con una referencia de la dirección Norte (N), en el primer plano se tiene la dirección Este (E), en el segundo plano se tiene la dirección de Sur (S) y la tercera tiene una dirección Este (E).

Como se observar a lo largo del polígono se presentan quiebres en los puntos B, C, D y E, donde se puede observar cambio de rumbo en los puntos C y E, lo mismo que cambian de pendiente en los puntos B, D y E.

La poligonal especial en la parte del eje de la vía es necesario para conectar los tramos rectos en los puntos de quiebre con curvas en el espacio, así se realiza la proyección horizontal convirtiéndose en la poligonal especial A1, B1, C1, D1 y E1, en el cual al insertarse en las curvas en C1 de radio R1=x y en E1 con radio de R2=3x, generan la

modelación de diseño en planta de la vía Interoceánica. (Cárdenas Grisales, 2013, págs. 1-10)

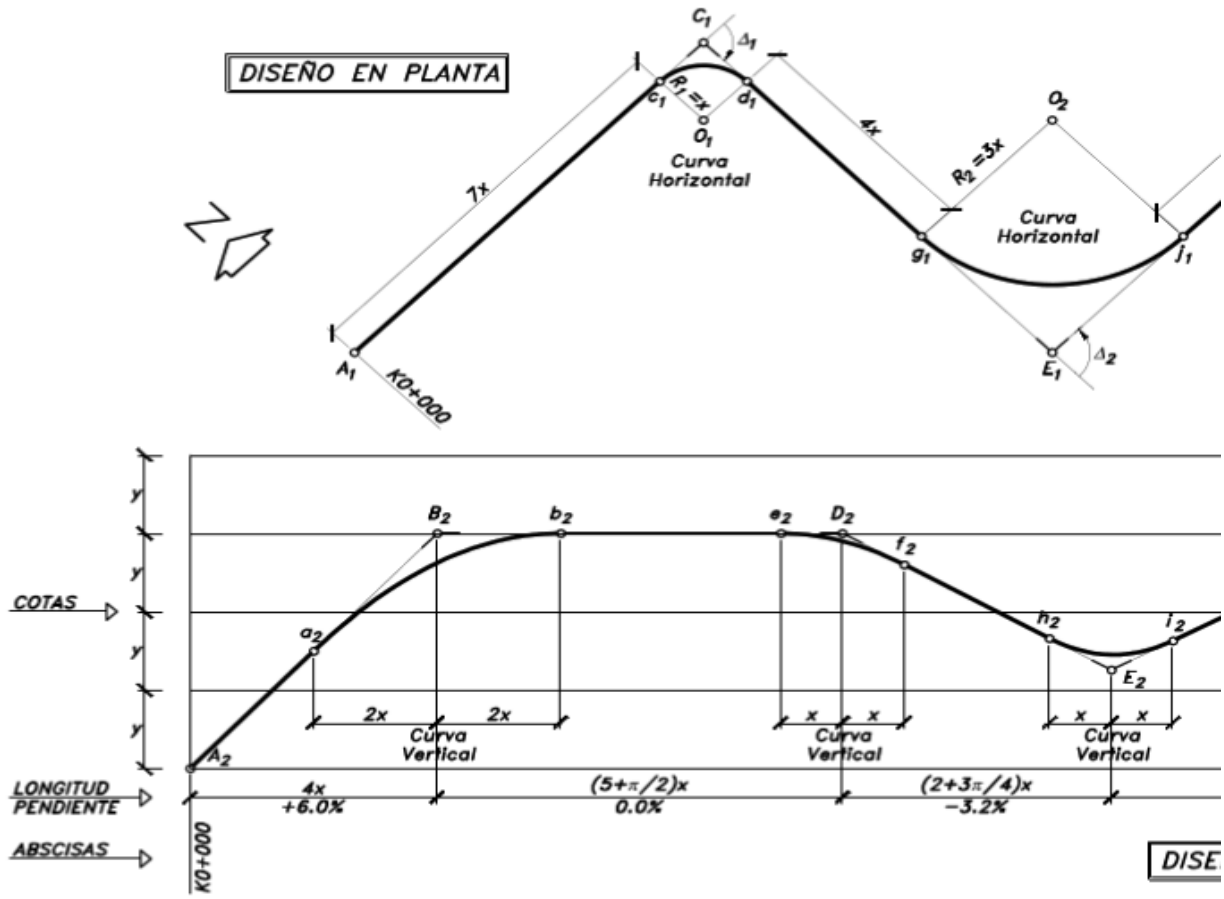


Ilustración 1.2: Diseño geométrico en planta y perfil

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 12)

$$c1d1 = \frac{2\pi \mathrm{R1}}{4} = \frac{2\pi \mathrm{x}}{4} = \frac{\pi \mathrm{x}}{2}$$

$$d1g1 = 4x$$

$$g1j1 = \frac{2\pi \mathrm{R2}}{4} = \frac{2\pi 3\mathrm{x}}{4} = \frac{3\pi \mathrm{x}}{2}$$

$$j1f1 = 5x$$

Con la modelación matemática para el diseño de la vía se emplea la siguiente ecuación:

Abscisa de j1= K0 + 000 + 7x + $\frac{\pi x}{2}$ + 4x + $\frac{3\pi x}{2}$

1.2 Capacidad del conductor y vehículo en la vía Interoceánica

Los usuarios están llamados a utilizar el vehículo con precaución, evitar todo daño, cuidado de no poner en peligro su vida y de acompañantes por otra parte, se debe también realizar el mantenimiento de los vehículos cumpliendo con sus condiciones legales y reglamentarias sometiéndolos a inspecciones.

En relación con el conductor se puede decir que la velocidad que el conductor debe desarrollar al vehículo debe ser la prudente o cumpliendo los límites reglamentarios de la vía, también se debe analizar sus propias condiciones físicas y psíquicas, las características del estado de la vía, del vehículo y su carga. Además, el conductor debe tener la capacidad de controlar la velocidad sin causar riesgos a otros conductores y sin ocasionar colisiones con otros vehículos que se encuentren a sus alrededores.

Los conductores deben estar advertidos sobre las maniobras que se van a realizar en la vía Interoceánica y estas se verán reflejadas con señales horizontales en toda la vía para que el conductor este advertido de lo que se presentará delante de la vía y disminuir la probabilidad de ocasionar un accidente.

El conductor debe realizar la inspección técnica respectiva al vehículo y garantizar la máxima seguridad vial, el proceso que se realiza está basado en la comprobación de los sistemas mecánicos del vehículo que intervienen en la seguridad del mismo. (Ochoa Trepat, 2011, pág. 46)

En la Av. Interoceánica se observó que desde el tramo de salida de los túneles Guayasmín hasta el peaje, continuando su recorrido unos 2 km más por la Avenida Simón Bolívar solo transitan carros livianos, a partir de los 2 km mencionados en adelante transitan también carros pesados y buses, hasta llegar al punto final de la vía en estudio en el “Complejo de El Nacional” en Tumbaco.

1.3 Características físicas y sus costados en la vía Interoceánica

Las características físicas están ligadas al impacto del diseño, el relieve, los elementos naturales que se hacen presentes en el entorno de la vía, el uso del suelo y todo elemento que pueda dificultar la visibilidad y canalización de los flujos vehiculares, peatonales, así como el drenaje. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 55)

En la Avenida Interoceánica lo que se visualiza son los semáforos y la señalética que servirá para poder tener menos accidentes y controlar la velocidad, la vía también cuenta con rompe velocidades para disminuir la velocidad de los vehículos y minorar los accidentes. En la parte de los costados se tiene cunetas y los respectivos drenajes de vía, ya que un problema que se tiene en las carreteras se produce cuando empieza el invierno y ocasionar que se inunde la vía con esto se puede ocasionar varios accidentes de tránsito, por lo cual en esta vía se visualizó que se encuentran en buen estado, pero si se debe realizar el mantenimiento adecuado en las cunetas.

La avenida Interoceánica de Quito es la primera alternativa para el Valle de Tumbaco (se encuentra en la parte Oriente de Quito), esta tiene al momento cuatro parroquias. El estudio que se realizó es por los varios problemas de accidentes y por las calzadas de la vía, ya que estas se encuentran deterioradas.

Por datos del Cabildo se sabe que en la vía Interoceánica circulan más de 23 mil automotores, donde los problemas más graves empiezan desde Tumbaco específicamente en el “Complejo de El Nacional”.

1.4 Tipos de climas en la Avenida Interoceánica

Los factores climáticos desfavorables hacen disminuir la velocidad dependiendo de la intensidad de los fenómenos meteorológicos, por la noche se tiene velocidades medias con respecto a la velocidad del día, noche y lluvia.

El Ecuador tiene 3 regiones climáticas Costa, Sierra y Oriente. La vía de estudio pertenece a la región sierra, que se caracteriza en una zona tropical y húmeda. Para la avenida Interoceánica está situada en la parte de los valles y aquí el clima es cálido y seco, pero lo contradictorio son meses muy específicos donde no se tiene el clima cálido y seco, sino hay presencia de lluvias en los meses de marzo-abril y octubre-noviembre.

1.5 Congestión vehicular en la Avenida Interoceánica

Se denomina densidad de tráfico el número de vehículos que existen por unidad de longitud de carretera, evidentemente existe un valor máximo de densidad de tráfico y es notable cuando los vehículos están en filas.

En la Avenida Interoceánica como en cualquier vía de la ciudad de Quito en horas picos o de mayor aglomeración vehicular se va tener siempre este tipo de problemas. En varios tramos de la vía el problema que se tuvo fue que la medición de velocidades no se pudo realizar correctamente por la aglomeración de vehículos y éstos tenían que esperar casi 20 minutos para poder circular.

1.6 Limitaciones de velocidades en la Avenida interoceánica

La velocidad máxima en la vía Interoceánica autorizada para poder circular se fija reglamentariamente como se indica en la Tabla 2, en los lugares específicos se va a realizar la colocación de señalética de su velocidad permisible para ese tramo de vía.

El límite máximo que se planteó en un principio de la vía se puede disminuir por acuerdo de la autoridad municipal en este caso el Municipio de Quito y el titular de la vía, en cambio la velocidad mínima se va a regir para los vehículos pesados en este caso como los buses y otros vehículos especiales. (Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, 2018)

Tabla 2: Velocidades establecidas en la Av. Interoceánica

SubTramo	Velocidad máxima (km/h) livianos		Velocidad máxima (km/h) pesados	
Sector cercano entre:	Sentido			
	N-S	S-N	N-S	S-N
Nayón y Av. Luis Román Pérez (Hacia Av. De los Granados)	50	50	40	40
Av. Interoceánica	70	70	60	60
Av. Interoceánica e Ingreso Ruta Viva	50	50	40	40
Ingreso Ruta Viva e Ingreso Autopista General Rumiñahui	90	90	70	70

INT

Fuente: (Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, 2018)

2. DISEÑO GEOMÉTRICO

2.1 Parámetros Básicos

2.1.1 Velocidad Directriz o de Diseño

Es la máxima velocidad con la que se diseñará los elementos de una carretera, brindando seguridad y comodidad al usuario, cuando las condiciones climáticas y de tráfico sean favorables. El valor de esta velocidad depende de las características físicas y topográficas del terreno, de la importancia y capacidad de la carretera, y de consideraciones económicas y de seguridad.

La velocidad de diseño será tal que permita viajar al usuario a lo largo de una vía de forma segura, tal que cuando se presenten cambios bruscos en la velocidad a la que los usuarios viajan seguros, éstos no sean sorprendidos.

La selección de la velocidad de diseño es fundamental para el diseño geométrico de la vía, ya que con esta velocidad se calcularán los elementos geométricos de la vía para su alineamiento vertical y horizontal. Lo más conveniente es mantener una velocidad de diseño constante a lo largo de cada tramo de carretera, pero debido a los cambios de topografía obligan a que la velocidad de diseño cambie en ciertos tramos. Cuando sucedan estos cambios, la introducción de una velocidad de diseño menor o mayor no debe ser repentinamente, sino debe darse una distancia suficiente para que el conductor pueda cambiar su velocidad gradualmente antes de llegar al tramo con distinta velocidad de proyecto. (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 26)

Cuando se haya seleccionado la velocidad de diseño todos los elementos del trazado deben relacionar con ella para obtener un diseño equilibrado. Se debe tomar en cuenta que, con una velocidad de diseño seleccionada para un tramo de carretera, ésta debe mantenerse en una longitud mínima de tramo entre 5 y 10 kilómetros, además la diferencia entre las velocidades de diseño de dos tramos continuos no debe ser mayor a 20 km/h.

El siguiente cuadro muestra las velocidades de diseño correspondientes en unidades métricas según la AASHTO (2014):

Tabla 3: Velocidades de Diseño

Metric
Design speed (km/h)
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130

Fuente: (AASHTO, 2011, pág. 70)

2.1.1.1 Velocidad de Diseño de tramos homogéneos

Cuando se tienen tramos de carretera homogéneos, es decir, con características iguales se puede definir un solo valor de velocidad de diseño para estos tramos. Lo cual resulta muy eficiente para elegir una velocidad de diseño para tramos semejantes en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno; a continuación, se presenta una tabla que muestra los valores de Velocidad de Diseño que se puede asignar a tramos homogéneos según los factores anteriormente nombrados, con lo cual se pudo establecer que la avenida Interoceánica es considerada como un tipo de terreno montañoso y cuya velocidad de diseño seria de 60 a 90 km/h.

Tabla 4: Rangos de Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera y tipo de terreno

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano							■	■	■	■
	Ondulado							■	■	■	■
	Montañoso						■	■	■	■	
	Escarpado						■	■	■		
Primaria de una calzada	Plano							■	■	■	
	Ondulado						■	■	■	■	
	Montañoso					■	■	■	■		
	Escarpado					■	■	■			
Secundaria	Plano					■	■	■			
	Ondulado				■	■	■	■			
	Montañoso			■	■	■	■				
	Escarpado			■	■	■					
Terciaria	Plano			■							
	Ondulado		■	■							
	Montañoso	■	■	■							
	Escarpado	■	■								

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 103)

2.1.2 Parámetros para la selección de la Velocidad de Diseño

2.1.2.1 Configuración del terreno natural

La topografía del terreno es un factor principal para la determinación de la velocidad de diseño, ya que, de la topografía del terreno depende su alineación horizontal, sus pendientes, secciones transversales, etc. De la misma forma esta característica afectará a la velocidad de diseño, puesto que, en una carretera cuyo terreno sea plano o poco ondulado la velocidad será mayor que para una carretera cuyo terreno sea muy ondulado o montañoso. También se puede diferenciar que la velocidad de un vehículo que circula por una zona rural será mayor respecto a la de un vehículo que circula por una zona urbana.

Como se mencionó anteriormente la Avenida Interoceánica tiene una configuración de terreno tipo montañoso y se consideran las siguientes características: las pendientes transversales para este tipo de terreno varían del 13% al 40% y con pendientes longitudinales de la calzada del 6% al 8%. En este tipo de terreno es necesario realizar grandes movimientos de tierra por lo cual la construcción de carreteras presenta

dificultades en el trazado y explanación. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 49)

2.1.2.2 Volumen de tránsito

Los estudios sobre los volúmenes de transito que se veo en la avenida Interoceánica fueron realizados para obtener la información del movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicos de la vía, estos valores expresados son con respecto al tiempo y el conocimiento que sea la estimación razonable de la calidad de servicio. (Cordova, 2014, pág. 5)

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q= Vehículo que pasan por unidad de tiempo

N= Número total de vehículos que pasan

T= Periodo determinado

El volumen de tránsito absoluto es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado, donde dependerá de la duración del lapso de tiempo determinado. (Cordova, 2014, pág. 8)

De acuerdo a los estudios de TPDA realizados por la Secretaria de Movilidad para el 2019, año en el que se realizó éste estudio de investigación se obtuvo habría una proyección de transito según la tabla mostrada a continuación:

Tabla 5: Volumen de tránsito

SENTIDO	Flujo diario proyectado (2019)
Este – Oeste	36,432
Oeste – Este	33,798

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2019)

2.1.3 Velocidad Específica de un elemento de trazado

El Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador-NEVI (2013), menciona que:

> Es la máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose en pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad. (pág. 57)

2.1.3.1 Velocidad especifica de una curva circular

Es la velocidad a la cual pueda viajar un vehículo por una curva circular, en condiciones de seguridad y comodidad cuando los neumáticos y el pavimento se encuentran en condiciones óptimas. (Ministerio de Fomento, 2000, pág. 21)

2.1.4 Visibilidad

El trazado de una carretera debe permitir al conductor de un vehículo tener la visibilidad de la calzada, que es un factor muy importante para que el conductor circule de manera cómoda, segura y eficiente; teniendo en cuenta que delante de su vehículo se puede presentar algún objeto inesperado en la vía, por lo tanto, el conductor debe tener una longitud de visibilidad suficiente para que sea capaz de controlar su vehículo y realizar cualquier tipo de maniobra para evitar el obstáculo. El tiempo de reacción y de realización de la maniobra dependerá de la capacidad, capacitación y experiencia de los conductores.

2.1.4.1 Distancia de visibilidad de parada

Es la distancia mínima que requiere un conductor para que su vehículo que transita con la velocidad de diseño o cerca de ésta, se detenga ante la presencia de un objeto imprevisto o bajo una situación de peligro que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de visibilidad mínima para que un vehículo se detenga es igual a la suma de dos distancias; primero es la distancia recorrida durante un tiempo de percepción y reacción y segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención. Además, según varios estudios realizados por la AASHTO, la distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción se ha adoptado un tiempo de 2.5 segundos que ha sido obtenido tomando el tiempo desde que el conductor puede ver el objeto hasta el instante en que aplican los frenos. (Ministerio de Transporte-Instituto Nacional de Vías, 2008, pág. 58)

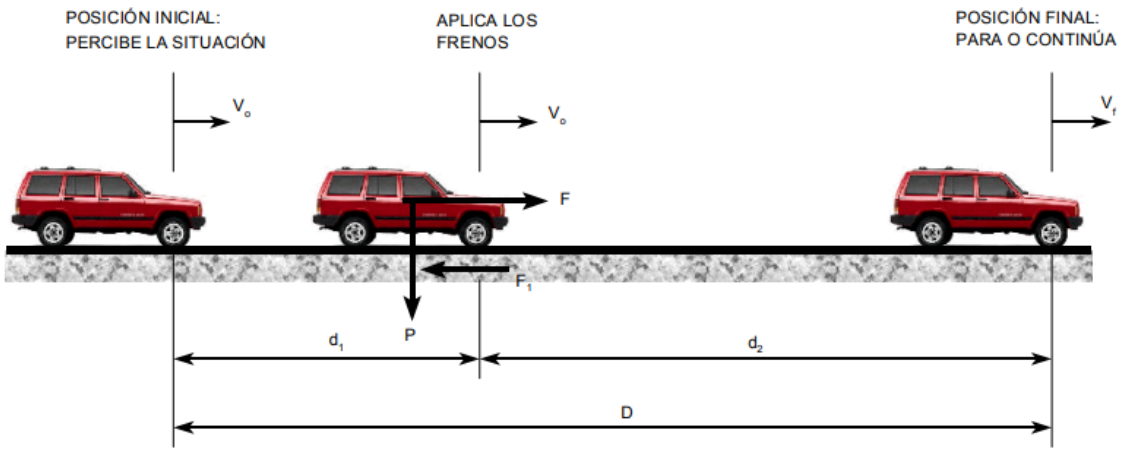


Ilustración 2.1: Distancia de visibilidad de parada

Fuente: (Ministerio de Transportes de Centroamérica, 2004, págs. IV-23)

De esta forma la distancia de visibilidad de parada para caminos planos se calcula de la siguiente manera:

$$D = 0.278 * V * t + \frac{V^2}{254 * f}$$

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, págs. 125-126)

Donde:

D= Distancia de parada.

V= Velocidad inicial, (km/h).

t= Tiempo de percepción y reacción, adoptado de 2.5 segundos.

f= Coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento.

El valor del coeficiente f es un valor experimental y varia en proporción inversa a las velocidades. Los valores para el coeficiente de fricción se han definido considerando las condiciones más adversas de la vía, por ejemplo: pavimento húmedo, llantas desgastadas, experiencia de los conductores, y calidad de los vehículos. Por lo tanto, los valores de f se obtendrán de la siguiente tabla, considerando que para valores de velocidad intermedios se puede interpolar linealmente estos valores. (Ministerio de Fomento, 2000, pág. 23)

Tabla 6: Coeficiente de fricción longitudinal

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
f_l	0,432	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291	0,277	0,263

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2000)

Considerando el efecto de las pendientes en la vía para determinar la distancia de visibilidad de parada la formula anterior se modifica, de la siguiente manera:

$$D = 0.278 * V * t + \frac{V^2}{254 * f \pm G}$$

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 126)

Donde:

G= Porcentaje de la pendiente dividida entre 100, (+) para pendiente en ascenso y (-) para pendiente de bajada.

Con esta consideración entonces se tendrá una distancia de visibilidad de parada menor para el caso que el vehículo esté en subida y una distancia de visibilidad de parada mayor cuando el vehículo esté de bajada.

2.2 Diseño geométrico en planta

2.2.1 Curvas Circulares

Según el Ministerio de Obras Públicas (2003) afirma:

> Las curvas circulares son arcos de circunferencia que tienen un solo radio y forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas, estas pueden ser simples o compuestas. Entre los principales elementos característicos se tienen los siguientes.

Grado de curvatura:

Es el ángulo formado por un arco de 20 metros. Su máximo valor es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño. El grado de curvatura constituye un valor significante en el diseño del alineamiento. Se representa con la letra Gc y su fórmula es la siguiente:

$$G_C = \frac{1145.92}{R}$$

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 36)

Radio de curvatura:

Es el radio de la curva circular y se identifica como R, su fórmula en función del grado de curvatura es: (pág. 36)

$$R = \frac{1145.92}{G_C}$$

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 36)

Cuando las vías tengan en su topografía curvas circulares éstas deben estar diseñadas para brindar seguridad y comodidad a los conductores, considerando además el aspecto económico de la vía para que los vehículos puedan transitar, de modo que, en carreteras con curvas circulares existen factores que limitan los métodos de diseño del alineamiento horizontal, como el radio mínimo de curvatura, el peralte máximo, factores de fricción y las longitudes de transición mínima cuando se pasa de una tangente a una curva. (Ministerio de Transportes de Centroamérica, 2004, págs. IV-33)

2.2.1.1 Relación entre el radio y el peralte

En curvas circulares los vehículos que se mueven en esta trayectoria experimentan el efecto de las fuerzas centrípetas y centrifugas que actúa hacia el centro de curvatura, la cual es sostenida por un componente de peso del vehículo en relación con el peralte de la calzada, por la fricción que se produce entre los neumáticos y la superficie del pavimento. (AASHTO, 2011, págs. III-18)

Radio mínimo de curvatura:

El radio mínimo de curvatura horizontal es el valor más bajo que facilita la seguridad en el recorrido de un vehículo con velocidad de diseño. Está dado en función del peralte máximo adoptado y el coeficiente de fricción lateral correspondiente. Cuando

se tengan radios menores al radio mínimo se deberá colocar pendientes de mayor inclinación que las permitidas, lo que ocasionaría dificultad a la operación de los vehículos, en especial a los que viajen a bajas velocidades. El radio mínimo seguro puede calcularse con la siguiente fórmula. (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 36)

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e+f)}$$

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 36)

Donde:

R_{min}= Radio mínimo de curva horizontal, (m).

V= Velocidad de diseño, (km/h).

f= Coeficiente de fricción lateral.

e= Peralte de la curva, m/m (metro por metro de calzada).

En ciertas ocasiones puede ser conveniente utilizar el radio mínimo, por ejemplo: en lugares donde la topografía del terreno sea montañosa escarpada, en la aproximación a los cruces de accidentes de relieve o hidrográficos, en intersecciones entre caminos y en vías urbanas.

Peralte:

Es la inclinación transversal que se le da a la calzada especialmente en curvas, para contrarrestar las fuerzas centrífugas que actúan sobre el vehículo y por la fuerza de fricción que se produce entre los neumáticos y el pavimento. (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 52)

La fuerza centrífuga que se presenta en las curvas provoca inestabilidad al vehículo, haciendo que este se deslice e inclusive si el coeficiente de fricción es lo suficientemente alto puede provocar el volcamiento del vehículo. A continuación, se presenta una figura con las fuerzas que intervienen cuando un vehículo circula por una curva:

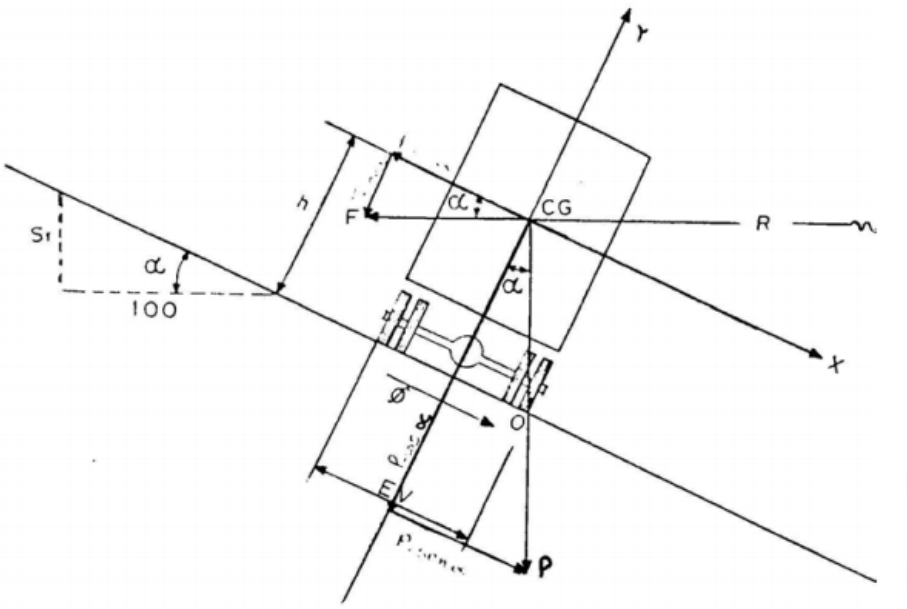


Ilustración 2.2: Estabilidad de un vehículo en curva

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 52)

Además, se ha obtenido la fórmula para calcular el peralte y es la siguiente:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 54)

Donde:

e= Peralte de la curva, (m/m).

V= Velocidad de diseño, (km/h).

R= Radio de curvatura, (m).

f= Máximo coeficiente de fricción lateral. (Ver Tabla 7)

Tabla 7: Valores máximos de f

REQUERIMIENTOS	VALORES LIMITES PERMISIBLES DE "F"; SEGUN EL PAVIMENTO ESTE		
	SECO	HUMEDO	CON HIELO
ESTABILIDAD CONTRA EL VOLCAMIENTO	0,60	O,60	0,60
ESTABILIDAD CONTRA EL DESLIZAMIENTO	0,36	0,24	0,12
COMODIDAD DEL VIAJE PARA EL PASAJERO	0,15	0,15	0,15
EXPLOTACION ECONOMICA DEL VEHICULO	0,16	0,10	0,10

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 55)

La elección de un peralte adecuado para las curvas garantiza comodidad y seguridad a las personas que se movilizan en los vehículos, por lo tanto, se debe limitar el uso de grandes peraltes, porque esto puedo provocar el deslizamiento de vehículos que viajan a velocidades bajas.

Con investigaciones realizadas, se ha determinado que es conveniente contrarrestar la fuerza centrífuga con el 55% del peralte y el 45% restante contrarrestarlo con la fuerza de rozamiento. También hay recomendaciones para el valor máximo del peralte, para vías con velocidades de diseño mayores a 50 km/h y con capa de rodadura asfáltica, de concreto o empedrado el peralte máximo será del 10%; y para caminos con velocidades de hasta 50 km/h y capa de rodadura granular se recomienda máximo el 8% de peralte. (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 56)

Por consiguiente, los factores mencionados anteriormente serán necesarios para realizar este estudio, ya que, con ayuda de estos datos se determinará la velocidad de diseño para la Vía Interoceánica, porque la finalidad de este estudio es comparar las velocidades de diseño, reglamentaria y percentil para conseguir una velocidad segura a la que los conductores deben transitar por esta vía para no ser víctimas de accidentes.

Como no contamos con los datos necesarios, la ecuación de Radio mínimo servirá para calcular la velocidad de diseño en cada tramo; con la siguiente ecuación:

$$V = \sqrt{127 R_{min}(e + f)}$$

Ahora para seleccionar el peralte y el coeficiente de fricción serán valores estimados los cuales cumplan, para brindar la velocidad segura, es decir, serán valores que permitan obtener una velocidad baja. Es así que el coeficiente de fricción se lo asumirá de la siguiente ilustración, considerando que el valor de la velocidad reglamentaria es de 50 Km/h, dando como resultado un valor de f de 0,19 aproximadamente para una zona de vías asumidas de baja velocidad.

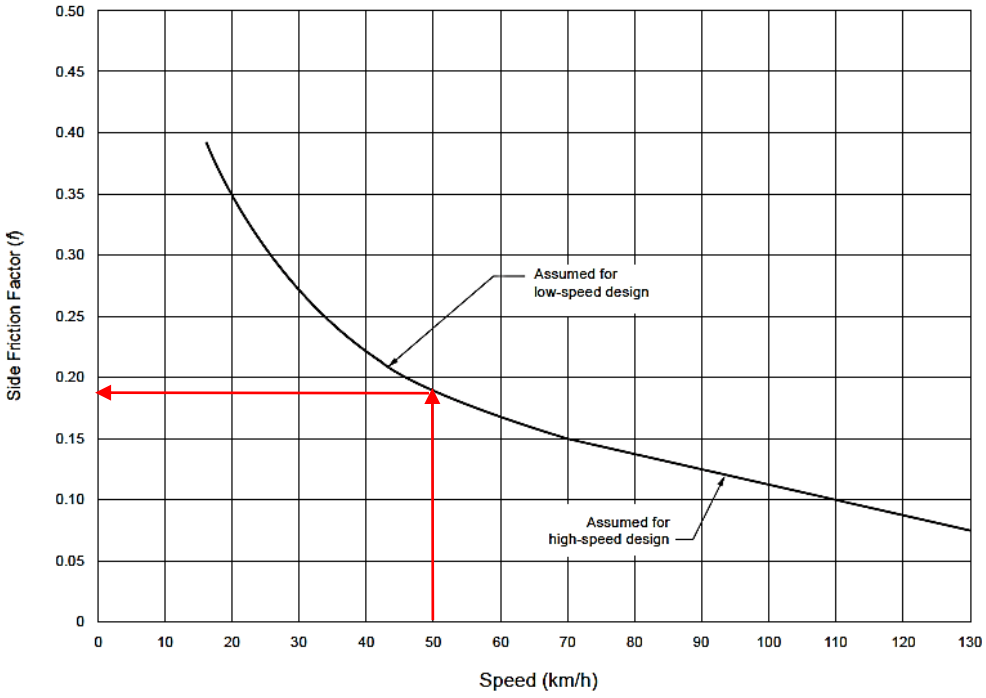


Ilustración 2.3: Relación del coeficiente de fricción f y la velocidad

Fuente: (AASHTO, 2011, págs. III-25)

A continuación, se utilizó la siguiente Tabla 8 propuesta por la AASHTO (2011), que muestra los radios mínimos según el peralte y el coeficiente de fricción.

Tabla 8: Radios mínimos según valores límites de e y f

Metric					
Design Speed (km/h)	Maxi-mum *e* (%)	Maxi-mum *f*	Total (*e*/100 + *f*)	Calcu-lated Radius (m)	Rounded Radius (m)
15	4.0	0.40	0.44	4.0	4
20	4.0	0.35	0.39	8.1	8
30	4.0	0.28	0.32	22.1	22
40	4.0	0.23	0.27	46.7	47
50	4.0	0.19	0.23	85.6	86
60	4.0	0.17	0.21	135.0	135
70	4.0	0.15	0.19	203.1	203
80	4.0	0.14	0.18	280.0	280
15	6.0	0.40	0.46	3.9	4
20	6.0	0.35	0.41	7.7	8
30	6.0	0.28	0.34	20.8	21
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123
70	6.0	0.15	0.21	183.7	184
80	6.0	0.14	0.20	252.0	252
90	6.0	0.13	0.19	335.7	336
100	6.0	0.12	0.18	437.4	437
110	6.0	0.11	0.17	560.4	560
15	8.0	0.40	0.48	3.7	4
20	8.0	0.35	0.43	7.3	7
30	8.0	0.28	0.36	19.7	20
40	8.0	0.23	0.31	40.6	41
50	8.0	0.19	0.27	72.9	73
60	8.0	0.17	0.25	113.4	113
70	8.0	0.15	0.23	167.8	168
80	8.0	0.14	0.22	229.1	229
90	8.0	0.13	0.21	303.7	304
100	8.0	0.12	0.20	393.7	394
110	8.0	0.11	0.19	501.5	501
120	8.0	0.09	0.17	667.0	667
15	10.0	0.40	0.50	3.5	4
20	10.0	0.35	0.45	7.0	7
30	10.0	0.28	0.38	18.6	19
40	10.0	0.23	0.33	38.2	38
50	10.0	0.19	0.29	67.9	68
60	10.0	0.17	0.27	105.0	105
70	10.0	0.15	0.25	154.3	154
80	10.0	0.14	0.24	210.0	210
90	10.0	0.13	0.23	277.3	277
100	10.0	0.12	0.22	357.9	358
110	10.0	0.11	0.21	453.7	454
120	10.0	0.09	0.19	596.8	597
130	10.0	0.08	0.18	739.3	739
20	12.0	0.35	0.47	6.7	7
30	12.0	0.28	0.40	17.7	18
40	12.0	0.23	0.35	36.0	36
50	12.0	0.19	0.31	63.5	64
60	12.0	0.17	0.29	97.7	98
70	12.0	0.15	0.27	142.9	143
80	12.0	0.14	0.26	193.8	194
90	12.0	0.13	0.25	255.1	255
100	12.0	0.12	0.24	328.1	328
110	12.0	0.11	0.23	414.2	414
120	12.0	0.09	0.21	539.9	540
130	12.0	0.08	0.20	665.4	665

Fuente: (AASHTO, 2011, págs. III-32)

2.2.1.2 Perceptibilidad de la curva

Al momento de transitar por una carretera con curvas horizontales el conductor siempre debe tener la visibilidad necesaria para conducir con comodidad y seguridad; esta visibilidad puede verse afectada por obstáculos como taludes de corte, construcciones, árboles, barreras de seguridad, muros, etc. La perceptibilidad de la curva se puede definir como la distancia de visibilidad de parada, que es la cuerda que forma la curva a lo largo de la línea central del carril interior de la curva, esta medida no debe interferir en la visibilidad entre el eje del carril interior y el obstáculo lateral para que permita al conductor satisfacer sus necesidades. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 141)

Existe la forma de determinar la distancia entre el eje del carril interior y el punto del obstáculo lateral, es decir, el arco que se forma entre estos dos objetos que resulta ser la dirección visual entre el vehículo y el obstáculo; y se lo conoce como flecha (M), como se muestra a continuación en la ilustración 3. Así, la flecha mínima determina la distancia de visibilidad de parada necesaria para cualquier curva y se calcula de la siguiente relación: (Ministerio de Transporte-Instituto Nacional de Vías, 2008, pág. 161)

$$M = R_c * \left[1 - \cos\left(\frac{28{,}65 * D_P}{R_c}\right)\right]$$

Fuente: (Ministerio de Transporte-Instituto Nacional de Vías, 2008, pág. 161)

Donde:

M= Flecha, distancia del eje del carril interior al obstáculo, (m).

R_c= Radio de la curva horizontal, (m).

D_P= Distancia de visibilidad de parada, (m).

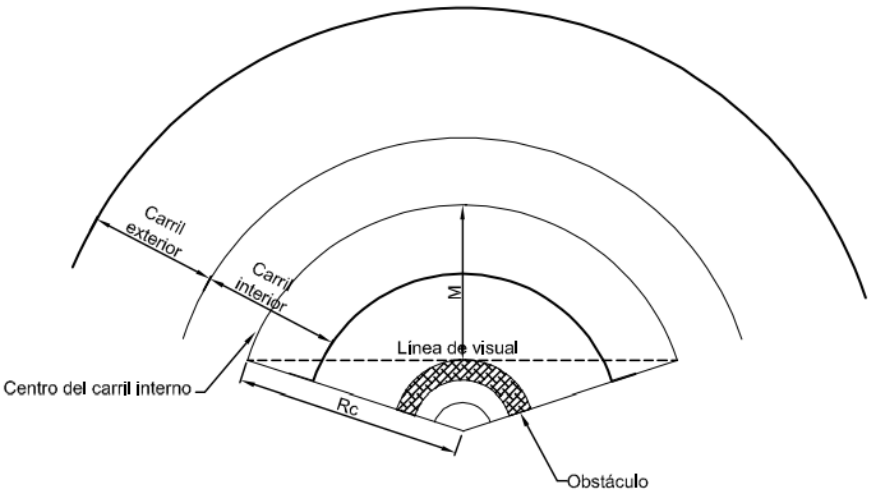


Ilustración 2.4: Elementos para la determinación de la flecha

Fuente: (Ministerio de Transporte-Instituto Nacional de Vías, 2008, pág. 162)

2.2.2 Curvas de Transición

Son curvas que sirven para que el conductor que esta circulado por una curva tenga un tramo de carretera de transición para pasar a una sección recta o tangente de la carretera, las cuales sirven para dar seguridad en el cambio de estos tramos, puesto que este cambio no puede darse de forma repentina; además cuando los vehículos pasan por curvas estos tienden a invadir el carril contrario por acción de la fuerza centrífuga que se produce cuando se recorren curvas.

De modo que, las curvas de transición unen el extremo final de un tramo recto con el inicio de una curva que facilita al conductor recorrer con seguridad y comodidad por curvas, ya que, mantiene al vehículo dentro de su propio carril, es decir, mantiene al vehículo en su línea de circulación evitando el peligro de choque o colisión con otro vehículo, además disminuye la fuerza centrífuga que provoca la misma curva. (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 41)

Según la Norma para Estudios Viales (2013):

> Para realizar la transición la curva más utilizada es la clotoide o también conocida como espiral de Euler. Por definición, el radio en cualquier punto de la espiral varía en relación inversa a la distancia medida a lo largo de la espiral. (pág. 135)

En la ilustración 2.5 se presentan los elementos y la geometría de una curva de transición:

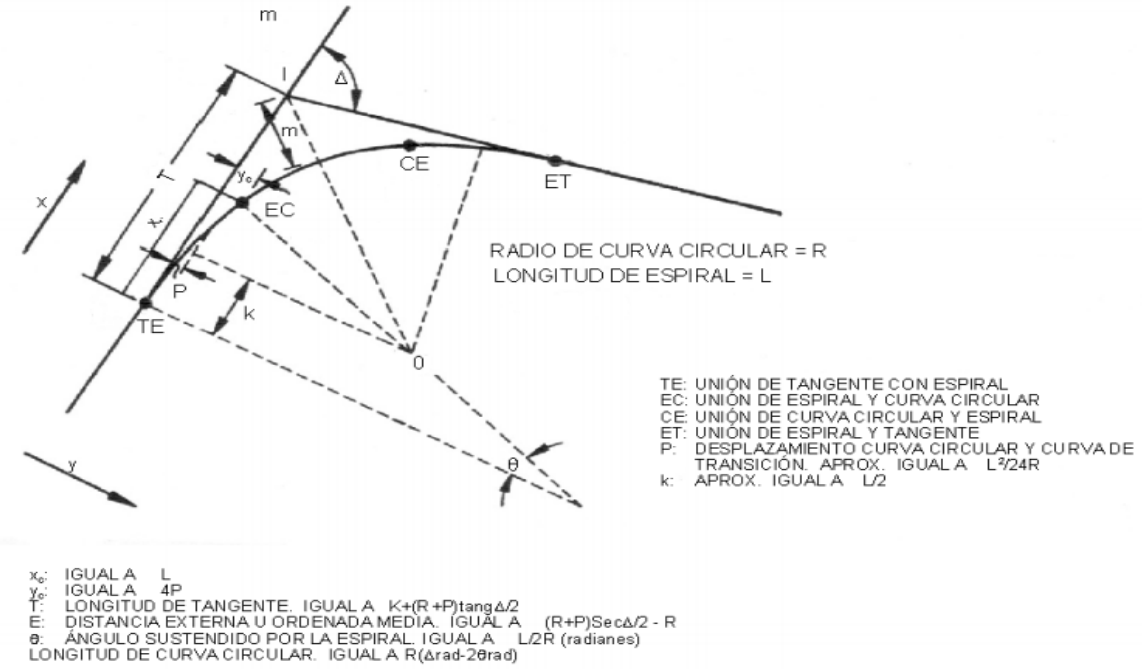


Ilustración 2.5: Elementos de la curva y espiral

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 135)

La utilización de curvas de transición brinda ciertas ventajas al conductor como, por ejemplo:

- Una transición de curva en espiral adecuadamente diseñada controla la fuerza centrífuga, puesto que la fuerza disminuye gradualmente cuando el vehículo ingresa o sale de una curva circular, de modo que el conductor tenga una trayectoria lo más natural posible, evitando cambios bruscos en la aceleración, la invasión de carriles y mantenga una velocidad uniforme y cómoda para el usuario.
- La curva de transición espiral permite tener una distancia de transición para el ancho de la calzada cuando se requiera ampliar la curva circular.
- Con la aplicación de curvas de transición se mejora la apariencia de la carretera, debido a que la clotoide o espiral es muy flexible y se acomoda a la topografía del terreno, impidiendo la discontinuidad del alineamiento al inicio y final de curvas circulares.
- Uno de los parámetros importantes que tienen las curvas de transición es la longitud de transición, que es la distancia de transición para que el conductor

cambie de la pendiente transversal normal en una sección recta a la pendiente totalmente peraltada de una sección curva. (AASHTO, 2011, págs. III-68-69)

2.2.2.1 Longitud de transición

La longitud de la transición es la distancia entre TE y EC o entre CE y ET que se identifican en la ilustración anterior, el valor de esta longitud no debe ser menor que un valor mínimo para que la transición pueda apreciarse de forma clara. Entonces la longitud mínima se expresa por la siguiente formula:

$$Le = 0.0702 \left(\frac{V^3}{R * C}\right)$$

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 136)

Donde:

Le= Longitud mínima de transición de la espiral, (m).

El valor de 0.0702 es el coeficiente por fricción y peralte.

V= Velocidad de diseño, (km/h).

R= Radio central de la curva, (m).

C= Tasa de incremento de la aceleración centrípeta, (m/s^3). Es un factor de comodidad y seguridad implementado para la curva espiral, su valor varía entre 1 y 3 m/s^3. Para mayor seguridad y confort se utiliza 1, en Ecuador se utiliza C=2 por la topografía y economía. (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 45)

A continuación, se presenta la Tabla 9, con los valores de longitud de transición de una espiral los cuales pueden aumentar o disminuir, dependiendo de la formula y factores utilizados.

Tabla 9: Longitudes de transición, en carreteras de 2 carriles

Peralte	Longitud de Transicion y Velocidades de Diseño Km/h							
	40	50	60	70	80	90	100	110
Carriles de 3,65 Metros								
0,02	25	30	35	40	50	55	60	65
0,04	25	30	35	40	50	55	60	65
0,06	35	35	40	40	5	55	60	65
0,08	45	45	50	55	60	60	65	70
0,10	55	55	60	65	75	75	80	85
0,12	65	65	75	80	90	90	95	105

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 137)

2.3 Diseño geométrico en perfil

2.3.1 Acuerdos verticales

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI (2013):

> Los acuerdos verticales o curvas verticales son necesarias para enlazar con curvas verticales parabólicas dos rasantes con pendientes diferentes, cuya diferencia algebraica entre ellas sea mayor a 1% para carreteras pavimentadas. Para que las curvas verticales parabólicas sean seguras y funcionales deben estar relacionadas con los parámetros mencionados para las curvas horizontales, como: distancia de visibilidad, visibilidad de parada, una forma de comprobar que esto se cumpla es utilizando el Índice de curvatura K. (págs. 143-144)

El índice de curvatura K está relacionado con la longitud de curvatura vertical y según la norma se expresa como se muestra a continuación:

$$L = K * A$$

Fuente: (Norma para Estudios y Diseños Viales, 2013, pág. 144)

Donde:

L= Longitud de la curva vertical o acuerdo vertical.

K= Índice de curvatura.

A= Valor absoluto de la diferencia algebraica entre pendientes, = (i_2-i_1) en porcentaje.

Los acuerdos verticales dependen a más de otros parámetros también de la topografía del terreno por lo cual se pueden clasificar como convexas y cóncavas, para las cuales la NEVI ha determinado el valor del índice de curvatura (K) según su clasificación.

2.3.2 Curvas verticales convexas

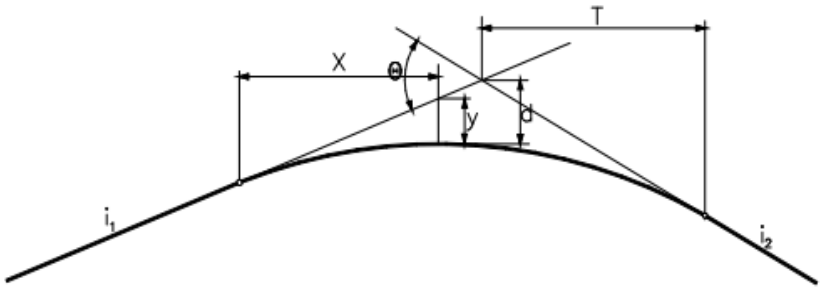


Ilustración 2.6: Curva vertical convexa

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2000, pág. 64)

Tabla 10: Índice (K) para la longitud de curva vertical convexa

Velocidad (Km/h)	Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado	
	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Indice de Curvatura K
20	20	0,6
30	35	1,9
40	50	3,8
50	65	6,4
60	85	11
70	105	17
80	130	26
90	160	39

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 144)

2.3.3 Curvas verticales cóncavas

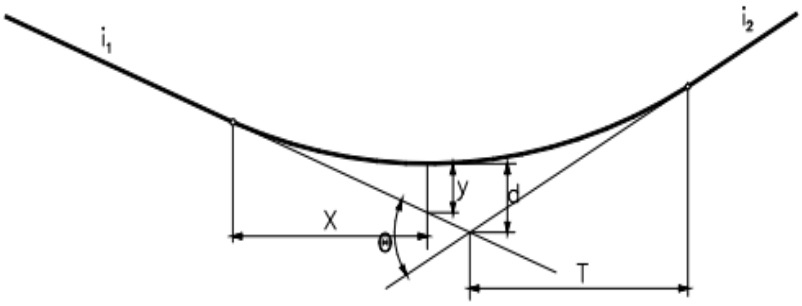


Ilustración 2.7: Curva vertical cóncava

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2000, pág. 64)

Tabla 11: Índice (K) para la longitud de curva vertical cóncava

Velocidad (Km/h)	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Indice de Curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38
El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) K = L/A por el porcentaje de la diferencia algebraica.		

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 144)

2.3.4 Pendientes longitudinales

Se debe tomar en cuenta también las pendientes, por lo general, corresponden a la topografía del terreno, pero lo conveniente es no tener pendientes muy grandes con la finalidad de que en la carretera se pueda circular a una velocidad razonable.

En la siguiente Tabla 12 se muestran las pendientes verticales máximas que pueden adoptarse, dependiendo de la clase de la carretera y en función del TPDA según la Norma

de Diseño Geométrico (2003). Además, en la Norma para Estudios y Diseños Viales (2013) se observa los valores de pendientes máximas en función de su velocidad de diseño y del terreno y se presenta en la Tabla 13:

Tabla 12: Valores de diseño de pendientes longitudinales máximas (%)

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—Io	R—II	>	8.000	TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3.000	a	8.000	TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1.000	a	3.000	TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300	a	1.000	TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100	a	300	TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos de		100	TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2003, pág. 204)

Tabla 13: Pendientes Máximas

Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (Km/h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 145)

Por consiguiente, con los valores límites de pendientes, se puede comprobar que las pendientes longitudinales de la vía Interoceánica cumplen con lo establecido por las dos normas.

2.3.5 Distancia de visibilidad

Para conducir con comodidad, o en ciertas ocasiones realizar maniobras con suficiente margen de seguridad mientras se recorre curvas verticales se debe determinar las dimensiones mínimas de la curva vertical en función de la velocidad que está relacionada con la distancia de visibilidad y otros parámetros. (Kraemer , Sánchez Blanco, Gardeta, & Rocci, 1997, pág. 22.10)

Por lo tanto, la Norma 3.1-IC, muestra en la Tabla 14 los valores del índice de curvatura (K) con los que se dispone de visibilidad de parada, para diferentes velocidades de diseño y con obstáculos a una altura de 0.50 metros; estos valores son para cualquier clase de carretera. Los valores mínimos de K para adelantamiento solo serán válidos para carreteras donde se pueda realizar esta maniobra.

Tabla 14: Parámetros mínimos de curvas verticales para disponer de visibilidad de parada para cualquier clase de carretera

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento	K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento
1	140	22 000	--	10 300	--
	130	16 000	--	8 600	--
2	120	11 000	--	7 100	--
	110	7 600	--	5 900	--
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Nota 1: Los valores de K_v de esta Tabla se han obtenido para una altura del obstáculo h_2 = 0,50 m. Para alturas inferiores, deberán calcularse los correspondientes valores mínimos de K_v.

Nota 2: Los valores de K_v en acuerdos cóncavos se han obtenido para condiciones nocturnas y alcance ilimitado de los faros del vehículo, por lo que dado el limitado alcance real de los mismos, la adopción de dichos valores de K_v no garantizará la visibilidad en horas nocturnas.

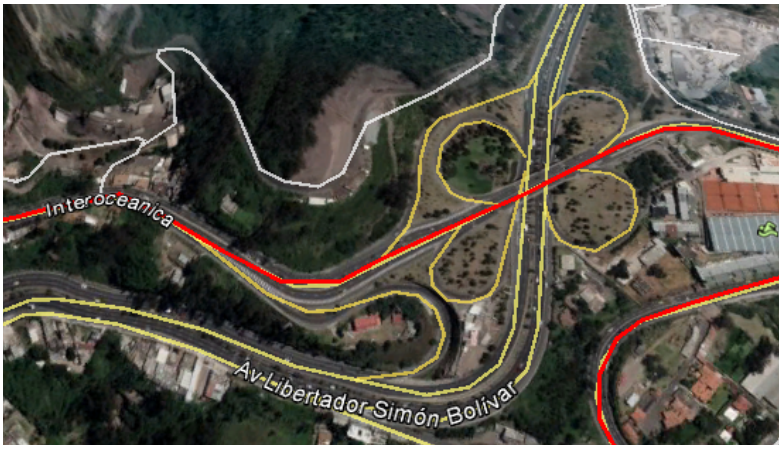
Fuente: (Ministerio de Fomento, 2000, pág. 66)

2.4 Intersecciones

En la Avenida Interoceánica por ser una red que conecta varios sectores del norte de Quito, cuenta con intersecciones o intercambiadores que facilitan ésta unión, por lo tanto, se debe conocer los puntos donde calles primarias o secundarias ingresan o salen de la Av. Interoceánica ya que estos pueden ser motivo para ocasionar accidentes de tránsito.

Cabe mencionar que los vehículos que se aproximen a una intersección deben circular a una velocidad máxima de 30 km/h con el fin de no ocasionar molestia a la movilidad de los demás conductores. (Constitución de la República del Ecuador, 2012, pág. 45)

En primer lugar, en sentido este-oeste y oeste-este la vía interseca a la Autopista Simón Bolívar en un intercambiador ubicado aproximadamente a 2680 m.s.n.m.



Fuente: (Google Earth, 2018)

La vía continúa descendiendo hasta llegar a la segunda intersección de sentido este-oeste y oeste-este la cual se dirige a Miravalle 1 y de igual forma en ambos sentidos un desvío para ingresar a la calle Eugenio Espejo.



Fuente: (Apple Google)

Al llegar a Cumbayá se encuentra una intersección en el sector El Cebollar o intercambiador de Las Bañistas este desvío se conecta con la Av. De los Conquistadores que permite el ingreso de vehículos de la Av. Interoceánica y salida de vehículos a la misma. Además, existe un desvío en sentido este-oeste hacia la Av. Pampita.



Fuente: (Google Earth, 2018)

Después se encuentra el redondel de Cumbayá que permite desviarse hacia la calle Pedro Bustamante y Francisco de Orellana o avanzar por la Av. Interoceánica o la Av. Interoceánica-Cumbayá hasta el redondel Escalón de Lumbisí.



Fuente: (Google Earth, 2018)

Antes de llegar al redondel Escalón de Lumbisí hay una intersección donde se unen la Av. Interoceánica-Cumbayá con la E28C y la vía Lumbisí, este sector consta de varios semáforos para permitir la adecuada circulación de los vehículos que avanzan al este u oeste de la vía.



Fuente: (Google Earth, 2018)

El redondel Escalón de Lumbisí o conocido también como redondel Auqui-Primavera es uno de los más importantes para la avenida en estudio, ya que, permite los giros hacia y desde el Escalón Lumbisí y en unos kilómetros se conecta con la Ruta Viva una de las carreteras más importantes de Quito en la actualidad.



Fuente: (Google Earth, 2018)

2.4.1 Carriles de cambio de velocidad

Los carriles de cambio de velocidad tienen con finalidad permitir a los conductores incrementar o disminuir la velocidad, de modo que el vehículo que sale desde un desvío o ramal de carretera pueda acelerar al momento de ingresar a una autopista hasta alcanzar la velocidad de circulación de la autopista, ya que su velocidad es inferior a la de la vía. Del mismo modo un vehículo que sale de la autopista debe frenar hasta alcanzar la velocidad de circulación del desvío. (Ministerio de Obras Públicas, 2003, págs. 64-A)

Para evitar que estos cambios de velocidad se produzcan de manera abrupta, es decir, que interfieran en la circulación normal de la vía y puedan provocar el riesgo de accidentes; se deben habilitar carriles adicionales que permitan realizar estos cambios fuera de la calzada. A estos carriles se los denomina de deceleración y aceleración. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 154)

De acuerdo a Kraemer (2003) es conveniente colocar carriles adicionales para cambiar de velocidad en las conexiones con:

- Las vías con carreteras separadas.
- Las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h.
- Las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 60 km/h y q tengan una intensidad media diaria de vehículos (IMD) mayor a 1500 vehículos. (pág. 284)

2.4.2 Carril de deceleración

Tiene como propósito permitir a los conductores disminuir la velocidad de su vehículo mientras ingresan a un desvío de salida o a un ramal de enlace, de tal forma que puedan alcanzar la velocidad de circulación del desvío, esto resulta ser muy útil cuando se tienen grandes diferencias de velocidades entre la vía principal (autopista) y vía secundaria (desvío). (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 155)

Existes dos tipos de carriles de deceleración y que se diferencian en su funcionamiento. Estos pueden ser de tipo directo y tipo paralelo.

- Tipo directo: sale de la carretera principal con un ángulo muy pequeño, en este caso los conductores no realizan cambios de dirección para ingresar al desvío, sino su recorrido es más directo.

- Tipo paralelo: aquí se une un carril a la carretera formando una cuña lineal para darle una longitud de transición a la vía, los conductores deben realizar tres cambios de dirección para ingresar al desvío. (Kraemer , Pardillo , Rocci, Romana , & Sánchez Blanco, 2003, pág. 284)

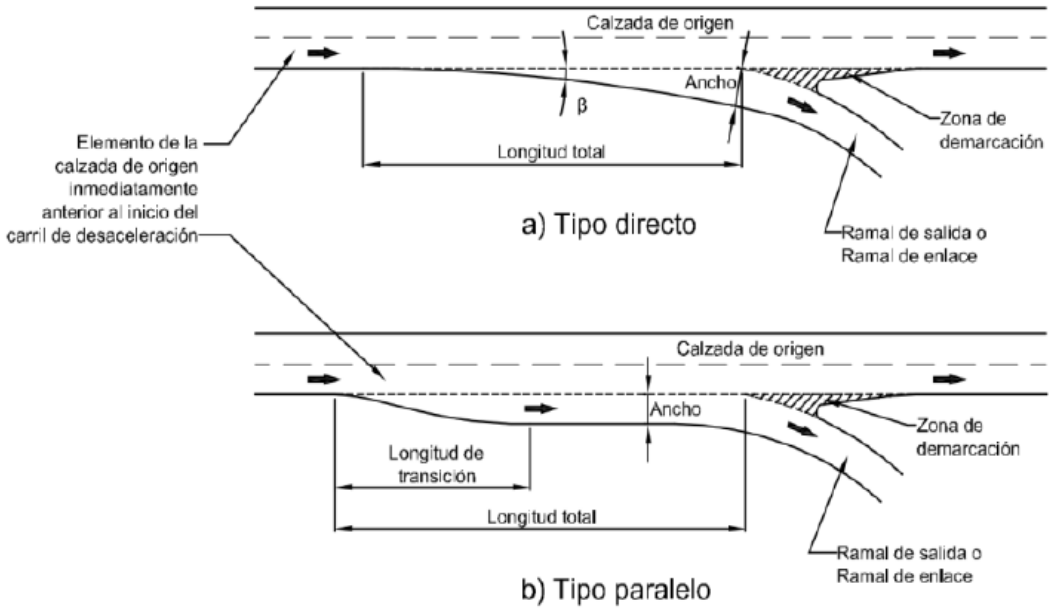


Ilustración 2.8: Esquema de carriles de deceleración

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 155)

Para los conductores que viajan de oeste a este por la Av. Interoceánica y desean ir al sur por la Av. Simón Bolívar existe un desvío con un carril de deceleración.



Fuente: (Google Earth, 2018)

2.4.3 Carril de aceleración

La Norma para Estudios y Diseños Viales (2013) menciona que "los carriles de aceleración deben ser paralelos a la calzada principal y su diseño es para que los vehículos que quieran incorporarse a la vía principal puedan hacerlo con una velocidad similar a la de los vehículos que circulan por ésta" (pág. 154).

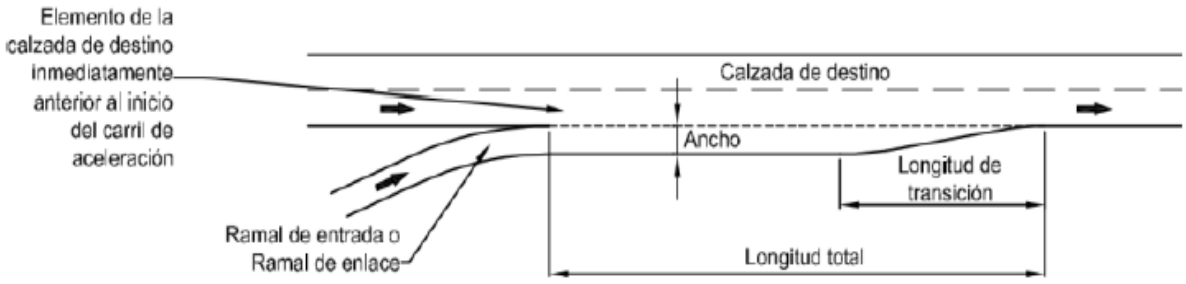


Ilustración 2.9: Esquema de carril de aceleración

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI, 2013, pág. 155)

Como ejemplo en el intercambiador de la Simon Bolivar existe un carril de aceleración para los vehiculos que viajan por esta vía en sentido norte-sur para ingresar a la Av. Interoceanica.



Fuente: (Google Earth, 2018)

3. DISEÑO DE VELOCIDAD REGLAMENTARIA EN LA VÍA INTEROCÉANICA

Conociendo que para obtener un diseño óptimo de velocidades o también conocida como velocidad de directriz, es recomendable tener una velocidad constante para una ruta o un tramo de carretera y en una intersección se debe cambiar dicha velocidad es por esto que la velocidad en una vía no puede ser única, para la intersección se debe diseñar una velocidad considerando cada uno de los elementos a diseñar, por ejemplo para giros a la derecha, a la izquierda; es decir que va a responder a una velocidad especifica en cada una de las intersecciones.

Para los accesos de las intersecciones se debe considerar una velocidad aproximada de un 80% de la velocidad directriz de la vía.

Una parte importante para el diseño de la velocidad es el de las características geométricas del vehículo que van a operar tanto en la ruta como en las intersecciones de la Avenida Interoceánica como son: el ancho, el largo, distancia entre ejes, radios mínimos de giros, entre otros; lo que es indispensable es identificar el tipo de vehículos y los cuales podemos mencionar: (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 124)

- Livianos (automóviles y camionetas), se representa con la letra L
- Comerciales (camiones simples y ómnibus), se representa con la letra C

Se debe considerar las 3 hipótesis siguientes para la selección del vehículo las cuales son:

Hipótesis I: predominan los vehículos livianos con paso ocasional de vehículos comerciales, con esto se adoptará con la letra L, y estos se utilizará en:

- Intersecciones poco importantes con espacio muy limitado
- Vías urbanas con imposibilidad de ocupar espacio adicional
- Cruce de vías locales con otras principales

En la Avenida Interoceánica se encuentra varios de estos ítems, los cuales cumplen la expectativa del diseño para vehículos tipo L.

Hipótesis II: si el porcentaje de vehículos comerciales es superior al 10% con paso ocasional, este caso se debe considerar que es un tipo de vehículo tipo C, donde generalmente se lo puede establecer para todas las intersecciones no urbanas o también donde va a transitar trasporte público. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 125)

Aquí se puede mencionar que no todo el tramo de la vía en estudio puede cumplir la hipótesis II, ya que en la vía en los primeros tramos hasta llegar al desvío con la Avenida Simón Bolívar solo está permitida la circulación de carros livianos, pasando este tramo del desvío ya cumple con la hipótesis II pues ya existe circulación de vehículos comerciales como camiones y transporte público.

Hipótesis III: si el porcentaje de vehículos comerciales es superior al 25% del tránsito total. Los vehículos que se utiliza especialmente en las intersecciones según como nos establece la norma AASHTO, se debe clasificar según sus características de la siguiente manera (Ilustración 3.1) donde indica la topología que corresponde: (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 125)

- Automóviles y Camiones (P) = Livianos (L)
- Ómnibus Interurbanos (BUS14) y Camiones Simples (SU) = Comerciales (C)
- Ómnibus Grande (B12) = Comerciales (C)

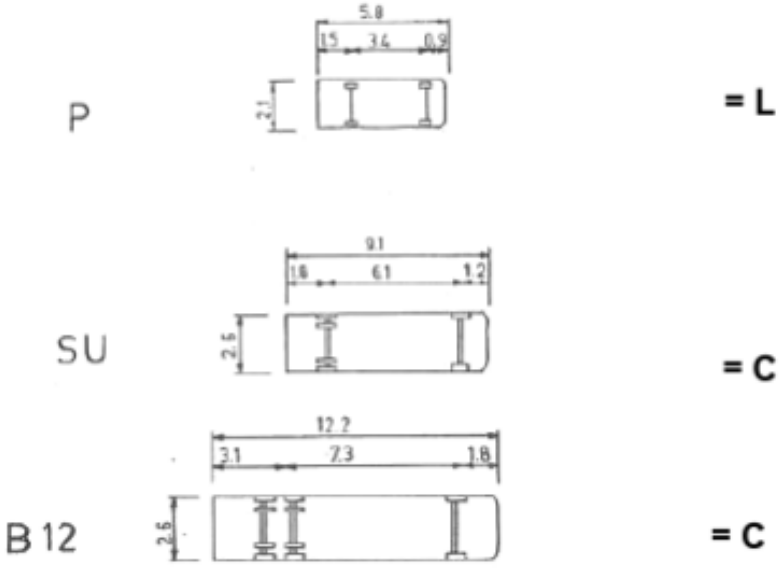


Ilustración 3.1: Dimensiones de vehículos tipo

Fuente: (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 125)

Para poder determinar la velocidad de diseño, se debe tener en cuenta que la máxima prioridad es la seguridad de todos los conductores que estén transitando en la vía, por lo cual la velocidad de diseño que va a estar a lo largo de todo el trazado debe ser la que brinde seguridad a los conductores para que no tengan dificultades ante cambios bruscos

debido a la topografía del terreno, con lo cual los conductores puedan transitar con seguridad en toda la vía. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 175)

Para que el diseñador pueda garantizar una velocidad estable, se debe considerar rutas de tramos homogéneos, donde a tramos de ruta que tengan las mismas características de topografía se les puedan asignar una misma velocidad. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 175)

Para identificar los tramos homogéneos de velocidad de diseño se debe atender los siguientes criterios:

- La longitud mínima de un tramo de carretera con una velocidad de diseño debe ser de 3 kilómetros para velocidades entre 20km/h a 50 km/h, y para 4 kilómetros la velocidad está entre 60 km/h a 110 km/h. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 175)

En la Avenida Interoceánica se tienen velocidades de diseño para tramos homogéneos de 60 a 90 km/h. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 175)

Para tener una mayor uniformidad de la velocidad en las curvas, esta debe ser segura para los conductores, por lo cual las velocidades de los elementos que son de tramos uniformes sean como mínimo la velocidad de diseño del tramo y no obstante superar la velocidad más de 20 km/h. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 176)

3.1 Estudio de velocidades para vehículos livianos, tipos L

Existe límites establecidos por la Agencia Nacional de Transito (ANT) para diferentes tipos de vehículos que circulan en la Avenida Interoceánica, para lo cual los vehículos tipo L se han establecido límites de los cuales son que: la velocidad máxima para sectores urbanos es de 50 km/h donde el rango moderado es de 50 km/h a 60 km/h; en el sector perimetral es de 90 km/h donde el rango moderado es de 90 km/h a 120 km/h; en rectas de carreteras es de 100 km/h donde el rango moderado es de 100 km/h a 135 km/h y finalmente en curvas es de 60 km/h donde el rango moderado es de 60 km/h a 75 km/h. (Agencia Nacional de Tránsito, 2012, págs. VI-40)

3.2 Estudio de velocidades para vehículos de transporte público, tipo C

En la Avenida Interoceánica establecen que para vehículos de transporte público, el límite de velocidad por estudios de la ANT en sectores urbanos es de 40 km/h donde el rango moderado es de 40 km/h a 50 km/h; en el sector perimetral es de 70 km/h donde el rango moderado es de 70 km/h a 100 km/h; rectas es de 90 km/h donde el rango moderado es de 90 km/h a 115 km/h y finalmente en curvas es de 50 km/h donde el rango moderado es de 50 km/h a 65 km/h. (Agencia Nacional de Tránsito, 2012, págs. VI-41)

3.3 Estudio de velocidades para vehículos de carga pesada, tipo C

En la Avenida Interoceánica establecen que para vehículos de carga pesada, el límite de velocidad máxima según estudios en el sector urbano es de 40 km/h donde el rango moderado es de 40 km/h a 50 km/h; en el sector perimetral es de 70 km/h donde el rango moderado es de 70 km/h a 95 km/h; en rectas es de 70 km/h donde el rango moderado es de 70 km/h a 100 km/h y finalmente en curvas es de 40 km/h donde el rango moderado es de 40 km/h a 60 km/h. (Agencia Nacional de Tránsito, 2012, págs. VI-41)

A continuación, se puede observar la Tabla 15 con las velocidades de estudio a nivel nacional, que establece la ANT:

Tabla 15: Límites máximos de velocidad según el tipo de vía

1. Para vehículos livianos, motocicletas y similares:

Tipo de vía	Límite máximo	Rango moderado (Art. 142.g de la Ley)	Fuera del rango moderado (Art. 145.e de la Ley)
Urbana	50 Km/h	>50 Km/h - <60 Km/h	>60 Km/h
Perimetral	90 Km/h	>90 Km/h - <120 Km/h	> 120 Km/h
Rectas en carreteras	100 Km/h	>100 Km/h - <135 Km/h	> 135 Km/h
Curvas en carreteras	60 Km/h	>60 Km/h - <75 Km/h	> 75 Km/h

2. Para vehículos de transporte público de pasajeros:

Tipo de vía	Límite máximo	Rango moderado (Art. 142.g de la Ley)	Fuera del rango moderado (Art. 145.e de la Ley)
Urbana	40 Km/h	>40 Km/h - <50 Km/h	>50 Km/h
Perimetral	70 Km/h	>70 Km/h - <100 Km/h	> 100 Km/h
Rectas en Carreteras	90 Km/h	>90 Km/h - <115 Km/h	> 115 Km/h
Curvas en carreteras	50 Km/h	>50 Km/h - <65 Km/h	> 65 Km/h

3. Para vehículos de transporte de carga:

Tipo de vía	Límite máximo	Rango moderado (Art. 142.g de la Ley)	Fuera del rango moderado (Art. 145.e de la Ley)
Urbana	40 Km/h	>40 Km/h - <50 Km/h	>50 Km/h
Perimetral	70 Km/h	>70 Km/h - <95 Km/h	> 95 Km/h
Rectas en Carreteras	70 Km/h	>70 Km/h - <100 Km/h	> 100 Km/h
Curvas en carreteras	40 Km/h	>40 Km/h - <60 Km/h	> 60 Km/h

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2012, pág. 41)

El giro que establece tanto para los vehículos livianos, los de transporte público y carga pesadas en la vía Interoceánica, es el espacio mínimo absoluto para poder ejecutar un giro de 180 grados en el sentido del movimiento de las agujas del reloj, con esto queda definida la trayectoria que se divide en exterior e interior, donde la exterior es determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y esta se refiere a una característica del fabricante, y la inferior va depender siempre de la trayectoria exterior del ancho del vehículo, de la distancia entre el primer y último eje del vehículo dependiendo del camión del tipo rígido o semirremolque. (ANT, 2018, pág. 2)

Tabla 16: Radios para vehículos ligeros

Vehículo ligero (VL) Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	Rmáx exterior vehículo (E)	Rmín interior vehículo (I)	Rmín Interior Rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	7,76 m	5,14 m	5,28 m	17,8º
60º	7,84 m	4,73 m	4,88 m	24,2º
90º	7,87 m	4,59 m	4,74 m	26,4º
120º	7,88 m	4,54 m	4,69 m	27,3º
150º	7,88 m	4,52 m	4,67 m	27,6º
180º	7,88 m	4,51 m	4,66 m	27,7º

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2016)

Tabla 17: Radios para vehículos de carga pesada

Ómnibus de dos ejes (B2)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx Exterior vehículo (E)	R mín Interior Rueda (J)	Ángulo Máximo dirección
30º	13,76 m	10,17 m	20,2º
60º	14,09 m	8,68 m	30,0º
90º	14,24 m	7,96 m	34,9º
120º	14,31 m	7,59 m	37,4º
150º	14,35 m	7,40 m	38,7º
180º	14,37 m	7,30 m	39,3º

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2016)

Para el diseño de velocidades se tiene en consideración varias velocidades, las cuales están interrelacionadas y son:

Velocidad de Operación: esta velocidad es con la que los conductores están operando con sus vehículos durante las siguientes condiciones: flujo libre, clima, visibilidad y calzada en las condiciones más favorables, éstas son cuando sobre el conductor solo influye la geometría para la selección de la velocidad. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 44)

Velocidad de Marcha: cuando se tenga condiciones libres donde se relaciona la longitud de una sección de camino y el tiempo real que el vehículo tarda en recorrerla. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 44)

Velocidad Media de Marcha: es la suma de todos los recorridos por todos los vehículos divididos para la suma de los tiempos de marcha, y dice que según la AASHTO 94, que es la relación entre la velocidad directriz y la velocidad media de marcha influidas por el volumen de tránsito. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 45)

Velocidad Límite: la existencia de velocidades límites es para favorecer la seguridad de las personas según el tipo de camino y el medio de transporte, esta velocidad es la máxima o mínima velocidad permitida por la ley, para tener eficacia en controlar la velocidad se les comunica a los conductores por medio de señales regulatorias.

Estas velocidades son determinadas por estudios realizados en la ingeniería vial, estos límites fomentan el cumplimiento obligatorio y voluntario del conductor, por lo cual estableciendo esta velocidad se puede separar de la gran mayoría de los conductores su alto riesgo de peligro vial. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 46)

Velocidad Máxima Legal: esta es la máxima velocidad autorizada por la ley igualmente para los diferentes tipos de vías y vehículos, para que estás sean válidas deben adoptarse la seguridad y las condiciones favorables. En autopistas y carreteras es más probable que se tenga mayor velocidad y así también se tenga mayor probabilidad de accidentes, incluso muertes. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 46)

Las estadísticas en base a estudios mencionan que por cada incremento de 4 km/h en los límites, la velocidad de operación crece 1 km/h, así también los choques con heridos en un 3%. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 46)

3.4 Velocidad percentil

La velocidad percentil o también conocida como velocidad de operación, es una estadística en la cual viajan el 85 por ciento de los vehículos éstos en condiciones favorables. (Berardo & Baruzzi, 2014, pág. 44)

Esta velocidad no puede ser conocida en la fase de diseño de la carretera, por lo cual se han desarrollado diferentes estudios para estimar el valor en función de las características geométricas, este valor está definido en la fase de estudios, en la cual la velocidad se fundamenta en las rectas y curvas, además también se observa las diferentes tasas de aceleración y deceleración.

Para que se pueda solventar una velocidad de diseño se inicia de la velocidad percentil 85, a la cual se le sumará 10 o 20 km/h, obteniendo así una velocidad de operación de mayor percentil. Al realizar numerosos estudios se presentan diferentes categorías que influyen sobre la velocidad:

- Geométricas asociadas al trazado de la vía (tales como el radio de curvatura o longitud de una recta)
- No geométricas también asociadas al trazado (se complica aquí en los modelos)
- Variables relacionadas con los conductores (son difíciles de identificar y estimar la variabilidad en los modelos de velocidad)

Existen dos diferentes modelos de estimación de las velocidades, la principal clasificación puede ser en discretos o continuos.

- Discreto.- son aplicables en curvas o rectas y proporciona un valor de velocidad, aunque algunos modelos pueden proporcionar valores no uniformes.
- Continuos.- aquí se aplica en tramos de vía compuesta, para que cumpla se debe usar el modelo discreto uniendo según diferentes normas y configurando un perfil de velocidad continuo a lo largo de todo el trazado de la vía Interoceánica.

3.4.1 Frecuencia excesiva o inadecuada en la vía Interoceánica

Estos dos modelos de estimación de velocidades son inadecuados en la vía Interoceánica, ya que para obtener estos modelos la toma de datos se debe llevar en sitios puntuales siendo un punto puntual la curva y suponiendo la velocidad constante en el resto, tomando

estos valores no se podría garantizar la velocidad que se escoja sea la mínima y que también la velocidad no sea constante dentro de una curva.

Se sabe que la velocidad en los tramos de curvatura depende de su radio, donde el grado de curvatura es la primordial característica para que la velocidad que va a producirse en la vía Interoceánica sea variable, debido a la presencia de un gran número de curvas en la misma.

En la siguiente tabla se muestra diferentes modelos para el cálculo de la velocidad percentil en curvas según diferentes autores:

Tabla 18: Modelos de velocidad percentil en curvas

Año	Autor (es)	Modelo	R^2
1954	Taragin	$v_{85} = 88.87 - \frac{2554.76}{R}$	0.86
1981	McLean	$v_{85} = 101.2 - \frac{2730}{R}$	0.87
1986	Glennon et al.	$v_{85} = 103.96 - \frac{4524.94}{R}$	0.84
1986	Lamm y Choueiri	$v_{85} = 94.39 - \frac{3189.94}{R}$	0.79
1988	Lamm et al.	$v_{85} = 94.398 - \frac{3188.656}{R}$	0.790
1990	Kanellaidis et al.	$v_{85} = 109.09 - \frac{3837.55}{R}$	0.647
1990	Kanellaidis et al.	$v_{85} = 129.88 - \frac{623.1}{\sqrt{R}}$	0.777
1993	Ottesen	$v_{85} = 103.64 - \frac{3400.73}{R}$	0.80
1994	Ottesen y Krammes	$v_{85} = 103.70 - \frac{3403}{R}$	0.800
1994	Morrall y Talarico	$v_{85} = e^{4.564 - 0.00586 \cdot DC}$	0.631
1994	Islam y Seneviratne	$v_{85} = 103.03 - \frac{4208.76}{R} - \frac{36597.92}{R^2}$	0.98
1995	Krammes et al.	$v_{85} = 103.66 - 1.95 \cdot DC$	0.800
1999	Lamm et al	$v_{85} = 95.594 - 1.597 \cdot DC$	0.787
1999	Pasetti y Fambro	$v_{85} = 103.90 - \frac{3020.50}{R}$	0.680
2000	Ottesen y Krammes (Modelo 1)	$v_{85} = 103.66 - 1.95 \cdot DC$	0.800

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2016)

Se puede encontrar varios modelos que sirven para calcular la velocidad percentil de vías que tengan distintas características como puede ser la anchura de los carriles, ángulo de deflexión, longitud de la curvatura y variables no geométricas. A continuación, indicaremos los cuadros de velocidades en la vía Interoceánica.

Tabla 19: Modelos de velocidad percentil para curvas con características variables

Año	Autor (es)	Modelo	R^2
1981	McLean	$v_{85} = 53.80 + 0.464 \cdot v_F - \frac{3260}{R} + \frac{85000}{R^2}$	0.92
1982	Kerman et al.	$v_{85} = v_a - \frac{v_a^3}{398 \cdot R}$	0.91
1986	Setra	$v_{85} = (102/1 + 346/(57.300/CCR)^{(-1.5)})$	N/A
1987	Lamm y Choueiri	$v_{85} = 93.85 - 0.045 \cdot CCR$	0.787
1987	Lamm y Choueiri	$v_{85} = 55.84 - \frac{2809.32}{R} + 0.634 \cdot LW + 0.053 \cdot SW + 0.0004 \cdot IMD$	0.842
1987	Lamm y Choueiri	$v_{85} = 95.6 - 0.04866667 \cdot CCR$	0.820
1990	Kanellaidis et al.	$v_{85} = 32.20 + 0.839 \cdot v_d + \frac{2226.9}{R} - \frac{533.6}{\sqrt{R}}$	0.925
1993	Lamm	$v_{85} = \frac{10^6}{8270} + 7.20 \cdot CCR$	0.730
1993	Krammes et al.	$v_{85} = 102.44 - \frac{274.81}{R} + 0.012 \cdot L_C - 0.10 \cdot I$	0.82
1994	Ottesen y Krammes	$v_{85} = 103.04 - 0.0477 \cdot CCR$	0.800
1995	Krammes et al.	$v_{85} = 102.45 - 1.57 \cdot DC + 0.0037 \cdot L_C - 0.10 \cdot DF$	0.820
1995	Krammes et al.	$v_{85} = 41.62 - 1.29 \cdot DC + 0.0049 \cdot L_C - 0.12 \cdot DF + 0.95 \cdot v_T$	0.900
1995	Lamm et al.	$v_{85} = \frac{10^6}{10150.1} + 7676 \cdot CCR$	0.810
1995	Choueiri et al.	$v_{85} = 91.03 - 0.050 \cdot CCR$	0.810
1996	Voigt	$v_{85} = 99.61 - \frac{2951.37}{R} + 0.014 \cdot L_C - 0.13 \cdot DF + 71.82 \cdot e$	0.84
1997	McFadden y Elefteriadou	$v_{85} = 41.62 - 1.29 \cdot DC + 0.0049 \cdot L_C - 0.12 \cdot DF + 0.95 \cdot v_T$	0.90
1999	Lamm et al.	$v_{85} = e^{4.561 - 0.000585555 \cdot CCR}$	0.630
2000	Ottesen y Krammes (Modelo 2)	$v_{85} = 102.44 - 1.57 \cdot DC - 0.012 \cdot L_C - 0.01 \cdot DC \cdot L_C$	0.810
2000	McFadden y Elefteriadou	$85\ MSR = -14.90 + 0.144 \cdot v_T - \frac{954.55}{R} + 0.0153 \cdot L_T$	0.712
2000	McFadden y Elefteriadou	$85\ MSR = -0.812 + \frac{998.19}{R} + 0.017 \cdot L_T$	0.603
2005	Crisman et al.	$v_{85} = 48.447 - \frac{4995.01}{R} + \frac{163893.24}{R^2} + 0.5598 \cdot v_d$	0.88

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2016)

El modelo que se utilizó para el cálculo de la velocidad percentil en curvas para la vía Interoceánica fue creado por Bonneson (2009), ya que esta ecuación no solamente sirve para vehículos ligeros, sino también para vehículos pesados, este modelo considera que el conductor varía su demanda de rozamiento transversal para su seguridad y eficiencia del viaje.

En este modelo se consideró en su estudio 7 segundos para vehículos ligeros y 3 segundos para los vehículos pesados, donde se indica la siguiente ecuación:

$$Vc85 = \left(15 * Rp * \frac{0.196 - 0.00106 * Vt85 + 0.000073 * V^2t85 - 0.0150 * Itk + \frac{e}{100}}{1 + 0.00109 * Rp}\right)^{0.5} \leq Vt85$$

Donde:

Vc85= Percentil 85 para velocidad curva

Vt85= percentil 85 para velocidad recta

Rp= Radio de trayectoria

Itk= Indicador de variable para pesado=1 y livianos=0

e= Peralte (%)

El último modelo de Pérez (2010) da una nueva metodología para el cálculo de velocidad de perfiles continuos, donde los radios sean menores para 400 m se aplica la siguiente ecuación, la cual fue utilizada para la vía en estudio.

$$V85 = 102{,}048 - \frac{3990{,}26}{R}$$

Donde:

R= Radio de curvatura horizontal

Esta última expresión es importante para la vía Interoceánica ya que los radios de curvatura que se tiene son menores de 400 metros, por lo cual es muy favorable para nuestro caso de estudio de la vía.

Es muy distinta la velocidad percentil de la recta con la de una curva, ya que la velocidad de la curva es más compleja y es menos precisa, esto aunque no se tenga una aceleración lateral que compensar, con lo dicho anteriormente si existe un riesgo en la vía Interoceánica de poder salirse de la vía no entra la elección de la velocidad que aplica los conductores, ya que la velocidad entra en otros criterios como puede ser la sección transversal, el trafico existente y la geometría del tramo (curva o recta). (Zuriaga Pérez, 2011, pág. 32)

En las velocidades de la vía Interoceánica se pueden distinguir dos tipos de rectas que son:

- Rectas Independientes
- Rectas no Independientes

Las rectas independientes son las que tienen mayor longitud para que los conductores puedan alcanzar su velocidad deseada, en esta recta los factores que afectan comúnmente para la elección de la velocidad no es la geometría, sino la sección transversal, el entorno de la vía y el tráfico que se pueda producir.

En la vía Interoceánica no se puede observar mucho de rectas independientes, solo se tiene pequeños tramos que van a cumplir con este tipo de recta; lo que se puede decir que cumple es en el tráfico, pues resulta ser un mayor problema en varios tramos de la vía, el cual aumenta en horas picos donde no se puede tomar rutas alternas para evitar el tráfico. Por lo tanto, podemos tomar este ítem para tener la mejor elección de la velocidad percentil de la vía Interoceánica.

Las rectas no independientes son de menor longitud con eso se puede decir que los conductores no pueden desarrollar toda la velocidad que permite la vía, en este caso la dispersión de la velocidad es menor existiendo algunos modelos de estimación de la velocidad considerando específicamente la longitud y las curvaturas.

Esta parte de la recta no independiente para la vía Interoceánica es importante ya que cumple con todas las características establecidas pues encontramos en su gran mayoría tramos rectos y curvas, esto va a facilitar la forma de la elección de la velocidad percentil de la vía Interoceánica. (Zuriaga Pérez, 2011, pág. 33)

Con los modelos que ya se tienen para rectas independientes y de cuales se puede partir para poder realizar el estudio de las velocidades percentiles son los que se indican a continuación:

- Modelo de Ottesnsen (2000). Vt=97.9 km/h
- Modelo de Fitzpatrick (2000). Vt= 100 km/h
- Modelo de Easa (2003). Vt aquí se aproxima en 100 km/h en vías convencionales con velocidad límites de 90 km/h

Fitzapatrick en el año 2000 realizó un estudio para poder ver la velocidad percentil de la recta aplicando gráficos y estadísticas, al ver estos métodos se comprobó que las variables estadísticas eran insignificantes, por lo tanto, al final la conclusión fue emplear la velocidad media de las rectas de longitud mayor a 200 metros de la geografía que vaya a pertenecer la vía. En este caso Fitzpatrick recomienda emplear una velocidad media de 97.9 km/h.

Polus (2000) viendo esta conclusión toma datos de las velocidades en rectas y en los puntos medios de las curvas adyacentes y calcula la velocidad percentil, debido al gran número de variables se optó por realizar dos modelos los cuales fueron: uno considerando las variables más correlacionadas y el otro considerando variables con menor correlacionadas. (Zuriaga Pérez, 2011, pág. 33)

3.5 Análisis de los límites de velocidad

En los límites de la velocidad percentil se va a establecer cumpliendo algunos parámetros en los que están los principales como la protección del conductor.

En el Ecuador los límites de velocidad fueron establecidos para la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre del Ecuador en el año de 1996, para los años posteriores se han realizado reformas que ya no solo determinan el límite de la velocidad, ahora también si se sobre pasa ese límite de velocidad puede estar sancionado drásticamente, a continuación, está la tabla de límites de velocidades. (Zambrano, 2017, pág. 13)

También los límites de velocidad se pueden comprobar mediante la visibilidad de los puntos conflictivos que son, por ejemplo, lugares donde circula el peatón, accesos de vías secundarias. Se debe aplicar que las velocidades reglamentarias que están adoptadas

deben tener una concordancia a las velocidades de diseño y el número de accidentes de tránsito que puedan ocasionar en la vía, en conclusión, toda velocidad reglamentaria deberá ir apoyada por un rediseño. (Zambrano, 2017, pág. 13)

Tabla 20: Límites de velocidad

Tipo de Vía	Límite Máximo	Rango Moderado	Fuera de Rango Moderado
Urbana	50 km/h	> 50 km/h - < 60 km/h	> 60 km/h
Perimetral	90 km/h	> 90 km/h - < 120 km/h	> 120 km/h
Rectas en carreteras	100 km/h	> 100 km/h - < 135 km/h	> 135 km/h
Curvas en carreteras	60 km/h	> 60 km/h - < 75 km/h	> 75 km/h

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2012, pág. 17)

Los factores de los que van a depender para realizar los ajustes de aumento o limitación de las velocidades son las condiciones del trazado de la vía y el tráfico.

En el uso de la velocidad percentil la principal característica para seleccionar la adecuada velocidad es siguiendo algunos conceptos fundamentales que da el gobierno que son:

- Los límites de velocidad están medidos a la medida que deben partir de la velocidad percentil para poder establecer dicha velocidad limite.
- Lo que se desea es que los conductores tomen conciencia para poder evitar accidentes de transito

Los factores que van a determinar los límites de la velocidad se van ajustando a la velocidad percentil, quedando una tabla de la siguiente manera:

Tabla 21: Límites de velocidad con factores de ajuste

Ancho del carril (m)	Límite de velocidad de estudio (mínima [km / h])			
	30	40	50	60
<2.8	0	0	0	-5
2.8 a 3.2	5	5	0	0
3.3 a 3.5	10	10	5	5
> 3.5	15	15	10	10

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2012, pág. 17)

Es muy importante la selección de la vía ya que puede estar entre 10, 20, 30, 40 y 50 km/h, donde se va a dividir a las vías con la velocidad de la siguiente manera:

- Para las vías de 40 y 50 km/h se las puede considerar como flujo vehicular
- Para las vías de 10, 20 y 30 km/h se las puede considerar como índice medio diario

En la vía Interoceánica con los estudios realizados en los tramos del peaje Guayasmín hasta el complejo del Club Deportivo Nacional se mantuvo con una velocidad de 50 km/h que se puede decir que se considera como un flujo vehicular.

Estas son vía que tienen una gran capacidad, diseñadas para una alta velocidad a lo largo de todo su tramo.

3.6 Estadísticas de accidentes

La estadística de los accidentes, heridos y muertes en la vía Interoceánica están comparados con los años 2018 y 2019, pero para el año 2019 están registrados solo hasta el mes de agosto; a continuación, se lo presenta en las siguientes tablas:

Tabla 22: Siniestros en la Interoceánica

MES	2018	2019
ENERO	16	14
FEBRERO	18	11
MARZO	13	3
ABRIL	26	14
MAYO	15	9
JUNIO	21	12
JULIO	14	8
AGOSTO	14	0
SEPTIEMBRE	9	0
OCTUBRE	14	0
NOVIEMBRE	18	0
DICIEMBRE	13	0
TOTAL	**191**	**71**

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2019)

Tabla 23: Heridos en la Interoceánica

MES	2018	2019
ENERO	6	6
FEBRERO	6	4
MARZO	6	1
ABRIL	24	14
MAYO	10	16
JUNIO	15	3
JULIO	11	9
AGOSTO	8	0
SEPTIEMBRE	3	0
OCTUBRE	10	0
NOVIEMBRE	8	0
DICIEMBRE	8	0
TOTAL	**115**	**53**

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2019)

Tabla 24: Fallecidos en la Interoceánica

MES	2018	2019
ENERO	1	0
FEBRERO	2	0
MARZO	0	0
ABRIL	1	2
MAYO	1	0
JUNIO	2	3
JULIO	0	0
AGOSTO	0	0
SEPTIEMBRE	0	0
OCTUBRE	0	0
NOVIEMBRE	0	0
DICIEMBRE	1	0
TOTAL	**8**	**5**

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito, 2019)

4. RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Velocidades a las que transitan los vehículos en la vía Interoceánica

Tabla 25: Resultados finales (Sentido Oeste-Este)

PTO	COORDENADAS				TIPO DE TRAMO	PERCENTIL CALIDO		PERCENTIL LLUVIA		REGLAMENTARIO		DISEÑO		VELOCIDAD CALIDO		VELOCIDAD LLUVIA	
	INICIO		FINAL			LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
0--1	-0,193468	-78,4669	-0,1936969	-78,465959	recto	53		48		50	40			50	40	47	40
1--2	-0,1936969	-78,465959	-0,193518	-78,464896	recto	50		45		50	40			50	40	45	40
2--3	-0,193518	-78,464896	-0,1935242	-78,464741	curvo	42		38		50	40	44	44	41	40	37	40
3--4	-0,1935242	-78,464741	-0,1935429	-78,464489	curva												
4--5	-0,1935429	-78,464489	-0,1933122	-78,464308	curva	76		69		50	40	68	68	50	40	50	40
5--6	-0,1933122	-78,464308	-0,1931383	-78,463943	curva												
6--7	-0,1931383	-78,463943	-0,1929752	-78,462596	curva												
7--8	-0,1929752	-78,462596	-0,1928182	-78,462225	curva												
8--9	-0,1928182	-78,462225	-0,1928046	-78,462273	curva	32		29		50	40	41	41	32	40	28	40
9--10	-0,1928046	-78,462273	-0,192338	-78,460414	curva												
10--11	-0,192338	-78,460414	-0,192199	-78,461382	curva	56		50		50	40	50	50	50	40	50	40
11--12	-0,192199	-78,461382	-0,1913957	-78,459414	curva												
12--13	-0,1913957	-78,459414	-0,1909084	-78,458238	recta	60		54		50	40			50	40	50	40
13--14	-0,1909084	-78,458238	-0,1907813	-78,457994	curva												
14--15	-0,1907813	-78,457994	-0,1908569	-78,457876	curva	53		47		50	40	49	49	48	40	47	40
15--16	-0,1908569	-78,457876	-0,1916506	-78,455921	curva												
16--17	-0,1916506	-78,455921	-0,1916698	-78,455877	curva	40		36		50	40	43	43	39	40	35	40
17--18	-0,1916698	-78,455877	-0,1893662	-78,453187	curva												
18--19	-0,1893662	-78,453187	-0,1893693	-78,453191	curva												
19--20	-0,1893693	-78,453191	-0,1891971	-78,452142	curva	58	22	52	19	50	40	51	51	50	19	50	19
20--21	-0,1891971	-78,452142	-0,1899664	-78,451425	curva												
21--22	-0,1899664	-78,451425	-0,1899529	-78,451374	curva	46	19	41	17	50	40	45	45	45	17	41	17
22-23	-0,1899529	-78,451374	-0,1908448	-78,45213	curva												
23--24	-0,1908448	-78,45213	-0,1910181	-78,452741	recto	70	58	63	52	50	40			50	40	50	40
24--25	-0,1910181	-78,452741	-0,1911024	-78,452616	recto	62	60	56	54	50	40			50	40	50	40
25--26	-0,1911024	-78,452616	-0,1920862	-78,453479	curva												
26--27	-0,1920862	-78,453479	-0,1928638	-78,452689	curva	54	21	49	19	50	40	49	49	49	19	48	19
27--28	-0,1928638	-78,452689	-0,1910482	-78,449298	curva												
28--29	-0,1910482	-78,449298	-0,1884779	-78,446336	recto	65	53	59	48	50	40			50	40	50	40
29--30	-0,1884779	-78,446336	-0,1885301	-78,445326	recto	50	46	45	41	50	40			50	40	45	40
30--31	-0,1885301	-78,445326	-0,1892777	-78,445403	curva	33	16	38	14	50	40	41	41	33	14	37	14
31--32	-0,1892777	-78,445403	-0,1896448	-78,445918	curva												
32--33	-0,1896448	-78,445918	-0,1906059	-78,44617	curva	42	17	38	15	50	40	44	44	41	15	37	15
33--34	-0,1906059	-78,44617	-0,1905027	-78,445306	curva												
34--35	-0,1905027	-78,445306	-0,1896031	-78,444098	recto	60	51	54	46	50	40			50	40	50	40
35--36	-0,1896031	-78,444098	-0,1884824	-78,443088	recto	65	53	59	48	50	40			50	40	50	40
36--37	-0,1884824	-78,443088	-0,1882374	-78,441603	curva												
37--38	-0,1882374	-78,441603	-0,1890879	-78,441199	curva	65	25	58	22	50	40	56	56	50	22	50	22
38--39	-0,1890879	-78,441199	-0,1894831	-78,441345	curva												
39--40	-0,1894831	-78,441345	-0,1899773	-78,441532	curva												
40--41	-0,1899773	-78,441532	-0,1916412	-78,44318	recto	65	48	59	43	50	40			50	40	50	40
41--42	-0,1916412	-78,44318	-0,1920134	-78,443489	curva	44	20	39	18	50	40	45	45	43	18	39	18
42--43	-0,1920134	-78,443489	-0,1929848	-78,44317	curva												
43--44	-0,1929848	-78,44317	-0,1936059	-78,44391	curva	58	23	52	20	50	40	51	51	50	20	50	20
44--45	-0,1936059	-78,44391	-0,193733	-78,445121	curva												
45--46	-0,193733	-78,445121	-0,1945008	-78,446097	curva	67	25	60	23	50	40	58	58	50	22	50	22
46--47	-0,1945008	-78,446097	-0,1950856	-78,445695	curva												
47--48	-0,1950856	-78,445695	-0,1961571	-78,443573	recto	62	51	56	46	50	40			50	40	50	40
48--49	-0,1961571	-78,443573	-0,1961255	-78,442138	curva	40	15	36	14	50	40	34	34	34	13	34	13
49--50	-0,1961255	-78,442138	-0,1974593	-78,438854	recto	53	35	48	32	50	40			50	31	47	31
50--51	-0,1974593	-78,438854	-0,1992229	-78,43448	recto	48	35	43	32	50	40			48	31	43	31
51--52	-0,1992229	-78,43448	-0,2012397	-78,432846	curva	32	14	29	13	50	40	30	30	30	12	28	12
52--53	-0,2012397	-78,432846	-0,2023295	-78,430133	recto	32	24	29	22	50	40			32	21	28	21
53--54	-0,2023295	-78,430133	-0,2030735	-78,429898	curva												
54--55	-0,2030735	-78,429898	-0,2033684	-78,430302	curva	43	15	39	13	50	40	45	45	43	13	39	13
55--56	-0,2033684	-78,430302	-0,2037728	-78,431849	curva												
56--57	-0,2037728	-78,431849	-0,2049347	-78,433166	curva	40	14	36	13	50	40	43	43	39	12	35	12
57--58	-0,2049347	-78,433166	-0,2054565	-78,431851	curva	32	13	28	12	50	40	41	41	31	11	28	11
58--59	-0,2054565	-78,431851	-0,2061455	-78,429096	curva												
59--60	-0,2061455	-78,429096	-0,2074965	-78,426623	recta	44	45	40	41	50	40			44	40	39	40
60--61	-0,2074965	-78,426623	-0,2075343	-78,426652	recta	61	60	55	54	50	40			50	40	50	40
61--62	-0,2075343	-78,426652	-0,2088504	-78,425487	recto	61	58	55	52	50	40			50	40	50	40
62--63	-0,2088504	-78,425487	-0,2115262	-78,424041	curva	78	28	70	26	50	40	69	69	50	25	50	25
63--64	-0,2115262	-78,424041	-0,2116601	-78,422637	curva												

Tabla 26: Resultados finales (Sentido Este-Oeste)

PTO	COORDENADAS				TIPO DE TRAMO	PERCENTIL CALIDO		PERCENTIL LLUVIA		REGLAMENTARIO		DISEÑO		VELOCIDAD CALIDO		VELOCIDAD LLUVIA	
	INICIO		FINAL			LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
0--1	-0,2115262	-78,424041	-0,2116601	-78,422637	curva	78	28	70	26	50	40	69	69	50	25	50	25
1--2	-0,2088504	-78,425487	-0,2115262	-78,424041	curva												
2--3	-0,2075343	-78,426652	-0,2088504	-78,425487	recto	61	58	55	52	50	40			50	40	50	40
3--4	-0,2074965	-78,426623	-0,2075343	-78,426652	recta	61	60	55	54	50	40			50	40	50	40
4--5	-0,2061455	-78,429096	-0,2074965	-78,426623	recta	44	45	40	41	50	40			44	40	39	40
5--6	-0,2054565	-78,431851	-0,2061455	-78,429096	curva	32	15	28	13	50	40	41	41	31	13	28	13
6--7	-0,2049347	-78,433166	-0,2054565	-78,431851	curva												
7--8	-0,2037728	-78,431849	-0,2049347	-78,433166	curva	40	16	36	14	50	40	43	43	39	14	35	14
8--9	-0,2033684	-78,430302	-0,2037728	-78,431849	curva	43	16	39	15	50	40	45	45	43	14	39	14
9--10	-0,2030735	-78,429898	-0,2033684	-78,430302	curva												
10--11	-0,2023295	-78,430133	-0,2030735	-78,429898	curva												
11--12	-0,2012397	-78,432846	-0,2023295	-78,430133	recto	32	24	29	22	50	40			32	21	28	21
12--13	-0,1992229	-78,43448	-0,2012397	-78,432846	curva	32	10	29	9	50	40	30	30	30	9	28	9
13--14	-0,1974593	-78,438854	-0,1992229	-78,43448	recto	48	35	43	32	50	40			48	31	43	31
14--15	-0,1961255	-78,442138	-0,1974593	-78,438854	recto	53	35	48	32	50	40			50	31	47	31
15--16	-0,1961571	-78,443573	-0,1961255	-78,442138	curva	40	14	36	12	50	40	34	34	34	12	34	12
16--17	-0,1950856	-78,445695	-0,1961571	-78,443573	recto	62	51	56	46	50	40			50	40	50	40
17--18	-0,1945008	-78,446097	-0,1950856	-78,445695	curva	67	25	60	22	50	40	58	58	50	22	50	22
18--19	-0,193733	-78,445121	-0,1945008	-78,446097	curva												
19--20	-0,1936059	-78,44391	-0,193733	-78,445121	curva	58	22	52	20	50	40	51	51	50	19	50	19
20--21	-0,1929848	-78,44317	-0,1936059	-78,44391	curva												
21--22	-0,1920134	-78,443489	-0,1929848	-78,44317	curva	44	19	39	17	50	40	45	45	43	17	39	17
22-23	-0,1916412	-78,44318	-0,1920134	-78,443489	curva												
23--24	-0,1899773	-78,441532	-0,1916412	-78,44318	recto	65	48	59	43	50	40			50	40	50	40
24--25	-0,1894831	-78,441345	-0,1899773	-78,441532	curva	65	25	58	22	50	40	56	56	50	22	50	22
25--26	-0,1890879	-78,441199	-0,1894831	-78,441345	curva												
26--27	-0,1882374	-78,441603	-0,1890879	-78,441199	curva												
27--28	-0,1884824	-78,443088	-0,1882374	-78,441603	curva												
28--29	-0,1896031	-78,444098	-0,1884824	-78,443088	recto	65	53	59	48	50	40			50	40	50	40
29--30	-0,1905027	-78,445306	-0,1896031	-78,444098	recto	60	51	54	46	50	40			50	40	50	40
30--31	-0,1906059	-78,44617	-0,1905027	-78,445306	curva	42	13	38	12	50	40	44	44	41	11	37	11
31--32	-0,1896448	-78,445918	-0,1906059	-78,44617	curva												
32--33	-0,1892777	-78,445403	-0,1896448	-78,445918	curva	33	12	30	11	50	40	41	41	33	10	29	10
33--34	-0,1885301	-78,445326	-0,1892777	-78,445403	curva												
34--35	-0,1884779	-78,446336	-0,1885301	-78,445326	recto	50	46	45	41	50	40			50	40	45	40
35--36	-0,1910482	-78,449298	-0,1884779	-78,446336	recto	65	53	59	48	50	40			50	40	50	40
36--37	-0,1928638	-78,452689	-0,1910482	-78,449298	curva	54	22	49	20	50	40	49	49	49	19	48	19
37--38	-0,1920862	-78,453479	-0,1928638	-78,452689	curva												
38--39	-0,1911024	-78,452616	-0,1920862	-78,453479	curva												
39--40	-0,1910181	-78,452741	-0,1911024	-78,452616	recto	62	60	56	54	50	40			50	40	50	40
40--41	-0,1908448	-78,45213	-0,1910181	-78,452741	recto	70	58	63	52	50	40			50	40	50	40
41--42	-0,1899529	-78,451374	-0,1908448	-78,45213	curva	46	15	41	13	50	40	45	45	45	13	41	13
42--43	-0,1899664	-78,451425	-0,1899529	-78,451374	curva												
43--44	-0,1891971	-78,452142	-0,1899664	-78,451425	curva	58	15	52	13	50	40	51	51	50	13	50	13
44--45	-0,1893693	-78,453191	-0,1891971	-78,452142	curva												
45--46	-0,1893662	-78,453187	-0,1893693	-78,453191	curva												
46--47	-0,1916698	-78,455877	-0,1893662	-78,453187	curva	40		36		50	40	43	43	39	40	35	40
47--48	-0,1916506	-78,455921	-0,1916698	-78,455877	curva												
48--49	-0,1908569	-78,457876	-0,1916506	-78,455921	curva	53		47		50	40	49	49	48	40	47	40
49--50	-0,1907813	-78,457994	-0,1908569	-78,457876	curva												
50--51	-0,1909084	-78,458238	-0,1907813	-78,457994	curva												
51--52	-0,1913957	-78,459414	-0,1909084	-78,458238	recta	60		54		50	40			50	40	50	40
52--53	-0,192199	-78,461382	-0,1913957	-78,459414	curva	56		50		50	40	50	50	50	40	50	40
53--54	-0,192338	-78,460414	-0,192199	-78,461382	curva												
54--55	-0,1928046	-78,462273	-0,192338	-78,460414	curva	32		29		50	40	41	41	32	40	28	40
55--56	-0,1928182	-78,462225	-0,1928046	-78,462273	curva												
56--57	-0,1929752	-78,462596	-0,1928182	-78,462225	curva												
57--58	-0,1931383	-78,463943	-0,1929752	-78,462596	curva	76		69		50	40	68	68	50	40	50	40
58--59	-0,1933122	-78,464308	-0,1931383	-78,463943	curva												
59--60	-0,1935429	-78,464489	-0,1933122	-78,464308	curva												
60--61	-0,1935242	-78,464741	-0,1935429	-78,464489	curva												
61--62	-0,193518	-78,464896	-0,1935242	-78,464741	curvo	42		38		50	40	44	44	41	40	37	40
62--63	-0,1936969	-78,465959	-0,193518	-78,464896	recto	50		45		50	40			50	40	45	40
63--64	-0,193468	-78,4669	-0,1936969	-78,465959	recto	53		48		50	40			50	40	47	40

4.2 Desarrollo de la aplicación

Todas las velocidades obtenidas durante el estudio de la vía serán almacenadas en una base de datos con la finalidad de crear una aplicación que sirva a los usuarios que transiten por la mencionada ruta.

A continuación, se describirán el funcionamiento de la aplicación denominada "Velocímetro" diseñada para dispositivos Android (celulares, tablets).

4.2.1 Configuración de la aplicación

Al iniciar la aplicación la pantalla mostrara el nombre de la aplicación, su versión y la fecha en la que el programa es utilizado. Además, cuenta con el botón "CONFIGURAR" que permite al programa cargar los datos de las velocidades anteriormente establecidas, las mismas que fueron guardadas en una nube creada para el programa.

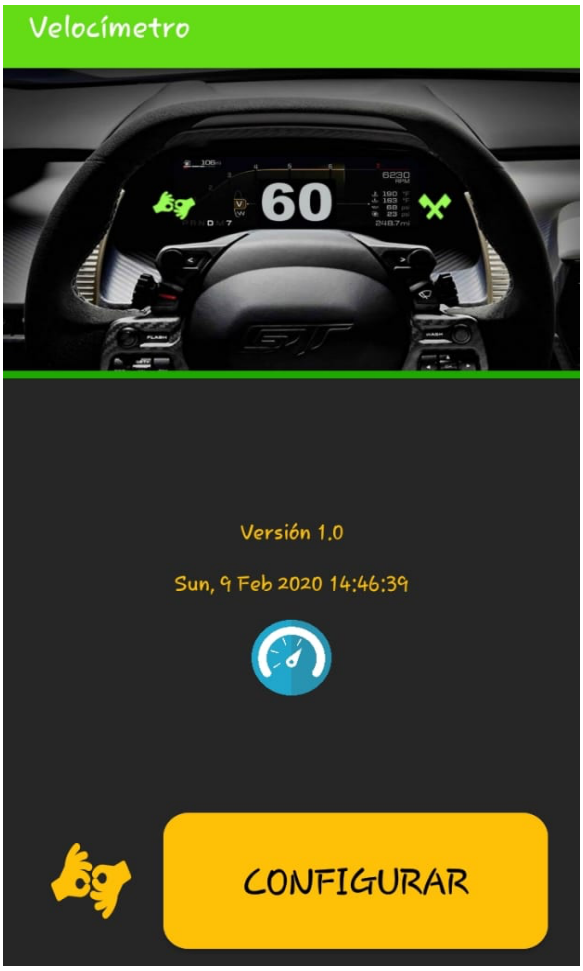


Ilustración 4.1: Pantalla de inicio

Inmediatamente se muestra la ventana de Configuración inicial donde se registrarán los siguientes datos, que son obligatorios para que la APP funcione.

- Nombre del conductor: el usuario de la aplicación debe identificarse con nombre y apellido, esto con la finalidad de mantener un registro que será almacenado en la base de datos.
- Placa: será necesario colocar para para distinguir al usuario si éste manejara diferentes vehículos.
- Escoja un tipo: este botón permite seleccionar el tipo de vehículos, para el estudio realizado se dividió entre vehículos livianos y vehículos pesados. De esta manera el programa filtrará las velocidades guardadas en la nube en función del tipo de vehículos.
- Escoja el clima: en este casillero se podrá seleccionar entre dos tipos de clima, lluvia o despejado; esta configuración sirve para que la APP tome en cuenta solo los valores de velocidades seguras permitidas para cada tipo de clima.
- Escoja una dirección: esta ventana nos permite seleccionar la dirección del viaje; para este caso las dos opciones que se muestra son para el Sentido Oeste-Este y Sentido Este-Oeste, de igual forma esto sirve para filtrar los datos guardados según la opción seleccionada.
- Escoja una vía: el programa permite identificar la vía en la que se va a conducir, ya que, la APP puede agregar diferentes rutas donde se realice un estudio de velocidades seguras.
- Botón INICIAR TRAYECTO: luego de haber completado todos los campos al presionar este botón la APP esta lista para iniciar el recorrido y realizar el control de las velocidades.

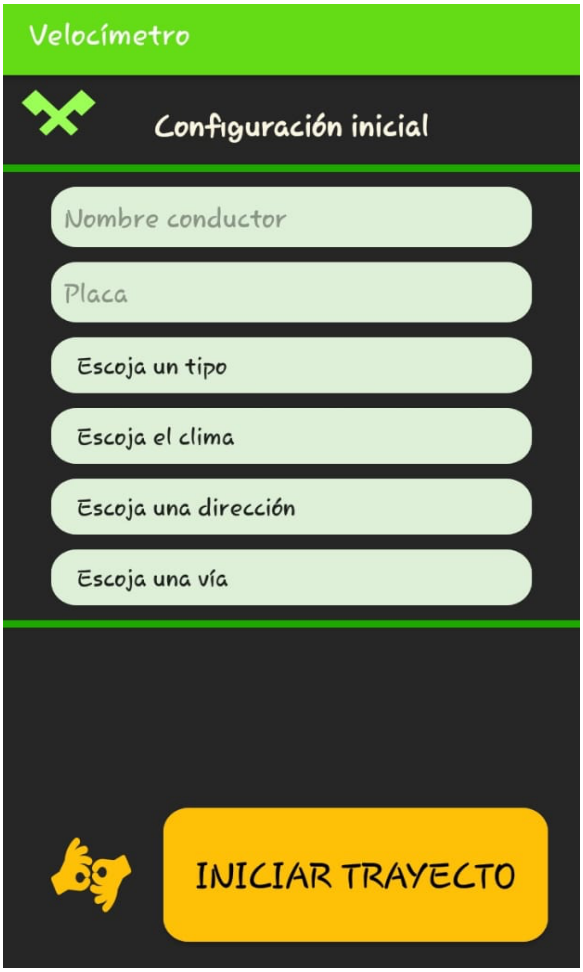


Ilustración 4.2: Pantalla de configuración

Inmediatamente cuando se inicie la trayectoria se abrirá una nueva ventana, en la que se observa la velocidad a la que se está conduciendo en ese instante, también permite conocer la distancia total y el tiempo total de viaje que está recorriendo el usuario. Además, en esta pantalla se indicará una alerta si el usuario excede de la velocidad segura y mensajes de guardado para los reportes de control cuando el vehículo pase por cada punto establecido en el programa.



Ilustración 4.3: Pantalla principal

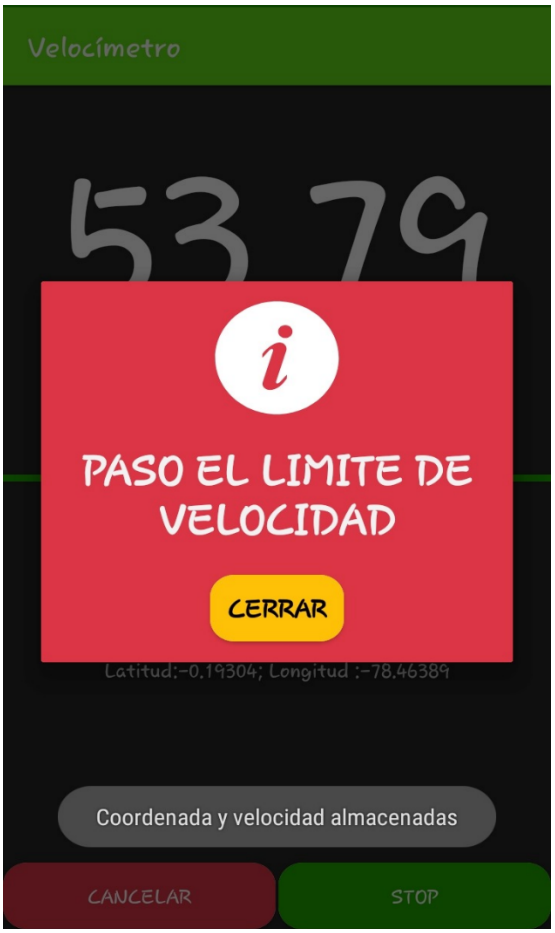
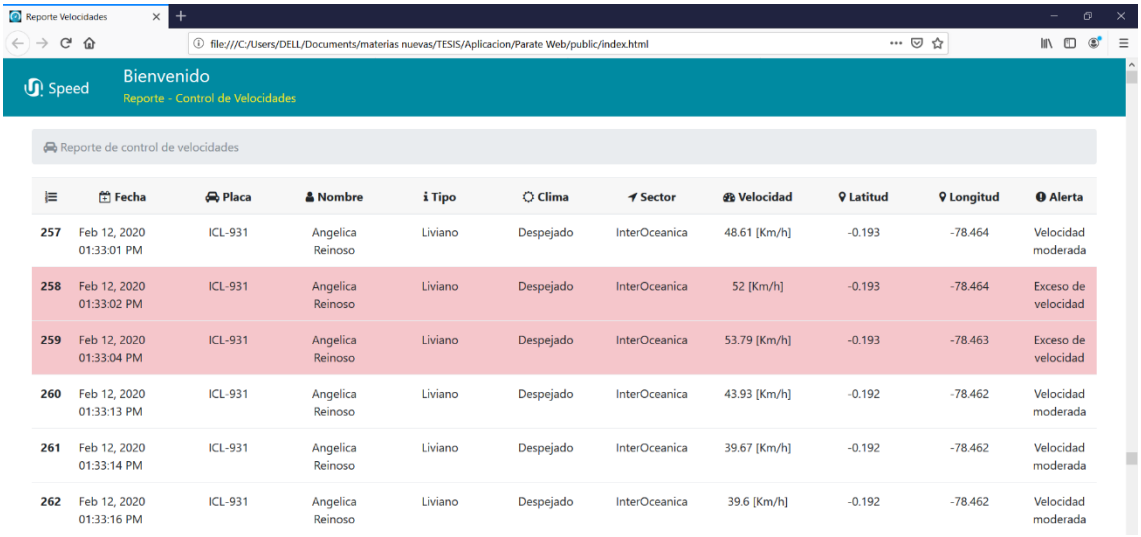


Ilustración 4.4: Mensaje de alerta

Cuando el trayecto ha finalizado, el administrador del programa puede comprobar los reportes generados por los usuarios a través de la página creada como una base de datos o nube para el "Velocímetro". En la base de datos se muestra los siguientes puntos:

- Número del reporte
- Fecha del reporte
- Placa del vehículo
- Nombre del conductor
- Tipo de vehículos: Liviano o pesado
- Clima: Lluvia o despejado
- Vía de recorrido
- Velocidad registrada en cada punto de control
- Latitud y longitud
- Alerta: Reporte si la velocidad registrada es modera o se ha excedido el límite de velocidad



	Fecha	Placa	Nombre	Tipo	Clima	Sector	Velocidad	Latitud	Longitud	Alerta
257	Feb 12, 2020 01:33:01 PM	ICL-931	Angelica Reinoso	Liviano	Despejado	InterOceanica	48.61 [Km/h]	-0.193	-78.464	Velocidad moderada
258	Feb 12, 2020 01:33:02 PM	ICL-931	Angelica Reinoso	Liviano	Despejado	InterOceanica	52 [Km/h]	-0.193	-78.464	Exceso de velocidad
259	Feb 12, 2020 01:33:04 PM	ICL-931	Angelica Reinoso	Liviano	Despejado	InterOceanica	53.79 [Km/h]	-0.193	-78.463	Exceso de velocidad
260	Feb 12, 2020 01:33:13 PM	ICL-931	Angelica Reinoso	Liviano	Despejado	InterOceanica	43.93 [Km/h]	-0.192	-78.462	Velocidad moderada
261	Feb 12, 2020 01:33:14 PM	ICL-931	Angelica Reinoso	Liviano	Despejado	InterOceanica	39.67 [Km/h]	-0.192	-78.462	Velocidad moderada
262	Feb 12, 2020 01:33:16 PM	ICL-931	Angelica Reinoso	Liviano	Despejado	InterOceanica	39.6 [Km/h]	-0.192	-78.462	Velocidad moderada

Ilustración 4.5: Base de datos

4.3 Resultados obtenidos de la aplicación

Tabla 27: Velocidad segura propuesta (O-E)

PTO	VELOCIDAD REGLAMENTARIA		VELOCIDAD TÉCNICA		VELOCIDAD PRÁCTICA	
	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
0--1	50	40	50	40	50	40
1--2	50	40	50	40	50	40
2--3	50	40	41	40	40	40
3--4	50	40	50	40	50	40
4--5						
5--6						
6--7						
7--8	50	40	32	40	30	40
8--9						
9--10						
10--11	50	40	50	40	50	40
11--12						
12--13	50	40	50	40	50	40
13--14	50	40	48	40	45	40
14--15						
15--16						
16--17	50	40	39	40	40	40
17--18						
18--19	50	40	50	19	50	20
19--20						
20--21						
21--22	50	40	45	17	45	20
22--23						
23--24	50	40	50	40	50	40
24--25	50	40	50	40	50	40
25--26	50	40	49	19	50	20
26--27						
27--28						
28--29	50	40	50	40	50	40
29--30	50	40	50	40	50	40
30--31	50	40	33	14	35	15
31--32						
32--33	50	40	41	15	40	15
33--34						
34--35	50	40	50	40	50	40
35--36	50	40	50	40	50	40
36--37	50	40	50	22	50	20
37--38						
38--39						
39--40						
40--41	50	40	50	40	50	40
41--42	50	40	43	18	45	20
42--43						
43--44	50	40	50	20	50	20
44--45						
45--46	50	40	50	22	50	20
46--47						
47--48	50	40	50	40	50	40
48--49	50	40	34	13	35	15
49--50	50	40	50	31	50	30
50--51	50	40	48	31	45	30
51--52	50	40	30	12	30	15
52--53	50	40	32	21	30	20
53--54	50	40	43	13	45	15
54--55						
55--56						
56--57	50	40	39	12	40	15
57--58	50	40	31	11	30	15
58--59						
59--60	50	40	44	40	45	40
60--61	50	40	50	40	50	40
61--62	50	40	50	40	50	40
62--63	50	40	50	25	50	25
63--64						

Tabla 28: Velocidad segura propuesta (E-O)

PTO	REGLAMENTARIO		VELOCIDAD TÉCNICA		VELOCIDAD PRÁCTICA	
	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
0--1	50	40	50	25	50	25
1--2						
2--3	50	40	50	40	50	40
3--4	50	40	50	40	50	40
4--5	50	40	44	40	45	40
5--6	50	40	31	13	30	15
6--7						
7--8	50	40	39	14	40	15
8--9	50	40	43	14	40	15
9--10						
10--11						
11--12	50	40	32	21	30	20
12--13	50	40	30	19	30	20
13--14	50	40	48	31	45	30
14--15	50	40	50	31	50	30
15--16	50	40	34	12	35	15
16--17	50	40	50	40	50	40
17--18	50	40	50	22	50	20
18--19						
19--20	50	40	50	19	50	20
20--21						
21--22	50	40	43	17	45	20
22-23						
23--24	50	40	50	40	50	40
24--25	50	40	50	22	50	20
25--26						
26--27						
27--28						
28--29	50	40	50	40	50	40
29--30	50	40	50	40	50	40
30--31	50	40	41	11	40	15
31--32						
32--33	50	40	33	10	35	15
33--34						
34--35	50	40	50	40	50	40
35--36	50	40	50	40	50	40
36--37	50	40	49	19	50	20
37--38						
38--39						
39--40	50	40	50	40	50	40
40--41	50	40	50	40	50	40
41--42	50	40	45	13	45	15
42--43						
43--44	50	40	50	13	50	15
44--45						
45--46						
46--47	50	40	39	40	40	40
47--48						
48--49	50	40	48	40	50	40
49--50						
50--51						
51--52	50	40	50	40	50	40
52--53	50	40	50	40	50	40
53--54						
54--55	50	40	32	40	40	40
55--56						
56--57						
57--58	50	40	50	40	50	40
58--59						
59--60						
60--61						
61--62	50	40	41	40	40	40
62--63	50	40	50	40	50	40
63--64	50	40	50	40	50	40

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el estudio realizado en campo se obtuvieron varias mediciones de velocidades que tuvieron que repetirse varias veces, ya que, el medidor de velocidades registraba velocidades muy bajas y éstas no serían representativas, por lo cual es recomendable tener un horario y puntos específicos para poder tener mediciones de velocidades correctas, las cuales deben pertenecer al trayecto estudiado, pues si se tiene valores más exactos los estudios realizados para la velocidad segura serán correctos y se mejorará el uso del programa disminuyendo los accidentes.
- Se pudo concluir, además, de acuerdo a la Tabla 25 y Tabla 26 mostradas anteriormente que la velocidad reglamentaria establecida para la vía supera en ciertas secciones de curva a la velocidades de diseño, lo que quiere decir que en estos tramos de carretera podrían ocasionarse accidentes debido a que no se ha establecido la velocidad segura como una velocidad reglamentaria. Este problema puede estar relacionado debido a que la vía Interoceánica es antigua y los estudios de diseño se realizaron considerando diferentes parámetros a los que se usó para este estudio; por lo cual, se recomienda realizar un estudio actualizado de la vía para las secciones de curvas que se presentan en la siguiente tabla.
- En adición a lo anterior, se concluye que existen tramos de vía que están correctamente normados por la velocidad reglamentaria, ya que, cumplen con la velocidad de diseño para la vía.

Tabla 29: Curvas donde la velocidad reglamentaria excede a la velocidad de diseño y percentil

CURVA N.	SENTIDO	RADIOS	REGLAMENTARIO		VELOCIDAD DE DISEÑO		PERCENTIL CALIDO		PERCENTIL LLUVIA	
			LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO	LIVIANO	PESADO
1	E-O	66,32	50	40	44	44	42		38	
3	E-O	57,08	50	40	41	41	32		29	
6	O-E	64,01	50	40	43	43	40		36	
8	O-E	70,83	50	40	45	45	46	19	41	17
10	O-E	57,85	50	40	41	41	33	16	38	14
11	E-O	66,18	50	40	44	44	42	17	38	15
13	E-O	68,19	50	40	45	45	44	20	39	18
16	Redondel	40,34	50	40	34	34	40	15	36	14
17	O-E	31,45	50	40	30	30	32	14	29	13
18	O-E	67,97	50	40	45	45	43	15	39	13
19	E-O	64,26	50	40	43	43	40	14	36	13
20	Redondel	56,60	50	40	41	41	32	13	28	12

- Cuando se realizó la comprobación de la aplicación se pudo observar que la velocidad a la que se debe viajar para mantener la velocidad segura en ciertos tramos es inferior a la velocidad a la que la mayoría de los vehículos se transportaba, lo que ocasionó molestia en los conductores en especial si es hora pico tanto en la mañana, tarde y noche. Además, al hallarse el peaje Oswaldo Guayasmín existe un evidente embotellamiento lo que ocasionó que en este sector se obtengan velocidades mínimas tanto en sentido Oeste-Este y viceversa, las cuales no resultan representativas para este estudio.
- La velocidad segura con lluvia se pudo notar que se aumentó con un 10% a comparación de la velocidad segura con clima despejado, esta es muy importante ya que se recomienda tener la misma velocidad segura, aunque se tenga un clima lluvioso o nublado.
- Resulta muy importante identificar los radios de curvatura específicos para la vía, puesto que de ellos depende la velocidad de diseño la mismas que debe ser tomada en cuenta para establecer la velocidad reglamentaria; para lo cual se recomienda realizar estudios topográficos para obtener valores más exactos. Debido a que esta disertación no tenía como finalidad establecer los parámetros de diseño de la vía, factores como el factor de fricción y peralte utilizados para la velocidad de diseño fueron establecidos en base a datos obtenidos de la AASHTO y de la Secretaria de Movilidad para condiciones desfavorables tanto como en el clima y vehículos y carreteras en mal estado.
- Para el cálculo de la velocidad percentil en curvas se decidió trabajar con la ecuación de Pérez (2010), debido a que es una ecuación reducida y fácil de calcular considerando únicamente el radio de curvatura y que el mismo sea inferior a 400 metros.
- Se recomienda que en la vía Interoceánica se tenga en cuenta lo que estipula el Ministerio de Transporte y Obras Publica, y es que en las intersecciones deben circular a una velocidad de 30 km/h y esto generalmente no sucede, por lo tanto es recomendable utilizar rompe velocidades para que se pueda cumplir lo que menciona el Ministerio.
- En cuanto a la aplicación VELOCÍMETRO ésta fue creada para proporcionar velocidades seguras al conductor que transita en la Avenida Interoceánica, pensando en el bien estar de los conductores para disminuir el número de

siniestros manteniéndolos alerta cuando sobrepasen la velocidad segura, además la aplicación puede servir a varios usuarios lo que hace que la aplicación sea una herramienta esencial para viajar con seguridad.

- Se ha logrado en base a los estudios realizados con la medición de velocidades y una investigación profunda, que los conductores tengan una velocidad en tiempo real en cada uno de los puntos de mayor consideración, especialmente en las curvas ya que ahí se tiene una velocidad diferente a comparación de los tramos rectos.
- Este programa no solo va a estar disponible para las vías o puntos específicos donde se han realizado estudios de velocidades, también se puede actualizar la base de datos o ampliar los puntos de investigación para diferentes vías del país, con la finalidad de transitar con seguridad por las mismas.

6. BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.* Washington: AASHTO.

Agencia Nacional de Tránsito. (2012). *Fotoradares de Última Tecnología para el Control de Velocidades.* Quito.

Agencia Nacional de Tránsito. (2016). Quito.

Agencia Nacional de Tránsito. (2019). Quito.

ANT. (23 de 08 de 2018). *ANT.* Obtenido de ant.gob.ec/index.php/component/content/article/49-boletines/189-agencia-%20nacional-de-transito-participa-en-la-semana-de-seguridad-vial#.XdWloJpKhPa

Apple Google. (s.f.). *Vista satelital de Quito*. Obtenido de https://satellites.pro/mapa_de_Quito.Ecuador

Berardo, M., & Baruzzi, A. (2014). *Manual de Diseño Geométrico Vial.* Córdova, Argentina: Brujas.

Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras.* Bogotá, Colombia: EcoEdiciones.

Constitución de la República del Ecuador. (2012). *Reglamento a ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguirdad vial.* Quito.

Cordova, J. (08 de 09 de 2014). *Slideshare.* Obtenido de https://es.slideshare.net/marco11390/volumen-de-transito

Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas. (2018). *Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas.* Quito.

Google Earth. (2018). *Imágenes satelitales*.

Kraemer , C., Pardillo , J., Rocci, S., Romana , M., & Sánchez Blanco, V. (2003). *Ingeniería de carretereras* (Vol. I). Madrid: McGraw-Hill.

Kraemer , C., Sánchez Blanco, V., Gardeta, J., & Rocci, S. (1997). *Carreteras I: Tráfico y Trazado.* Madrid: Rugarte.

Ministerio de Fomento. (2000). *Norma 3.1-IC Trazado.* Madrid, España.

Ministerio de Obras Públicas. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. Quito.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2019). *Proyecto ensanchamiento Quito-Tumbaco.* Quito.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador-NEVI. (2013). Norma para Estudios y Diseños Viales. En *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP* (Vol. 2A). Quito.

Ministerio de Transporte-Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.* Colombia.

Ministerio de Transportes de Centroamérica. (2004). *Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.* Guatemala.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico. Perú: Macro.

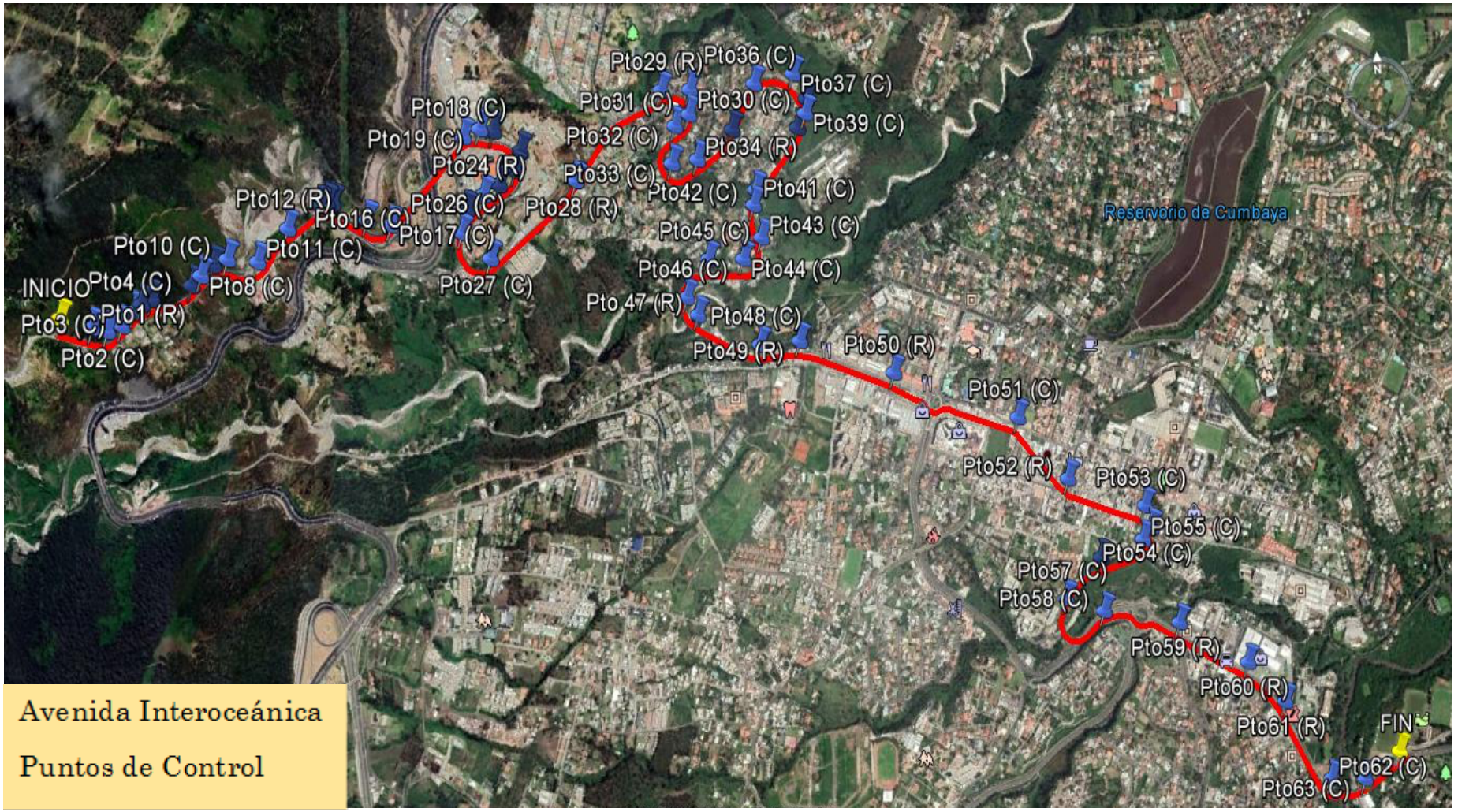
Ochoa Trepat, L. (2011). *Manual de Tráfico y Seguridad Vial.* Barcelona: Experiencia.

Zambrano, D. (2017). *Aplicacion de la metodologia 85.* Cuenca: Universidad de Cuenca.

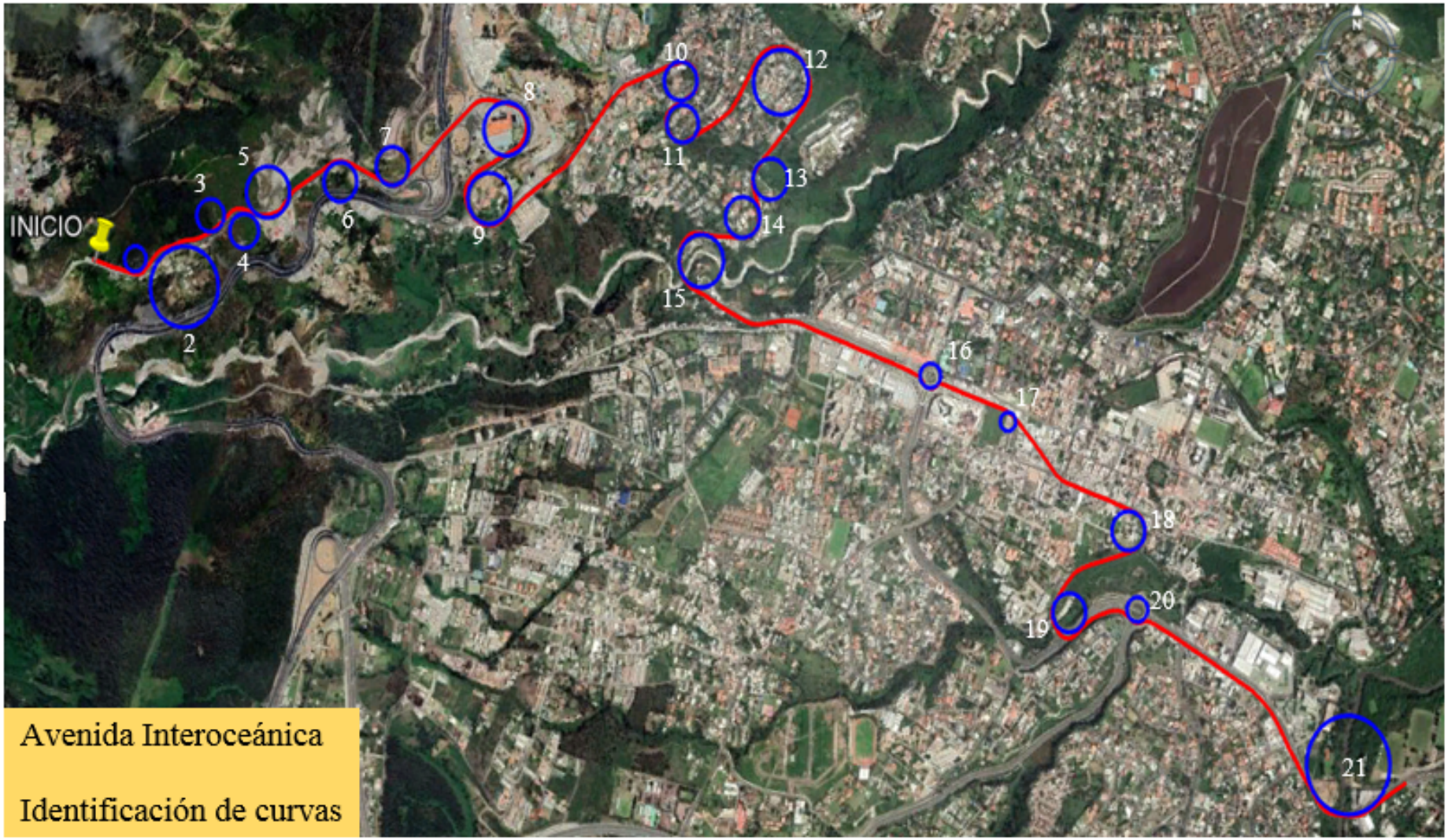
Zuriaga Pérez, A. (2011). *Velocidades de operacion y su aplicación en el análisis de la consistencia de carreteras para la mejora de la seguridad vial.* Madrid: Plataforma.

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1: Puntos de Control



7.2 Anexo 2: Identificación de Curvas



7.3 Anexo 3: Velocidad de Diseño estimada

CURVA	RADIOS	e	f	VELOCIDAD DE DISEÑO	
				LIVIANO	PESADO
1	66,32	0,04	0,19	44	44
2	156,14	0,04	0,19	68	68
3	57,08	0,04	0,19	41	41
4	86,79	0,04	0,19	50	50
5	80,62	0,04	0,19	49	49
6	64,01	0,04	0,19	43	43
7	90,31	0,04	0,19	51	51
8	70,83	0,04	0,19	45	45
9	83,51	0,04	0,19	49	49
10	57,85	0,04	0,19	41	41
11	66,18	0,04	0,19	44	44
12	107,16	0,04	0,19	56	56
13	68,19	0,04	0,19	45	45
14	90,04	0,04	0,19	51	51
15	113,9	0,04	0,19	58	58
16	40,34	0,04	0,19	34	34
17	31,45	0,04	0,19	30	30
18	67,97	0,04	0,19	45	45
19	64,26	0,04	0,19	43	43
20	56,6	0,04	0,19	41	41
21	162,73	0,04	0,19	69	69

7.4 Anexo 4: Aplicación



Ilustración 7.1: Funcionamiento de la APP



Ilustración 7.2: Mensaje de exceso de velocidad