



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL
MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO DEL
SECTOR DE CHACAPAMBA, DE LA CIUDAD DE AZOGUES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

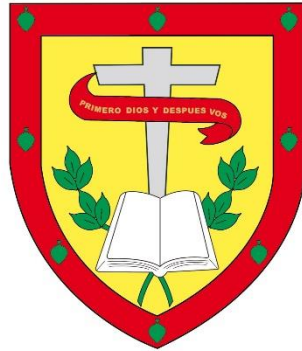
**AUTOR: LUZ CAROLINA PEÑA ORTEGA, MARÍA JOSE SERPA
CALDERÓN**

DIRECTOR: ING. JORGE EFRAÍN CRESPO CRESPO, MGS.

AZOGUES - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL
INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA, DE
LA CIUDAD DE AZOGUES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

AUTOR: LUZ CAROLINA PEÑA ORTEGA, MARÍA JOSE SERPA CALDERÓN

DIRECTOR: ING. JORGE EFRAÍN CRESPO CRESPO, MGS.

AZOGUES - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

2023

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Luz Carolina Peña Ortega portadora de la cédula de ciudadanía N° **0302648944**. Declaro ser el autor de la obra: **“Propuesta de diseño geométrico para el mejoramiento del intercambiador de tránsito del sector de Chacapamba, de la ciudad de Azogues”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, 24 de febrero de 2023

F: 

Luz Carolina Peña Ortega

0302648944



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

María José Serpa Calderón portadora de la cédula de ciudadanía N° **0350083580**. Declaro ser el autor de la obra: **“Propuesta de diseño geométrico para el mejoramiento del intercambiador de tránsito del sector de Chacapamba, de la ciudad de Azogues”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, **24 de febrero de 2023**

F: Ma. José S. C......

María José Serpa Calderón

0350083580

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Efraín Crespo Mgs.

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

De mi consideración:

Certifico que el presente trabajo de titulación denominado: "**Propuesta de diseño geométrico para el mejoramiento del intercambiador de tránsito del sector de Chacapamba, de la ciudad de Azogues**", realizado por: **Luz Carolina Peña Ortega, María José Serpa Calderón**, con documentos de identidad: **0302648944, 0350083580**, previo a la obtención del título de **Título de ingeniero civil** ha sido asesorado, orientado, revisado y supervisado durante su ejecución, bajo mi tutoría en todo el proceso, por lo que certifico que el presente documento, fue desarrollado siguiendo los parámetros del método científico, se sujeta a las normas éticas de investigación que exige la Universidad Católica de Cuenca, por lo que está expedito para su presentación y sustentación ante el respectivo tribunal.

Azogues, 24 de febrero de 2023



ING. JORGE EFRAIN CRESPO CRESPO

0301172912

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres Bertha y Luis, por haberme forjado como la persona que soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este, a mi hermana Cristina, por motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos en cada etapa de mi vida, a mis hermanos Christian, Mario y Adrián, a mis sobrinos Daniel, Sofía, Carolina y Raphaela, finalmente a mis amigas Aracelly y Astrid por cada momento compartido.

Luz Carolina Peña Ortega

Primeramente, agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, mis padres Bairon Serpa e Iliana Calderón, mis hermanos Felipe Serpa y Justa Serpa a mi querida cuñada Verónica Padrón a mi sobrino Bairon Serpa, a mí amado esposo Andrés Verdugo y mi perrita Pasita Alejandrina quienes siempre han creído en mí dándome el ejemplo de superación, humildad y sacrificio enseñándome a valorar todo lo que tengo. A ellos dedicó este trabajo porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida, espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

María Jose Serpa Calderón

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por su comprensión y apoyo incondicional.
A mi director de tesis Ing. Jorge Crespo, Mgs. por su apoyo y guía en la realización de
este trabajo.

En especial a mí compañera de tesis y gran amiga María Jose que a pesar de las
condiciones iniciales siempre nos apoyamos y pudimos concluir nuestros estudios
universitarios.

Luz Carolina Peña Ortega

Agradezco a mi tutor Ing. Jorge Crespo que sin su conocimiento y ayuda no hubiese
sido posible este trabajo y a mí compañera Luz Carolina Peña con la que he compartido
grandes momentos y con la que he logrado concluir este proyecto que al comienzo podía
parecer tarea difícil

María Jose Serpa Calderón

RESUMEN

Este proyecto se centra en el análisis del intercambiador ubicado en el sector de Chacapamba, en el que se encuentran conectadas la Avenida 24 de mayo que es una autovía y la Vía Rápida E-35 que corresponde a una autopista según lo establecido en la NEVI 12. El análisis de las vías se da con el propósito de ofrecer alternativas de trazado geométrico que mejoren el nivel de servicio, seguridad y elimine los problemas como el contraflujo vehicular. Una vez realizado el diseño apropiado se resuelva los conflictos de tránsito suscitados en la zona, dando una respuesta adecuada a las interrupciones del tráfico actuales y futuras. El punto de partida de este proyecto fue conocer el funcionamiento de cada acceso vial, los volúmenes, la composición de tránsito y el levantamiento topográfico de la zona de estudio. Lo siguiente fue recolectar la información, como el conteo vehicular durante 7 días consecutivos y el registro del consumo del combustible proporcionado por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Con estos datos se diseñó dos alternativas de acuerdo a las normativas: MOP 2003, la NEVI-12 y el NCHRP para pasos a desnivel y rotondas que cumplan con una estructura eficiente y se modeló en el software Vissim 10 para visualizar el funcionamiento de cada propuesta. Finalmente, se definió la alternativa más viable para un periodo de diseño de 20 años, diseño geométrico, modelación y planos que demostró la factibilidad de los cambios operativos.

Palabras clave: Diseño geométrico, rotonda, TPDA, vehículo, velocidad

ABSTRACT

This project analyzes the traffic interchange in the Chacapamba sector, where the “24 de Mayo” Avenue and the E-35 Highway, as established in the Ecuadorian Road Regulations 2012 (NEVI 12 by its Spanish acronym), are connected. The purpose of this analysis of the roads is to offer geometric layout alternatives that improve the level of service and safety and eliminate problems such as vehicular counterblow. Once the appropriate design is made, the traffic conflicts in the area will be resolved, providing an adequate response to current and future traffic jams. The starting point of this project was to know the operation of each road access, the volumes, the traffic composition, and the topographic survey of the study area. The next step was to collect information such as vehicle counts for seven consecutive days and fuel consumption records provided by the Agency for Regulation and Control of Energy and Non-Renewable Natural Resources. With the data obtained, two alternatives were designed according to the regulations of the Ministry of Public Works (MOP 2003 by its Spanish acronym), NEVI-12, and NCHRP for overpasses and traffic circles that complied with an efficient structure; they were modeled in Vissim 10 software to visualize the performance of each proposal. Finally, the most viable alternative was defined for a 20-year design period, geometric design, modeling, and drawings demonstrating the operational changes' feasibility.

Keywords: Geometric design, traffic circle, TPDA, vehicle, speed

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
ÍNDICE GENERAL.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 JUSTIFICACIÓN	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	16
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 INTERSECCIONES	17
2.1.1 <i>Intersecciones a Nivel</i>	17
2.2 ROTONDA.....	20
2.2.1 <i>Elementos de la rotonda</i>	21
2.3 INTERSECCIONES A DESNIVEL.....	21
2.3.1 <i>Intercambiadores</i>	22
2.3.2 <i>Clasificación</i>	22
2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES.....	23
2.4.1 <i>Elementos básicos para el diseño</i>	24
2.4.2 <i>Alineamiento horizontal</i>	24
2.4.3 <i>Alineamiento vertical</i>	25
2.4.4 <i>Visibilidad en las intersecciones</i>	25
2.4.5 <i>Carriles de cambio de velocidad</i>	26
2.5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE ROTONDAS	28
2.5.1 <i>Características básicas para el diseño</i>	28
2.5.2 <i>Diseño geométrico de rotondas</i>	28
2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERCAMBIADORES.....	36
2.6.1 <i>Criterios básicos de diseño</i>	36

2.7. COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO	39
2.7.1. Vehículos livianos.....	39
2.7.2. Vehículos pesados.....	39
2.8. TIPOS DE CONTEO.....	42
2.8.1 Conteo Manual	42
2.8.2 Conteo Mecánico.....	42
2.9 CÁLCULO DEL TPDA	42
2.9.1 Proyecciones de tráfico con un periodo de 20 años.	43
3. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.....	44
3.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN VEHICULAR.....	44
3.2 RESULTADOS DEL CONTEO VEHICULAR	45
3.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA.....	49
3.4 VEHÍCULO DE DISEÑO.....	52
3.5 CÁLCULO DEL TPDA Y PROYECCIONES	53
3.5.1 Método de Cal, Reyes y Cárdenas	54
3.5.2 Método con la normativa Ecuatoriana	56
3.6 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	57
3.6.1 Alternativa 1.....	57
3.6.2 Alternativa 2.....	59
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
4.1 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA DEFINITIVA.....	62
4.1.1 Clasificación vial.....	62
4.2 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.....	63
4.2.1 Peralte (e).....	63
4.3 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL	64
4.3.1 Índice de curvatura K	64
4.3.2 Sección tipo	66
4.4 MODELACIÓN EN EL SOFTWARE VISSIM 10	67
4.4.1 Modelación Actual.....	67
4.4.2 Análisis de los resultados de la situación actual.....	69
4.4.3 Modelación diseño definitivo – Alternativa 2.....	70

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6. BIBLIOGRAFÍA.....	74
7. ANEXOS	76
7.1 ANEXO 1: FORMATO QUE SE UTILIZÓ PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	76
7.2 ANEXO 2: CONTEO VEHICULAR TOTAL DIARIO PARA CADA VÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO	77
7.3 ANEXO 3: FACTOR HORARIO Y FACTOR DIARIO	78
7.4 ANEXO 4: REGISTRO DEL CONSUMO DEL COMBUSTIBLE EN LA CIUDAD DE AZOGUES (2020, 2021 Y 2022). FACTOR MENSUAL.....	79
7.5 ANEXO 5: PROYECCIONES DE TRÁFICO VEHICULAR PARA EL PERIODO DE DISEÑO DE 20 AÑOS.....	81
7.6 ANEXO 6: PLANOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Comparación de los tipos de rotondas	30
Tabla II: Rangos de diámetro inscritos típicos de una rotonda	31
Tabla III: Velocidad máxima de acuerdo a la categoría de la rotonda.....	31
Tabla IV: Valores calculados para la distancia de visibilidad de parada	34
Tabla V: Velocidad específica del segmento central del ramal de enlace (V_{RE}) cuando $\Delta < 180^\circ$ (km/h).....	36
Tabla VI: Velocidad específica del segmento central del ramal de enlace (V_{RE}) cuando $\Delta \geq 180^\circ$ (km/h).....	37
Tabla VII: Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques	40
Tabla VIII: Posibles combinaciones	41
Tabla IX: Conteo de vehículos mixtos en el Intercambiador del Sector de Chacapamba	45
Tabla X: Conteo de vehículos mixtos de la Av. 24 de Mayo sentido Sur - Norte	46
Tabla XI: Conteo de vehículos mixtos de la Av. 24 de Mayo sentido Norte - Sur.....	47
Tabla XII: Conteo de vehículos mixtos de la carretera Panamericana	49
Tabla XIII: Vehículos que transcurren en un periodo de 7 días consecutivos.....	49
Tabla XIV: Vehículos que transcurren en cada sentido de circulación en el intercambiador .	51
Tabla XV: Características del vehículo 3S3	53
Tabla XVI: Tasa de crecimiento. Tramo Cuenca-Azogues	53
Tabla XVII: TPDA del año 2022 en la zona de estudio.....	54
Tabla XVIII: TPDA para el año 2042	55
Tabla XIX: TPDA de los años 2022 y 2042 para cada sentido de las vías	59
Tabla XX: Clasificación funcional de las vías en base al $TPDA_d$	62
Tabla XXI: Peralte para diferentes tipos de área donde se localicen las carreteras	63
Tabla XXII: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa	64
Tabla XXIII: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.....	64
Tabla XXIV: Pendientes máximas según velocidad de diseño y orografía	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cruces a nivel no canalizados [1].	18
Figura 2: Intersecciones Canalizadas [5].	18
Figura 3: Isletas Direccionales [1].	19
Figura 4: Isletas Separadoras [1].	20
Figura 5: Esquema de una rotonda típica [6].	20
Figura 6: Elementos de la rotonda [7].	21
Figura 7: Intercambiador de bajo nivel [14].	22
Figura 8: Intercambiador de alto nivel [15].	23
Figura 9: Variaciones de realineamiento en las intersecciones [9].	25
Figura 10: Distancia de visibilidad en las intersecciones [5].	26
Figura 11: Esquema de un carril de aceleración [5].	27
Figura 12: Esquemas de carriles de desaceleración [5].	27
Figura 13: Elementos geométricos básicos de una rotonda [6].	30
Figura 14: Ruta más rápida del vehículo a través de la rotonda de un solo carril [6].	32
Figura 15: Ruta más rápida del vehículo a través de la rotonda de múltiples carriles [6].	32
Figura 16: Esquema de los casos críticos en una rotonda [6].	35
Figura 17: Esquema de longitud de transición, carril auxiliar y de incorporación [5].	38
Figura 18: Instalación de la cámara.	44
Figura 19: Imagen de la zona captada a través de la cámara de grabación.	44
Figura 20: Vista en planta de las maniobras de la Av. 24 de mayo en el sentido Sur-Norte.	46
Figura 21: Vista en planta de las maniobras de la Av. 24 de mayo en el sentido Norte-Sur.	47
Figura 22: Vista en planta de las maniobras de la carretera Panamericana.	48
Figura 23: Gráfico en barras del número de vehículos que transitan durante los 7 días en períodos de 24 horas.	50
Figura 24: Gráfico de barras del acumulado semanal en un periodo de 12 horas.	51

Figura 25: "Semitrailer (WB-67 WB-20) [9]"	52
Figura 26: "Camión tipo 3S3" [5]	53
Figura 27: Diagrama circular con los porcentajes del TPDA actual en la zona de estudio	55
Figura 28: Diagrama de barras del TPDA para del año 2022 y 2042 de la zona de estudio	56
Figura 29: Esquema de diseño alternativa 1	58
Figura 30: Esquema de diseño alternativa 2	60
Figura 31: Sección Tipo 1 en la Av. 24 de Mayo	66
Figura 32: Sección Tipo 2 para la Av. 24 de Mayo	66
Figura 33: Sección Tipo para el paso a desnivel en la Vía Rápida	67
Figura: 34: Modelación de la zona de estudio en el software Vissim 10	67
Figura 35: Diseño geométrico de carriles en el software Vissim 10	68
Figura 36: Ingreso del volumen de máxima demanda en el software Vissim 10	68
Figura 37: Simulación 2D en el software Vissim 10	69
Figura 38: Giros inadecuados representados en color rojo	69
Figura 39: Diseño geométrico en el software Vissim 10 del diseño definitivo	70
Figura 40: Simulación vehicular del diseño definitivo en el software Vissim 10	71
Figura 41: Tabla de velocidades obtenidas del software Vissim 10	71

1. INTRODUCCIÓN

La vía rápida Biblián-Azogues-Cuenca fue construida a finales de la década de 1990 como solución al problema suscitado en 1993 en el sector de “La Josefina”, en donde, un deslave de gran magnitud represó el río Cuenca inundando las inmediaciones de sus ríos afluentes, produciendo daños severos en la carretera Panamericana entre los sectores de Challuabamba y Javier Loyola. El nuevo proyecto vial debía enlazarse con la antigua carretera en algunos puntos de su trazado permitiendo la interconexión con todos los centros poblados servidos por la vía vieja. Una de estas conexiones se realizó al norte de la ciudad de Azogues, específicamente en el sector conocido como Chacapamba, donde se construyó una intersección a desnivel sobre la vía antigua, manteniéndose hasta la presente fecha bajo su diseño original.

El intercambiador de Chacapamba es básicamente una intersección en Y cuyas tangentes principales forman aproximadamente un ángulo de 60° y con la particularidad que uno de los enlaces se hace mediante un paso deprimido. A pesar de que esta intersección ha servido durante más de veinte años, siempre ha existido un acceso vial no resuelto que, con el incremento de los volúmenes de tránsito en el lugar, genera peligrosidad en las maniobras, llegando incluso a presentarse accidentes de tránsito en muchas ocasiones.

Por lo expuesto en el párrafo precedente, se propone el anteproyecto para el diseño geométrico de un intercambiador que permita resolver todos los giros de la intersección de manera segura y ajustándose a las condiciones actuales de tráfico, procurando que el proyecto tenga el menor costo posible y con un mínimo impacto en el entorno inmediato.

1.1 Justificación

El intercambiador ubicado en el sector de Chacapamba sirve de enlace entre la vía primaria E35 y la Avenida 24 de mayo siendo de gran importancia para las ciudades de Azogues y Biblián.

Disponer de un diseño geométrico para resolver el problema de giros y maniobras indebidas en el distribuidor de Chacapamba, permitirá a las autoridades locales disponer de un estudio que visualice posibles alternativas de solución a un conflicto con el cual se ha venido conviviendo desde hace décadas. La implementación y ejecución de un proyecto basado en este estudio, brindará a los usuarios de este sistema vial, garantías suficientes para un tránsito seguro y sin interrupciones.

Esta investigación se basa en el análisis de tránsito y topográfico a detalle de la zona de estudio, con la finalidad de obtener una solución de bajo costo, eficaz y sobre todo de acuerdo a la normativa adecuada y vigente. Las normas de referencia empleadas en este trabajo es básicamente la NEVI 13

Cabe mencionar que se podrá evidenciar si existen características o deficiencias de la estructura actual con la finalidad de elegir el diseño vial más óptimo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar el anteproyecto de un intercambiador en el Sector de Chacapamba de la ciudad de Azogues, por medio del análisis de la situación actual, donde estos datos sirvan como fundamento y guía para desempeñar el diseño geométrico que garantice la seguridad de los conductores, de acuerdo a la Normativa Ecuatoriana y la de otros países.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Registrar el conteo manual y mecánico vehicular en cada una de las vías del proyecto de investigación
2. Levantar información a detalle de la topografía actual
3. Analizar 2 soluciones de mejoramiento que sean óptimas y se ajuste a los requerimientos de seguridad y economía
4. Mostrar la mejor alternativa, con su diseño geométrico y planos a detalle.

2. MARCO TEÓRICO

El intercambiador ubicado en el sector de Chacapamba sirve de enlace entre la vía primaria E35 y la Avenida 24 de mayo siendo de gran importancia para las ciudades de Azogues y Biblián, se define a los intercambiadores viales como pasos a desnivel, estos pasos a desnivel ayudan a la descongestión vehicular que se producen en ciertas zonas de circulación.

Existen varias soluciones para el congestionamiento vehicular como son: intersecciones a nivel sin canalizar y canalizadas, isletas direccionales, isletas separadoras, intercambiadores entre otras más.

Al momento de diseñar las soluciones para el congestionamiento vehicular se debe recomendar un adecuado mantenimiento con el objetivo de que la vía sea perdurable, se necesita algunos conceptos fundamentales antes de realizar el diseño geométrico de un intercambiador vial con la finalidad de que el diseño cumpla con algunos parámetros que son: seguridad, confort y economía

2.1 Intersecciones

Las intersecciones son elementos del sistema vial en la cual se unen dos o más vías, esta estructura ayuda a que los automovilistas cambien de trayecto. Estas intersecciones pueden ser clasificadas de forma general en dos grupos: a nivel o desnivel [1].

2.1.1 Intersecciones a Nivel

El conteo de vehículos debe utilizarse para calcular los volúmenes de tráfico cuando se diseñan intersecciones a nivel, especialmente durante las horas pico. Las intersecciones a nivel suelen ser útiles porque son fáciles de instalar y mucho más asequibles que los cruces a desnivel. El diseño de estas intersecciones no tiene la capacidad de servicio necesaria para la congestión en hora punta, de ahí que presente inconvenientes cuando hay un elevado flujo de vehículos [2].

2.1.1.1 Intersecciones a nivel sin canalizar

Los cruces a nivel no canalizados deben estar completamente pavimentados, incluidos los accesos y las intersecciones, para proporcionar radios de giro mínimos para los automóviles. Se utiliza en intersecciones con dos o más carriles [3].

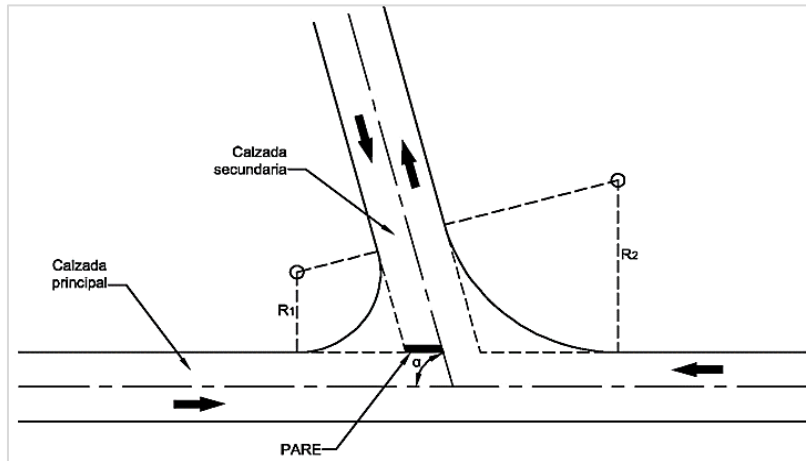


Figura 1: Cruces a nivel no canalizados [1].

2.1.1.2 Intersecciones a nivel canalizadas

Las intersecciones a nivel canalizadas son las que implementan islas de canalización. Las islas de canalización funcionan como separadoras de los movimientos de giros, este tipo de intersecciones pueden ser en forma de T, X o Y [2].

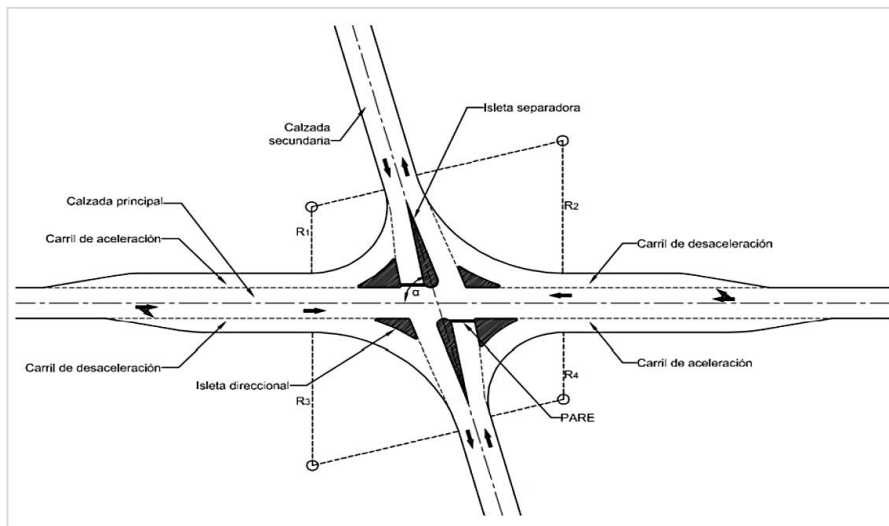


Figura 2: Intersecciones Canalizadas [5].

Los criterios de diseño de las intersecciones a nivel canalizadas deben ser los mismos que el de las intersecciones sin canalizar con la única discrepancia de que debe constar con elementos viales que ayuden a conducir los diferentes movimientos [1]. Los elementos que ayudan a encauzar los movimientos en las intersecciones a nivel canalizadas son:

2.1.1.3 Isletas

Para dividir el tiempo que tardan los vehículos en cruzar la calle, se utilizan islas de tráfico, que son áreas designadas entre carriles, para acomodar a los peatones, ayudan a gestionar y separar las disputas, y dividir las zonas de maniobra en los cruces, estas se construyen cuando la vía contiene de tres o más carriles o bien cuando la calzada es de 20 metros, sin embargo, para vías de menor sección también es recomendable diseñarlas para facilitar el cruce a personas con dificultades de movilidad [4].

Las isletas se dividen en islas separadoras e islas direccionales, las isletas direccionales son isletas en forma de triángulo y se utilizan para guiar a los conductores a través de las intersecciones marcando el camino que deben seguir. Las isletas separadoras son aquellas con forma de lágrima y se usa en carreteras que no están divididas. En las figuras 3 y 4, se muestra el esquema [5].

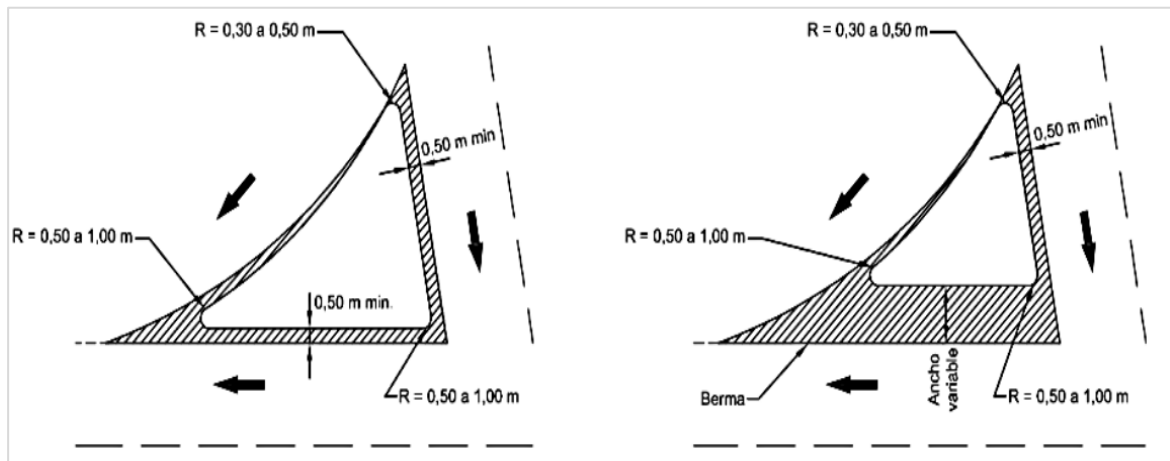


Figura 3: Isletas Direccionales [1].

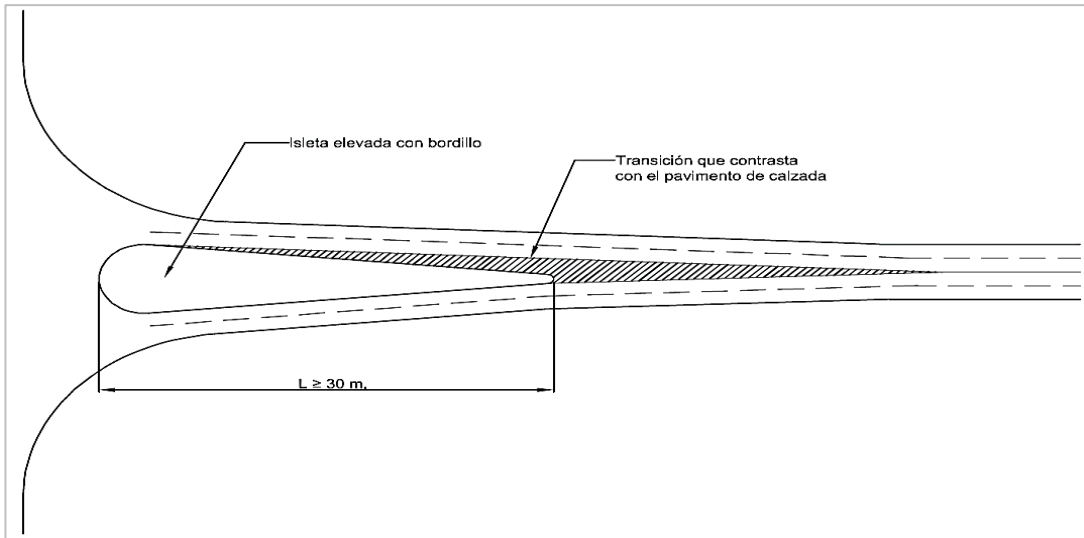


Figura 4: Isletas Separadoras [1].

2.2 Rotonda

Una intersección con una isleta central y forma circular se denomina rotonda, en ella sólo se permite un sentido de circulación y los vehículos que se aproximan deben ceder el paso al tráfico que circula en sentido contrario. Un esquema típico de rotonda se presenta en la figura 5 [6].

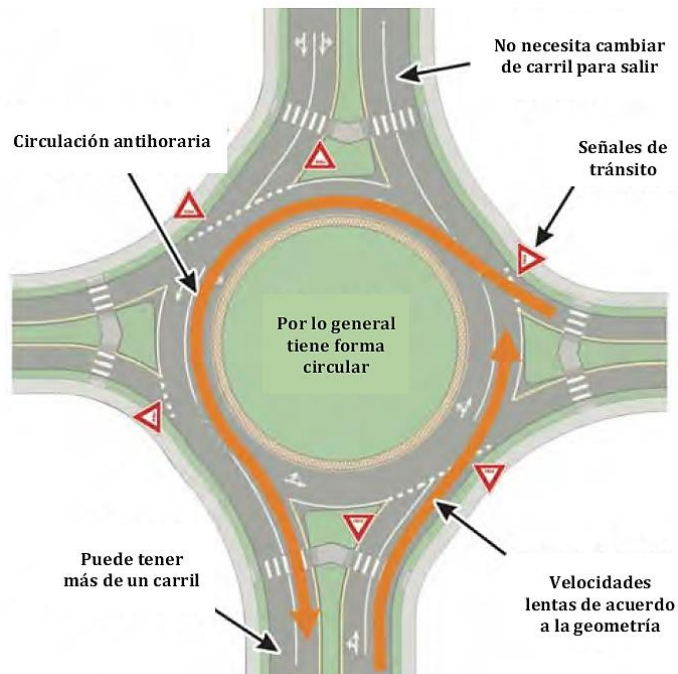


Figura 5: Esquema de una rotonda típica [6].

2.2.1 Elementos de la rotonda

En la figura 6, se muestra los elementos que contiene una rotonda con las particularidades que se debe tener en cuenta para el diseño vial [7].

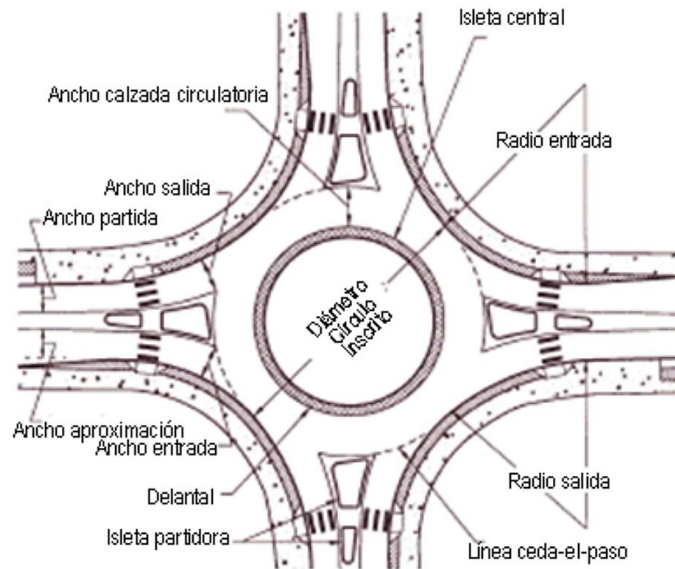


Figura 6: Elementos de la rotonda [7].

2.3 Intersecciones a desnivel

De acuerdo a la normativa ecuatoriana [8], las intersecciones a desnivel se presentan en vías con un elevado TPDA donde se establece un tráfico seguro y constante donde se elimina la interferencia vehicular con otras vías; estos intercambiadores deben ser mayor o igual a los 4000 vehículos por día de la sumatoria del TPDA de las vías ubicadas en las intersecciones de: carreteras de cuarta categoría entre sí, carreteras de segunda categoría con carreteras de tercera categoría y carreteras de primera categoría con todos los demás tipos de carreteras.

Debido a que las intersecciones son estructuras o diseños de alto costo, se considera los siguientes factores que justifiquen su aplicación:

- En proyectos de cruces de autopista
- Cuando hay tráfico elevado en ambas o en una de las principales vías en un cruce
- Eliminar áreas peligrosas (alto índice de accidentes)
- En lugares donde la topografía solo permite el cruce a dos niveles como única solución
- Costos operativos elevados: si un paso a nivel produce mayores gastos como consecuencia de los retrasos en la conducción que otro tipo de intersección
- Volumen de tránsito igual a 4000 vehículos o mayor en la hora de máxima demanda

2.3.1 Intercambiadores

Se denomina intercambiador a un dispositivo vial, que consiste en una estructura de diferentes niveles y ramales interconectados, que permiten el cambio de automóviles entre dos o más vías [5].

Su aplicación elimina disputas por el paso de vehículos motorizados, por lo que la capacidad que brindan es aproximadamente igual a la capacidad total de las vías que se conectan. La separación entre niveles permite un flujo de tráfico directo y realista sin interferir con el tráfico directo y conectando ambas rutas con rampas debidamente diseñadas, el transporte puede pasar de un lugar a otro sin dificultad y puede realizar todas las maniobras necesarias con facilidad, seguridad y fluidez [8].

2.3.2 Clasificación

Los intercambiadores pueden ser de bajo y alto nivel, los cuales se diseñan con estructuras que otorguen seguridad al circular por ellas o cerca de ellas.

2.3.2.1 Bajo Nivel

Donde la vía va por debajo del nivel del suelo (paso deprimido), teniendo una estructura simple, estética, esbelta y moderna, que puede ampliarse si es necesario. Se recomienda ser de luz libre total, como se observa en la figura 7 y si es posible, no deben tener muros, sino pilares en sus extremos [8].



Figura 7: Intercambiador de bajo nivel [14].

2.3.2.2 Alto nivel

Cuando no haya restricciones en la construcción de la autopista, siempre va por encima de las vías o intersecciones existentes (sobreelevado). Tiene un diseño sofisticado y una vía de primera [8].

La figura 8, es un ejemplo de un intercambiador de alto nivel.



Figura 8: Intercambiador de alto nivel [15].

2.4 Diseño geométrico de intersecciones

Para la selección adecuada del diseño geométrico se debe considerar una serie de factores, de los cuales los más significativos son los relacionados con el transporte, como la velocidad de diseño, volumen horario, las características y composición del sistema de transporte

La topografía y la capacidad de obtener un área vial adecuada juegan un papel muy importante en la elección del tipo de intersección. Las fuertes pendientes del suelo y el bajo radio de curvatura será el resultado de un espacio vial muy limitado, lo que no solo es peligroso e incómodo para los conductores, sino que también limita la capacidad del tráfico.

Para realizar el diseño definitivo la Normativa NEVI-12 [5], considera lo siguiente:

- Dar prioridad a los movimientos más importantes sobre los secundarios. Requerirá limitar de los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducir el ancho de la vía y las curvas de radio pequeño.
- Los volúmenes de tránsito deben ser acordes al tamaño y capacidad de diseño propuesto.
- Sencillez y claridad en las intersecciones para que los conductores no realicen movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

- La velocidad está restringida en función de la visibilidad, incluso cuando llega a la detención total. La distancia mínima entre vehículos con preferencia adelantamiento y el punto de conflicto, será la distancia de parada.
- Verticalidad de los recorridos: las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan la menor área de conflicto.

2.4.1 Elementos básicos para el diseño

Parámetros principales de diseño de acuerdo a la norma nacional vigente NEVI-12 [5]

- El ángulo de ingreso va comprendido desde los sesenta hasta los noventa grados (60° - 90°)
- El radio mínimo de las curvas es el correspondiente al giro del automotor de diseño.
- El gradiente longitudinal de las autovías en cuestión en la medida de lo posible tendrá un valor menor a cuatro por ciento (4%), con la finalidad de favorecer el arranque de los automotores que ingresen a la calzada principal.
- La intersección cumplirá una longitud de avistamiento de cruce.

2.4.2 Alineamiento horizontal

La alineación más adecuada en una intersección a nivel es aquella en la que los carriles interceptan en un ángulo de 90° o aproximado. Se debe tener cuidado para eludir curvas horizontales de radio pequeño ya que ocasionan que el conductor invada el otro lado de la carretera y limite la visibilidad. Para intersecciones de ángulos agudos la normativa AASHTO [9]. Plantea algunas soluciones de realineamiento como se evidencia en la figura 9-A- y 9-B-, al permitir que la velocidad de funcionamiento sea aproximadamente igual a la velocidad de aproximación a la carretera principal cuando se evita crear curvas horizontales de radio corto en los accesos laterales a los cruces en ángulo recto.

La figura 9-C- y 9-D-, muestra otra forma de hacer una intersección desplazada que previamente ha cruzado otra carretera en ángulo agudo. Para crear dos intersecciones en T en las que el tráfico que cruza pueda girar hacia la carretera principal y luego volver a la más pequeña, se añade una única curva a cada tramo de cruce [9].

Por último, para dirigir el tráfico hacia la carretera principal y mejorar la visibilidad en la intersección, lo ideal es realinear la vía secundaria a una posición lo más cercana posible a la perpendicular cuando la carretera principal se curve, como se ilustra en la figura 9-E-. Además, debe evitarse un cruce con curva abrupta, o su diseño debe tener en cuenta la posible pendiente desfavorable y la reducción de la distancia de visibilidad [9].

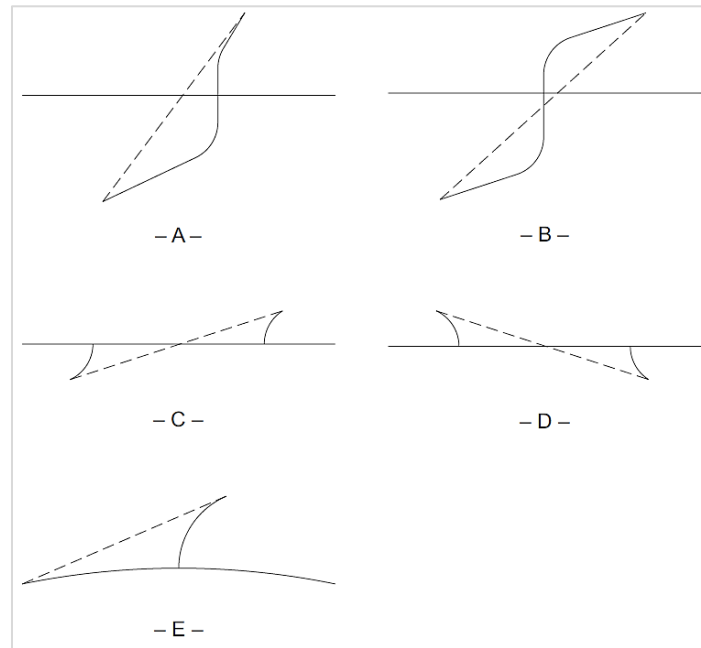


Figura 9: Variaciones de realineamiento en las intersecciones [9].

2.4.3 Alineamiento vertical

La pendiente longitudinal facilitará el manejo del vehículo por parte del conductor, por lo que en lo posible será menor al 4%, caso contrario, la distancia de parada y de aceleración debe ser ajustada a condiciones equivalentes al terreno horizontal [5].

En caso de que se necesite ajustar los gradientes para los ingresos de una intersección, es mejor extender la pendiente de la vía principal a lo largo de la intersección y modificar la carretera secundaria para asegurar un empalme fluido y un drenaje adecuado [9].

2.4.4 Visibilidad en las intersecciones

Es la longitud de visualización necesaria y sin impedimentos de circulación en la distancia de ambos ingresos de las vías en una intersección, ya que permite a los choferes de los vehículos que se acercan puedan verse al mismo tiempo durante un lapso de tiempo suficiente para evitar una colisión [5].

Existen tres posibilidades para los conductores: acelerar, disminuir la velocidad o parar completamente. En cada situación, el espacio-tiempo-velocidad determinará el triángulo de visibilidad libre de trabas que asegure que las restricciones operativas sean seguras o de lo contrario cualquier objeto dentro del mismo presentado en la figura 10, se deberá mover o reducir su tamaño [5].

De igual forma la NEVI-12 [5], considera varias posibilidades en las intersecciones:

- Intersecciones sin control: los vehículos que se acercan a la intersección deben regular su velocidad
- Intersecciones con señalética de tránsito de CEDA EL PASO
- Carretera secundaria de la intersección que tiene la señal de ALTO
- Intersecciones que cuentan en todas sus vías señales de ALTO o semáforos
- Intersecciones donde los vehículos ceden el paso cuando se realiza el giro a la izquierda desde la vía principal

2.4.5 Carriles de cambio de velocidad

Debido a que su velocidad es inferior a la velocidad de la carretera principal, los vehículos que entran o salen de una intersección aceleran o desaceleran, por lo que al incorporar otros carriles permite a los automóviles realizar cambios de velocidad [5].

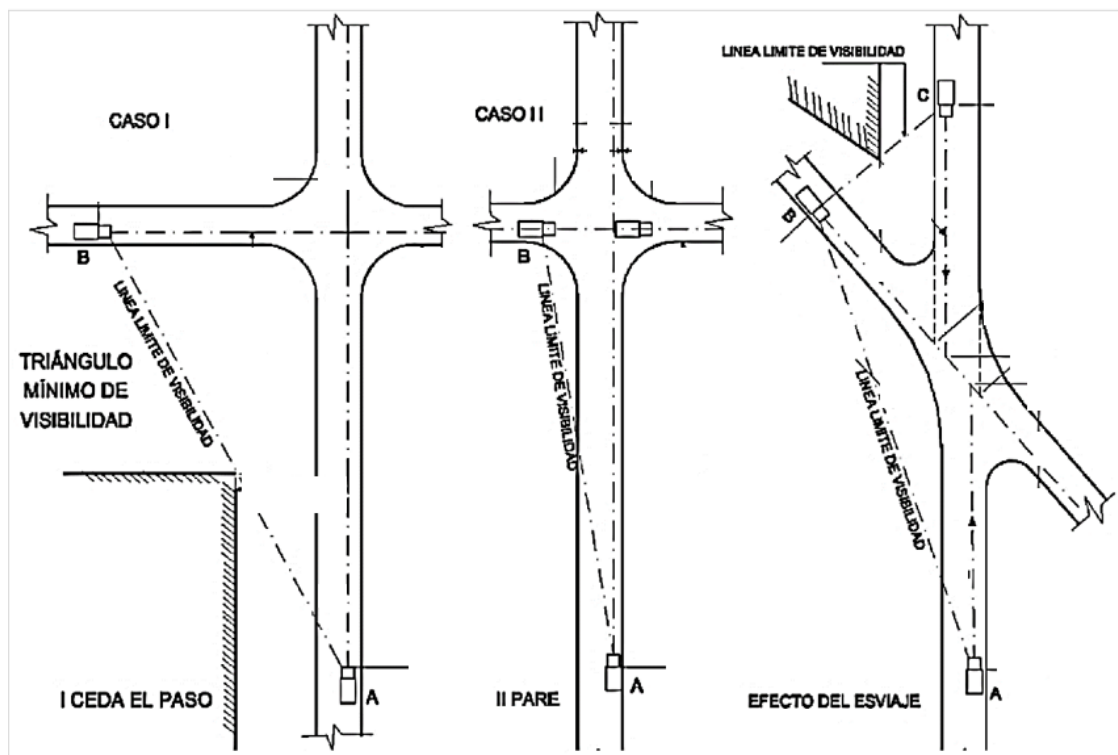


Figura 10: Distancia de visibilidad en las intersecciones [5].

2.4.5.1 Carriles de aceleración

Los carriles de aceleración están diseñados para permitir a los automóviles a incorporarse a la vía principal a la misma velocidad que los otros vehículos circulantes por ésta. Estos deben transitar paralelos a la carretera principal. En la figura 11, se presenta el esquema de un carril de aceleración [5].

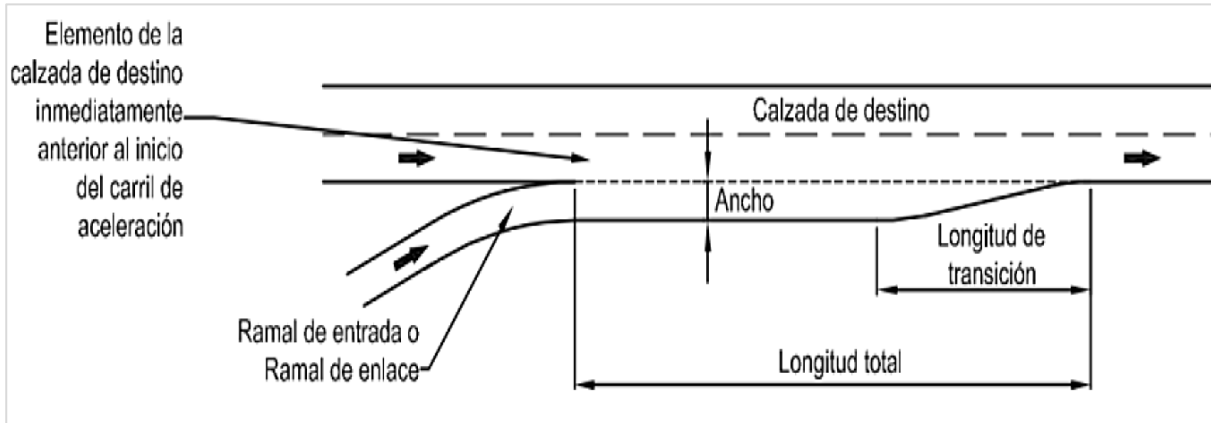


Figura 11: Esquema de un carril de aceleración [5].

2.4.5.2 Carriles de desaceleración

El objetivo de un carril de desaceleración es permitir que los vehículos que ingresan a un carril de salida o de enlace puedan disminuir la velocidad hasta que lleguen a la vía lateral o la del ramal de enlace. Su beneficio es mayor cuanto más grande sea la diferencia de velocidades. A continuación, en la figura 12, se muestra los esquemas de este tipo de carriles [5].

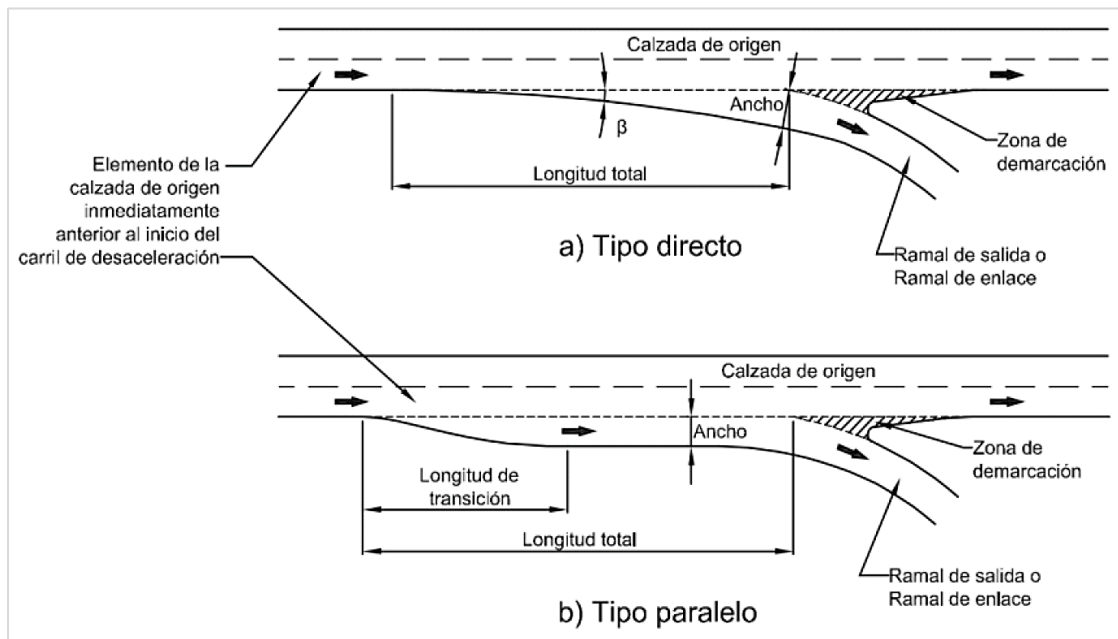


Figura 12: Esquemas de carriles de desaceleración [5].

2.5 Diseño geométrico de rotondas

Para el trazado geométrico de rotondas no se usará la normativa ecuatoriana NEVI-12, ya que esta normativa no contiene información que se debe tener en cuenta al momento de diseñar rotondas, por lo cual, se ha elegido la normativa estadounidense National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) [6].

2.5.1 Características básicas para el diseño

Los parámetros de diseño de una rotonda deben tener los siguientes principios de acuerdo a la Norma NCHRP [6]:

- Proporcionar velocidad de entrada lenta y constante en las rotondas mediante el uso de deflexión
- Proporcionar un número adecuado de carriles y divisiones de carriles para lograr suficiente capacidad, equilibrio y continuidad de carriles
- Proporcionar una canalización fluida e intuitiva para los conductores y permitir que los vehículos utilicen sus carriles designados con normalidad.
- Facilitar alojamiento adecuado para los vehículos de diseño
- Un diseño que satisface las necesidades de peatones y ciclistas.
- Proporcionar una línea de visión clara para que los conductores puedan reconocer las intersecciones.

2.5.2 Diseño geométrico de rotondas

Para el diseño de una rotonda se deben considerar los tres tipos que sugiere la Norma NCHRP [6], según las dimensiones y el número de carriles: rotondas pequeñas, rotondas que contienen un carril o varios carriles.

2.5.2.1 Capacidad en una rotonda

La normativa ecuatoriana [8], tiene dubitación acerca del uso de rotondas para tránsitos totales menores a 5000 vehículos por hora o mayores a 5000 vehículos por hora. Además, cuando el volumen de tráfico alcanza su capacidad en dos o más ramales de la intersección al mismo tiempo, se concluye que la rotonda no funciona bien.

Se estima que la cantidad total de 3000 vehículos por hora en todos los ramales de accesos es la de mayor practicidad para rotondas de tipo superior. Finalmente se considera el uso de una rotonda cuando la intensidad del tráfico en la intersección se diferencia entre sí en un máximo del 20% y el número total de automotores que maniobran a la izquierda es al menos el 40% [8].

La capacidad y tamaño en una rotonda según la AASHTO [9], cambia de acuerdo al número de carriles que entran y circulan en la misma. La capacidad de una rotonda es influenciada de forma directa por la distribución de la dirección del tráfico y la relación entre la vía secundaria y el tráfico de ingreso total. Cuanto más cerca esté cada una de estas proporciones, más grande será la capacidad de la rotonda. El diseñador debe elegir una capacidad que sea menor que la real, es decir, una relación volumen-capacidad entre 0.85 y 1.00.

Las rotondas de un solo carril normalmente tienen capacidad para 1400 vehículos por hora y puede albergar hasta 2400 vehículos por hora. Las de dos carriles abastecen un mínimo de 2200 y un máximo de 4000 vehículos por hora [9].

La capacidad para ingresar a las rotondas generalmente depende del tráfico conflictivo que se aproxima en cada acceso a la rotonda. Un acceso de un solo carril puede ser suficiente si la suma de los volúmenes de entrada y en conflicto es menor a 1000 vehículos por hora y puede ser suficiente si la suma es de 1300 vehículos por hora. Un acceso de dos carriles es apto cuando la sumatoria del volumen de ingreso y conflicto es inferior a 1800 vehículos por hora [9].

La tabla I, sintetiza y evalúa los elementos de diseño para seleccionar la rotonda de acuerdo a su volumen diario de servicio [9].

Tabla I
Comparación de los tipos de rotondas

Elementos de diseño	Mini rotonda	Rotonda de carril único	Rotonda de varios carriles
Velocidad máxima de entrada deseable	25 – 30 km/h	30 – 40 km/h	40 – 50 km/h
Número máximo de carriles de entrada por aproximación	1	1	2 o más
Diámetro típico del círculo inscrito	13 – 27 metros	27 – 55 metros	46 – 91 metros
Construcción de la isla central	pintado	adecentado	adecentado
Volumen de tráfico diario para que una rotonda de cuatro ramales funcione sin necesidad de un análisis de capacidad	0 – 15000 veh/día	0 – 20000 veh/día	0 – 45000 veh/día para una rotonda de dos carriles

Fuente: AASHTO [9, p. 716]

2.5.2.2 Diámetro del círculo inscrito

Es la sumatoria del diámetro de la isla céntrica y dos veces el ancho de la carretera de circulación, como se muestra en la figura 13.

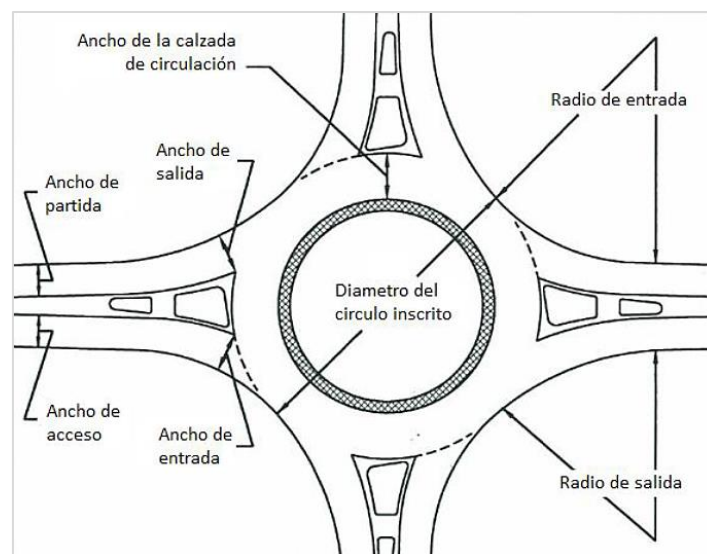


Figura 13: Elementos geométricos básicos de una rotonda [6].

La tabla II, presenta los rangos estándar de diámetros de rotonda inscritos para los tipos de rotondas

Tabla II

Rangos de diámetro inscritos típicos de una rotonda

Categoría	Vehículo de diseño (NCHRP 672)	Vehículo de diseño (NEVI-12)	Rango de diámetro de círculo inscritos común (metros)
Mini rotonda	SU-30 (SU-9)	2DA	14 a 24 metros
	B-40 (B-12)	BUS	27 a 46 metros
Carril único	WB-50 (WB-15)	3S2	32 a 46 metros
	WB-67 (WB-20)	3S3	40 a 55 metros
Dos carriles	WB-50 (WB-15)	3S2	46 a 67 metros
	WB-67 (WB-20)	3S3	50 a 67 metros
Tres carriles	WB-50 (WB-15)	3S2	61 a 67 metros
	WB-67 (WB-20)	3S3	67 a 91 metros

Fuente: NEVI-12 [5, p. 40], NCHRP 672 [6, p. 174]

2.5.2.3 Velocidad en una rotonda

La Norma NCHRP [6], proporciona a través de la tabla III, la velocidad máxima recomendada de acuerdo a la clasificación de la rotonda.

Tabla III

Velocidad máxima de acuerdo a la categoría de la rotonda

Categoría	Velocidad máxima teórica recomendada de diseño de entrada (km/h)
Mini rotonda	30
Carril único	40
Varios carriles	40 - 50

Fuente: NCHRP 672 [6, p. 210]

2.5.2.4 Trayectoria de los vehículos

Para cuantificar la velocidad de una rotonda, se estima el camino más veloz permitida por la geometría. Por lo tanto, la línea céntrica del recorrido del vehículo se dibuja con las siguientes características: 1.5 metros de un bordillo de concreto, 1.5 metros desde la línea central de la calzada y 1 metro a partir de una línea de borde pintado. Las figuras 14 y 15 esquematizan estas distancias en las rotondas. [6]

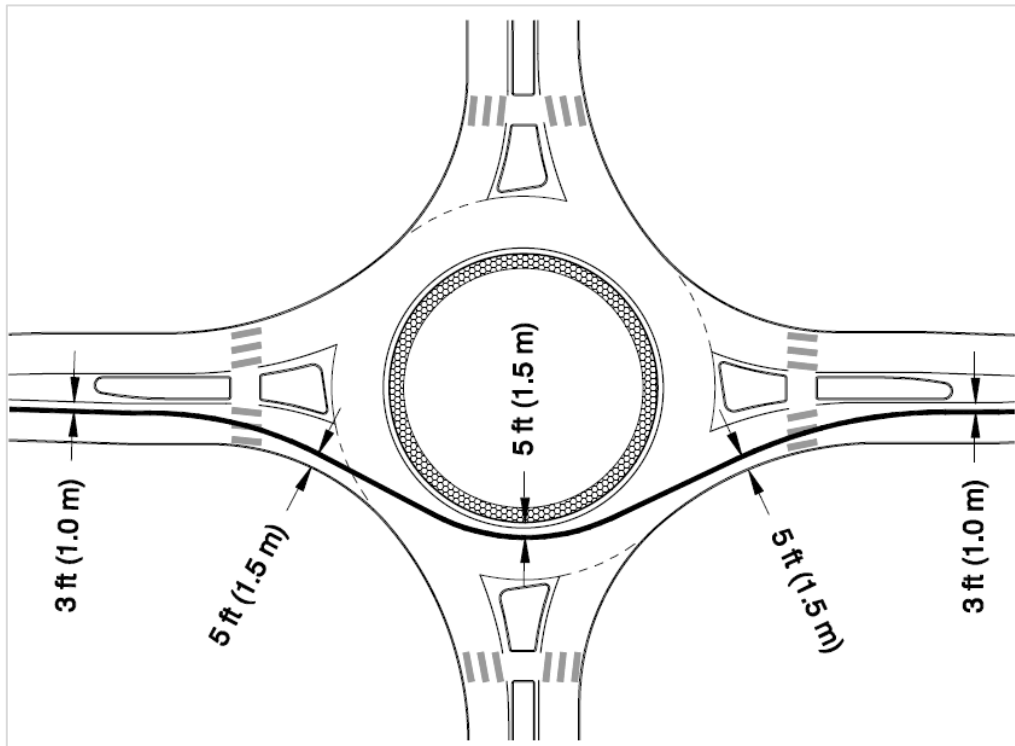


Figura 15: Ruta más rápida del vehículo a través de la rotonda de un solo carril [6].

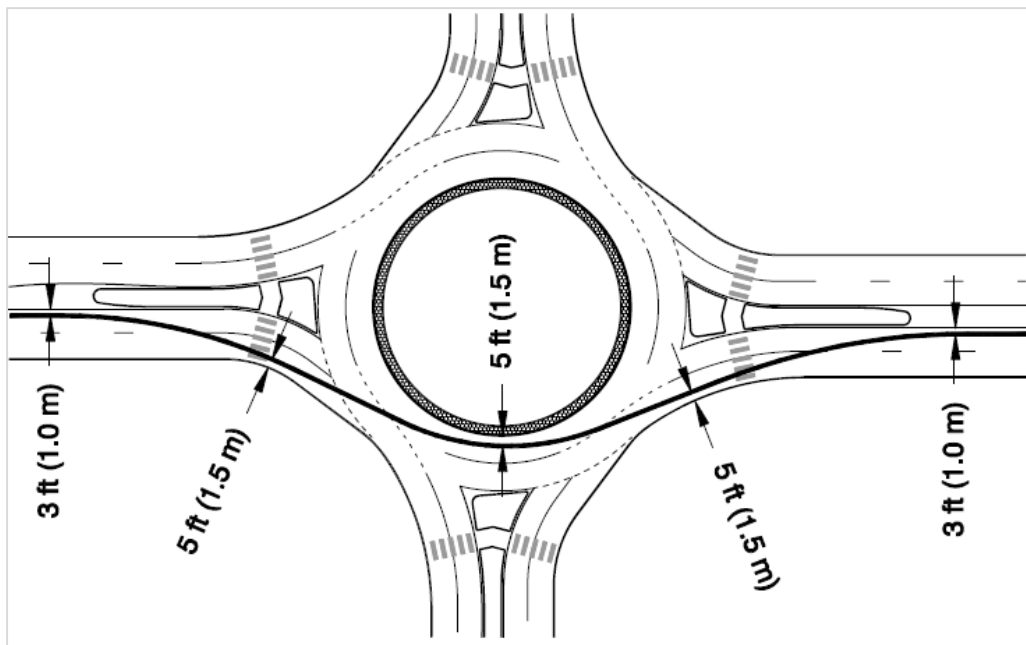


Figura 14: Ruta más rápida del vehículo a través de la rotonda de múltiples carriles [6].

2.5.2.4 Relación velocidad-curvatura

Las ecuaciones (1 y 2), se usan para calcular la velocidad de diseño que puede ser afectada por la fricción lateral y la superelevación para un radio de trayectoria de recorrido establecido. Es recomendable que el peralte sea del 2% [6].

$$V = 3.4415 * R^{0.3861} \quad \text{para } e = +0.02 \quad (1)$$

$$V = 3.4616 * R^{0.3673} \quad \text{para } e = -0.02 \quad (2)$$

Donde:

V = velocidad de diseño (mph)

R = Redio de curvatura (ft)

e = peralte (ft/ft)

2.5.2.5 Distancia de visibilidad de parada

Es el recorrido a lo largo de la carretera necesaria para que el conductor se percate y tenga el tiempo de reacción ante un posible objeto en la carretera y frene hasta detenerse por completo antes de acercarse a un objeto. Esta distancia se debe proporcionar en cada rotonda y en cada entrada y salida de aproximación [6].

La Norma NCHRP [6], recomienda la ecuación 3 para determinar la distancia de visibilidad de parada de acuerdo a la velocidad inicial.

$$d = 1.468 * t * V + 1.087 \frac{V^2}{a} \quad (3)$$

Donde:

d = distancia de visibilidad de parada (ft)

t = tiempo de percepción de frenado, asumido de 2.5 segundos

V = velocidad inicial (mph)

a = desaceleración del conductor, supuesto de 11.2 (ft/s²)

Además, la tabla IV de la norma NCHRP [6], proporciona distancias de visibilidad de parada a partir de la ecuación (3).

Tabla IV

Valores calculados para la distancia de visibilidad de parada

Velocidad (km/h)	Distancia calculada (m)
10	8.1
20	18.5
30	31.2
40	46.2
50	63.4
60	83.0
70	104.9
80	129.0
90	155.5
100	184.2

Nota: Asuma el tiempo de percepción de frenado de 2.5 s y desaceleración del conductor de 3.4 m/s^2 (11.2 ft/s^2) NCHRP 672 [6, p. 217]

En las rotondas, se debe verificar al menos tres casos críticos según la norma NCHRP [6] y esquematizados en la figura 16:

1. Caso 1: Distancia de visibilidad de aproximación
2. Caso 2: Distancia de visibilidad en la calzada circulatoria
3. Caso 3: Distancia de visibilidad al paso de peatones en la zona de salida

La distancia de visibilidad hacia adelante en el ingreso también se puede comprobar; sin embargo, esto suele satisfacerse al proporcionar distancias de frenado adecuadas en los carriles de tráfico [6].

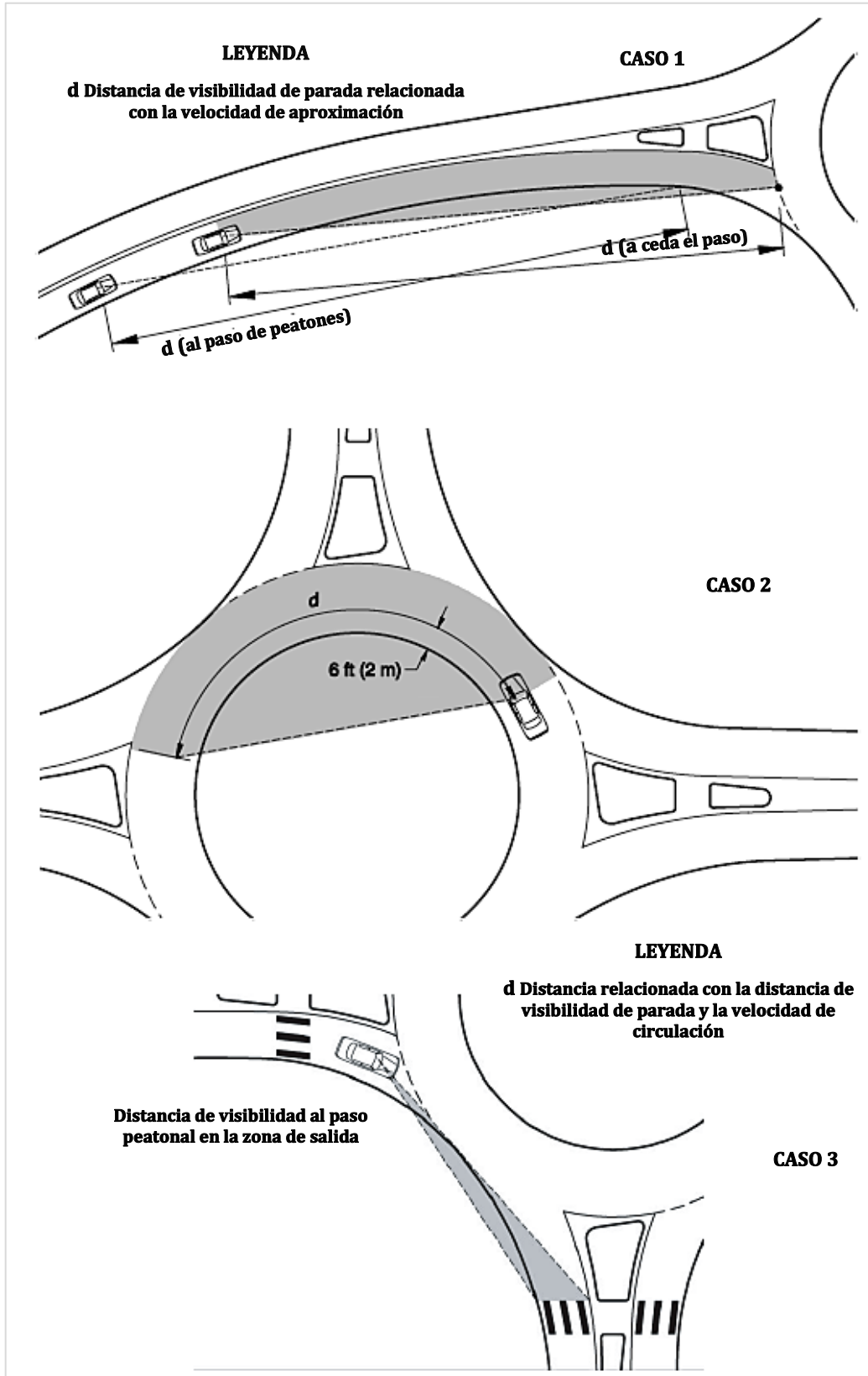


Figura 16: Esquema de los casos críticos en una rotonda [6].

2.6 Diseño geométrico de intercambiadores

2.6.1 Criterios básicos de diseño

Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel su punto de partida es el resultado del estudio de Ingeniería de Tránsito, con lo que se puede estimar los criterios de diseño

2.6.1.1 Carriles de cambio de velocidad

Especificado anteriormente en el numeral 2.4.5 de diseño geométrico de las intersecciones

2.6.1.2 Segmento central de un ramal de enlace

Para ello se debe establecer la Velocidad Específica del segmento central del ramal de enlace (V_{RE}). En las tablas V y VI, se muestran los valores de esta velocidad según su inicio o terminación del carril de aceleración [8].

Tabla V

Velocidad Específica del segmento central del ramal de enlace (V_{RE}) cuando $\Delta < 180^\circ$ (km/h)

Velocidad específica de la calzada de origen (km/h)	Velocidad específica de la calzada de destino (km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
40	25	25	30	30	30	35	35	40	40
50	30	35	35	40	40	40	40	45	45
60	30	35	35	40	40	40	40	45	45
70	40	45	45	50	50	50	50	50	50
80	40	45	45	50	50	50	50	50	50
90	60	60	60	60	60	60	60	60	60
100	60	60	60	60	60	60	60	60	60
110	70	70	70	70	70	70	70	70	70
120	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Fuente: INVIAS [10, p. 192]

Tabla VI

Velocidad Específica del segmento central del ramal de enlace (V_{RE}) cuando $\Delta \geq 180^\circ$ (km/h)

Velocidad específica de la calzada de origen (km/h)	Velocidad específica de la calzada de destino (km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
40	25	25	25	25	25	30	30	30	30
50	30	30	30	30	30	35	35	35	35
60	30	30	30	30	30	35	35	35	35
70	35	35	35	35	35	35	35	35	35
80	35	35	35	35	35	35	35	35	35
90	40	40	40	40	40	40	40	40	40
100	40	40	40	40	40	40	40	40	40
110	50	50	50	50	50	50	50	50	50
120	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Fuente: INVIAS [10, p. 192]

Con el valor de (V_{RE}) se diseña el segmento central del ramal con los criterios generales establecidos en las normativas para el diseño en planta, perfil y sección transversal. El único aspecto importante para el segmento central del ramal de enlace es el ancho del carril de cinco metros si sirve a un solo carril [1].

2.6.1.3 Distancia de visibilidad

El valor de la distancia visual mínima es el mismo que en las intersecciones y corresponde a la distancia mínima de frenado, se debe proporcionar una distancia mayor. La necesidad de desarrollar una mayor escala de calzada en estas áreas se ve reforzada por el hecho de la visibilidad horizontal causada por pilares, estribos y barandas son frecuentemente más significativas que las causadas por características de elevación [5].

2.6.1.4 Longitud de transición, carril auxiliar y de incorporación

La normativa ecuatoriana NEVI-12 [5], recomienda las siguientes longitudes para cada tramo de un intercambiador y se puede visualizar el esquema en la figura 17:

- La longitud del tramo de transición debe ser de 200 metros, siendo el segmento donde se da el principio o el final del camino secundario
- La longitud del camino secundario debe ser de al menos 150 metros, ya que el camino secundario que ingresa al ramal de servicio está completamente desarrollado
- La distancia de integración o salida debe ser de 110 metros, siendo necesaria como brecha de incorporación segura o de bifurcación de salida segura. Aquí, se debe agrandar el ancho de la calzada para definir adecuadamente el espacio seguro. Al final de la bifurcación de salida del ramal, se pueden instalar atenuadores de accidentes para reducir su gravedad en caso de colisión.

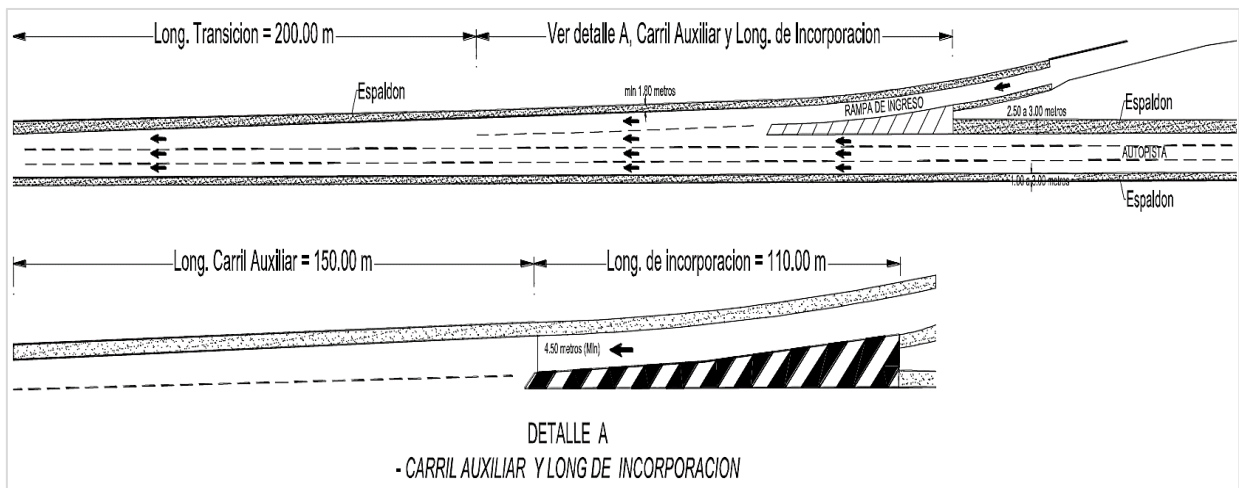


Figura 17: Esquema de longitud de transición, carril auxiliar y de incorporación [5].

2.7. Composición del tránsito

Luego de estar al tanto del volumen de tráfico se puede diseñar las características geométricas en la que se va a manejar en la vía [8], dependiendo del peso que tiene el vehículo, sin embargo, se debe tener en cuenta que la acción de un camión es semejante al de diferentes vehículos livianos [5], la composición del tránsito se puede clasificar en:

2.7.1. Vehículos livianos

Los vehículos clasificados como livianos son aquellos que se asemejan a automóviles. Estos incluyen vehículos de cuatro ruedas y dos ejes, así como vehículos son capacidad de diez personas sentadas y una capacidad de remolque de hasta 910 kilogramos [5].



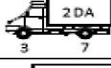





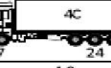

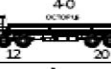

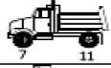









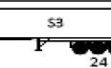





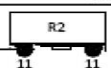

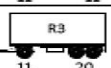

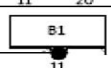

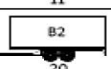

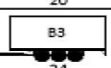

2.7.2. Vehículos pesados

Los autobuses, camiones y remolques se incluyen en la categoría de “vehículos pesados”, que incluye vehículos con dos o más ejes de doble llanta. El ministerio de transporte y obras públicas considera numerosos tipos de vehículos de diseño que son más o menos comparables a los vehículos de la normativa AASHTO [5]:

- Vehículos livianos (A): A1 usualmente para motocicletas, A2 para automóviles [5].
- Buses y Busetas (B): sirven para el transporte de personas en forma maciza [5].
- Camiones (C): para los camiones de dos ejes (C-1), camiones de tres ejes o cuatro ejes (C-2) y finalmente para camiones de cinco ejes (C-3) [5].
- Remolques (R): son lo que contiene uno o dos ejes verticales de giro y una unidad completamente remolcada [5].

En la tabla VII, se presenta el tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques:

Tabla VII
Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D		 I I	7	5,00	2,60	3,00
2DA		 I I	10	7,50	2,60	3,50
2DB		 I I	18	12,20	2,60	4,10
3-A		 I I I	27	12,20	2,60	4,10
4-C		 I I I I	31	12,20	2,60	4,10
4-0 octopus		 I I I I	32	12,20	2,60	4,10
V2DB		 I I	18	12,20	2,60	4,10
V3A		 I I I	27	12,20	2,60	4,10
VZS		 I I I	27	12,20	2,60	4,10
T2		 I I	18	8,50	2,60	4,10
T3		 I I I	27	8,50	2,60	4,10
S3		 I I I	24	13,00	2,60	4,10
S2		 I I	20	13,00	2,60	4,10
S1		 I	11	13,00	2,60	4,10
R2		 I I	22	10,00	2,60	4,10
R3		 I I I	31	10,00	2,60	4,10
B1		 I	11	10,00	2,60	4,10
B2		 I I	20	10,00	2,60	4,10
B3		 I I I	24	10,00	2,60	4,10

Fuente: NEVI – 12 [5, p. 39]

En la tabla VIII, se presenta las posibles combinaciones [5]:

Tabla VIII

Posibles combinaciones

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

Fuente: NEVI – 12 [5, p. 40]

2.8. Tipos de conteo

Para determinar la cantidad de tráfico que existe en una zona se deben realizar conteos, estos pueden ser manuales, mecánicos y electrónicos, para este trabajo de titulación se realizó un conteo de forma mecánica.

2.8.1 Conteo Manual

El conteo manual según León [11], se usa a menudo para recopilar datos mediante planillas de conteo que determinan la categorización del vehículo, los giros, dirección de viaje, el tráfico de peatones y la capacidad del vehículo.

2.8.2 Conteo Mecánico

Se utiliza para recopilar datos que identifican patrones de vehículos por hora, cambios diarios y estacionales, tendencia de crecimiento y estimaciones de tráfico anual con la ayuda de aparatos electrónicos [11].

2.9 Cálculo del TPDA

El cálculo del TPDA en esta investigación es mediante dos métodos que se usan para la evaluación de un modelo del tipo de vía y proyecciones de flujo vehicular, para el primero se usa la ecuación (4), especificada por Cal, Reyes y Cárdenas [12]:

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma \quad (4)$$

Donde:

TPDS = es el tránsito promedio diario semanal

K = en la distribución normal, según el nivel de confiabilidad para el 90 y 95% los valores de la constante K son 1.64 y 1.96, respectivamente.

σ = valor estimado de la desviación estándar poblacional. Ecuación (5)

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right) \quad (5)$$

Donde:

S = desviación estándar de los volúmenes de tránsito diario

n = tamaño de la muestra en número de días del aforo

N = tamaño de la población en número de días del año

Además, la desviación estándar muestral S , se encuentra con la ecuación (6)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}} \quad (6)$$

Donde:

TD_i = es el volumen de tránsito del día i

El otro método descrito en la normativa ecuatoriana MOP [8], considera el uso del combustible que puede variar durante el año y da una visión más realista de lo que ocurre en la zona de estudio. Así, la ecuación (7), calcula el TPDA en función de factores de variación:

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM \quad (7)$$

Donde:

T_0 = tráfico observado

FH = factor horario que permite convertir el tráfico por hora en tráfico diario promedio.

FD = factor diario que cambia el tráfico diario promedio en tráfico semanal promedio

FS = factor semanal que transforma el tráfico semanal promedio en tráfico mensual promedio

FM = factor mensual que modifica el tráfico mensual promedio en tráfico promedio diario anual (TPDA)

2.9.1 Proyecciones de tráfico con un periodo de 20 años.

Este parámetro se utilizará sobre todo para estimar la cantidad de tráfico que experimentará la carretera en cuestión en el futuro durante la fase de diseño. El valor determinado en la frase anterior se utiliza para categorizar la vía, establecer la velocidad de diseño y fijar las características geométricas. Cabe recalcar que esta proyección nos ayuda a determinar el mantenimiento que debe darse a una vía para seguir prestando servicio. Para el cálculo de este valor el MOP [8], establece la siguiente ecuación:

$$TPDA_{FUTURO} = TPDA_{ACTUAL} * (1 + i)^n \quad (8)$$

Donde:

$TPDA_{FUTURO}$ = Tráfico Diario Promedio anual proyectado.

$TPDA_{ACTUAL}$ = Tráfico Diario Promedio anual presente.

i = Coeficiente de la tasa de crecimiento anual (utilizar la tasa de crecimiento poblacional o de combustibles)

n = Período de vida útil en años.

3. ANÁLISIS DE TRÁNSITO

Un recuento manual o mecánico es el primer paso para realizar un análisis del tráfico, ya que permite conocer los tipos, volúmenes y número de vehículos que pasan por la zona investigada.

3.1 Recolección de información vehicular

Con el fin de obtener datos fidedignos sobre el aforo vehicular actual que circula por la vía, se procedió a realizar un conteo mediante videograbación durante 24 horas diarias durante un periodo de 7 días consecutivos en el mes de febrero desde el Domingo 13 al sábado 19, para obtener datos consistentes del aforo vehicular actual que circula por la carretera. El equipo empleado fue una cámara montada en el balcón de una residencia en la parte alta de la zona de estudio, que registra todas las entradas y salidas de los vehículos del sector Chacapamba. Como se observa en las figuras 18 y 19 donde muestra el proceso de instalación y la zona de estudio a través de la cámara:



Figura 18: Instalación de la cámara



Figura 19: Imagen de la zona captada a través de la cámara de grabación

3.2 Resultados del conteo vehicular

En la tabla IX, se presenta el conteo de vehículos durante cada hora por los 7 días de análisis.

Tabla IX

Conteo de vehículos mixtos en el Intercambiador del Sector de Chacapamba

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
00:00 - 01:00	63	54	22	76	82	81	88	466
01:00 - 02:00	66	47	17	21	38	28	69	286
02:00 - 03:00	52	42	12	21	37	23	52	239
03:00 - 04:00	24	29	13	19	57	17	42	201
04:00 - 05:00	38	33	24	32	69	37	25	258
05:00 - 06:00	79	81	78	103	141	102	66	650
06:00 - 07:00	636	598	526	564	640	547	180	3691
07:00 - 08:00	1061	861	742	862	895	864	379	5664
08:00 - 09:00	676	634	607	619	646	570	367	4119
09:00 - 10:00	633	642	646	760	749	744	386	4560
10:00 - 11:00	620	662	686	763	761	798	446	4736
11:00 - 12:00	621	627	594	639	667	594	585	4327
12:00 - 13:00	804	875	697	710	667	708	806	5267
13:00 - 14:00	754	779	658	833	692	864	694	5274
14:00 - 15:00	686	749	547	593	712	623	599	4509
15:00 - 16:00	614	681	528	553	771	568	500	4215
16:00 - 17:00	627	689	618	557	673	526	476	4166
17:00 - 18:00	682	747	751	592	947	558	499	4776
18:00 - 19:00	608	632	694	664	953	733	516	4800
19:00 - 20:00	562	506	622	702	1061	806	389	4648
20:00 - 21:00	407	347	393	435	800	562	323	3267
21:00 - 22:00	274	249	302	376	733	508	266	2708
22:00 - 23:00	170	146	107	137	666	159	174	1559
23:00 - 00:00	80	71	69	80	125	94	99	618
Total	10837	10781	9953	10711	13582	11114	8026	75004

Para el conteo mecánico de los vehículos se tomó en cuenta los giros que producen cada uno de ellos obteniendo así los siguientes resultados:

Para la avenida 24 de mayo, sentido SUR – NORTE se produce 2 maniobras de circulación (figura 20).

- La primera maniobra es cuando el vehículo va en sentido de circulación normal de la vía sin producir giros como se indica en las flechas de color rojo (↔).
- La segunda maniobra es un giro hacia la izquierda desde la avenida 24 de mayo hacia el desvío de la misma para conectarse a la carretera panamericana norte, como se indica en las flechas de color morado (↵).

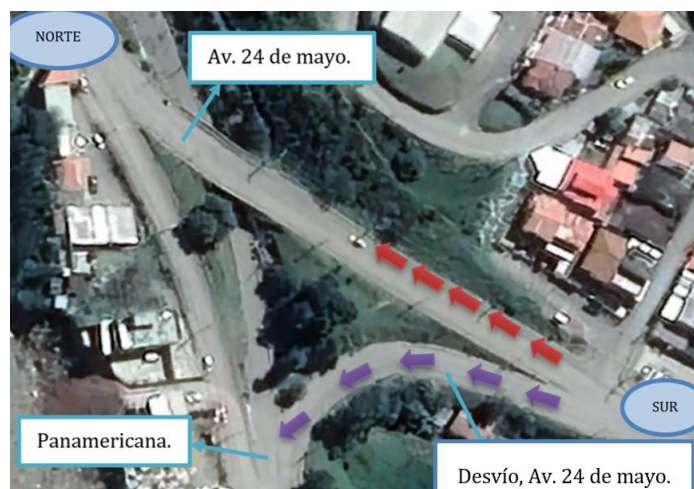


Figura 20: Vista en planta de las maniobras de la Av. 24 de mayo en el sentido Sur-Norte.

En la tabla X, se muestra el resultado del conteo manual de vehículos mixtos lo cual se obtuvo del anexo 2 para el punto de estudio indicado en la avenida 24 de mayo, sentido SUR – NORTE.

Tabla X

Conteo de vehículos mixtos de la Av. 24 de Mayo sentido Sur - Norte			
Av. 24 de mayo Sur - Norte			
Días de la semana	Fecha	Vehículos mixtos	
		↵	↔
Domingo	13/2/2022	982	1734
Lunes	14/2/2022	1563	2604
Martes	15/2/2022	1430	2312
Miércoles	16/2/2022	1473	2453
Jueves	17/2/2022	1548	2533
Viernes	18/2/2022	1767	3006
Sábado	19/2/2022	1757	2346
Sumatoria		10520	16988

Para la avenida 24 de mayo, sentido NORTE-SUR se produce 2 maniobras de circulación (figura 21).

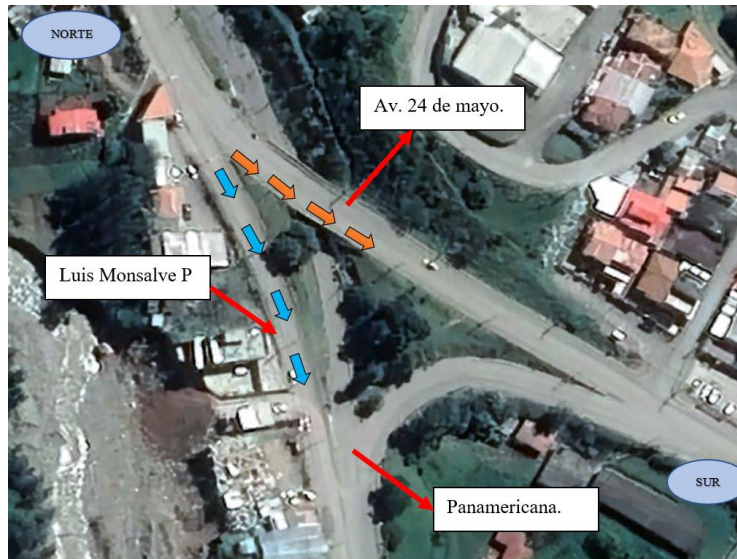


Figura 21: Vista en planta de las maniobras de la Av. 24 de mayo en el sentido Norte-Sur.

- La primera maniobra es cuando el vehículo va en sentido de circulación normal de la vía sin producir giros como se indica en las flechas de color naranja (→).
- La segunda maniobra es un giro hacia la derecha desde la avenida 24 de mayo hacia la avenida Luis Monsalve Pozo conectándose así a la carretera panamericana norte como se indica en las flechas de color celeste (↪).

En la tabla XI, se muestra el resultado del conteo manual de vehículos mixtos lo cual se obtuvo del anexo 2 para el punto de estudio indicado en la avenida 24 de mayo, sentido Norte-Sur.

Tabla XI

Conteo de vehículos mixtos de la Av. 24 de Mayo sentido Norte - Sur

Días de la semana	Fecha	Av. 24 de Mayo Norte - Sur	
		Vehículos mixtos	
		↪	↑
Domingo	13/2/2022	1136	1881
Lunes	14/2/2022	1164	2641
Martes	15/2/2022	1329	2551
Miércoles	16/2/2022	1163	1658

Jueves	17/2/2022	1206	2426
Viernes	18/2/2022	1541	2794
Sábado	19/2/2022	1453	2551
Sumatoria		8992	16502

En la carretera Panamericana se produce 2 maniobras de circulación (figura 22)

- La primera maniobra es cuando el vehículo va en sentido de circulación normal de la vía sin producir giros como se indica en las flechas de color amarillo (→).
- La segunda maniobra es un giro hacia la derecha desde la Panamericana hacia el desvío de la av. 24 de mayo conectándose así la carretera panamericana con la avenida 24 de mayo como se indica en las flechas de color fucsia (→).





Figura 22: Vista en planta de las maniobras de la carretera Panamericana.

En la tabla XII, se muestra el resultado del conteo manual de vehículos mixtos lo cual se obtuvo del anexo 2 para un periodo 24 horas para el punto de estudio indicado en la carretera Panamericana.

Tabla XII

Conteo de vehículos mixtos de la carretera Panamericana

Días de la semana	Fecha	Panamericana	
		Vehículos mixtos	
			
Domingo	13/2/2022	1115	1178
Lunes	14/2/2022	1158	1707
Martes	15/2/2022	1634	1525
Miércoles	16/2/2022	1473	1733
Jueves	17/2/2022	1394	1604
Viernes	18/2/2022	2333	2141
Sábado	19/2/2022	1470	1537
Sumatoria		10577	21425

3.3 Análisis de la información recolectada

La información final que se recolectó de acuerdo al conteo mecánico del total de vehículos en un tiempo de 24 horas se muestra en la tabla XIII.

Tabla XIII

Vehículos que transcurren en un periodo de 7 días consecutivos

Variación diaria de vehículos mixtos del intercambiador en el sector Chacapamba								
Días de la semana	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total de vehículos mixtos
Fecha	13/2/2022	14/2/2022	15/2/2022	16/2/2022	17/2/2022	18/2/2022	19/2/2022	
Vehículos livianos	7285	9304	9246	8449	9229	11535	9518	64566
Buses	399	668	617	568	571	699	580	4102
2D	99	156	128	176	152	221	200	1132
2DA	143	404	409	338	351	427	366	2438
2DB	29	126	77	90	105	171	103	701
3A	6	47	66	61	64	92	76	412
4C	0	0	0	19	17	34	16	86

V2DB	6	37	46	53	67	89	75	373
V3A	3	10	19	41	24	51	25	173
T3	1	1	6	12	7	14	8	49
2S1	0	0	0	0	4	2	0	6
2S2	0	3	0	0	2	7	4	16
2S3	0	0	0	11	13	25	16	65
3S1	0	0	0	2	2	12	5	21
3S2	0	0	1	4	1	6	3	15
3S3	55	81	166	129	102	197	119	849
Total, de vehículos mixtos	8026	10837	10781	9953	10711	13582	11114	75004

A partir de la tabla XIII, se elabora el gráfico de barras mostrado en la figura 23 donde se observa el total de la composición vehicular en las fechas correspondientes al periodo de análisis para el presente proyecto, dicho diagrama refleja los resultados acumulados en periodos de 24 horas

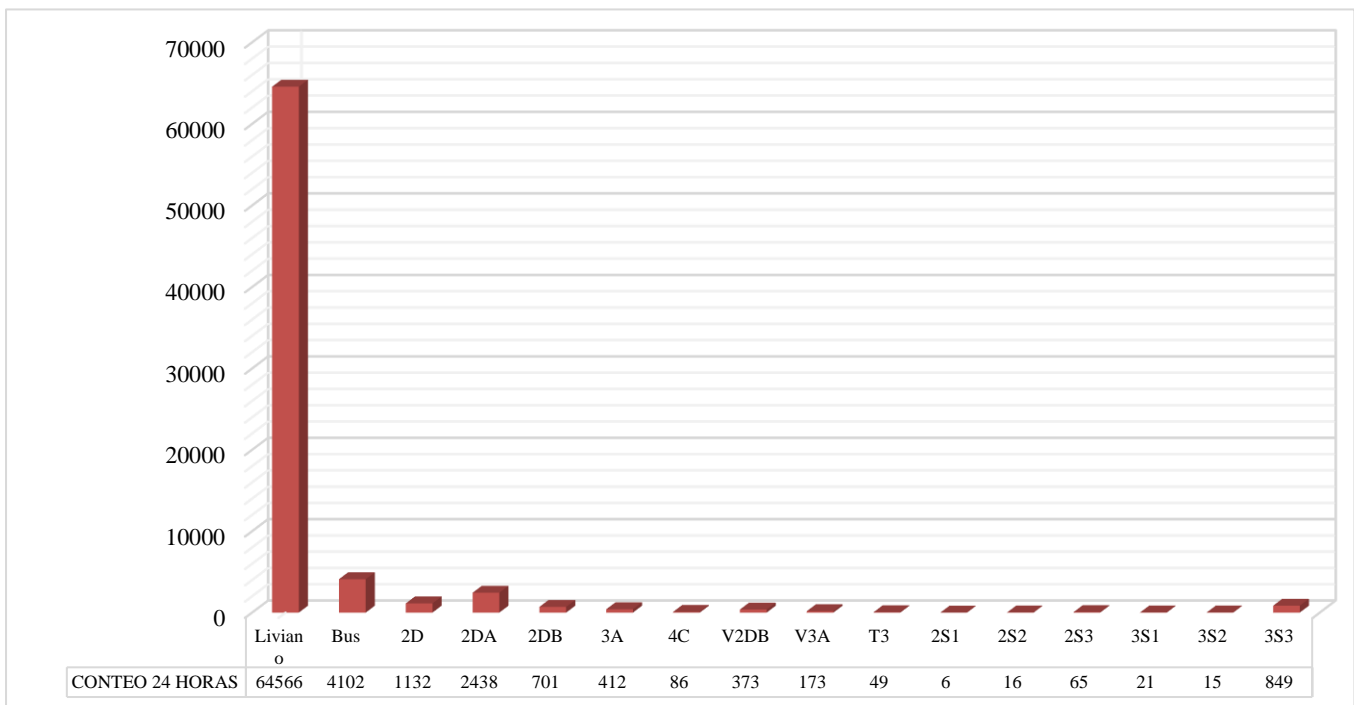


Figura 23: Gráfico en barras del número de vehículos que transitan durante los 7 días en periodos de 24 horas

En la tabla XIV, se muestra el total de maniobras de circulación que produce la composición mixta de tráfico en los diferentes tramos de estudio.

Tabla XIV

Vehículos que transcurren en cada sentido de circulación en el intercambiador

Días de la semana	Fecha	Av. 24 de mayo Sur - Norte		Av. 24 de mayo Norte - Sur		Panamericana	
		Vehículos mixtos		Vehículos mixtos		Vehículos mixtos	
		↶	↑	↷	↑	↷	↑
Domingo	13/2/2022	982	1734	1136	1881	1115	1178
Lunes	14/2/2022	1563	2604	1164	2641	1158	1707
Martes	15/2/2022	1430	2312	1329	2551	1634	1525
Miércoles	16/2/2022	1473	2453	1163	1658	1473	1733
Jueves	17/2/2022	1548	2533	1206	2426	1394	1604
Viernes	18/2/2022	1767	3006	1541	2794	2333	2141
Sábado	19/2/2022	1757	2346	1453	2551	1470	1537
TOTAL		10520	16988	8992	16502	10577	11425

Para la elaboración de la figura 24 se utilizaron los datos acumulados totales de la tabla XIV.

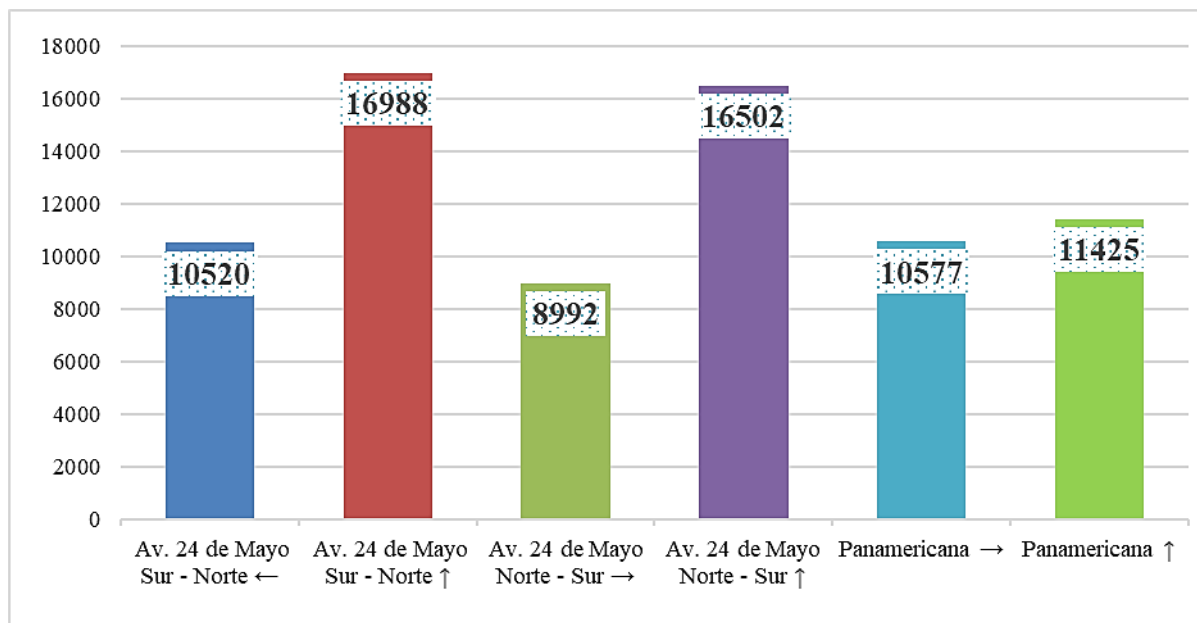


Figura 24: Gráfico de barras del acumulado semanal en un periodo de 12 horas.

De acuerdo al gráfico de barras de la figura 24, se concluye que la vía más transitada es la avenida 24 de mayo en el sentido sur-norte, sentido de circulación normal de la vía sin producir ningún giro. Con base en los hallazgos de las tablas y figuras, éstas servirán de guía para definir el vehículo de diseño y así realizar el diseño geométrico que ofrezca mejor flujo vehicular y evite los giros peligrosos producidos en ciertos puntos del sector Chacapamba que ocasionan inseguridad y demora al conductor.

3.4 Vehículo de diseño

El vehículo utilizado para determinar los parámetros de diseño más adecuados para el vehículo elegido se conoce como vehículo de diseño. Las características del vehículo de diseño incluyen el peso, el tamaño y otros factores. Se debe considerar que el vehículo de diseño que se vaya a elegir tendrá un radio mínimo de giro y dimensiones superiores a la mayoría de vehículos de su clase [5].

De acuerdo a lo dicho en el inciso anterior el vehículo de diseño es un semitrailer (WB-67 WB-20) el mismo es tomado de la normativa AASHTO [9], el vehículo de diseño se muestra en a figura 25.

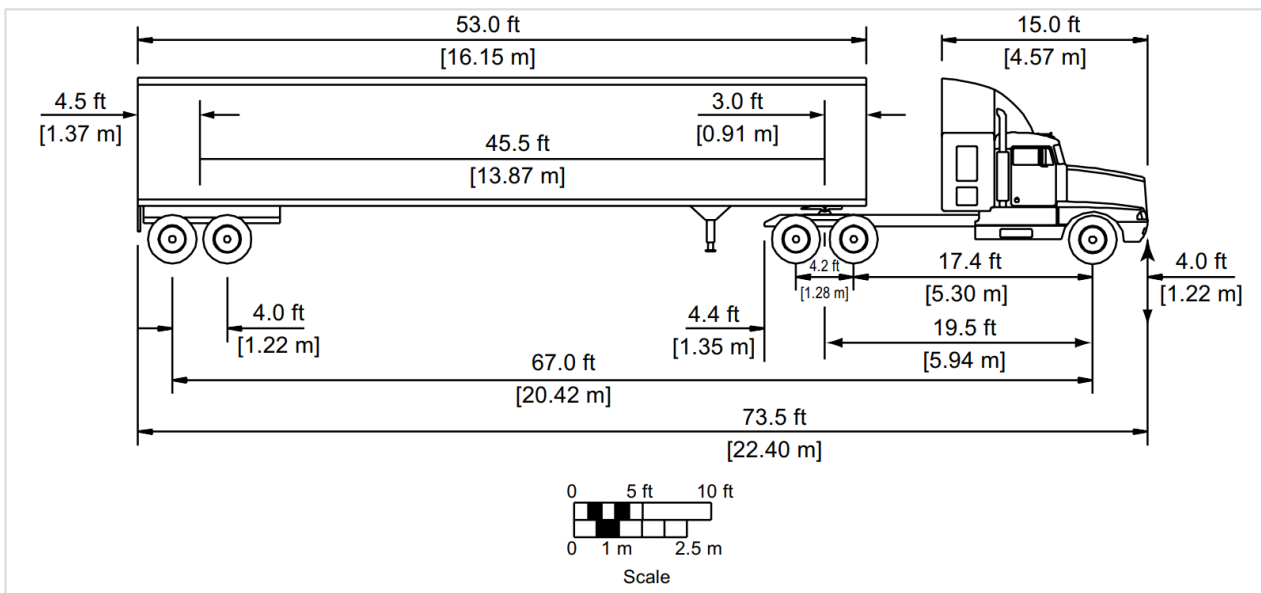


Figura 25: "Semitrailer (WB-67 WB-20) [9]".

El semitrailer (WB-67 WB-20) en comparación con la normativa ecuatoriana NEVI-12 [5], da como resultado el vehículo tipo 3S3 que se muestra en la figura 26.



Figura 26: "Camión tipo 3S3" [5]

El vehículo de diseño para el intercambiador del sector Chacapamba consta con las características descritas en la tabla XV:

Tabla XV

Características del vehículo 3S3

Peso vehicular máximo permitido (toneladas)	Largo (metros)	Ancho (metros)	Alto (metros)
48	20.50	2.60	4.30

Fuente: NEVI-12 [5, p. 40]

3.5 Cálculo del TPDA y proyecciones

Según el estudio de evaluación técnica “Diseño, financiamiento, Construcción, Operación y Mantenimiento Vial del corredor Cumbe-Cuenca (Acceso Sur a Cuenca)-Azogues-Biblián” [13], se consideran las siguientes tasas de crecimiento que se presentan en la tabla XVI:

Tabla XVI

Tasa de crecimiento. Tramo Cuenca-Azogues

PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2018-2020	5.83 %	2.22 %	3.59 %
2020-2025	5.04 %	1.97 %	3.19 %
2025-2030	4.41 %	1.77 %	2.88 %
2030-2035	3.88 %	1.61 %	2.61 %
2035-2040	3.49 %	1.50 %	2.42 %
2040-2045	3.24 %	1.43 %	2.29 %

Fuente: MTOP [13]

3.5.1 Método de Cal, Reyes y Cárdenas

Para el cálculo del TPDA y sus proyecciones se aplicará el concepto de los incisos 2.9 y 2.9.1, teniendo en cuenta que se debe realizar la respectiva corrección para determinar los cálculos del TPDA actual obteniendo los valores de la tabla XVII y representados en porcentaje mediante un diagrama en la figura 27.

Tabla XVII
TPDA del año 2022 en la zona de estudio

Tipo de vehículo	Número de vehículos	Porcentaje
Vehículos livianos	10163	84.87%
Buses	657	5.49%
2D	193	1.61%
2DA	419	3.50%
2DB	132	1.10%
3A	79	0.66%
4C	22	0.18%
V2DB	73	0.61%
V3A	37	0.31%
T3	11	0.09%
2S1	2	0.02%
2S2	4	0.03%
2S3	16	0.13%
3S1	6	0.05%
3S2	4	0.03%
3S3	157	1.31%
Total	11975	100.00%

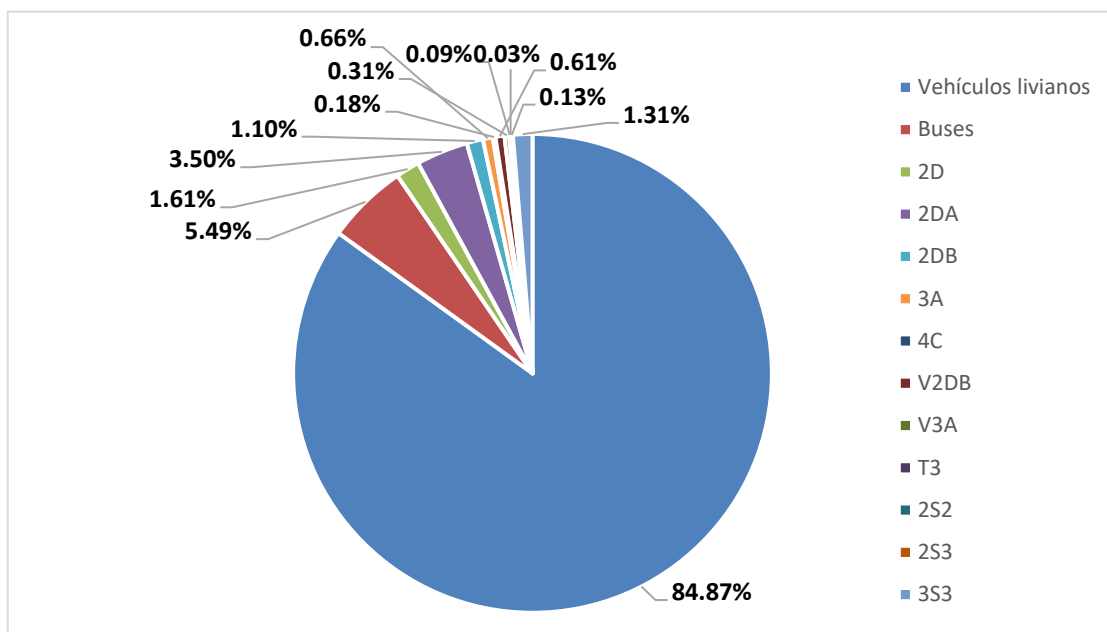


Figura 27: Diagrama circular con los porcentajes del TPDA actual en la zona de estudio

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se optó por un plazo de diseño de 20 años para el intercambiador del sector Chacapamba, con una tasa de crecimiento vehicular promedio anual 2.32 % en el cantón de Azogues. Estos factores condujeron a las cifras que se muestran en la tabla XVIII del TPDA futuro.

Tabla XVIII

TPDA para el año 2042

Tipo de vehículo	Número de vehículos	Porcentaje
Vehículos livianos	19230	87.73%
Buses	873	3.98%
2D	304	1.39%
2DA	659	3.01%
2DB	208	0.95%
3A	124	0.57%
4C	35	0.16%
V2DB	115	0.52%
V3A	58	0.26%
T3	17	0.08%
2S1	3	0.01%
2S2	6	0.03%
2S3	25	0.11%
3S1	9	0.04%

3S2	6	0.03%
3S3	247	1.13%
Total	21919	100.00%

En la figura 28, se presenta la diferencia de los TPDA entre los años 2022 y 2042 que existe para cada vehículo y cómo influirá para el diseño geométrico a realizarse.

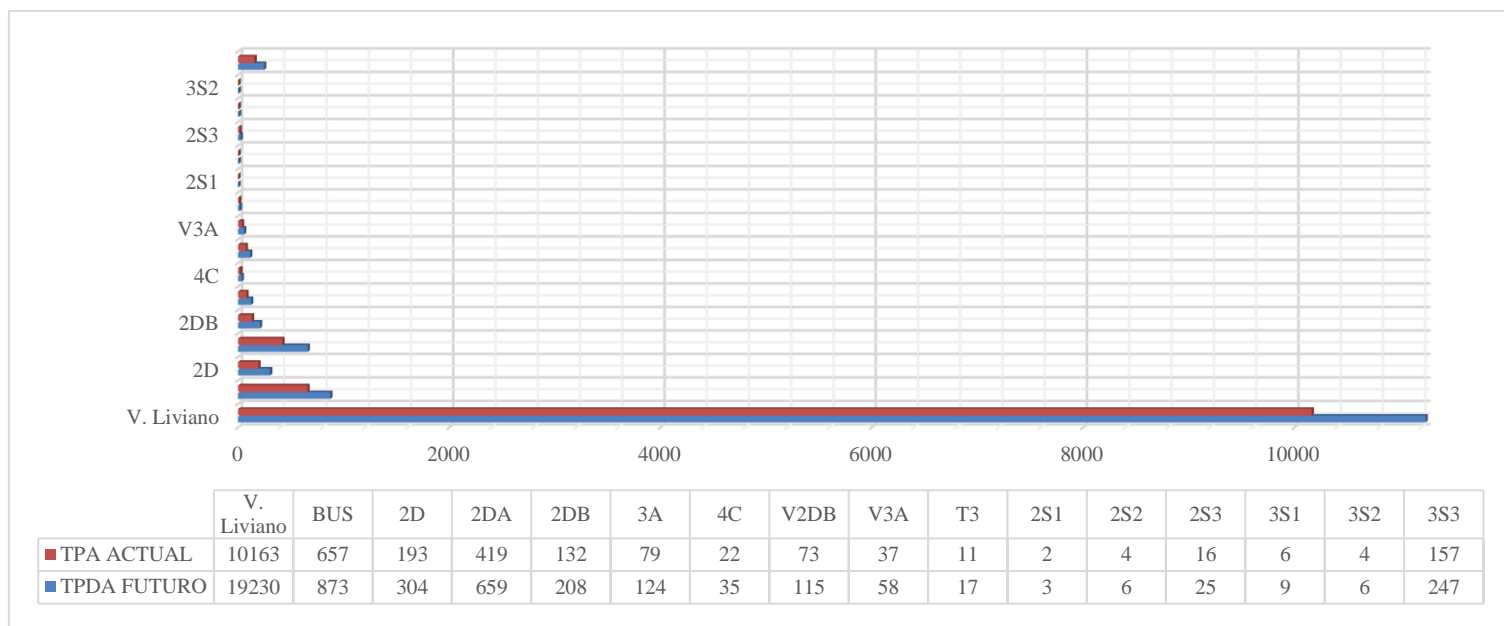


Figura 28: Diagrama de barras del TPDA para del año 2022 y 2042 de la zona de estudio

3.5.2 Método con la normativa Ecuatoriana

De acuerdo a la normativa Ecuatoriana [8] y a los datos compartidos del uso del combustible por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (Anexo 4), se calcula el TPDA actual y futuro para 20 años.

Debido a que el conteo vehicular se realizó en el mes de Febrero, se considera los datos de la tabla XIII con un tráfico observado de **13582 veh/día** del Viernes 18, siendo este el día de máxima demanda. Así, su factor horario es igual a **1**, el factor diario es de **0.789** (Anexo 3), factor semanal de **1** el cual se calcula considerando los 28 días del mes y finalmente el factor mensual es de **0.86** como resultado del promedio de la venta de combustible durante el año 2020 y 2021 en la ciudad de Azogues.

TPDA actual mes de Febrero

$$T_0 = 13582 \text{ veh/día}$$

$$FH = 1$$

$$FD = 0.789$$

$$FS = 1$$

$$FM = 0.86$$

$$TPDA = 13582 * 1 * 0.789 * 1 * 0.86 = \mathbf{9242 \text{ veh/día}}$$

TPDA futuro año 2042

Con la ecuación (8) de la sección 2.9.1 y de la misma forma que el método anterior se calcula con un periodo de diseño de 20 años teniendo un crecimiento vehicular promedio del 2.32% promedio anual en el cantón de azogues de acuerdo a la tabla XVI.

$$TPDA_{FUTURO} = 9242 (1 + 2.32)^{20} = \mathbf{14621 \text{ veh/día}}$$

Es importante definir el TPDA con el que se va a diseñar porque de esto depende que el proyecto sea eficiente, seguro y cumpla con la normativa adecuada. Al considerar los dos métodos anteriores se elige el primero (tabla XVIII), ya que al finalizar su periodo de diseño la cantidad de vehículos es mayor al segundo por lo cual se ofrece una mayor capacidad de la estructura.

3.6 Presentación de alternativas

Se consideró varias alternativas que den solución a la problemática actual en el intercambiador, de esta forma se eligió las dos mejores soluciones, las cuales se detallan a continuación.

3.6.1 Alternativa 1

Esta alternativa pretende conectar la Av. 24 de Mayo con la vía rápida mediante una rotonda con dos carriles en cada sentido de circulación. Los dos carriles de acceso y salida tendrán un ancho de 3.50 m cada uno en ambos sentidos, y para el análisis de tráfico se tendrá en cuenta todo el tráfico de las vías de estudio (tabla XVIII). Del mismo modo se presenta esta alternativa con las siguientes consideraciones: la capacidad incrementa porque la tabla I de la sección anterior numeral 2.5 describe que las rotondas de dos carriles aforan hasta 45000 vehículos al día, permite giros seguros y requiere menos estructuras de soporte. Así, en la figura 29 se presenta el diseño considerado para la alternativa 1.

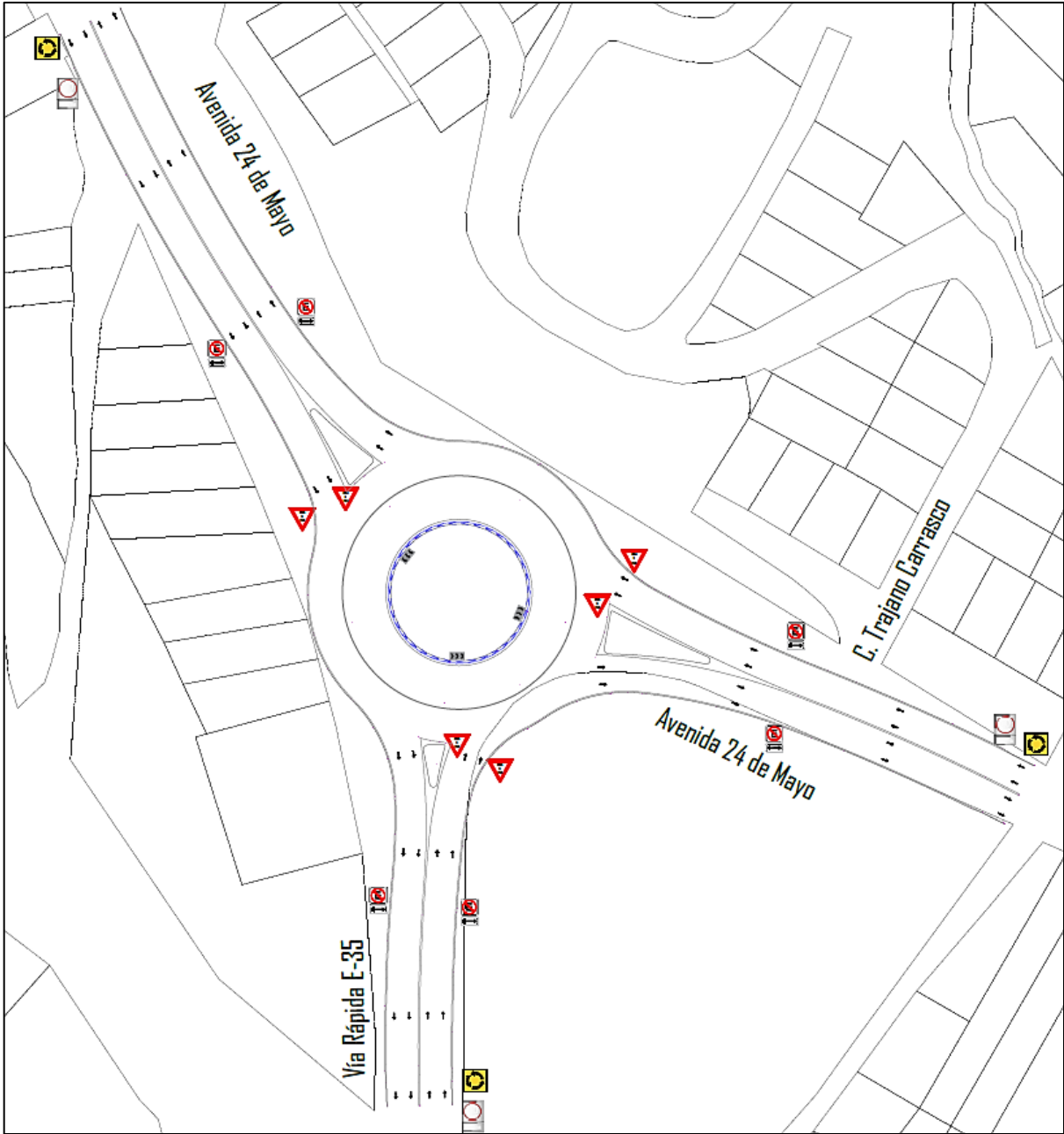


Figura 29: Esquema de diseño alternativa 1







3.6.2 Alternativa 2

El intercambiador se reconstruirá con un nuevo paso elevado que unirá la autopista Biblián-Azogues-Cuenca con la antigua carretera Panamericana (Av. 24 de Mayo), utilizando una rotonda de un carril y un paso deprimido de un carril de 3.65 m de ancho en cada sentido de circulación de vehículos para la Av. 24 de Mayo. Para el análisis de tráfico de esta opción se considera todos los flujos presentes en la zona de estudio.

El motivo por el cual se recomienda diseñar una rotonda a desnivel con paso deprimido es para ejecutar giros seguros desde la Av. 24 de Mayo a la vía rápida, disminuir el tiempo de viaje debido al contraflujo, transitar de forma rápida en ambos sentidos por el paso deprimido y porque de acuerdo a la tabla I de la sección anterior (2.5.2) satisface a 20000 vehículos por día sin la necesidad de que se haga un estudio de nivel de servicio. Cabe recalcar que en base al resultado del TPDA analizado esta alternativa es positiva, aunque se tenga un exceso de **1919 veh/día** (tabla XVIII) porque la tabla XIX define una circulación por el paso deprimido de **8503 veh/día** (Av.24 de Mayo) que ayuda a una liberación total del paso a desnivel cumpliendo así con la capacidad de este diseño. La figura 30, es un esquema de diseño de esta alternativa.

Tabla XIX

TPDA de los años 2022 y 2042 para cada sentido de las vías

Variación diaria de vehículos mixtos en los accesos del intercambiador en el sector Chacapamba 2022 - 2042 TPDA máximo							
Años	Av. 24 de Mayo Sur - Norte		Av. 24 de Mayo Norte - Sur		Panamericana		Total vehículos mixtos
							
2022	1697	2708	1403	2667	1809	1845	12129
2042	2685	4284	2220	4219	2862	2919	19189

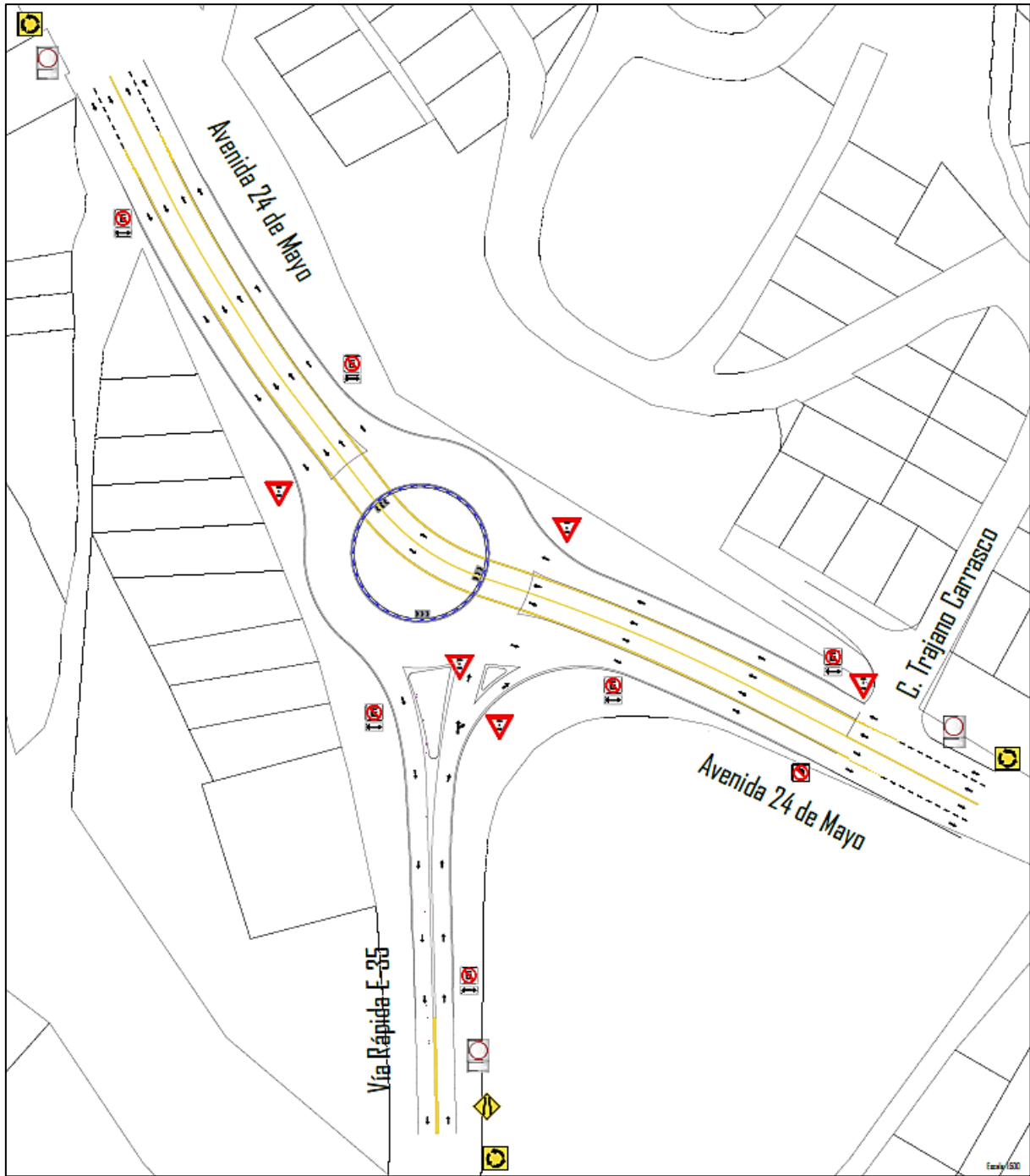


Figura 30: Esquema de diseño alternativa 2

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a la presentación de las dos mejores alternativas en este documento, se elige la que mejor se ajusta al terreno, al tráfico futuro en 20 años, la capacidad y seguridad de la estructura, por este motivo se elige la alternativa 2, que se presenta a continuación con los resultados del diseño geométrico, ya que este cuenta con un paso deprimido que a futuro ayudará a liberar tráfico en la Av. 24 de Mayo en la dirección Norte - Sur y viceversa, debido a que es el mayor flujo que se presentó durante el conteo manual en la zona de estudio. Esta cuenta con los siguientes aspectos geométricos nuevos en su diseño:

- Paso deprimido de 1 carril de 3.50 metros en cada sentido de flujo vehicular y un separador central de 15 centímetros para la Av. 24 de Mayo
- Paso a desnivel con rotonda para todos los flujos de la zona de estudio, solucionando el contraflujo actual y el giro hacia a la izquierda desde la Av. 24 de Mayo a la vía rápida
- La vía actual que pasa por debajo del puente y la vía que conecta la vía rápida a la Av. 24 de Mayo se elimina.
- La rotonda tendrá un diámetro inscrito de 46 metros, un ancho de 0.5 metros en la plataforma y un solo carril de circulación de 9 metros
- Los accesos de la rotonda son de un solo carril de 3.50 metros en cada dirección de flujo

4.1 Diseño geométrico de la alternativa definitiva

4.1.1 Clasificación vial

De acuerdo a la normativa NEVI-12 [5], la clasificación funcional de la red vial en función del TPDA se presenta en la tabla XX:

Tabla XX

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA_d

Descripción	Clasificación funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA _d) al año de horizonte	
		Límite inferior	Límite superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: NEVI-12 [5, p. 64]

La clasificación vial se establece en base a la tabla XIX de la zona de estudio, donde especifica un total de 19189 vehículos al día para un periodo de diseño de 20 años, donde 10686 vehículos mixtos circulan por la rotonda y 8503 por el paso deprimido. Por lo que, de acuerdo a la tabla XX, el proyecto será una **Autovía o carretera AV1**. Además, para que se sea una intersección a desnivel debe exceder los 4000 vehículos por día por lo que si se ajusta a los requerimientos mínimos dados en la MOP [8]. Por último, se verifica que las rotondas de un solo carril normalmente tienen capacidad para 1400 vehículos por hora y puede albergar hasta 2400 vehículos por hora [9].

4.2 Diseño geométrico en planta

4.2.1 Peralte (e)

Cuando un vehículo se desplaza por una curva pronunciada a una velocidad determinada, el peralte de diseño es crucial para minimizar los efectos perjudiciales de la fricción y la fuerza centrífuga sobre los neumáticos y la carretera. Este impacto es nulo en curvas con radios elevados y se aconseja que no exceda un máximo del 12% [5].

La tabla XXI, establece un valor de acuerdo a la topografía de la zona y ubicación:

Tabla XXI

Peralte para diferentes tipos de área donde se localicen las carreteras	
Peralte “e” en (%)	Tipo de área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: NEVI-12 [5, p. 132]

El peralte máximo es del **6%** para curvas horizontales en la rotonda y paso deprimido de acuerdo a la tabla XXI [5].

4.2.1.1 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño para todas las vías se rige de acuerdo a la velocidad de la rotonda que es la estructura más crítica en el diseño y de acuerdo al conteo vehicular se visualizó al semi-tráiler WB-67 AASHTO [9], el cual es similar al vehículo 3S3 de la NEVI-12 [5] como vehículo de diseño (figura 25 y 26)

De esta forma la tablas I, II y III de la sección 2.5.2 de este documento, definen la velocidad de diseño, el tipo de rotonda, el diámetro de la circunferencia inscrita y la capacidad de la rotonda. Siendo, la velocidad de diseño de **Vd = 40 km/h** para una rotonda de **un solo carril** que funciona para un máximo de **20000 vehículos al día** sin exigir un análisis de capacidad, ya que el TPDA futuro es de 21919 vehículos y un diámetro que puede variar desde los 27 a 55 metros, sin embargo, para el vehículo de diseño (3S3) va desde los 40 a 55 metros. Así, el diseño tiene un diámetro inscrito de **46 metros**.

4.2.1.2 Radio mínimo

Con una velocidad de diseño igual a 40 km/h y un peralte del 6%, la AASHTO [9, p. 232], propone un radio mínimo de **43 metros**.

4.3 Diseño geométrico en perfil

4.3.1 Índice de curvatura K

Las tablas XXII y XXIII tomadas de la NEVI-12 [5], proporcionan valores de K para curvas convexas y cóncavas mínimas de acuerdo a la velocidad de diseño.

Tabla XXII

Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad (km/h)	Longitud controlada por visibilidad de frenado	
	Distancia de visibilidad de frenado (metros)	Índice 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

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: NEVI-12 [5, p. 144]

Tabla XXIII

Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava

Velocidad (km/h)	Distancia de visibilidad de frenado (metros)	Índice 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: NEVI-12 [5, p. 144]

Los valores de los índices de curvatura para este diseño son:

- Para curvas verticales convexas: **K mínimo = 3.8 o 4** y distancia de visibilidad de frenado, **d = 50 metros**
- Para curvas verticales cóncavas: **K mínimo = 9** y distancia de visibilidad de frenado, **d = 50 metros**

4.3.3.1 Pendientes

La normativa ecuatoriana NEVI-12 [5], establece que en tramos en corte se evite pendientes menores a 0.5% y se asegure que la calzada cuente con un bombeo igual o superior al 2% para el drenaje correcto de las vías.

Por lo general, no se debe exceder una pendiente máxima de acuerdo a la velocidad de diseño y su topografía, la tabla XXIV indica estos valores.

Tabla XXIV

Pendientes máximas según velocidad de diseño y orografía

Velocidad (km/h)	Orografía			
	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
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: NEVI-12 [5, p. 145]

La pendiente máxima para este diseño con una velocidad de diseño **Vd = 40 km/h**, será del **10%** debido su topografía.

4.3.2 Sección tipo

En base al diseño geométrico, se muestra en las figuras las secciones correspondientes para la **Av. 24 de Mayo** con paso deprimido y paso a desnivel con rotonda:

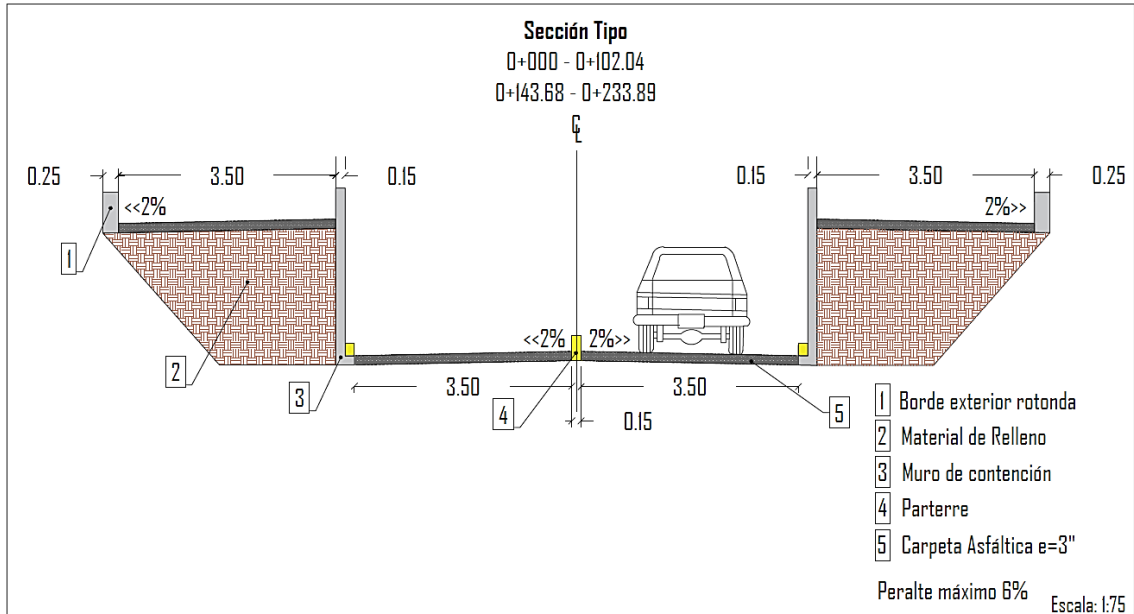


Figura 31: Sección Tipo 1 en la Av. 24 de Mayo

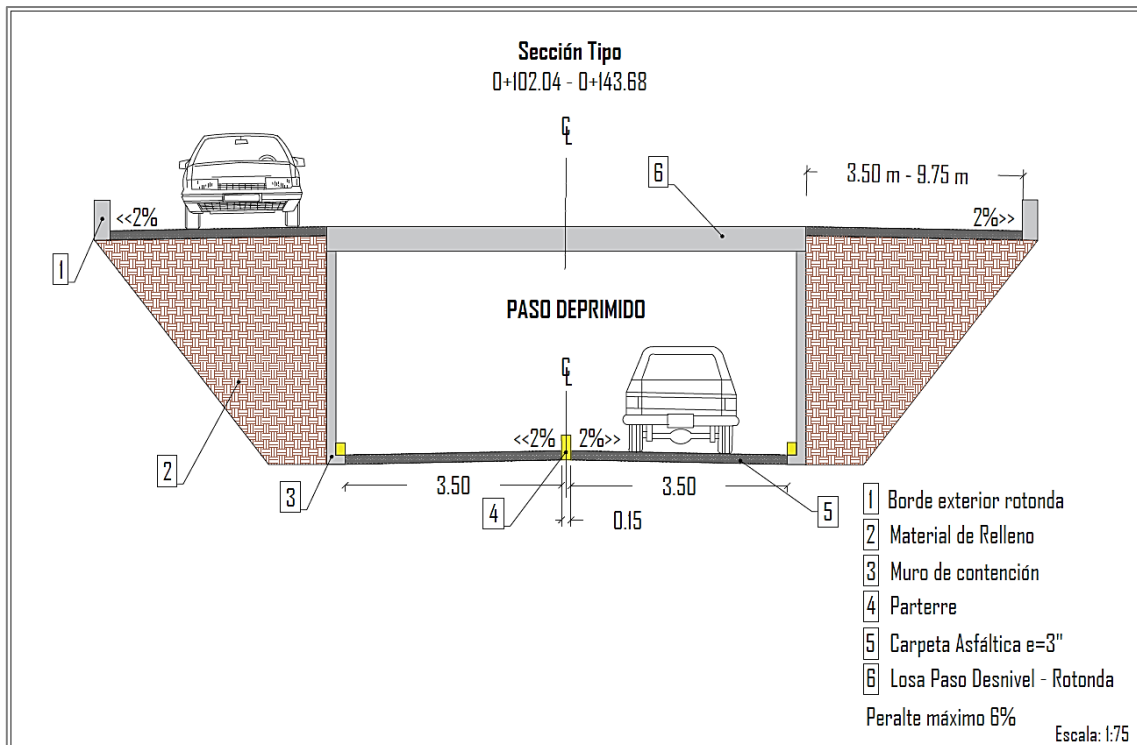


Figura 32: Sección Tipo 2 para la Av. 24 de Mayo

Para la **Vía Rápida E-35**, la figura 33 muestra el esquema de la sección:

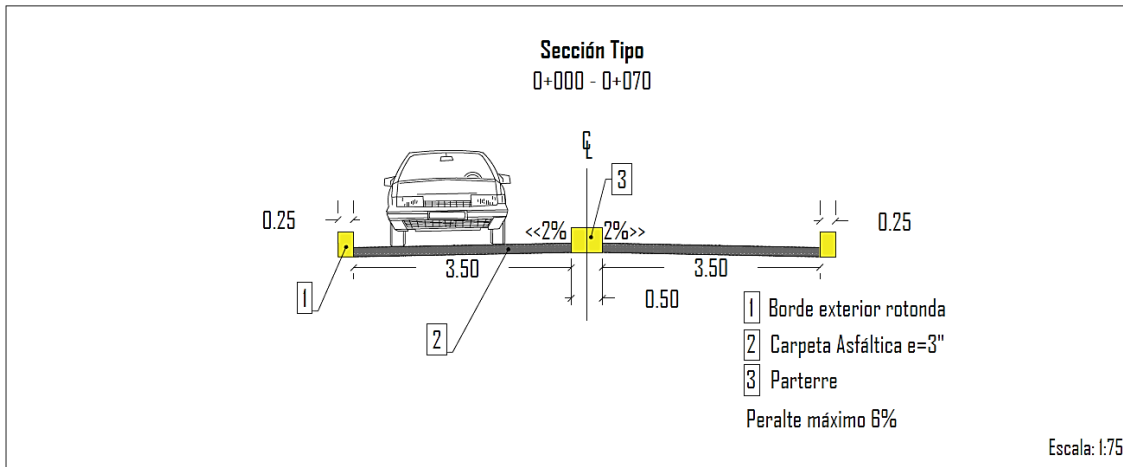


Figura 33: Sección Tipo para el paso a desnivel en la Vía Rápida

4.4 Modelación en el software Vissim 10

Para la simulación ejecutada en el software Vissim se ha simulado la situación actual de cómo se encuentra la zona de estudio con su respectivo TPDA, se realizó la modelación de la zona donde se explica paso a paso como se obtiene la misma para así tener resultados de la situación real y poder comparar con el diseño propuesto en párrafos anteriores.

4.4.1 Modelación Actual

1. Definir la zona de estudio.

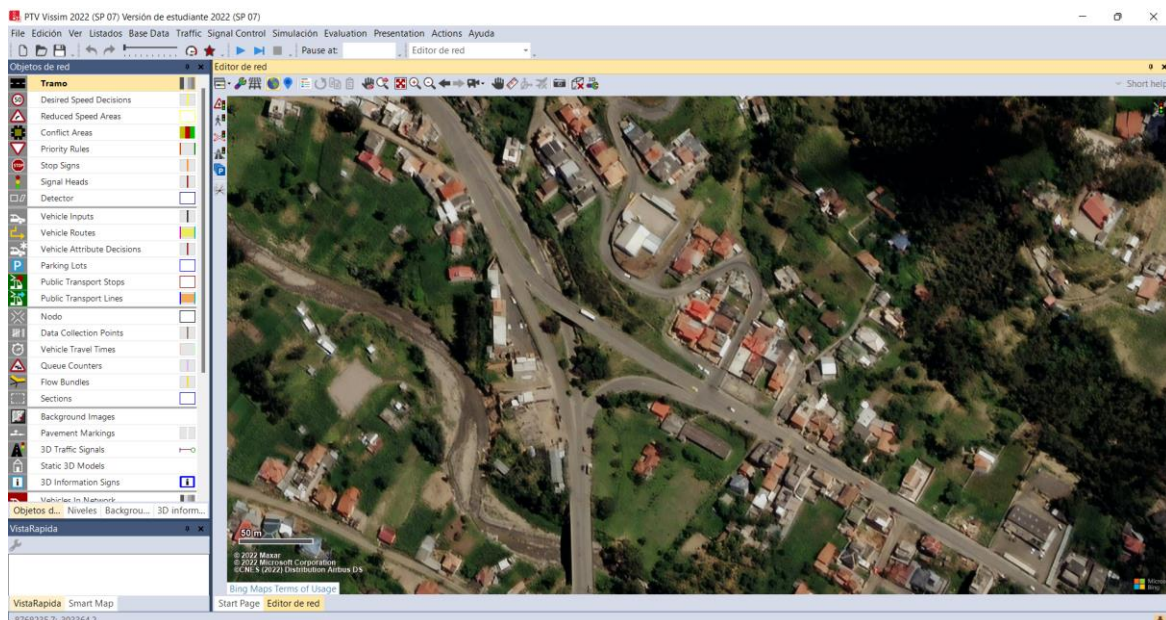


Figura 34: Modelación de la zona de estudio en el software Vissim 10

2. Dibujar las calles de la zona con sus respectivos carriles, pendientes giros anchos etc.

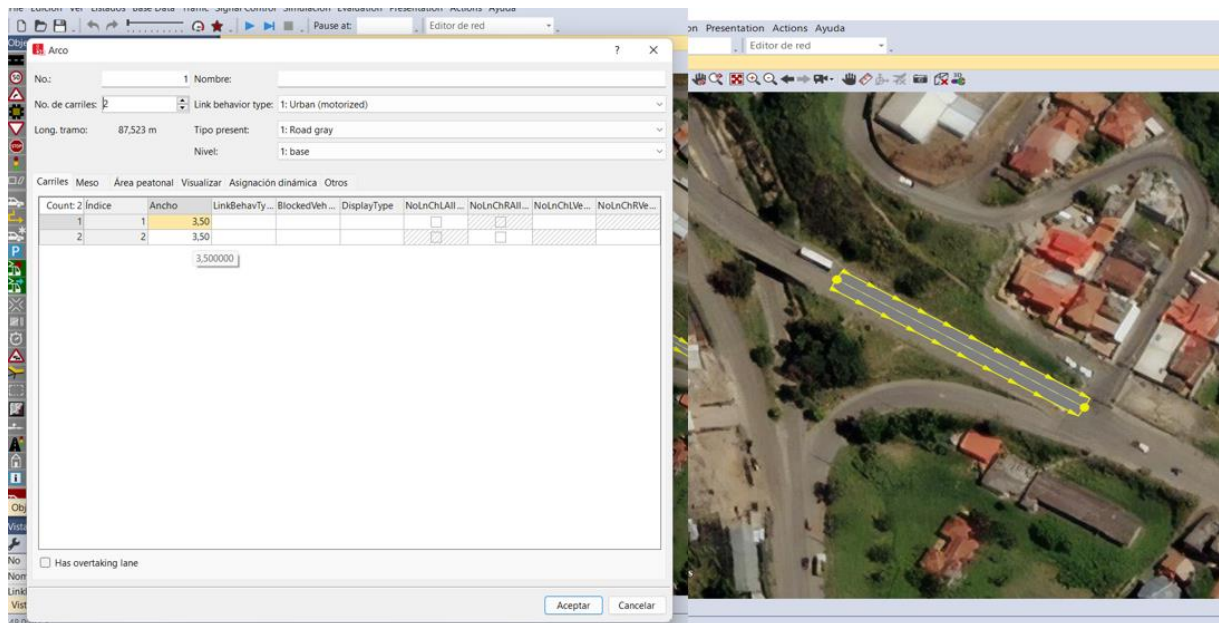


Figura 35: Diseño geométrico de carriles en el software Vissim 10

3. Configurar los datos de las calles que conforma la zona y colocar los volúmenes horarios de máxima demanda, los automóviles que circulan ya sea buses, livianos de carga etc.

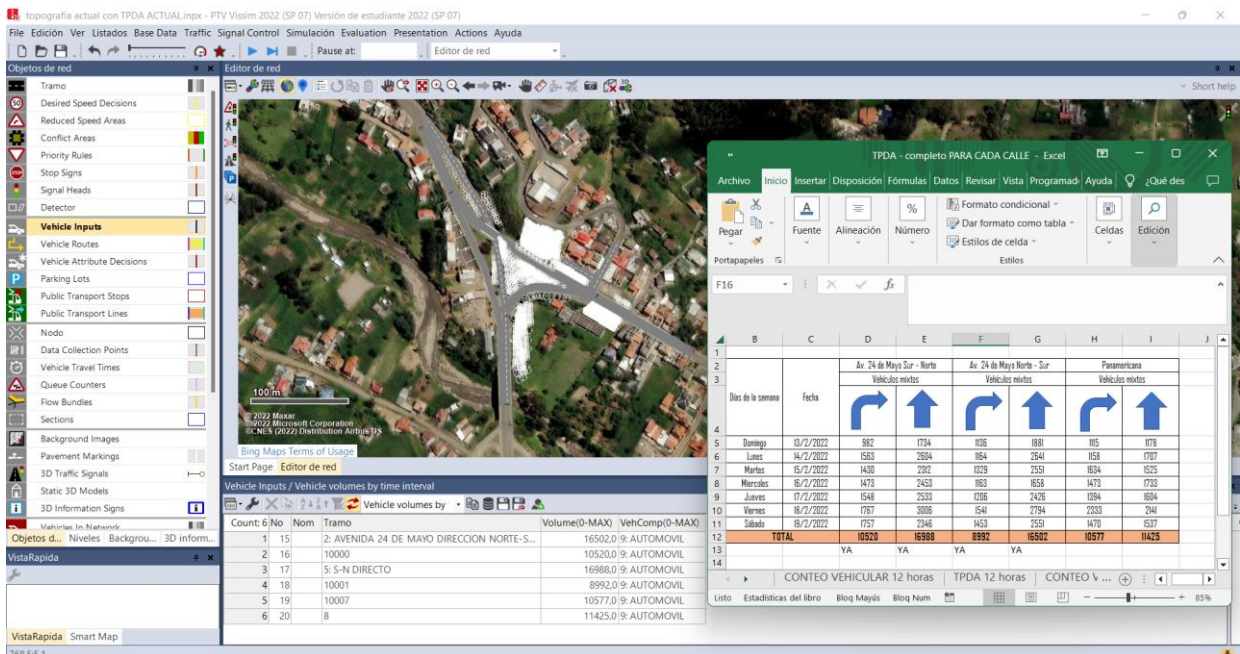


Figura 36: Ingreso del volumen de máxima demanda en el software Vissim 10

4.4.2 Análisis de los resultados de la situación actual

Se observa en la zona de estudio los giros que produce cada uno de ellos y el tiempo que toma para producir el mismo, en consecuencia, se detiene el tráfico. De acuerdo a lo dicho anteriormente, se ingresan los datos en el programa, se modelan las vías actuales y con ello se obtiene la mejor alternativa que dé solución al congestionamiento y giros erróneos que se producen. Además, se muestra en la figura 37 y capítulos anteriores que la vía con mayor congestión vehicular es la Av. 24 de Mayo y que las áreas de conflicto son provocadas por giros inadecuados al conectarse a vías paralelas presentes en la figura 38.

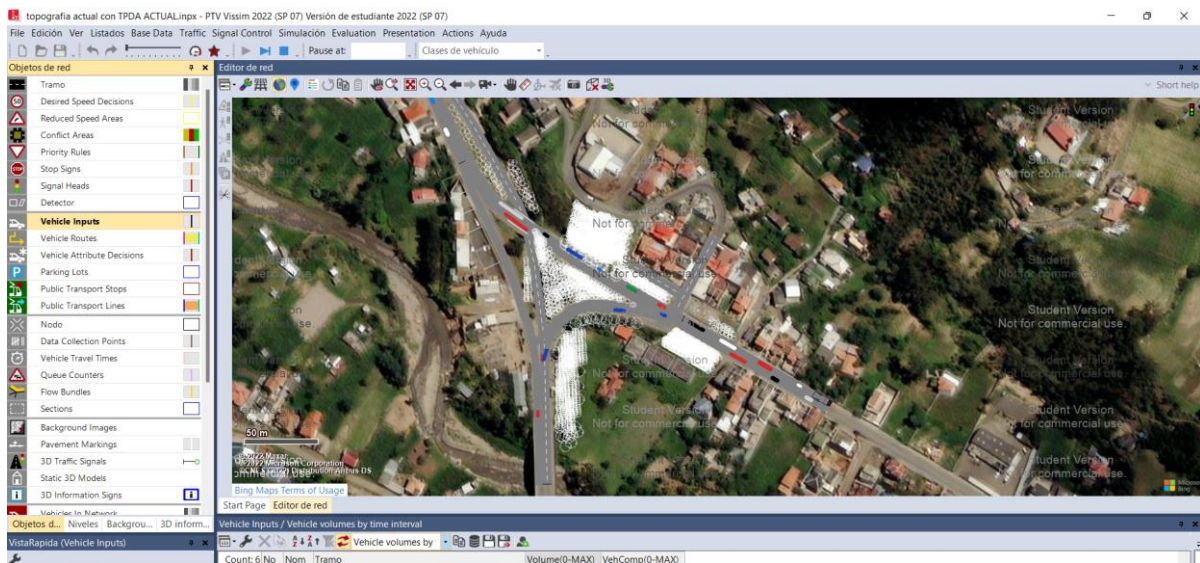


Figura 37: Simulación 2D en el software Vissim 10

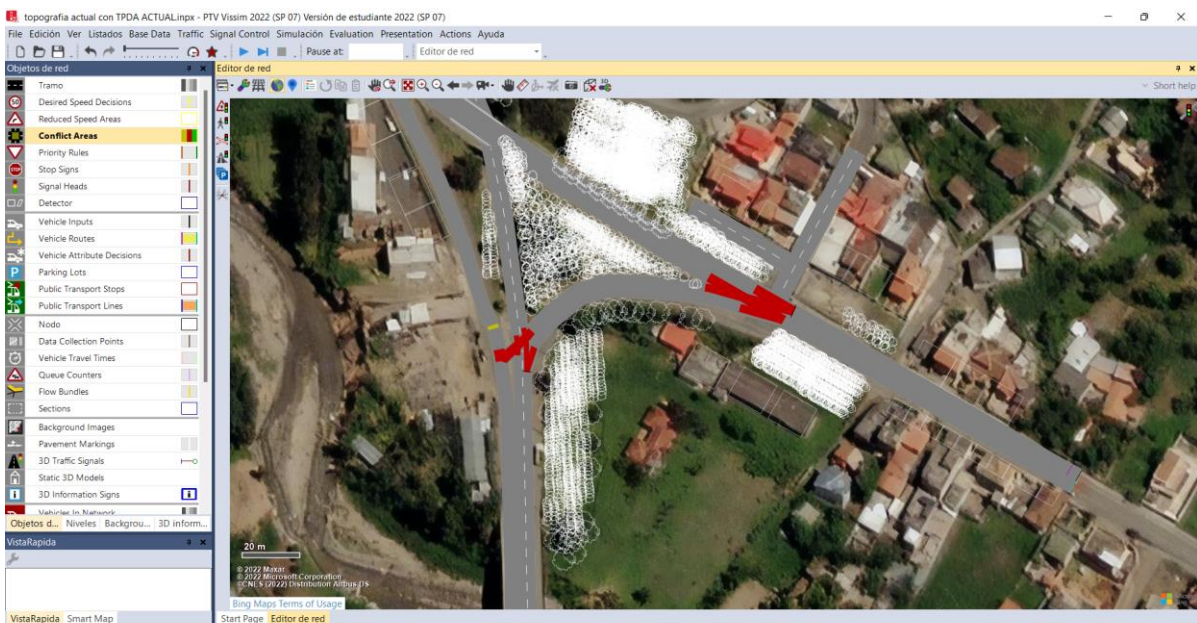


Figura 38: Giros inadecuados representados en color rojo

4.4.3 Modelación diseño definitivo – Alternativa 2

Las alternativas planteadas en el capítulo anterior son dos, pero con ayuda de la modelación se verifica que la alternativa 2 será la mejor opción, ya que el paso deprimido da solución al congestionamiento vehicular que existe en la Av. 24 de Mayo y el paso a desnivel con rotonda soluciona las áreas de conflicto por giros inadecuados. A continuación, se explica el proceso de modelación del diseño definitivo.

1. Se ingresa al software los datos del diseño geométrico, donde se define los giros, números de carril, dirección de la vía.

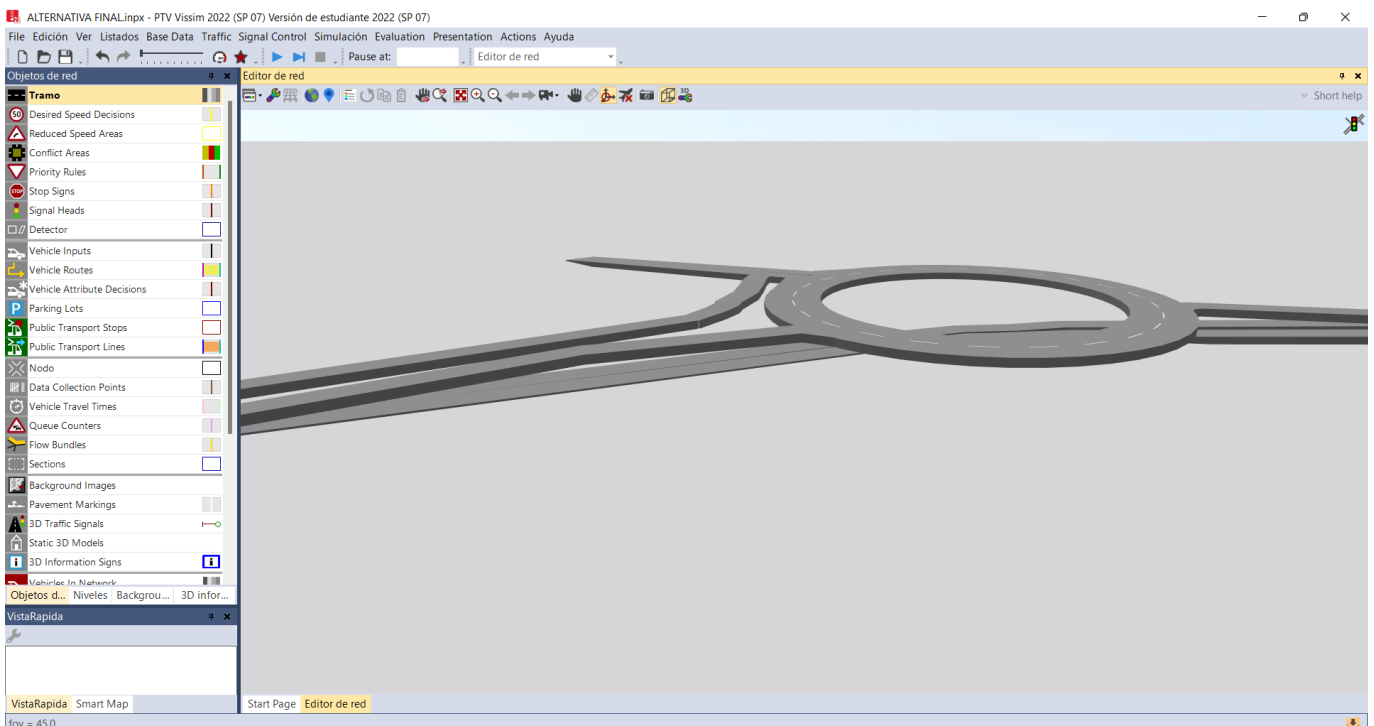


Figura 39: Diseño geométrico en el software Vissim 10 del diseño definitivo

2. Se ingresa el volumen de vehículos que se tendrá en 20 años para simular el comportamiento de los vehículos y si el diseño soluciona el congestionamiento y los giros inadecuados, una vez que se ingresa los datos se observa en la figura 40 que ya no existe problemas de tráfico y que la rotonda da solución a los giros.



Figura 40: Simulación vehicular del diseño definitivo en el software Vissim 10

3. Una vez terminada la simulación se obtiene la mayor velocidad al momento de circular los vehículos con el objetivo de comparar las velocidades de las normativas utilizadas para el diseño. Así, el programa muestra según la figura 41 que la velocidad varía entre 30 a 40 km/h, por tanto, las velocidades cumplen, ya que al momento del diseño se determinó una velocidad de diseño de 40 km/h.

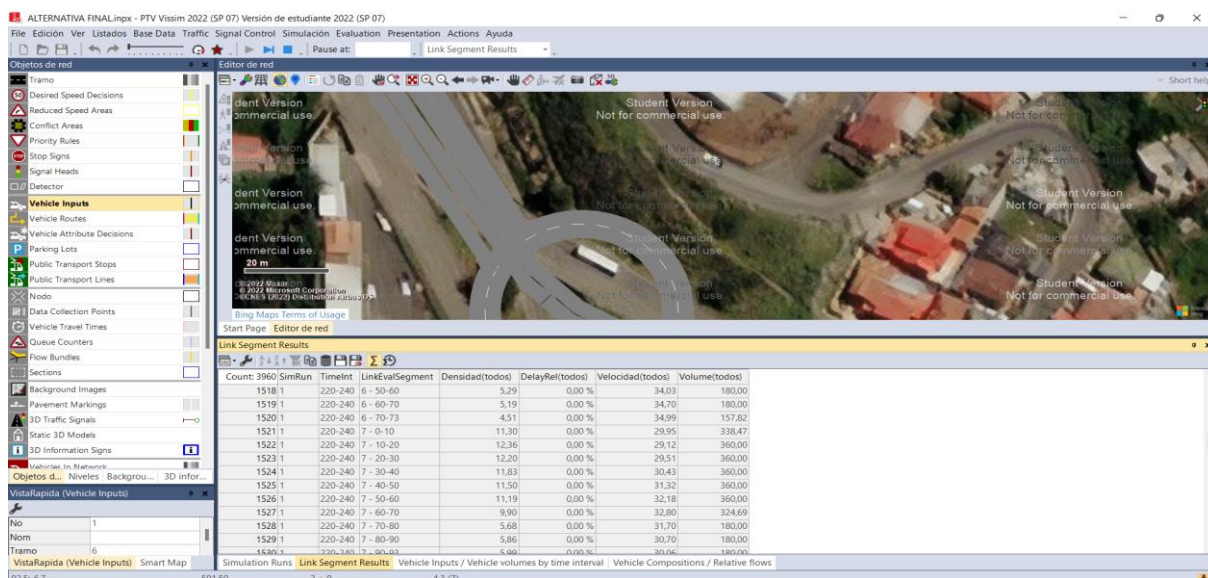


Figura 41: Tabla de velocidades obtenidas del software Vissim 10

De acuerdo a la simulación realizada se comprueba que el Intercambiador ubicado en el sector Chacapamba presenta problemas, que ya se habían mencionado anteriormente siendo la congestión vehicular, los giros peligrosos y que en 20 años este diseño no soportara el volumen de vehículos. Por lo cual, se analizó y simuló la alternativa 2 como definitiva, ya que se soluciona el congestionamiento vehicular, los giros peligrosos y tendrá capacidad para la proyección de vehículos futura.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez obtenida la información necesaria como: la topografía actualizada de la zona de estudio a través de levantamientos con equipos de gran precisión, TPDA determinado a partir de conteos manuales y mecánicos según lineamientos establecidos en las normativas ecuatorianas vigentes, se analizó dos alternativas que se calcularon con los datos anteriormente descritos y a través de su diseño y modelación se logró plasmar una alternativa de diseño que se ajusta de mejor manera a la problemática de tránsito en la zona de estudio los cuales son: congestión vehicular en la avenida 24 de mayo en la dirección Norte-Sur y Sur-Norte y los giros inadecuados que existen; de lo descrito anteriormente se tiene que la alternativa 2 es la que resuelve de mejor manera los problemas, además dicha información pudo ser respaldada a través de la modelación del programa especializado VISSIM, y en el cual se observa el comportamiento de dicha alternativa y la solución que brinda a los conflictos de tránsito sin llegar a ser excesivamente costosa, ya que la misma se emplazará en el espacio actual existente de la vía por lo cual se evita la expropiación de terrenos que llega a ser una problemática tanto en la parte económica como social de los moradores de la zona, la solución mencionada en líneas anteriores cuenta con respectivos planos detallados y toda la información de respaldo y estas puedan ser utilizadas en futuros proyectos.

Se recomienda realizar un estudio geotécnico para conocer la capacidad portante del suelo, el tipo de suelo lo cual servirá para rellenos, excavaciones y otras obras de ingeniería en especial las cimentaciones. Además, se recomienda realizar un diseño de pavimentos, diseños estructurales complementarios al proyecto geométrico presentado, diseño de hormigones para elementos estructurales, estudios eléctricos de la zona, así como todos aquellos que complementen el proyecto.

















6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Instituto Nacional de Vías, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Bogotá: INVÍAS, 2008.
- [2] J. M. F. COHEN, «ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS VIALES EN LA INTERSECCIÓN DE LA TRANSVERSAL 1e CON AVENIDA LOS MUISCAS,» Colombia, 2019, p. 16.
- [3] J. P. V. CABRERA, «DESARROLLO DE UN MANUAL DE DISEÑO DE INTERSECCIONES A NIVEL PARA LA REPUBLICA DEL ECUADOR, APLICADO A UNA INTERSECCION EN EL PAIS,» Quito, 2015.
- [4] C. M. D. I. Y. CONSTRUCCION, «CONSTRUMATICA METAPORTAL DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION,» ABENOR, TRECE AGOSTO 2008. [En línea]. Available: <https://www.construmatica.com/construpedia/Isletas>. [Último acceso: NUEVE AGOSTO 2022].
- [5] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, Volumen N°2 - Libro A Norma para Estudios y Diseño viales, Quito, 2013.
- [6] NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM, Roundabouts: An Informational Guide, Segunda ed., Washington, D. C: National Academy of Sciences, 2010.
- [7] K. J. C. YÉPEZ, «ESTUDIO Y DISEÑO DE PROGRAMA HABITACIONAL DESTINADO A LA POBLACIÓN DE NIVEL SOCIOECONÓMICO MEDIO Y BAJO, EN EL CANTÓN GENERAL VILLAMIL-PLAYAS,» GUAYAQUIL, 2019.
- [8] MOP, NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, Quito, 2003.

































- [9] American Association of State Highway and Transportation Officials, A policy on geometric design of highways and streets, Séptima ed., Washington, D.C: AASTHO, 2018.
- [10] MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Instituto Nacional de Vías, 2008.
- [11] M. G. L. Torres, ««Diseño de pavimento flexible para la reconstrucción de las vías: Av. Samuel Cisneros (1.758km), Av. Principal 5 de Junio (1.240km), Av. Jaime Nebot (1.380km), Av. Juan León Mera (2.620km), Vía de Acceso 3M (0.247km), de la parroquia Eloy Alfaro.,» Quito, 2018.
- [12] R. Cal, M. Reyes y J. Cárdenas, Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones, Novena ed., México: Alfaomega, 2018.
- [13] M. d. T. y. O. Publicas, ««Diseño, Financiamiento, Construcción, Operación y Mantenimiento Vial del corredor Cumbe – Cuenca (Acceso Sur a Cuenca) – Azogues – Biblián”,» 2020, p. 38.
- [14] P. Ubidia, «Patricio Ubidia concejal de Quito,» 9 Mayo 2013. [En línea]. Available: <http://patoubidia.blogspot.com/2013/05/a-fines-de-mayo-habra-circulacion-en.html>. [Último acceso: 27 Julio 2022].
- [15] Route One Americas, Inc, «Carreteras Pan-americanas,» 29 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.carreteras-pa.com/noticias/por-que-peru-no-firma-adenda-con-concesionaria-rutas-de-lima/>. [Último acceso: 1 Agosto 2022].
- [16] R. Leclair, NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE LAS CARRETERAS REGIONALES, Guatemala, 2004.

















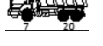
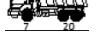














7. ANEXOS


















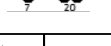














7.1 Anexo 1: Formato que se utilizó para la recolección de datos

Via:		Fecha:														
Hora	Vehículos livianos	Bus		2D		2DA		2DB		3A		4C		V2DB		
																
	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷
Hora	V3A		T3		2S1		2S2		2S3		3S1		3S2		3S3	
																
	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷

7.2 Anexo 2: Conteo vehicular total diario para cada vía de la zona de estudio

Vía: Av. 24 de Mayo sentido Sur-Norte																	
Fecha	Vehículos		Bus		2D		2DA		2DB		3A		4C		V2DB		
																	
	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶
13/2/2022	895	1608	4	77	20	19	29	21	6	7	2	0	0	0	1	2	
14/2/2022	1337	2308	5	174	33	34	61	74	37	9	22	2	0	0	12	3	
15/2/2022	1191	2042	6	153	28	23	51	74	25	7	28	4	0	0	11	5	
16/2/2022	1210	2153	9	163	45	28	49	82	33	6	25	5	3	1	12	3	
17/2/2022	1311	2255	15	149	28	25	47	70	33	6	22	4	5	3	16	4	
18/2/2022	1459	2653	14	179	46	32	41	82	46	16	30	6	8	5	16	6	
19/2/2022	1502	2068	11	128	41	21	46	85	31	9	28	5	4	2	15	7	
Fecha	V3A		T3		2S1		2S2		2S3		3S1		3S2		3S3		
																	
	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶
13/2/2022	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	
14/2/2022	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	
15/2/2022	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	3	
16/2/2022	13	5	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	69	5	
17/2/2022	9	4	0	0	0	0	0	0	4	7	0	0	0	0	58	6	
18/2/2022	11	12	0	0	0	0	0	0	8	5	4	2	2	3	82	5	
19/2/2022	8	6	0	0	0	0	0	0	7	7	1	3	2	1	61	4	

Vía: Av. 24 de Mayo sentido Norte-Sur																	
Fecha	Vehículos		Bus		2D		2DA		2DB		3A		4C		V2DB		
																	
	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶
13/2/2022	987	1751	119	79	7	19	17	23	3	8	0	0	0	0	1	1	
14/2/2022	912	2363	164	154	15	40	54	72	9	7	1	1	0	0	4	3	
15/2/2022	1107	2263	137	156	11	35	55	82	3	6	4	2	0	0	8	4	
16/2/2022	953	1397	102	127	17	26	42	71	6	8	6	4	5	2	9	7	
17/2/2022	1002	2156	111	142	20	25	40	70	5	5	3	7	3	6	11	5	
18/2/2022	1211	2458	172	151	32	42	55	86	16	13	10	9	9	6	13	8	
19/2/2022	1193	2289	143	125	31	32	50	72	7	5	8	11	4	5	7	5	
Fecha	V3A		T3		2S1		2S2		2S3		3S1		3S2		3S3		
																	
	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶	↷	↶
13/2/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
14/2/2022	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	
15/2/2022	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	
16/2/2022	8	4	6	3	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3	8	4	
17/2/2022	4	3	2	1	1	0	0	0	1	0	0	2	0	1	3	3	
18/2/2022	7	11	1	0	1	1	1	0	3	2	1	0	0	1	9	6	
19/2/2022	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	

Vía: Vía Rápida E-35																	
Fecha	Vehículos		Bus		2D		2DA		2DB		3A		4C		V2DB		
																	
	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙
13/2/2022	1027	1017	0	120	20	14	33	20	2	3	4	0	0	0	1	0	
14/2/2022	962	1422	7	164	19	15	60	83	51	13	20	1	0	0	10	5	
15/2/2022	1383	1260	3	162	20	11	68	79	33	3	26	2	0	0	17	1	
16/2/2022	1285	1451	7	160	18	42	52	42	31	6	13	8	5	3	13	9	
17/2/2022	1195	1310	9	145	25	29	55	69	47	9	15	13	0	0	15	16	
18/2/2022	2003	1751	13	170	26	43	72	91	59	21	25	12	5	1	21	25	
19/2/2022	1256	1210	11	162	36	39	56	57	43	8	14	10	1	0	19	22	
Fecha	V3A		T3		2S1		2S2		2S3		3S1		3S2		3S3		
																	
	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙	↗	↙
13/2/2022	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	4	
14/2/2022	8	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	19	3	
15/2/2022	7	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	76	4	
16/2/2022	8	3	2	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	36	7	
17/2/2022	1	3	1	3	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	27	5	
18/2/2022	6	4	5	8	0	0	6	0	4	3	2	3	0	0	86	9	
19/2/2022	2	0	3	2	0	0	0	4	0	2	1	0	0	0	28	21	

7.3 Anexo 3: Factor horario y factor diario

Cuento manual en el Intercambiador en el Sector de Chacapamba								
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
00:00 - 01:00	63	54	22	76	82	81	88	466
01:00 - 02:00	66	47	17	21	38	28	69	286
02:00 - 03:00	52	42	12	21	37	23	52	239
03:00 - 04:00	24	29	13	19	57	17	42	201
04:00 - 05:00	38	33	24	32	69	37	25	258
05:00 - 06:00	79	81	78	103	141	102	66	650
06:00 - 07:00	636	598	526	564	640	547	180	3691
07:00 - 08:00	1061	861	742	862	895	864	379	5664
08:00 - 09:00	676	634	607	619	646	570	367	4119
09:00 - 10:00	633	642	646	760	749	744	386	4560
10:00 - 11:00	620	662	686	763	761	798	446	4736
11:00 - 12:00	621	627	594	639	667	594	585	4327
12:00 - 13:00	804	875	697	710	667	708	806	5267
13:00 - 14:00	754	779	658	833	692	864	694	5274
14:00 - 15:00	686	749	547	593	712	623	599	4509
15:00 - 16:00	614	681	528	553	771	568	500	4215

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
16:00 - 17:00	627	689	618	557	673	526	476	4166
17:00 - 18:00	682	747	751	592	947	558	499	4776
18:00 - 19:00	608	632	694	664	953	733	516	4800
19:00 - 20:00	562	506	622	702	1061	806	389	4648
20:00 - 21:00	407	347	393	435	800	562	323	3267
21:00 - 22:00	274	249	302	376	733	508	266	2708
22:00 - 23:00	170	146	107	137	666	159	174	1559
23:00 - 00:00	80	71	69	80	125	94	99	618
Total	10837	10781	9953	10711	13582	11114	8026	75004
Factor horario	1	1	1	1	1	1	1	
Factor diario	0.989	0.994	1.077	1.000	0.789	0.964	1.335	

7.4 Anexo 4: Registro del consumo del combustible en la ciudad de Azogues (2020, 2021 y 2022). Factor mensual

Consumo de combustible en la ciudad de Azogues año 2020				
Mes	Diesel Premium	Gasolina Extra	Gasolina Super	Total
Enero	380873.00	528460.00	61810.00	971143.00
Febrero	333007.00	512479.00	53830.00	899316.00
Marzo	222345.00	321052.00	37880.00	581277.00
Abril	103689.00	154550.00	9970.00	268209.00
Mayo	186455.00	242305.00	19940.00	448700.00
Junio	287147.00	378878.00	43862.00	709887.00
Julio	309086.00	417771.00	42861.00	769718.00
Agosto	315067.00	395836.00	53828.00	764731.00
Septiembre	336993.00	419760.00	60804.00	817557.00
Octubre	379869.00	496533.00	65789.00	942191.00
Noviembre	354947.00	454644.00	68779.00	878370.00
Diciembre	361934.00	515477.00	79744.00	957155.00
Consumo promedio mensual				750687.83
Factor mensual para Febrero (FM)				0.83

Consumo de combustible en la ciudad de Azogues año 2021				
Mes	Diesel Premium	Gasolina Extra	Gasolina Super	Total
Enero	401793.00	464610.00	71768.00	938171.00
Febrero	409771.00	520447.00	71768.00	1001986.00
Marzo	488533.00	589226.00	72764.00	1150523.00
Abril	505483.00	611168.00	56816.00	1173467.00
Mayo	494495.00	604149.00	49841.00	1148485.00
Junio	328999.00	424700.00	44860.00	798559.00
Julio	506456.00	584212.00	33896.00	1124564.00
Agosto	480537.00	616113.00	35890.00	1132540.00
Septiembre	489506.00	590193.00	31899.00	1111598.00
Octubre	490506.00	613121.00	21931.00	1125558.00
Noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Consumo promedio mensual				892120.92
Factor mensual para Febrero (FM)				0.89
Consumo de combustible en la ciudad de Azogues 2022				
Mes	Diesel Premium	Gasolina Extra	Super Premium 95	Total
Enero	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	0.00	0.00	0.00	0.00
Marzo	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	0.00	0.00	0.00	0.00
Mayo	0.00	0.00	0.00	0.00
Junio	0.00	99699.00	0.00	99699.00
Julio	0.00	0.00	0.00	0.00
Agosto	0.00	0.00	0.00	0.00
Septiembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Octubre	3959.00	0.00	12959.00	16918.00
Noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Consumo promedio mensual				9718.08
Factor mensual para Febrero (FM)				-

7.5 Anexo 5: Proyecciones de tráfico vehicular para el periodo de diseño de 20 años

TPDA para cada año								
Tipo de vehículo	2023		2024		2025		2026	
	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje
Vehículos livianos	10492	85.02%	10832	85.18%	11183	85.33%	11546	85.49%
Buses	666	5.40%	676	5.32%	686	5.23%	695	5.15%
2D	197	1.60%	202	1.59%	207	1.58%	211	1.56%
2DA	429	3.48%	438	3.44%	448	3.42%	459	3.40%
2DB	135	1.09%	138	1.09%	141	1.08%	145	1.07%
3A	81	0.66%	83	0.65%	85	0.65%	86	0.64%
4C	23	0.19%	23	0.18%	24	0.18%	24	0.18%
V2DB	75	0.61%	76	0.60%	78	0.60%	80	0.59%
V3A	38	0.31%	39	0.31%	40	0.31%	41	0.30%
T3	11	0.09%	12	0.09%	12	0.09%	12	0.09%
2S1	2	0.02%	2	0.02%	2	0.02%	2	0.01%
2S2	4	0.03%	4	0.03%	4	0.03%	4	0.03%
2S3	16	0.13%	17	0.13%	17	0.13%	18	0.13%
3S1	6	0.05%	6	0.05%	6	0.05%	7	0.05%
3S2	4	0.03%	4	0.03%	4	0.03%	4	0.03%
3S3	161	1.30%	164	1.29%	168	1.28%	172	1.27%
Total	12340	100.00%	12716	100.00%	13105	100.00%	13506	100.00%

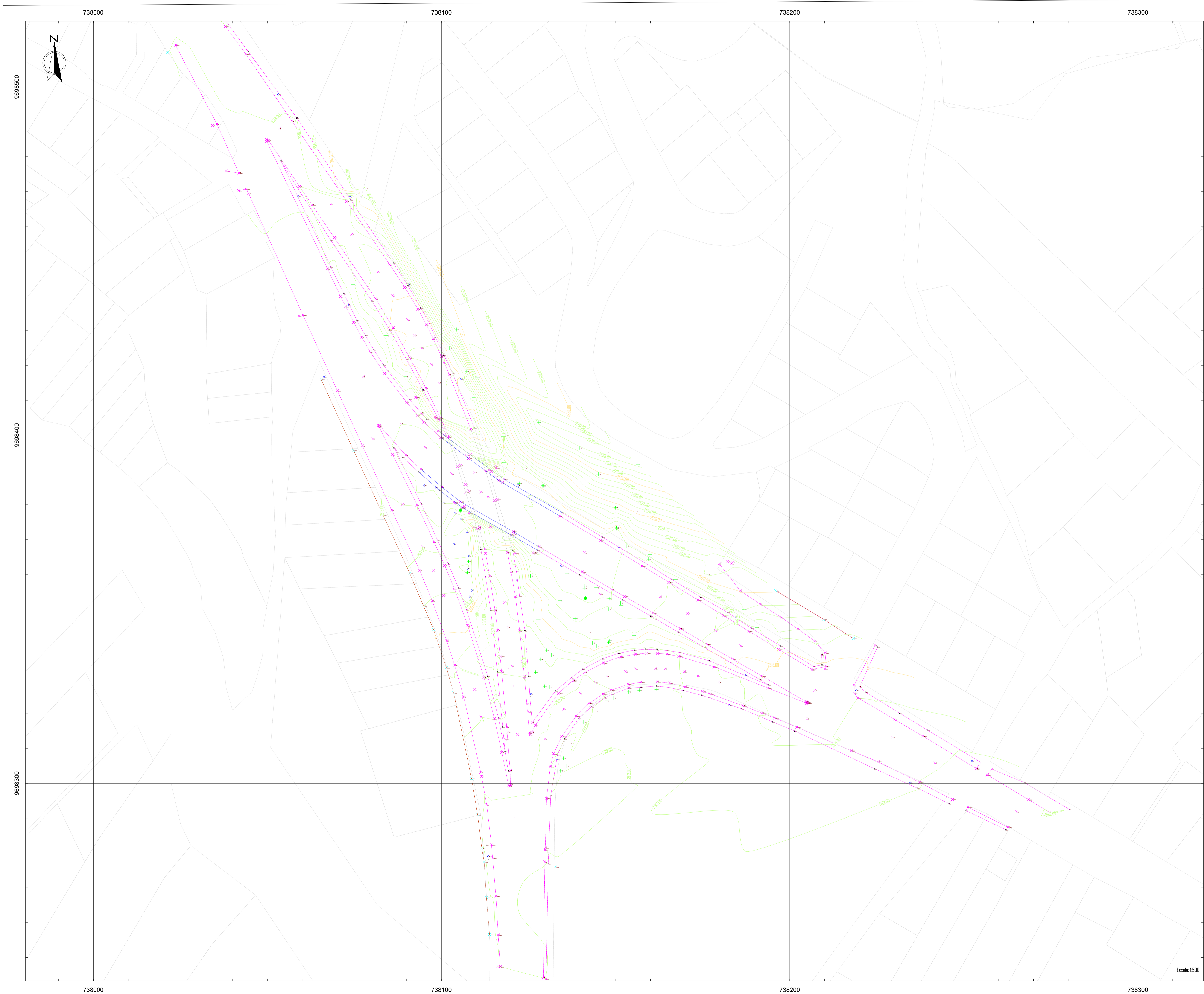
Tipo de vehículo	2027		2028		2029		2030	
	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje
Vehículos livianos	11920	85.65%	12306	85.79%	12705	85.93%	13116	86.10%
Buses	705	5.07%	715	4.98%	726	4.91%	736	4.83%
2D	216	1.55%	221	1.54%	226	1.53%	231	1.52%
2DA	469	3.37%	480	3.35%	491	3.32%	502	3.30%
2DB	148	1.06%	151	1.05%	155	1.05%	158	1.04%
3A	88	0.63%	90	0.63%	93	0.63%	95	0.62%
4C	25	0.18%	25	0.17%	26	0.18%	26	0.17%
V2DB	82	0.59%	84	0.59%	86	0.58%	87	0.57%
V3A	41	0.29%	42	0.29%	43	0.29%	44	0.29%
T3	12	0.09%	13	0.09%	13	0.09%	13	0.09%
2S1	2	0.01%	2	0.01%	2	0.01%	2	0.01%
2S2	4	0.03%	5	0.03%	5	0.03%	5	0.03%
2S3	18	0.13%	18	0.13%	19	0.13%	19	0.12%
3S1	7	0.05%	7	0.05%	7	0.05%	7	0.05%
3S2	4	0.03%	5	0.03%	5	0.03%	5	0.03%
3S3	176	1.26%	180	1.25%	184	1.24%	188	1.23%
Total	13917	100.00%	14344	100.00%	14786	100.00%	15234	100.00%

Tipo de vehículo	2031		2032		2033		2034	
	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje
Vehículos livianos	13541	86.23%	13980	86.37%	14433	86.51%	14900	86.65%
Buses	747	4.76%	757	4.68%	768	4.60%	779	4.53%
2D	237	1.51%	242	1.50%	248	1.49%	253	1.47%
2DA	514	3.27%	525	3.24%	538	3.22%	550	3.20%
2DB	162	1.03%	166	1.03%	169	1.01%	173	1.01%
3A	97	0.62%	99	0.61%	101	0.61%	104	0.60%
4C	27	0.17%	28	0.17%	28	0.17%	29	0.17%
V2DB	89	0.57%	92	0.57%	94	0.56%	96	0.56%
V3A	45	0.29%	46	0.28%	47	0.28%	49	0.28%
T3	13	0.08%	14	0.09%	14	0.08%	14	0.08%
2S1	2	0.01%	3	0.02%	3	0.02%	3	0.02%
2S2	5	0.03%	5	0.03%	5	0.03%	5	0.03%
2S3	20	0.13%	20	0.12%	21	0.13%	21	0.12%
3S1	7	0.04%	8	0.05%	8	0.05%	8	0.05%
3S2	5	0.03%	5	0.03%	5	0.03%	5	0.03%
3S3	192	1.22%	197	1.22%	201	1.20%	206	1.20%
Total	15703	100.00%	16187	100.00%	16683	100.00%	17195	100.00%

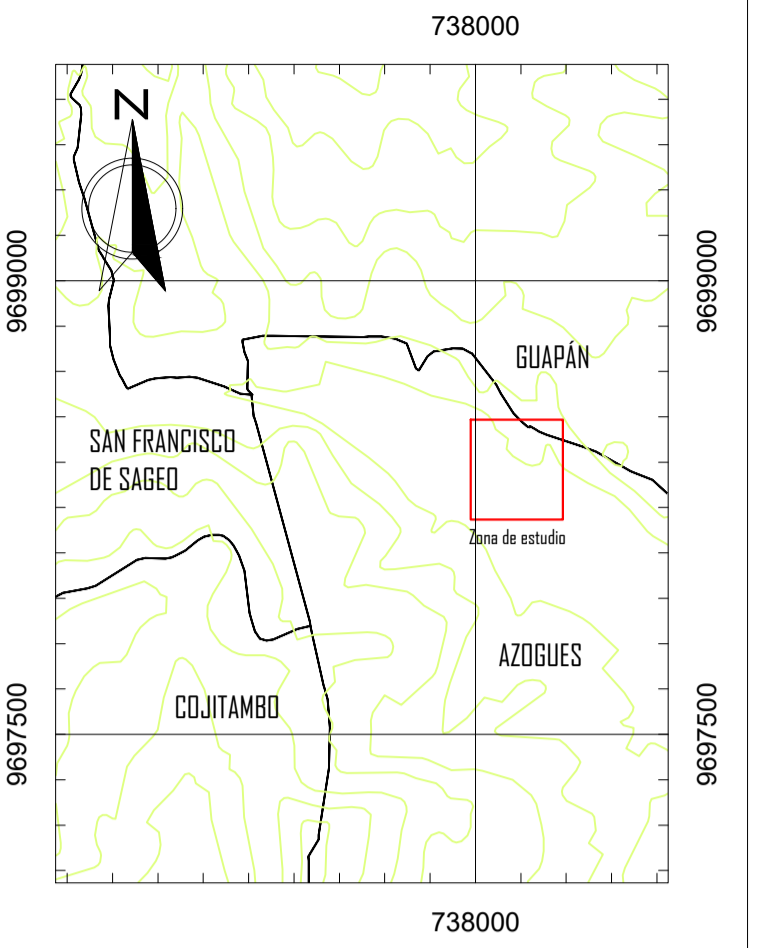
Tipo de vehículo	2035		2036		2037		2038	
	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje
Vehículos livianos	15383	86.80%	15882	86.94%	16396	87.07%	16927	87.19%
Buses	790	4.46%	801	4.38%	813	4.32%	825	4.25%
2D	259	1.46%	265	1.45%	271	1.44%	277	1.43%
2DA	562	3.17%	575	3.15%	588	3.12%	602	3.10%
2DB	177	1.00%	181	0.99%	185	0.98%	190	0.98%
3A	106	0.60%	108	0.59%	111	0.59%	113	0.58%
4C	30	0.17%	30	0.16%	31	0.16%	32	0.16%
V2DB	98	0.55%	100	0.55%	103	0.55%	105	0.54%
V3A	50	0.28%	51	0.28%	52	0.28%	53	0.27%
T3	15	0.08%	15	0.08%	15	0.08%	16	0.08%
2S1	3	0.02%	3	0.02%	3	0.02%	3	0.02%
2S2	5	0.03%	5	0.03%	6	0.03%	6	0.03%
2S3	21	0.12%	22	0.12%	22	0.12%	23	0.12%
3S1	8	0.05%	8	0.04%	8	0.04%	9	0.05%
3S2	5	0.03%	5	0.03%	6	0.03%	6	0.03%
3S3	211	1.19%	216	1.18%	220	1.17%	226	1.16%
Total	17723	100.00%	18267	100.00%	18830	100.00%	19413	100.00%

Tipo de vehículo	2039		2040		2041		2042	
	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje	Número de vehículos	Porcentaje
Vehículos livianos	17476	87.34%	18042	87.47%	18627	87.61%	19230	87.73%
Buses	836	4.18%	848	4.11%	860	4.04%	873	3.98%
2D	284	1.42%	290	1.41%	297	1.40%	304	1.39%
2DA	616	3.08%	630	3.05%	644	3.03%	659	3.01%
2DB	194	0.97%	198	0.96%	203	0.95%	208	0.95%
3A	116	0.58%	119	0.58%	121	0.57%	124	0.57%
4C	32	0.16%	33	0.16%	34	0.16%	35	0.16%
V2DB	107	0.53%	110	0.53%	112	0.53%	115	0.52%
V3A	54	0.27%	56	0.27%	57	0.27%	58	0.26%
T3	16	0.08%	17	0.08%	17	0.08%	17	0.08%
2S1	3	0.01%	3	0.01%	3	0.01%	3	0.01%
2S2	6	0.03%	6	0.03%	6	0.03%	6	0.03%
2S3	24	0.12%	24	0.12%	25	0.12%	25	0.11%
3S1	9	0.04%	9	0.04%	9	0.04%	9	0.04%
3S2	6	0.03%	6	0.03%	6	0.03%	6	0.03%
3S3	231	1.15%	236	1.14%	241	1.13%	247	1.13%
Total	20010	100.00%	20627	100.00%	21262	100.00%	21919	100.00%

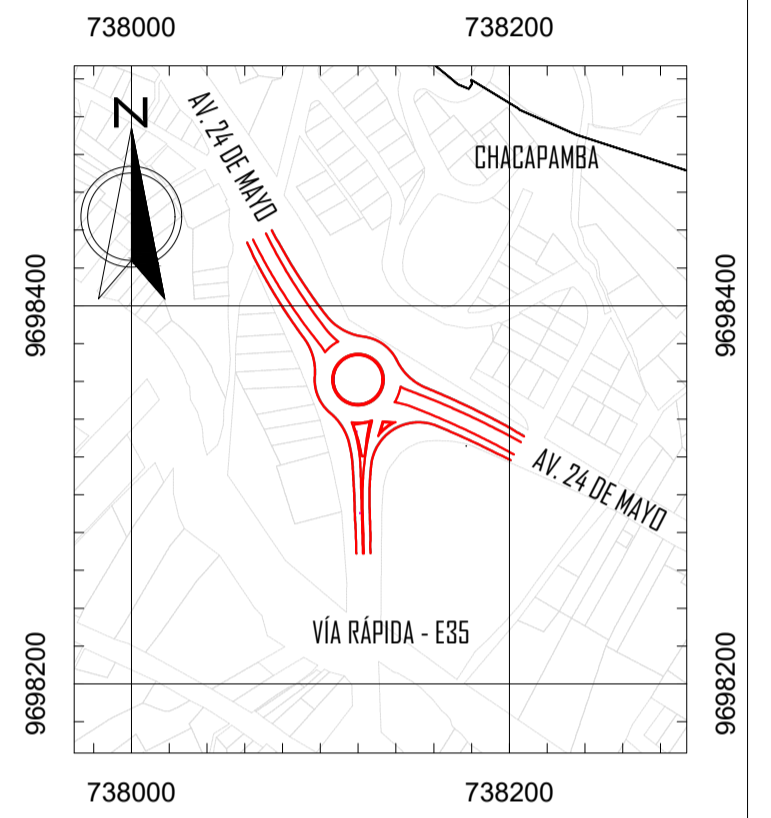
7.6 Anexo 6: Planos del diseño geométrico



UBICACIÓN DEL PROYECTO:



UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO:



SIMBOLOGÍA

- PLANTA**
- Curva de Nivel Principal
 - Curva de Nivel Secundaria
 - Calle
 - Calle que pasa debajo de puente
 - Puente
 - Cerramientos existentes
 - Predio
 - Terreno Natural
 - Via
 - Acera
 - Posta de luz
 - Cerramiento
 - Trazado de diseño de rotonda
 - Trazado de diseño paso deprimido
 - Eje paso deprimido
 - Alineación central rotonda
 - Eje acceso 1 - acceso 2
 - Eje acceso 1 - acceso 3
 - Eje acceso 2 - acceso 3
 - Eje acceso 3 - acceso 1
 - Eje acceso 3 - acceso 2
- PERFIL**
- Perfil del terreno
 - Rasante de Proyecto

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
SEDE AZOGUES

TRABAJO DE TITULACIÓN:
PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA, DE LA CIUDAD DE AZOGUES

CONTIENE:

- TOPOGRAFÍA
- Curvas de nivel cada metro
- Predios
- Vías del intercambiador

RESPONSABLES:

- Luc Carolina Peña Ortega
- María José Serpa Calderín

FECHA: Febrero 2023 **ESCALAS:** Las Indicadas

TAMAÑO PAPEL: A1

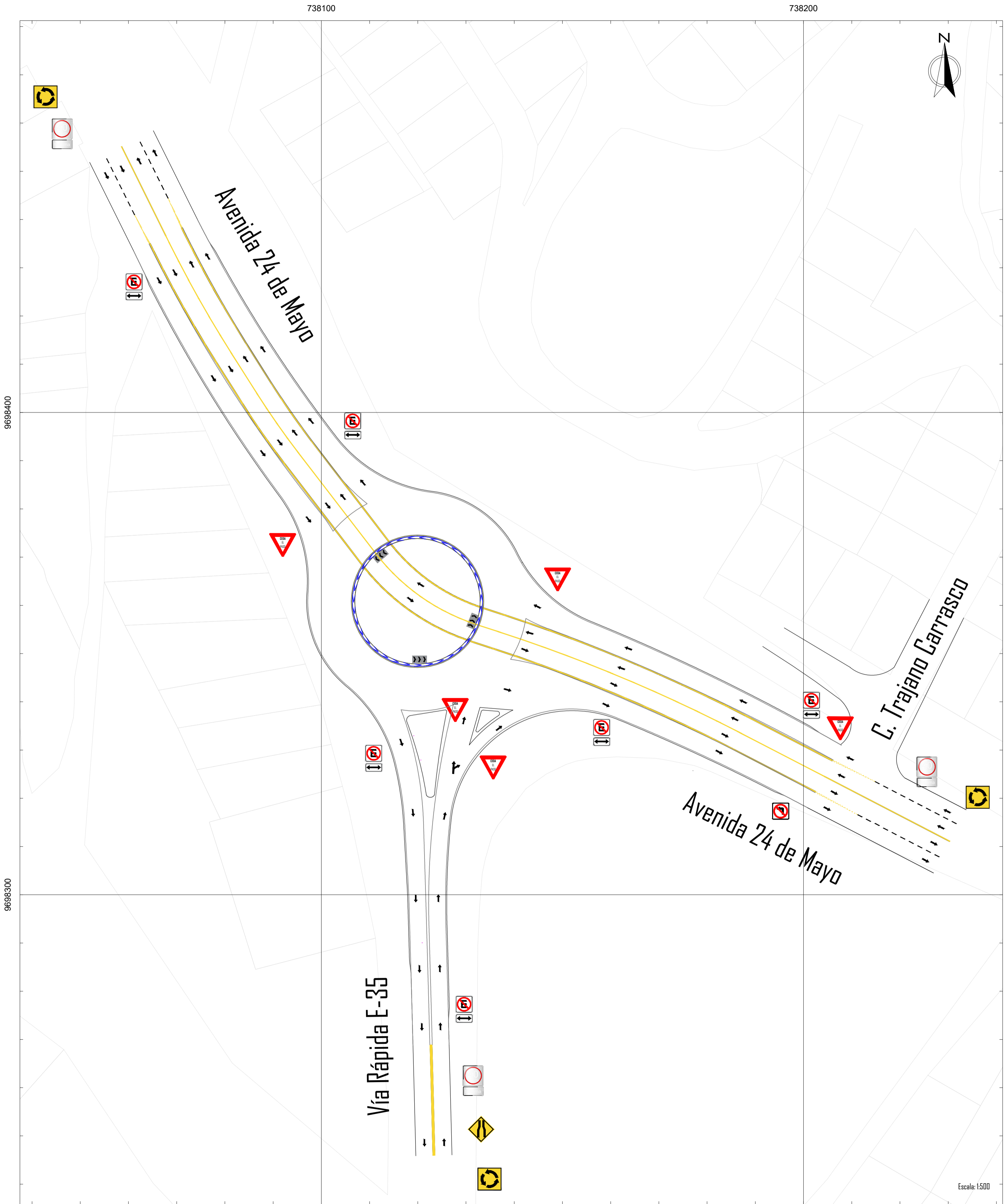
ARCHIVO: Diseño Geométrico

LAMINA: Topografía 1/12

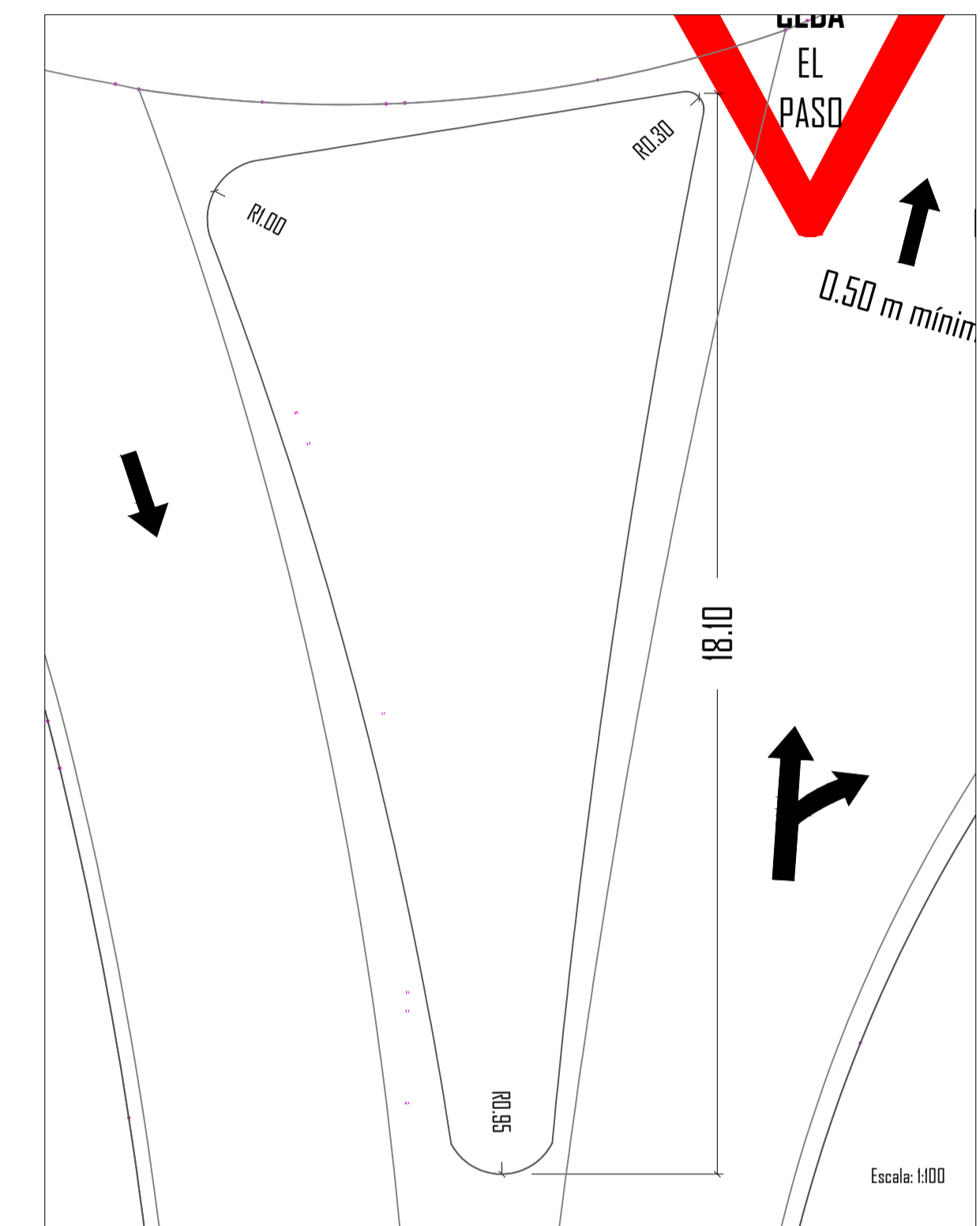
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TESIS:

ING. JORGE CRESPO

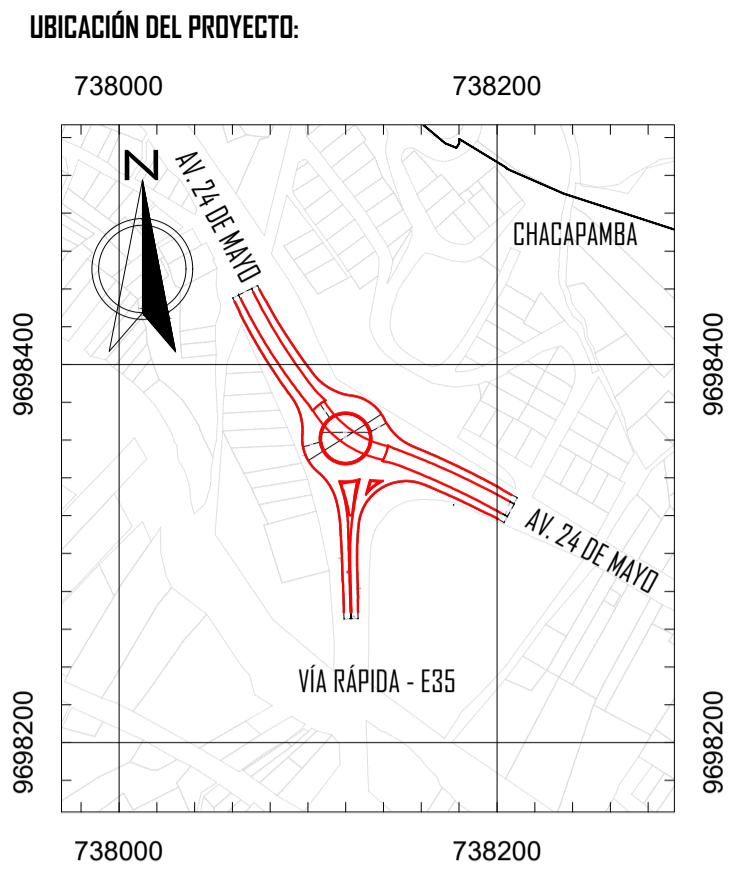
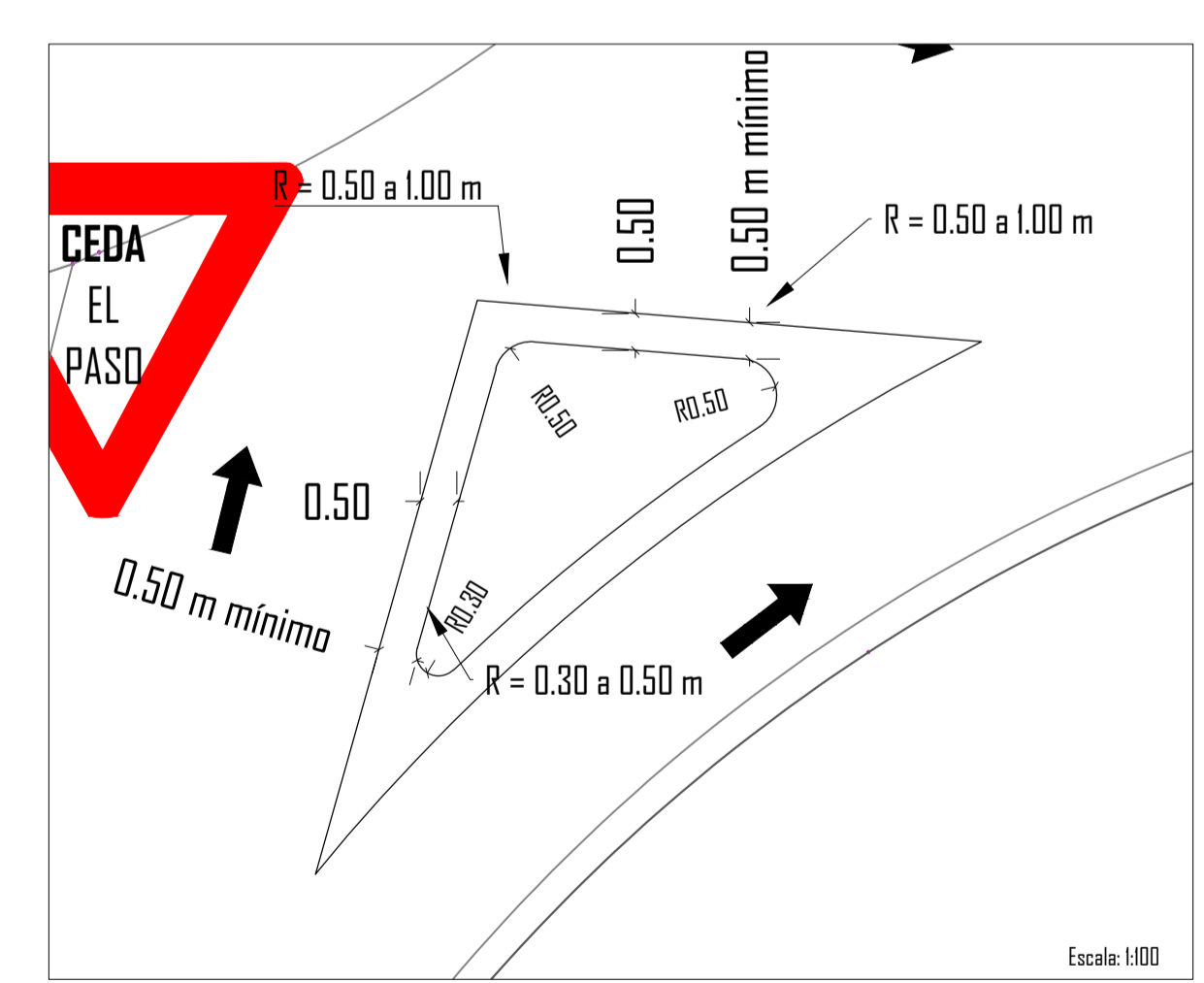
Escala: 1:500



Isleta Separadora



Isleta Direccional



SEÑALIZACIÓN VIAL

Las señales de tránsito, cumplirán con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004: Señalización vial

- Ceda el paso
- No virar a la derecha
- Solo en la dirección indicada
- Señales de control de movimientos opcionales de carriles
- Dirección y sentido de circulación en rotonda
- Limite máximo de velocidad
- No estacionar
- Aproximación a redondeal
- Angostamiento en ambos lados

SIMBOLOGÍA

- PLANTA**
- Curva de Nivel Principal
 - Curva de Nivel Secundaria
 - Calle
 - Calle que pasa debajo de puente
 - Puente
 - Cerramientos existentes
 - Predio
 - Terreno Natural
 - Vía
 - Acera
 - Puesto de luz
 - Cerramiento
 - Trazado de diseño de rotonda
 - Trazado de diseño paso deprimido
 - Eje paso deprimido
 - Alineación central rotonda
 - Eje acceso 1 - acceso 2
 - Eje acceso 2 - acceso 3
 - Eje acceso 3 - acceso 1
 - Eje acceso 3 - acceso 2
- PERFIL**
- Perfil del terreno
 - Rasante de Proyecto

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
SEDE AZUOGUES

TRABAJO DE TITULACIÓN:
PROPIUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA, DE LA CIUDAD DE AZUOGUES

CONTIENE:

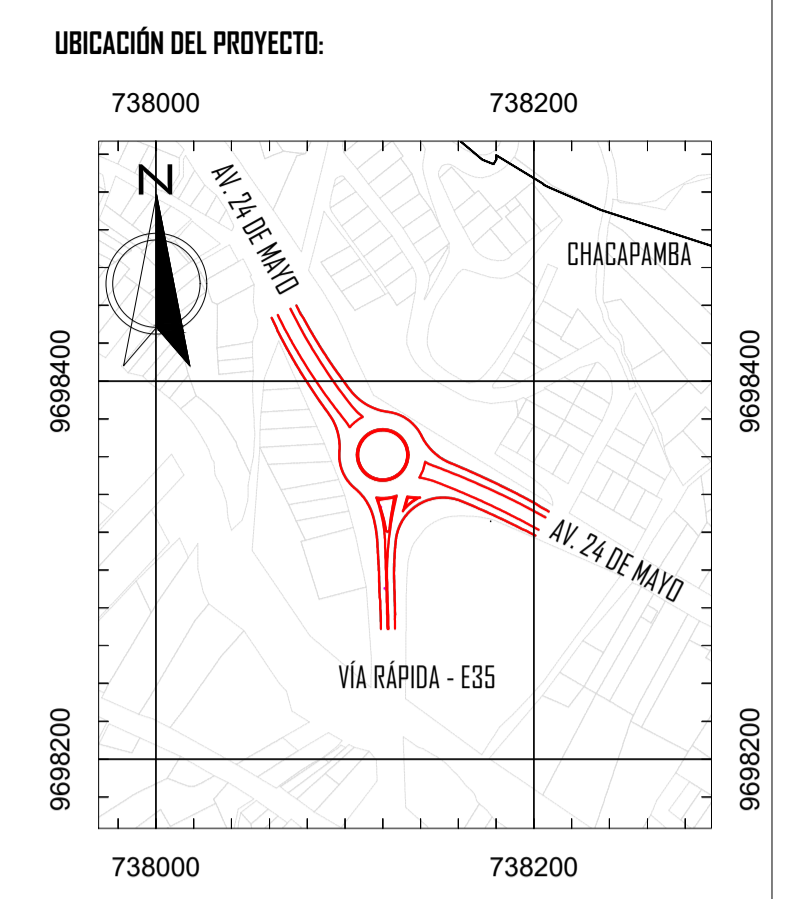
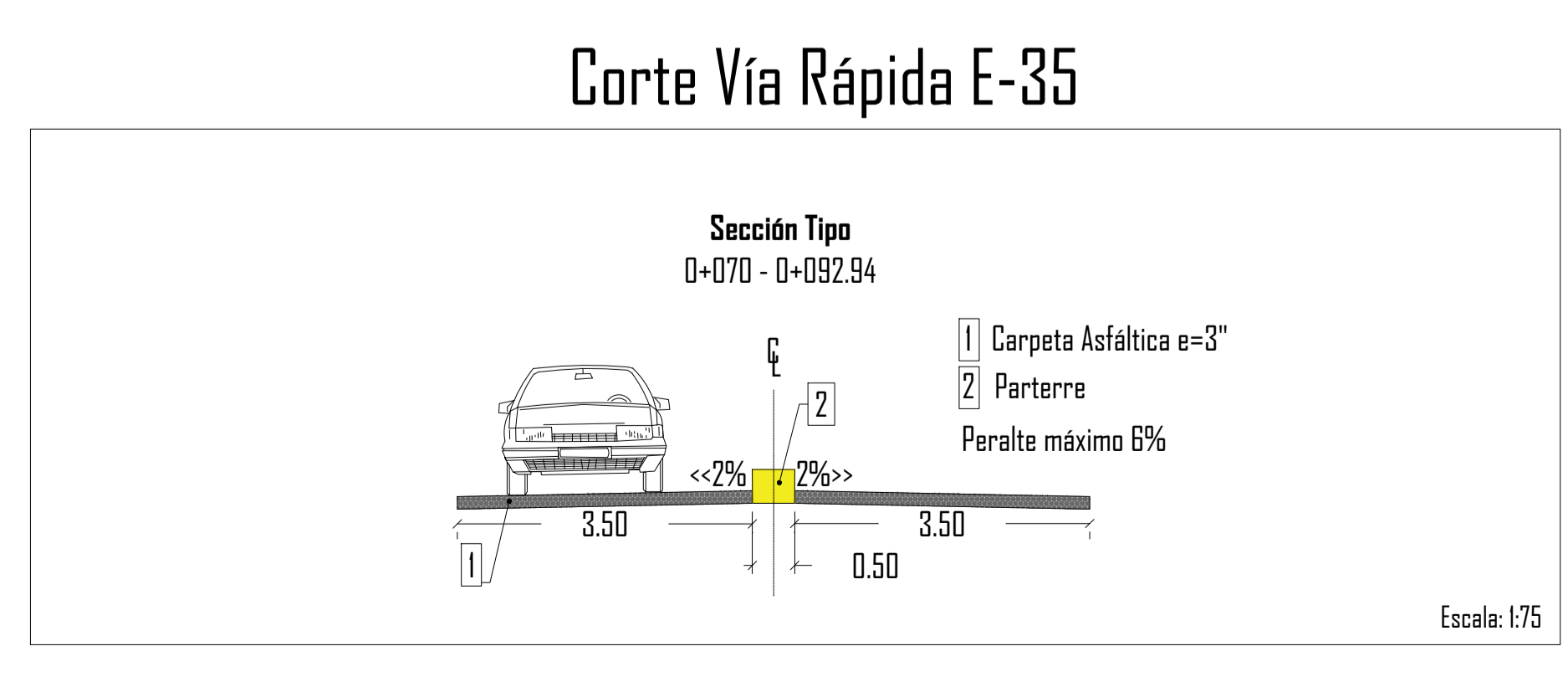
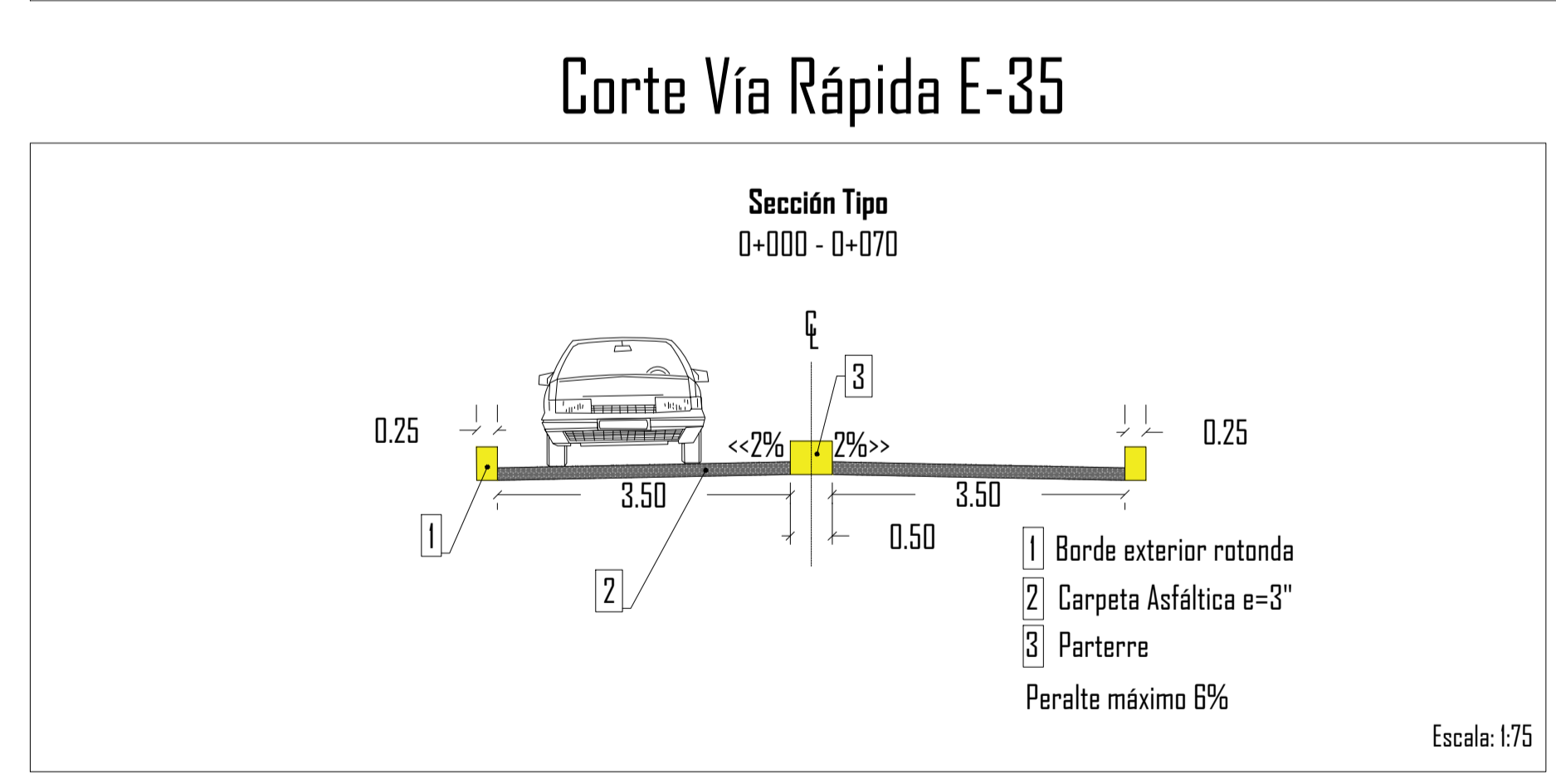
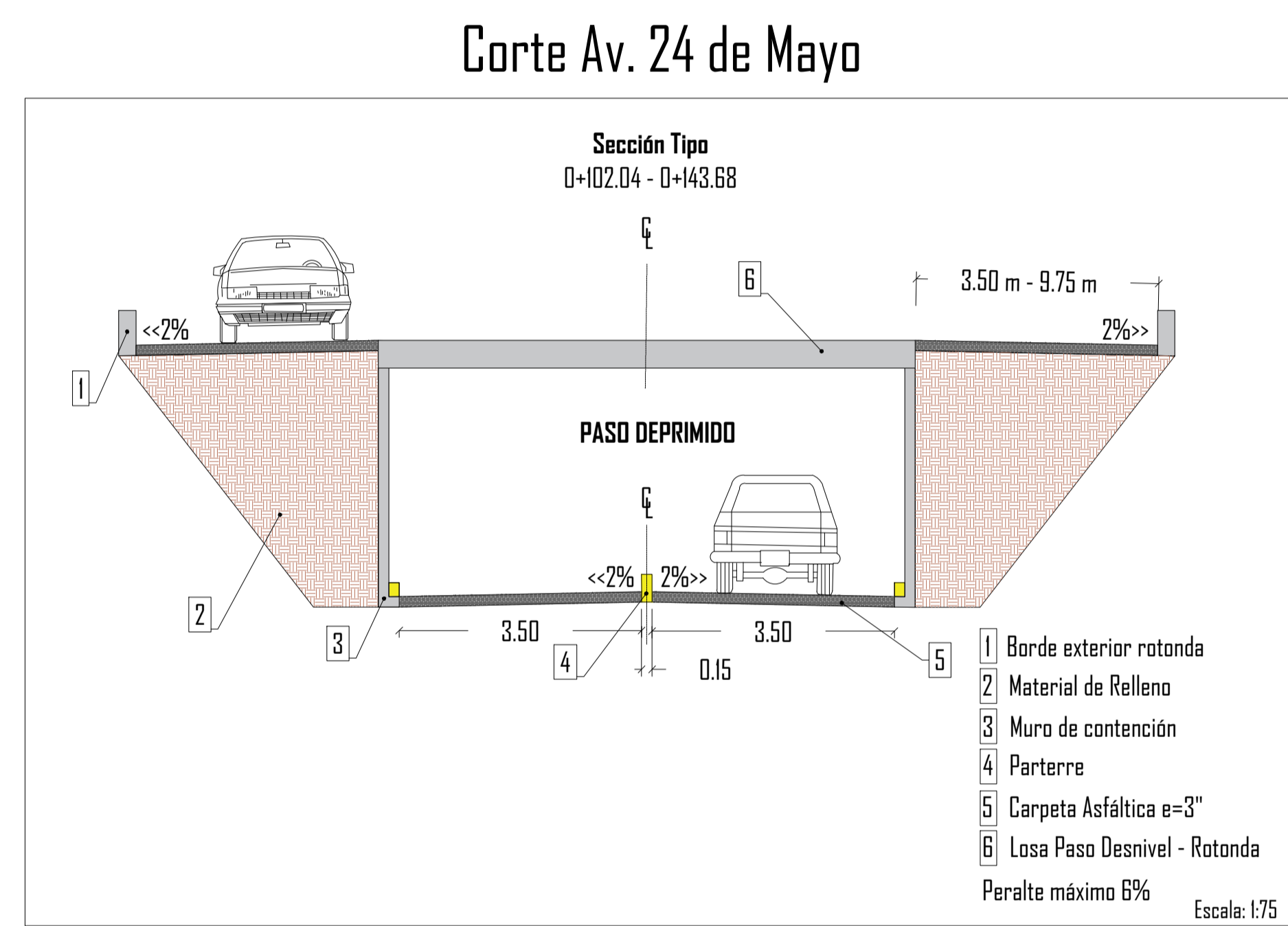
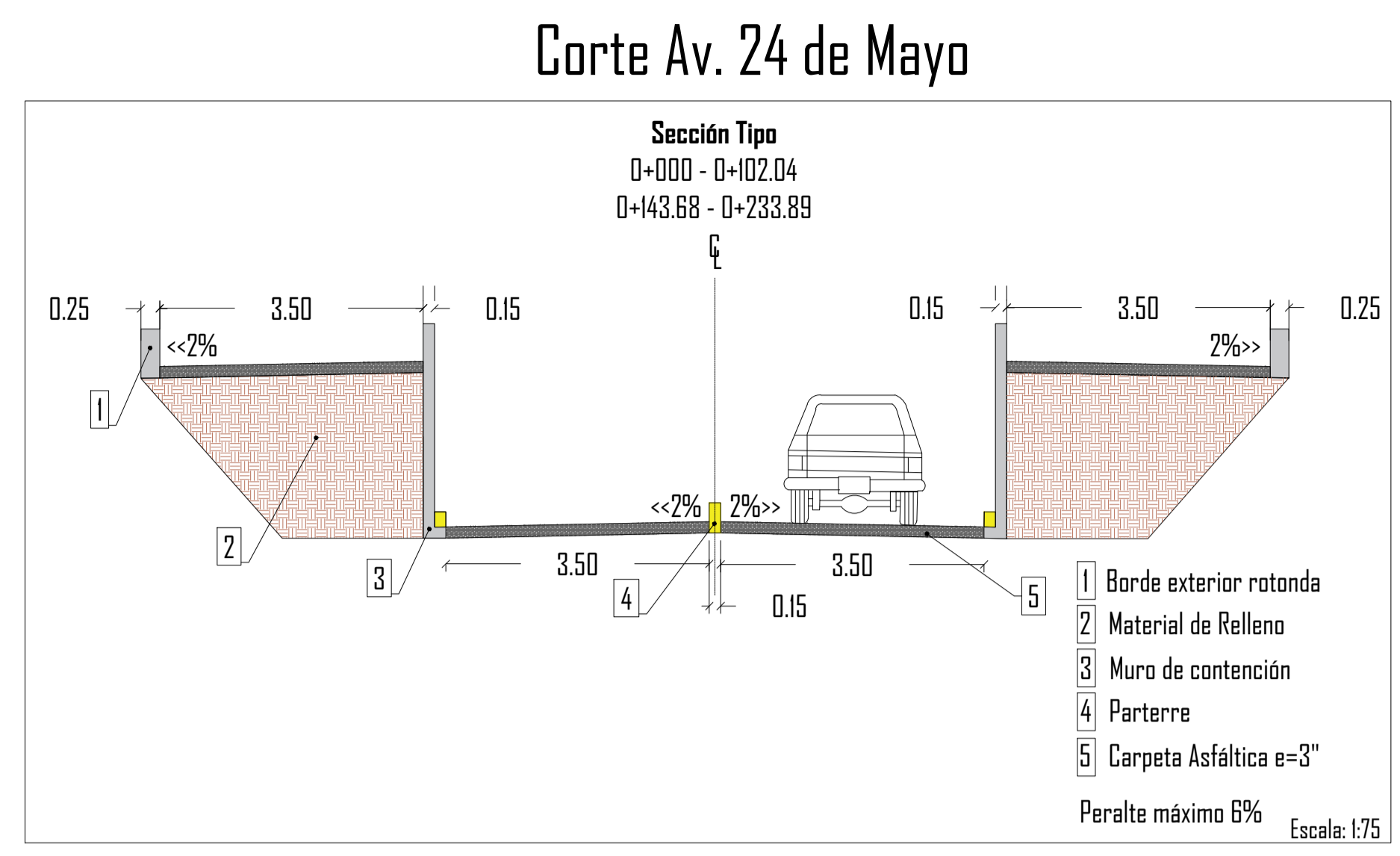
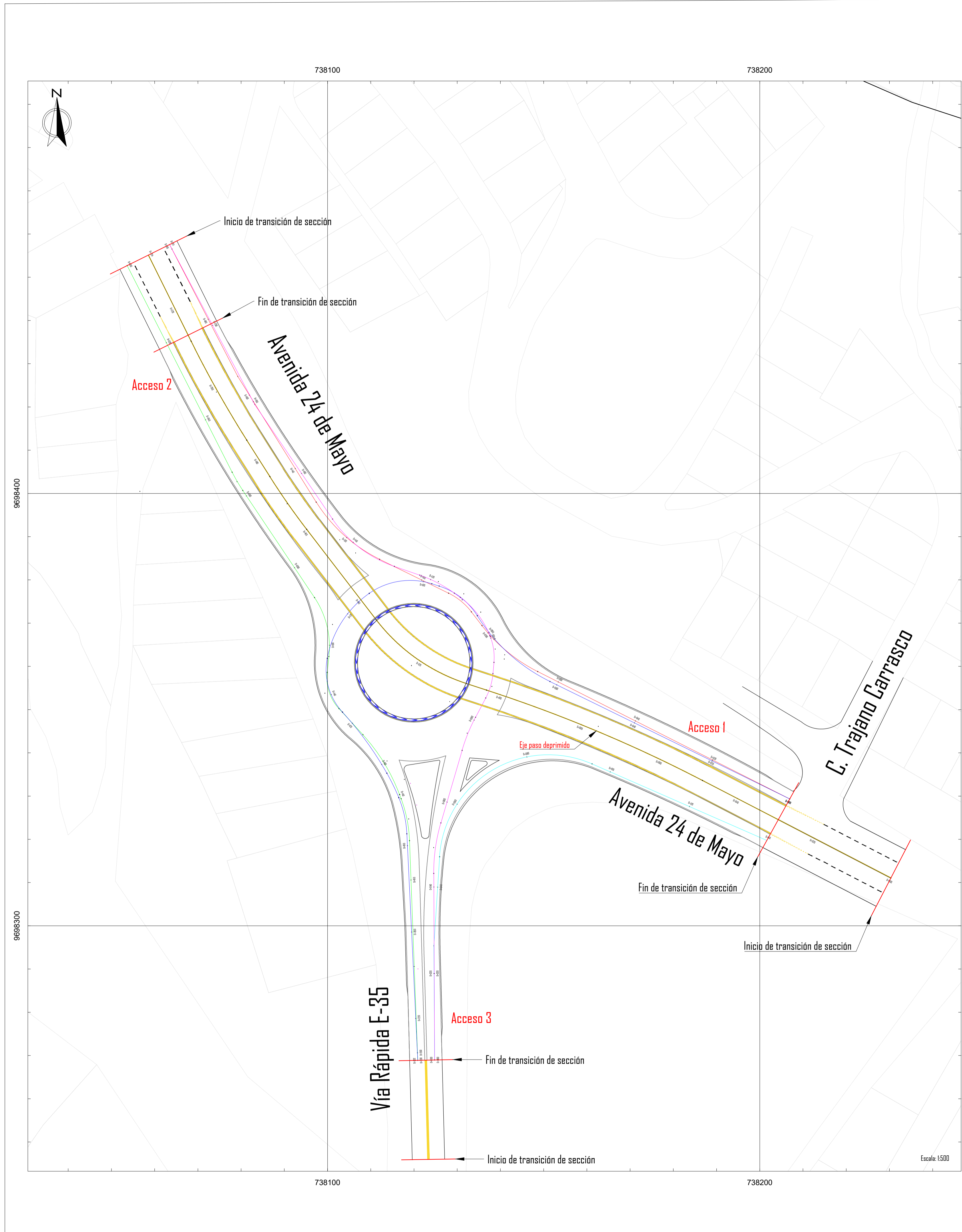
- Señales de tránsito
- Predios
- Trazado de proyecto

RESPONSABLES:

- Luz Carolina Peña Ortega
- María Jose Serya Calderón

FECHA: Febrero 2023
TAMAÑO PAPEL: A4
ARCHIVO: Diseño Geométrico
LÁMINA: Señalizaciones 01

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TESIS:



SIMBOLOGÍA

PLANTA

- Curva de Nivel Principal
- Curva de Nivel Secundaria
- Calle
- Calle que pasa debajo de puente
- Puente
- Cerramientos existentes
- Predio
- Terrano Natural
- Via
- Aceras
- Poste de luz
- Cerramiento

PERFIL

- Trazado de diseño de rotonda
- Trazado de diseño paso deprimido
- Eje paso deprimido
- Alineación central rotonda
- Eje acceso 1 - acceso 2
- Eje acceso 1 - acceso 3
- Eje acceso 2 - acceso 3
- Eje acceso 3 - acceso 1
- Eje acceso 3 - acceso 2

PERFIL

- Perfil del terreno
- Rasante de Proyecto

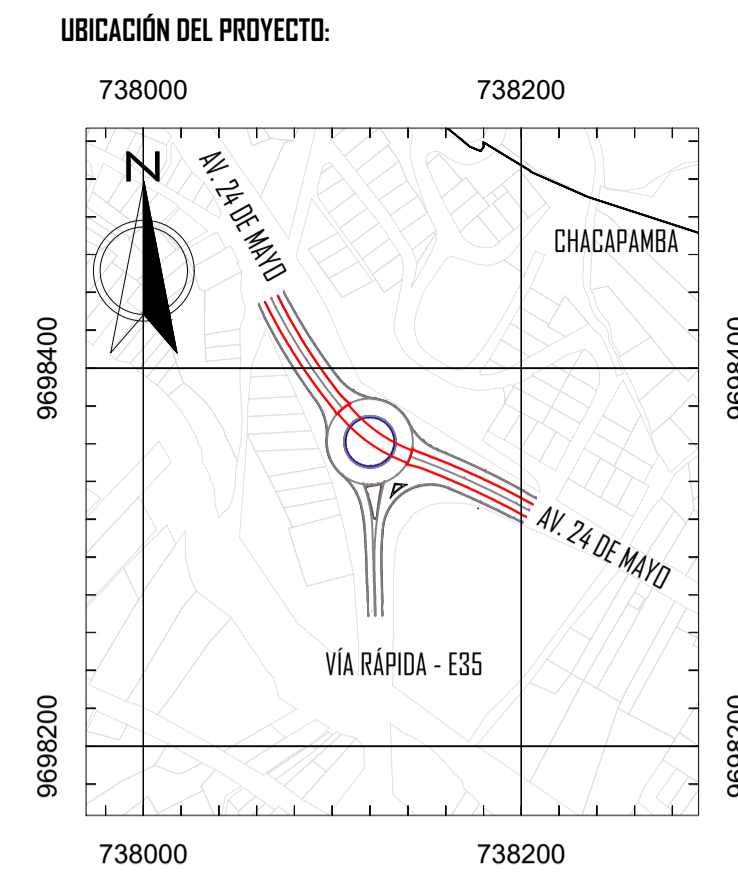
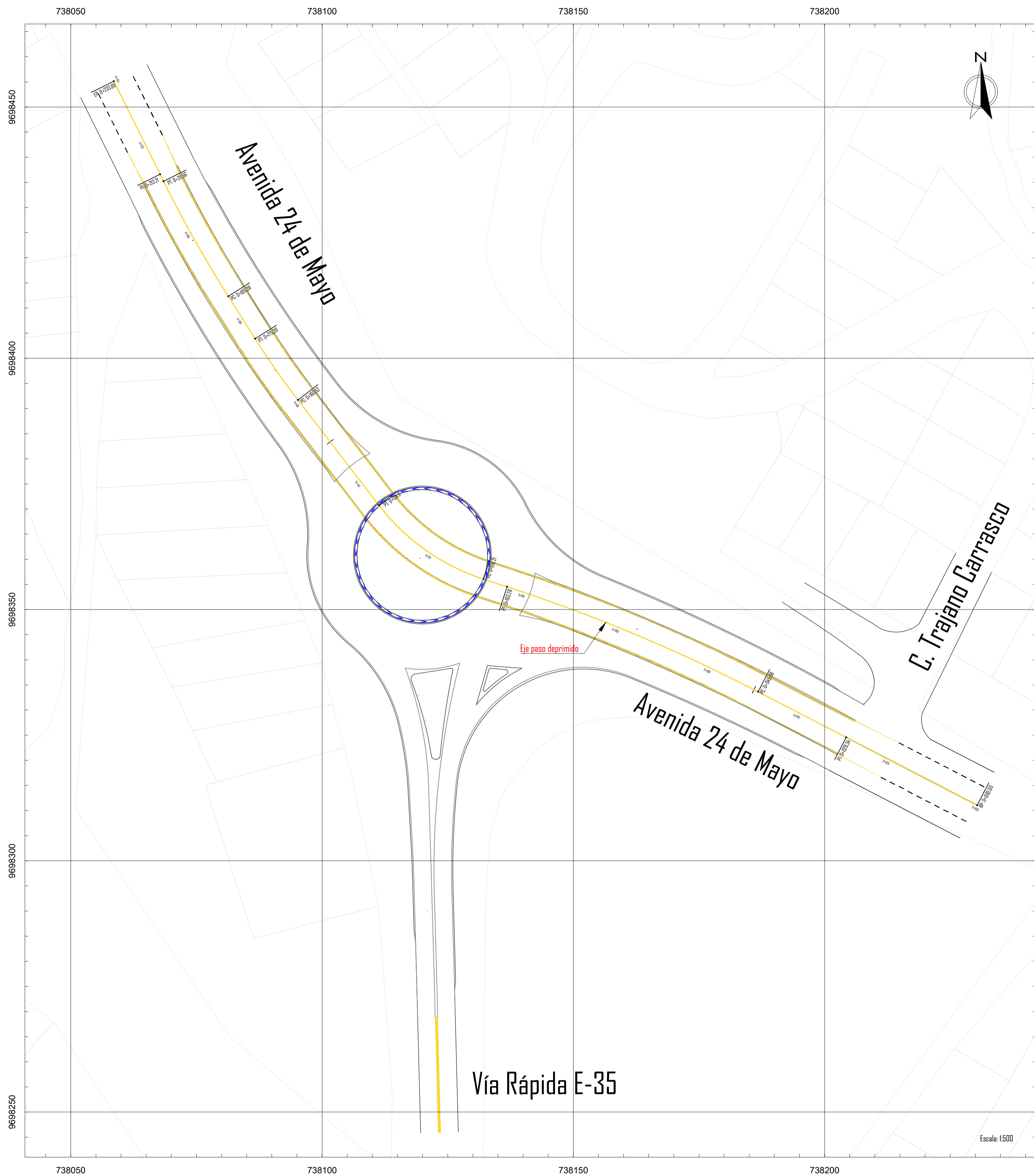
Universidad Católica de Cuenca
 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
 SEDE AZOGUES

TRABAJO DE TITULACIÓN:
 PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA DE LA CIUDAD DE AZOGUES

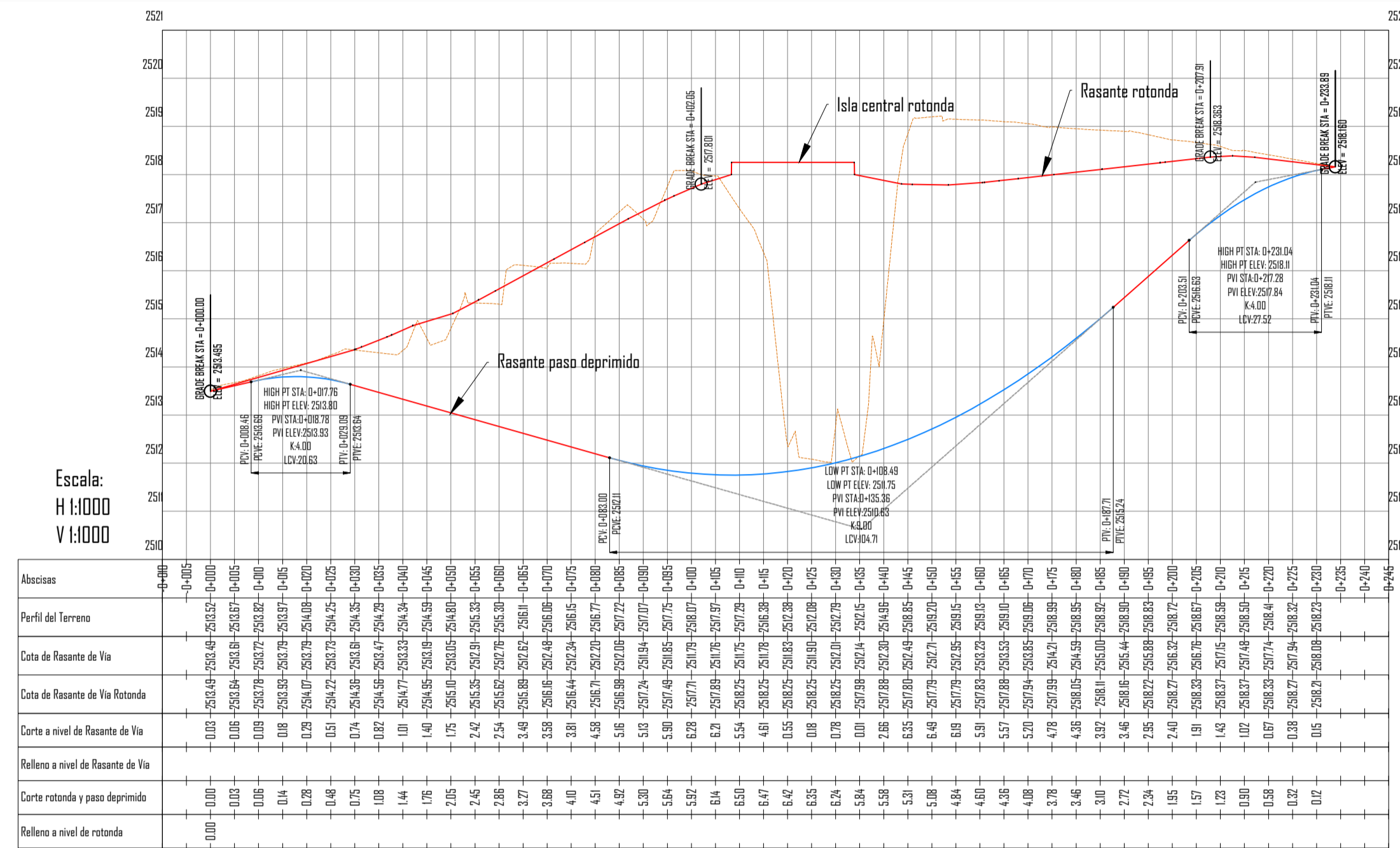
CONTIENE:
 - ROTONDA
 - Ejes de circulación entre accesos
 - Trazado de diseño geométrico
 PASO DEPRIMIDO
 - Trazado de diseño geométrico

RESPONSABLES:
 - Luz Carolina Peña Ortega
 - Mario José Serpa Calderón

FECHA: Febrero 2023 ESCALAS: Las Indicadas
 TAMAÑO PAPEL: A1
 ARCHIVO: Diseño Geométrico
 LÁMINA: Diseño D1 3/12
 DIRECTOR DEL PROYECTO DE TESIS:
 ING. JORGE CRESPO



Perfil rotonda a desnivel y paso deprimido



Nº	P.K. de inicio	P.K. de fin	Elevación en V.R.	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	Alcance de parábola	Radio de curva	Radio de E	Longitud de curva de parábola	Tabla de curvas verticales	Velocidad de proyecto	Velocidad de tránsito
1	0+000.00m	0+045.00m	2500.00	-0.05%	2.00%	100.00	100.00	100.00	45.00	100.00	40 km/h	40 km/h
2	0+045.00m	0+090.00m	2500.00	-0.05%	2.00%	100.00	100.00	45.00	100.00	100.00	40 km/h	40 km/h
3	0+090.00m	0+135.00m	2500.00	-0.05%	2.00%	100.00	100.00	45.00	100.00	100.00	40 km/h	40 km/h
4	0+135.00m	0+180.00m	2500.00	-0.05%	2.00%	100.00	100.00	45.00	100.00	100.00	40 km/h	40 km/h
5	0+180.00m	0+225.00m	2500.00	-0.05%	2.00%	100.00	100.00	45.00	100.00	100.00	40 km/h	40 km/h

SIMBOLOGÍA

PLANTA

- Curva de Nivel Principal
- Curva de Nivel Secundaria
- Calle
- Calle que pasa debajo de puente
- Puente
- Cerramientos existentes
- Pedregal
- Terreno Natural
- Vía
- Acera
- Poste de luz
- Cerramiento

PERFIL

- Perfil del terreno
- Rasante de Proyecto

Nº	Tip	Instrucciones paramétricas	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Punto inicial	Punto final	Punto de paso 1	Punto de paso 2	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de intersección	Orientación inicial	Orientación final	Centro	Longitud de curvas de cuerda	Fecha del arco	Tangente anterior	Secante anterior	Ángulo incluido de PI	P.K. de PI	Punto PI		
11	Linea	Des puntos	29.34m	N62° 27' 42" W	0+000.00m	0+029.34m	(738230.346m, 9698281.877m)	(738230.346m, 9698281.877m)	(738230.346m, 9698281.877m)	(738230.346m, 9698281.877m)															
12	Linea	Des puntos	10.74m	N62° 28' 00" W	0+029.34m	0+040.08m	(738239.798m, 9698282.567m)	(738239.798m, 9698282.567m)	(738239.798m, 9698282.567m)	(738239.798m, 9698282.567m)															
13	Curva	Radio	54.93m		0+040.08m	0+103.28m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	222.625m	5.666%	9.2238°	N62° 28' 00" W	N70° 58' 07" W	(738251.836m, 9698283.786m)	54.027m	N62° 18' 07" W	1	27.62m	1.07m	170.662°	0+076.24m	(738267.670m, 9698284.089m)	
14	Linea	Des puntos	4.932m	N70° 58' 07" W	0+103.28m	0+108.21m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)															
15	Curva	Radio	25.902m		0+108.21m	0+134.8m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	43.36m	28.880%	14.4274°	N70° 58' 07" W	N27° 22' 53" W	(738244.461m, 9698283.049m)	25.33m	N54° 45' 20" W	2	13.255m	2.02m	145.578°	0+121.57m	(738244.461m, 9698283.049m)	
16	Linea	Des puntos	26.405m	N27° 22' 53" W	0+134.8m	0+161.21m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)															
17	Curva	Radio	14.887m		0+161.21m	0+175.33m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	64.882m	10.475%	5.615%	N27° 22' 53" W	N27° 22' 53" W	(738246.758m, 9698283.535m)	14.887m	N54° 57' 05" W	0	7.428m	0.63m	174.805°	0+167.85m	(738246.758m, 9698283.535m)	
18	Linea	Des puntos	9.993m	N27° 22' 53" W	0+175.33m	0+185.32m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)															
19	Curva	Radio	28.729m		0+185.32m	0+211.85m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	291.864m	6.821%	5.8754°	N27° 22' 53" W	N27° 22' 53" W	(738246.758m, 9698283.535m)	28.126m	N27° 22' 53" W	0	14.063m	0.343m	174.204°	0+188.52m	(738246.758m, 9698283.535m)	
20	Linea	Des puntos	1.558m	N27° 22' 53" W	0+211.85m	0+213.41m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)															
21	Linea	Des puntos	20.672m	N27° 22' 53" W	0+213.41m	0+234.08m	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)	(738246.758m, 9698283.535m)															

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
SEDE AZOGUES

TRABAJO DE TITULACIÓN:
PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA DE LA CIUDAD DE AZOGUES

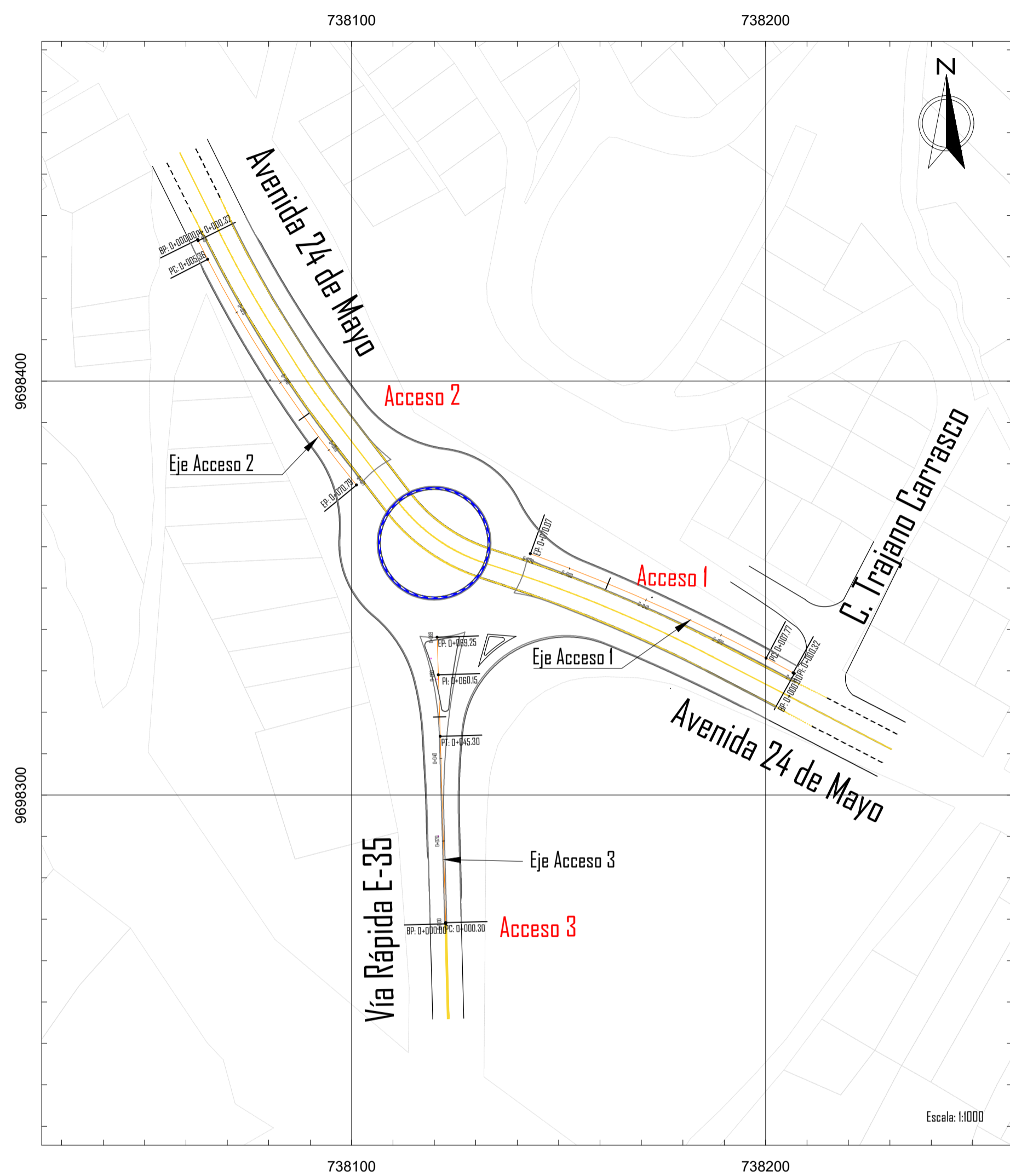
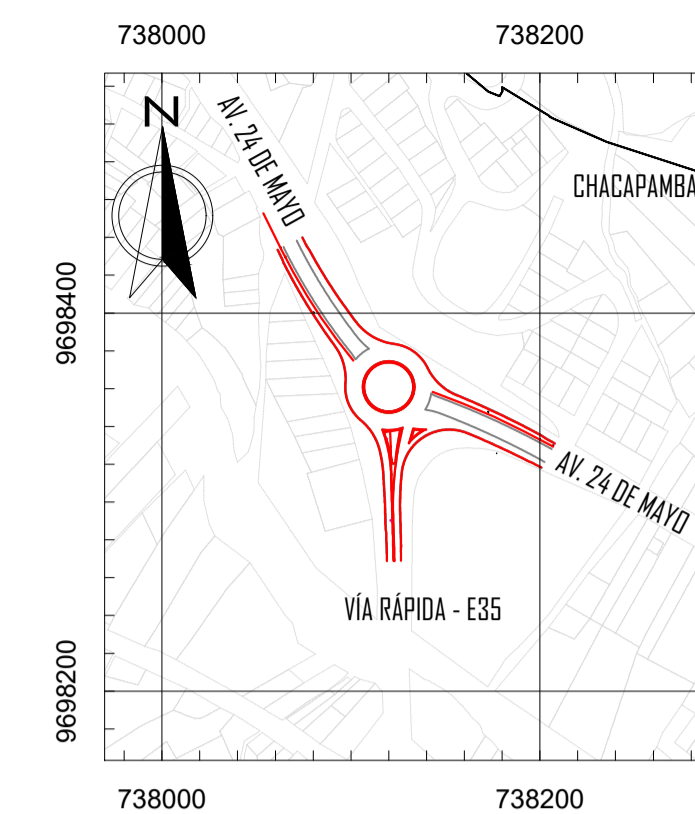
CONTIENE:
- PASO DEPRIMIDO
- Perfil rotonda a desnivel y paso deprimido
- Tabla de curvas horizontales y verticales

RESPONSABLES:
- Luz Carolina Peña Ortega
- Mario José Serna Calderón

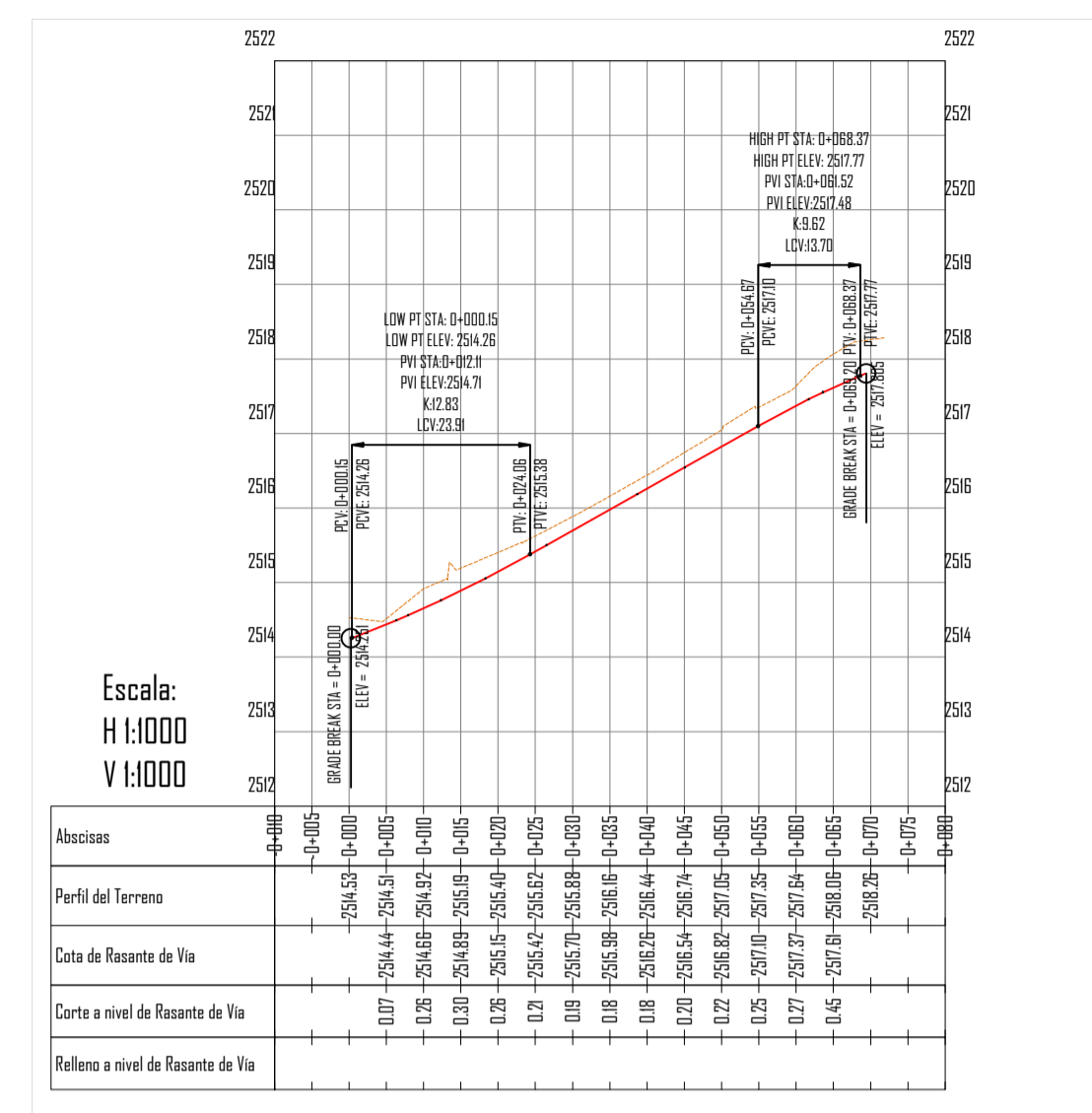
FECHA: Febrero 2023
ESCALAS: Las Indicadas

TAMAÑO PAPEL: A1
ARCHIVO: Diseño Geométrico
LÍNEA: Diseño 02
LAJUNO: 4/12

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TESIS:
ING. JORGE CRESPO

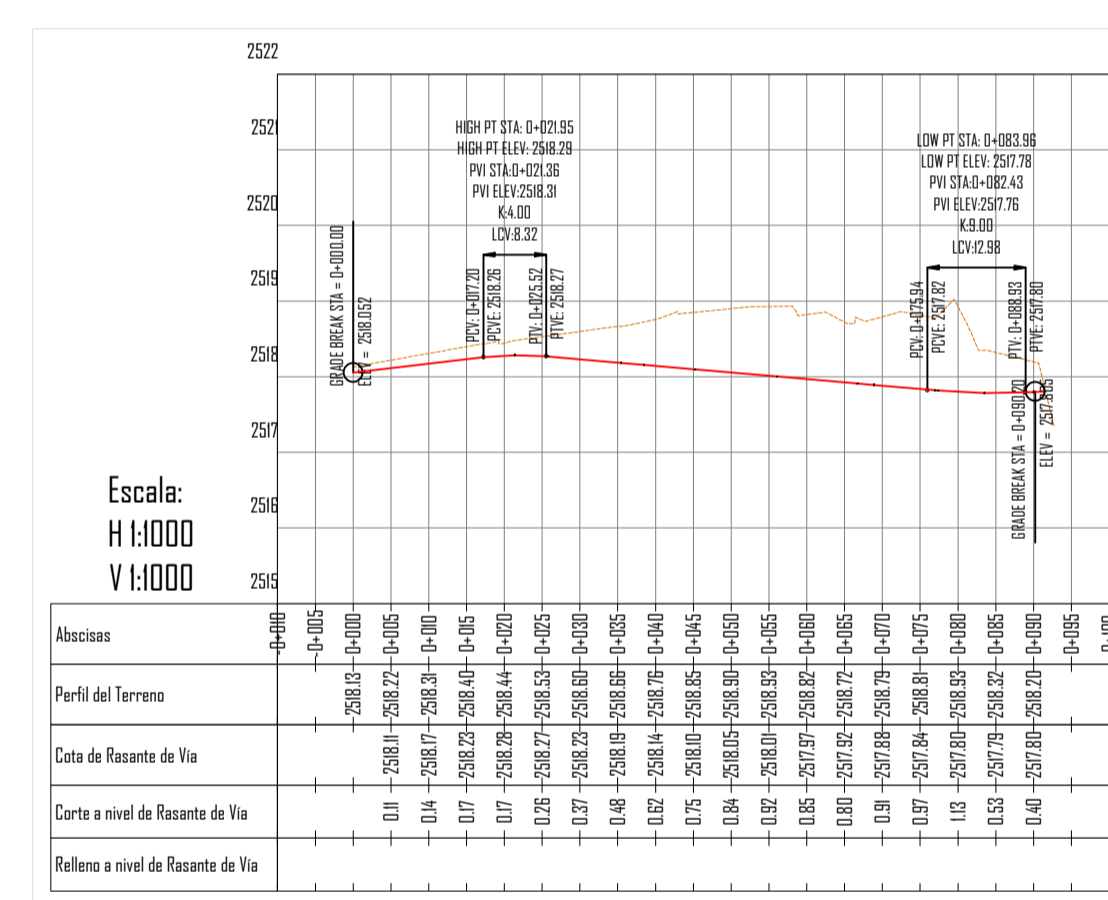


Perfil central Acceso 1



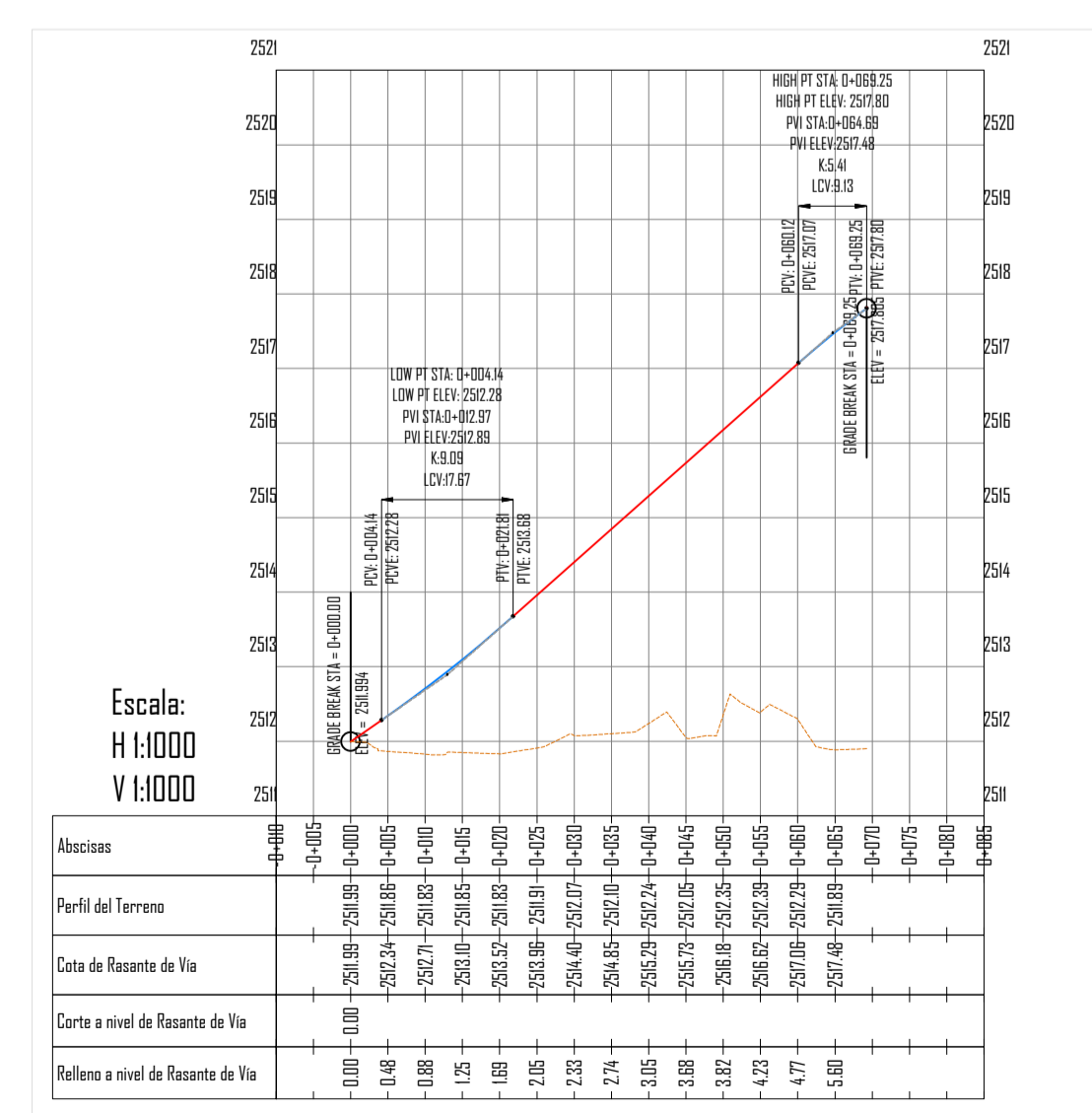
Nº	P.K. de INV.	Extensión de INV.	Inclinación de rasante I.E.	Inclinación de rasante I.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Longitud de curva de perfil	Radio de curva	Tabla de curvas verticales	Velocidad de proyecto	Extensión por estabilidad de pavimento	Extensión por visibilidad de iluminación
1	0+000.00m	254.25m	3.76%			Concavo	0.828	Parábola simétrica	23.90m	182.84m	40 km/h	8.000	
2	0+002.10m	254.705m	3.76%	5.82%	1.86%	Concavo	0.623	Parábola simétrica	13.70m	162.30m	40 km/h	4.000	
3	0+061.50m	257.485m	5.62%	4.20%	1.42%	Concavo	0.623	Parábola simétrica	13.70m	162.30m	40 km/h	4.000	
4	0+063.10m	257.805m	4.20%			Concavo							

Perfil central Acceso 2



Nº	P.K. de INV.	Extensión de INV.	Inclinación de rasante I.E.	Inclinación de rasante I.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Longitud de curva de perfil	Radio de curva	Tabla de curvas verticales	Velocidad de proyecto	Extensión por estabilidad de pavimento	Extensión por visibilidad de iluminación
1	0+000.00m	258.052m	1.03%			Concavo	4.000	Parábola simétrica	6.32m	400.00m	40 km/h	4.000	
2	0+002.30m	258.306m	1.03%	0.89%	2.08%	Concavo	4.000	Parábola simétrica	6.32m	400.00m	40 km/h	4.000	
3	0+002.42m	257.762m	0.89%	0.52%	1.44%	Concavo	0.983	Parábola simétrica	300.00m	40 km/h			
4	0+090.20m	257.805m	0.52%			Concavo							

Perfil central Acceso 3



Nº	P.K. de INV.	Extensión de INV.	Inclinación de rasante I.E.	Inclinación de rasante I.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Longitud de curva de perfil	Radio de curva	Tabla de curvas verticales	Velocidad de proyecto	Extensión por estabilidad de pavimento	Extensión por visibilidad de iluminación
1	0+000.00m	259.994m	6.59%			Concavo	0	Parábola simétrica	0.570m	999.00m	40 km/h	9	
2	0+002.57m	252.830m	6.59%	8.87%	1.94%	Concavo	0	Parábola simétrica	0.570m	999.00m	40 km/h	9	
3	0+054.65m	257.477m	8.87%	1.69%	1.69%	Concavo	5	Parábola simétrica	3.02m	54.076m	40 km/h	4	
4	0+055.25m	257.805m	1.69%			Concavo							

Nº	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Punto inicial	Punto final	Punto de paso1	Punto de paso2	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de incremento	Orientación inicial	Orientación final	Centro	Longitud de cuerda	Orientación de cuerda	Flexión del arco	Tangente externa	Secante externa	Ángulo incluido de PI	P.K. de PI	Punto PI		
11	Línea	Des puntas	0.222m	N8° 02' 07" W	0+000.00m	0+000.32m	(7380706.635m; 9698229.2327m)	(7380706.635m; 9698229.2327m)																		
12	Línea	Des puntas	7.446m	N8° 30' 57" W	0+000.32m	0+007.77m	(7380706.635m; 9698229.2327m)	(7380706.635m; 9698229.2327m)																		
13	Curva	Tres puntas	62.302m	0+007.77m	0+070.07m	(7380706.635m; 9698229.2327m)	(7380706.635m; 9698229.2327m)	(7380706.635m; 9698229.2327m)	(7380706.635m; 9698229.2327m)		436.69m	3.3064 (g)	8.0748 (g)	N62° 07' 14" W	N70° 07' 44" W	(7379955.002m; 9697941.4575m)	62.246m	N69° 05' 29" W	1.01	31.204m	1.94m	171.823m (g)	0+038.97m	(7380712.555m; 9698347.708m)		

Nº	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Punto inicial	Punto final	Punto de paso1	Punto de paso2	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de incremento	Orientación inicial	Orientación final	Centro	Longitud de cuerda	Orientación de cuerda	Flexión del arco	Tangente externa	Secante externa	Ángulo incluido de PI	P.K. de PI	Punto PI		
11	Línea	Des puntas	299.89m	S28° 22' 46" E	0+000.00m	0+000.93m	(7380653.0667m; 9698432.7020m)	(7380653.0667m; 9698432.7020m)																		
12	Línea	Des puntas	5.042m	S28° 47' 29" E	0+000.93m	0+006.00m	(7380653.0667m; 9698432.7020m)	(7380653.0667m; 9698432.7020m)																		
13	Curva	Tres puntas	63.42m	0+006.00m	0+026.10m	(7380653.0667m; 9698432.7020m)	(7380653.0667m; 9698432.7020m)	(7380653.0667m; 9698432.7020m)	(7380653.0667m; 9698432.7020m)		204.446m	5.9459 (g)	0.2003 (g)	S27° 15' 51" E	S30° 34' 24" E	(7383335.8943m; 9698568.8848m)	65.285m	S30° 23' 12" E	1.756	32.837m	1.766m	167.888m (g)	0+038.87m	(7380663.303m; 9698400.208m)		

Nº	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Punto inicial	Punto final	Punto de paso1	Punto de paso2	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de incremento	Orientación inicial	Orientación final	Centro	Longitud de cuerda	Orientación de cuerda	Flexión del arco	Tangente externa	Secante externa	Ángulo incluido de PI	P.K. de PI	Punto PI		
11	Línea	Des puntas	0.300m	N° 29' 23" W	0+000.00m	0+000.30m	(7380272.7420m; 9698298.8954m)	(7380272.7420m; 9698298.8954m)																		
12	Curva	Tres puntas	45.000m	0+000.30m	0+045.26m	(7380272.7420m; 9698298.8954m)	(7380272.7420m; 9698298.8954m)	(7380272.7420m; 9698298.8954m)	(7380272.7420m; 9698298.8954m)		898.43m	0.0547 (g)	0.1024 (g)	N° 29' 23" W	N° 47' 34" W	(733007.3880m; 9698029.5460m)	45.000m	N° 38' 16" W	0	21.500m	0.025m	179.7076 (g)	0+022.80m	(7380272.7420m; 9698298.8954m)		
13	Línea	Des puntas	14.800m	N° 49' 57" W	0+045.26m	0+060.05m	(7380272.7420m; 9698298.8954m)	(7380272.7420m; 9698298.8954m)																		
14	Línea	Des puntas	9.000m	N° 52' 27" W	0+060.05m	0+069.25m	(7380272.7420m; 9698298.8954m)	(7380272.7420m; 9698298.8954m)																		

SIMBOLOGÍA

PLANTA

- Curva de Nivel Principal
- Curva de Nivel Secundaria
- Calle
- Calle que pasa debajo de puente
- Puente
- Cerramientos existentes
- Predio
- Terrano Natural
- Via
- Acera
- Poste de luz
- Cerramiento
- Trazo de diseño de rotonda
- Trazado de diseño paso deprimido
- Eje paso deprimido
- Alineación central rotonda
- Eje acceso 1 - acceso 2
- Eje acceso 1 - acceso 3
- Eje acceso 2 - acceso 3
- Eje acceso 3 - acceso 1
- Eje acceso 3 - acceso 2

PERFIL

- Perfil del terreno
- Rasante de Proyecto

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
SEDE AZOGUES

TRABAJO DE TITULACIÓN:
PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA DE LA CIUDAD DE AZOGUES

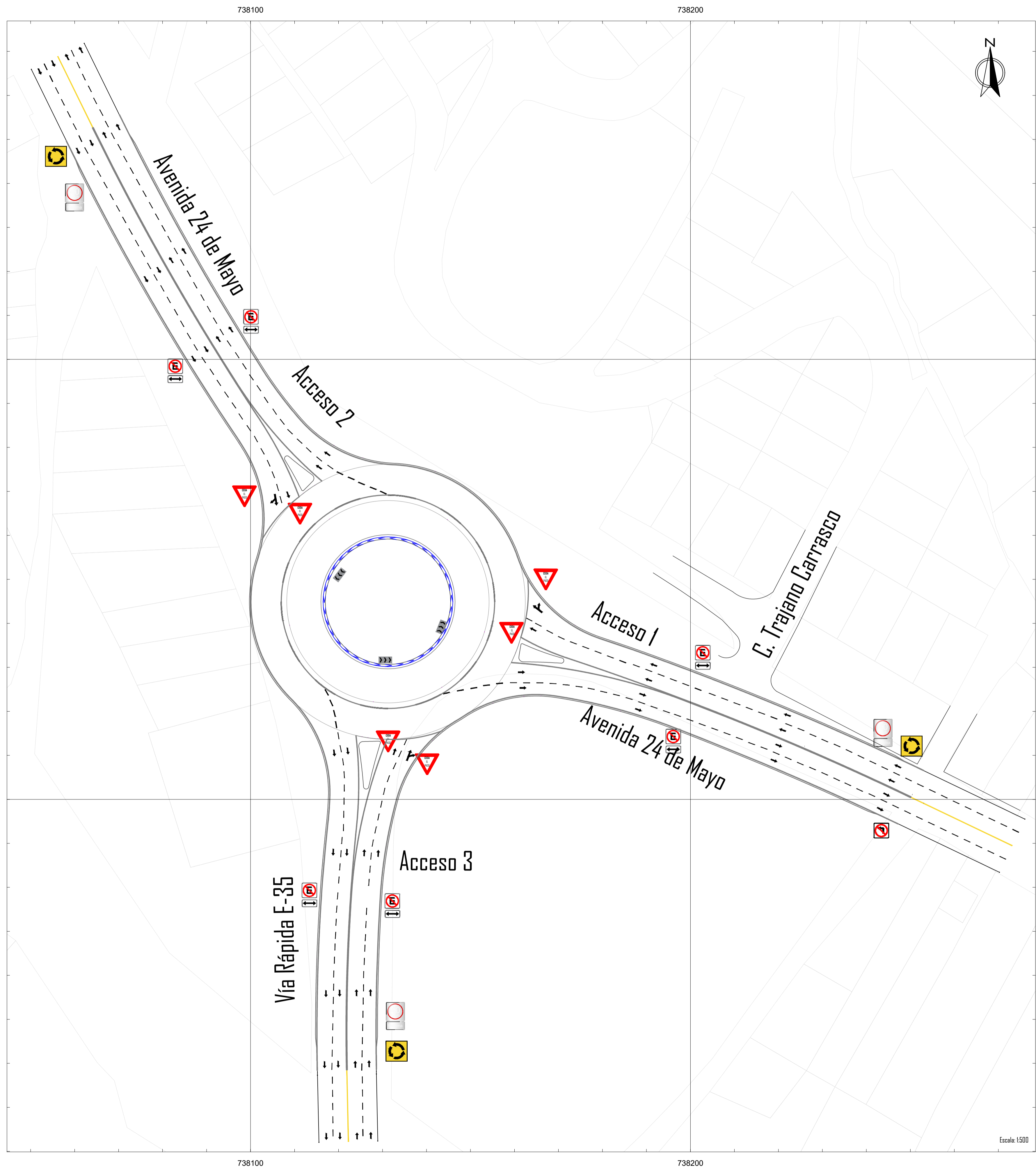
CONTIENE:
- ROTONDA
- Planta: Ejes de acceso a rotonda
- Planillas: centrales de acceso a rotonda
- Tablas de curvas horizontales y verticales

RESPONSABLES:
- Luz Carolina Peña Ortega
- Mario José Serya Calderón

FECHA: Febrero 2023 **ESCALAS:**
TAMAÑO PAPEL: A1 Las Indicadas

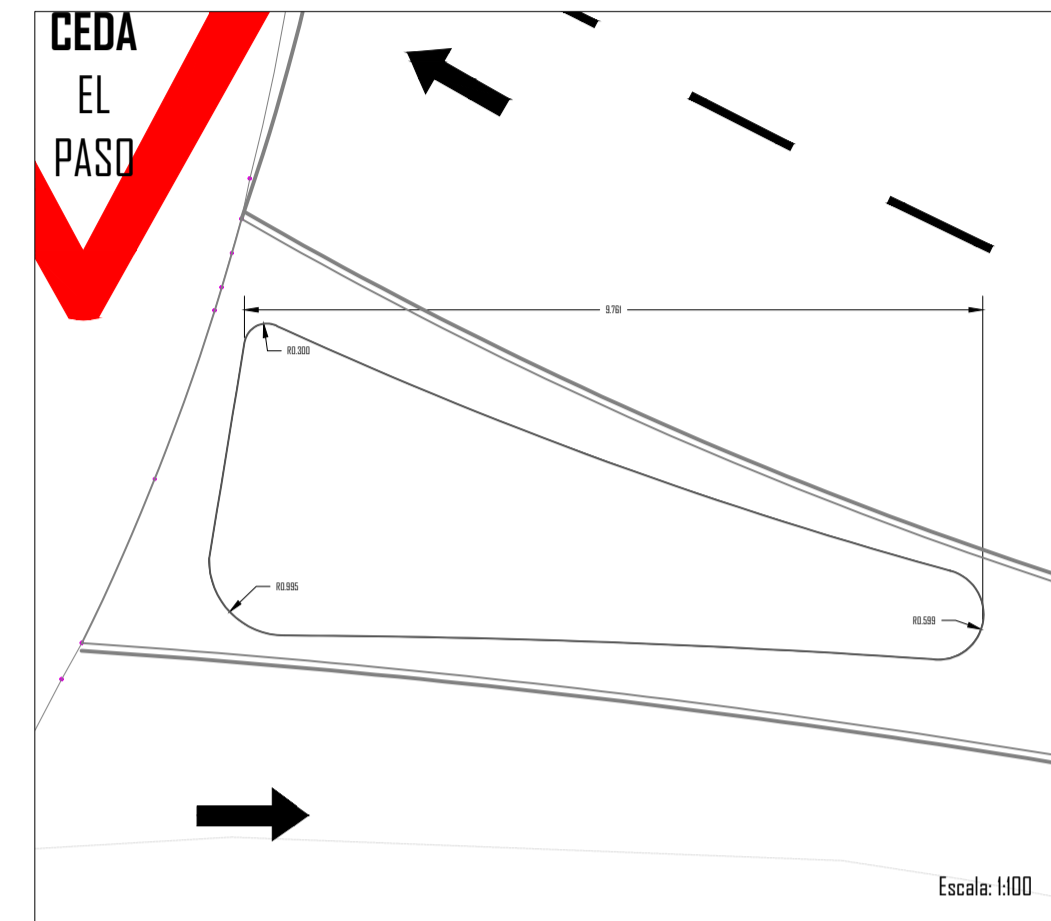
ARCHIVO: Diseño Geométrico **LÁMINA:** Diseño 03 5/12

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TESIS:
ING. JORGE CRESPINO

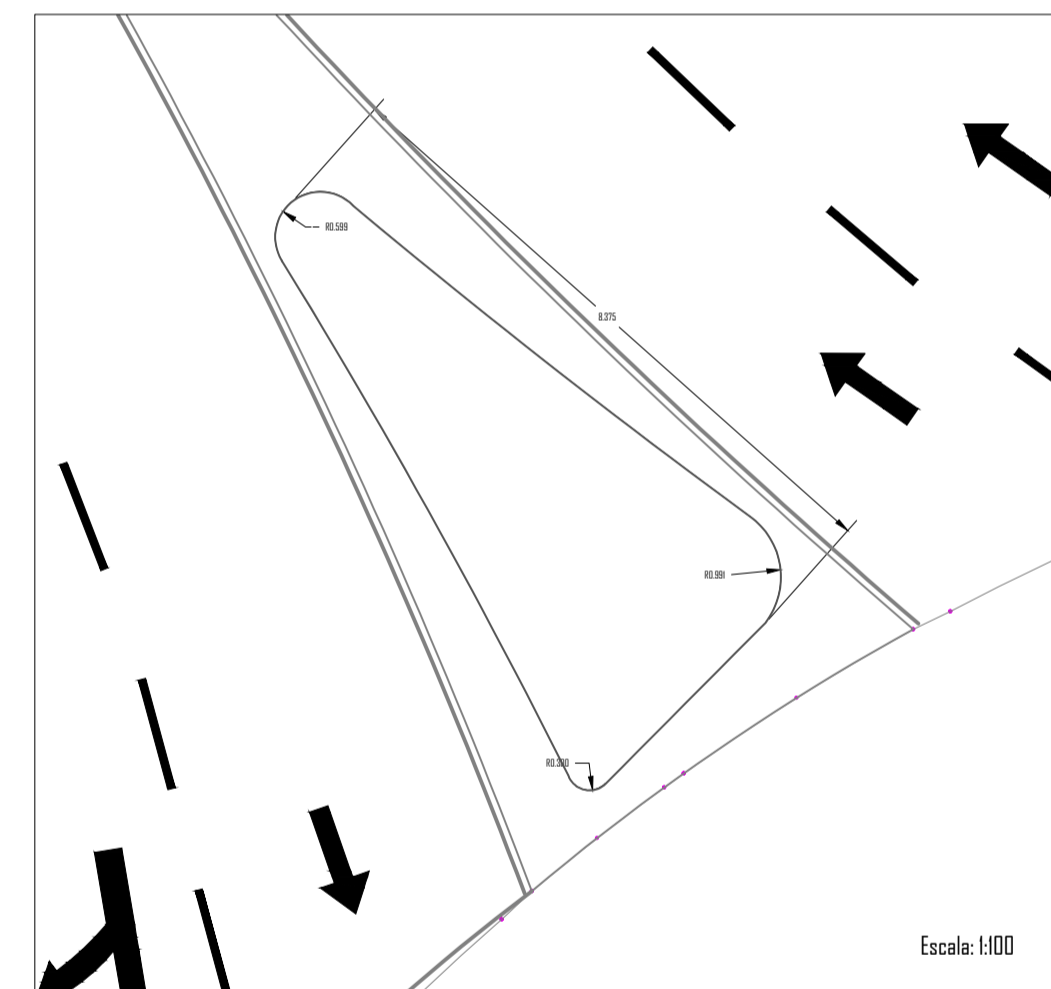


Isletas Separadoras

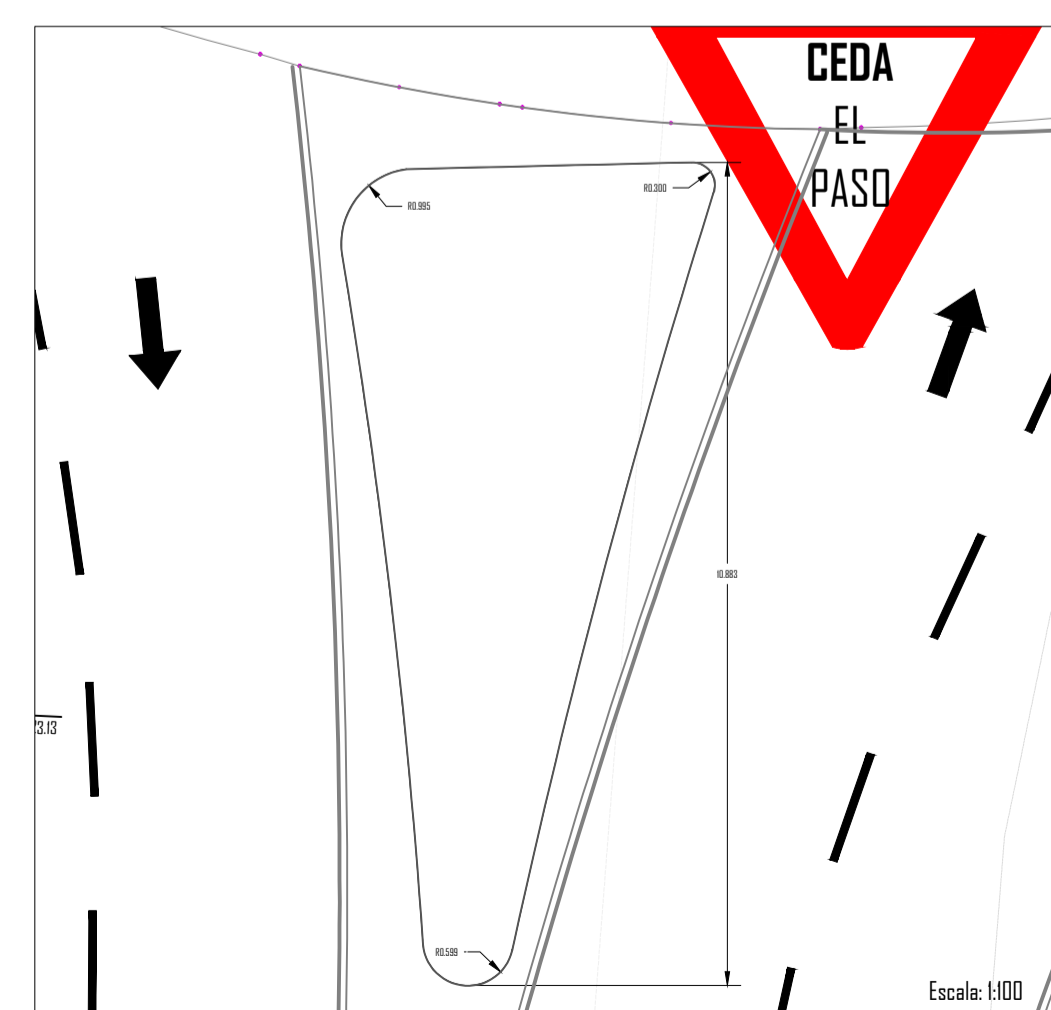
Acceso 1



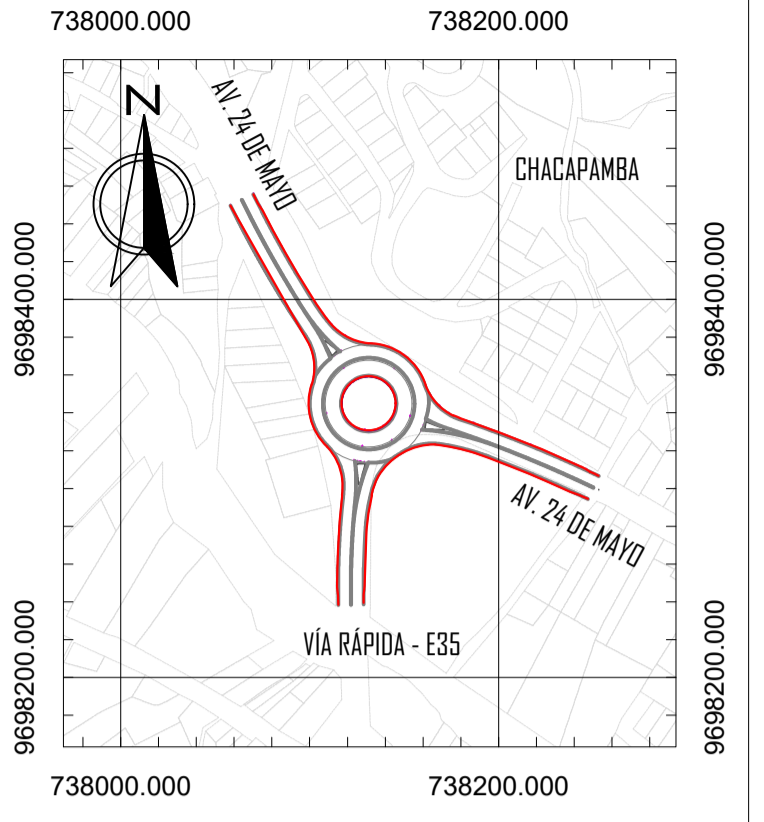
Acceso 2



Acceso 3



UBICACIÓN DEL PROYECTO:



SEÑALIZACIÓN VIAL

Las señales de tránsito, cumplirán con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004: Señalización vial

- Ceda el paso
- No virar a la derecha
- Solo en la dirección indicada
- Señales de control de movimientos opcionales de carriles
- Dirección y sentido de circulación en rotonda
- Límite máximo de velocidad
- No estacionar
- Aproximación a rotundel
- Angostamiento en ambos lados

SIMBOLOGÍA

- PLANTA**
- Curva de Nivel Principal
 - Curva de Nivel Secundaria
 - Calle
 - Calle que pasa debajo de puente
 - Puente
 - Cerramientos existentes
 - Predio
 - Terreno Natural
 - Via
 - Acera
 - Poste de luz
 - Cerramiento
 - Trazado de diseño de rotonda
 - Trazado de diseño paso deprimido
 - Eje paso deprimido
 - Alineación central rotonda
 - Eje acceso 1 - acceso 2
 - Eje acceso 2 - acceso 3
 - Eje acceso 3 - acceso 1
 - Eje acceso 3 - acceso 2
- PERFIL**
- Perfil del terreno
 - Rasante de Proyecto

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
SEDE AZOGUES

TRABAJO DE TITULACIÓN:
ALTERNATIVA 1 DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA, DE LA CIUDAD DE AZOGUES

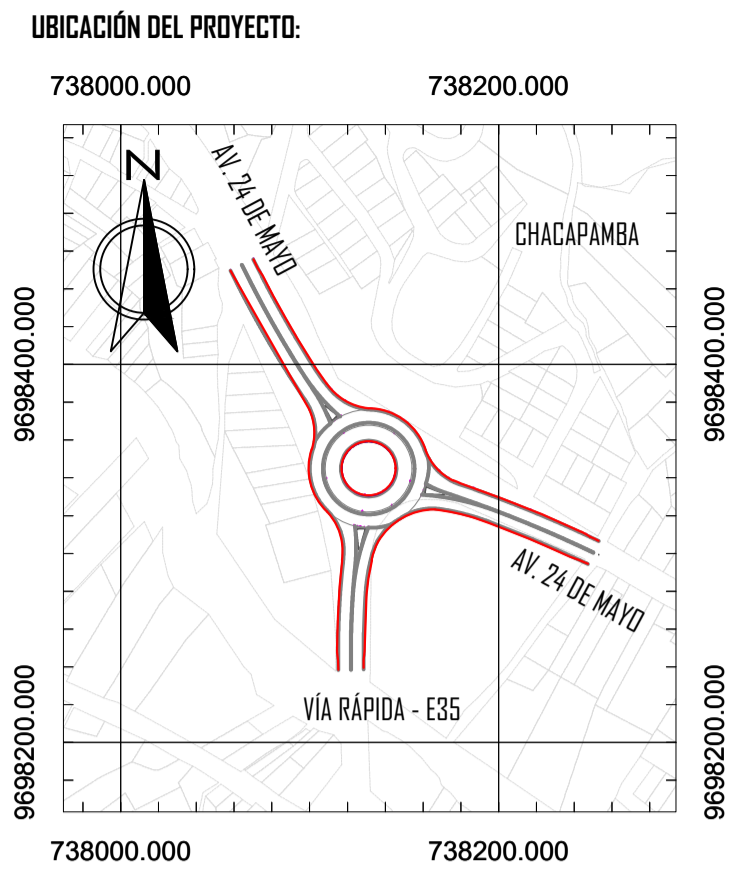
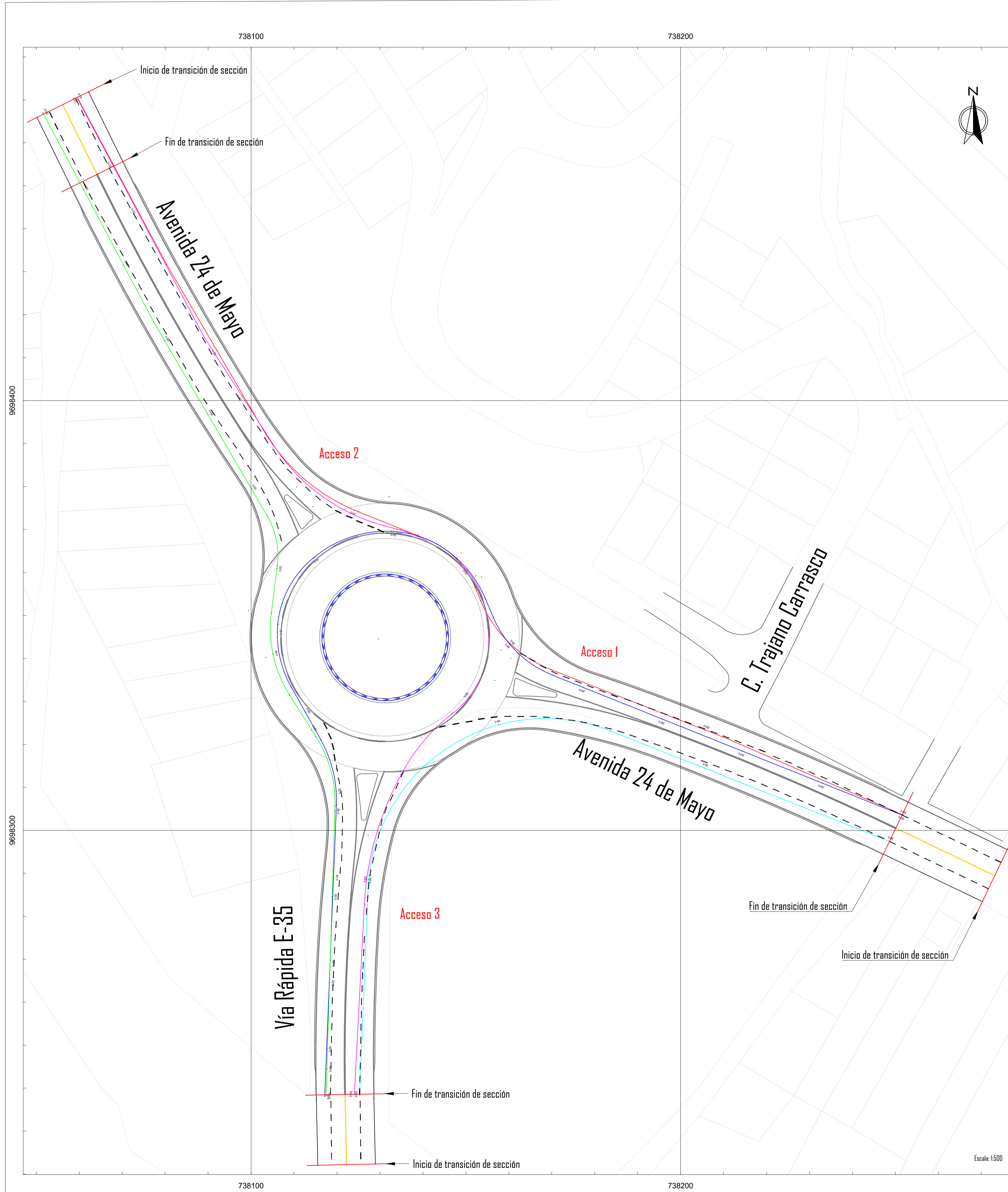
CONTIENE:
SEÑALIZACIÓN VIAL
- Señales de tránsito
- Predios
- Trazado de alternativa 1

RESPONSABLES:
- Luz Carolina Peña Ortega
- María Jose Sierra Calderín

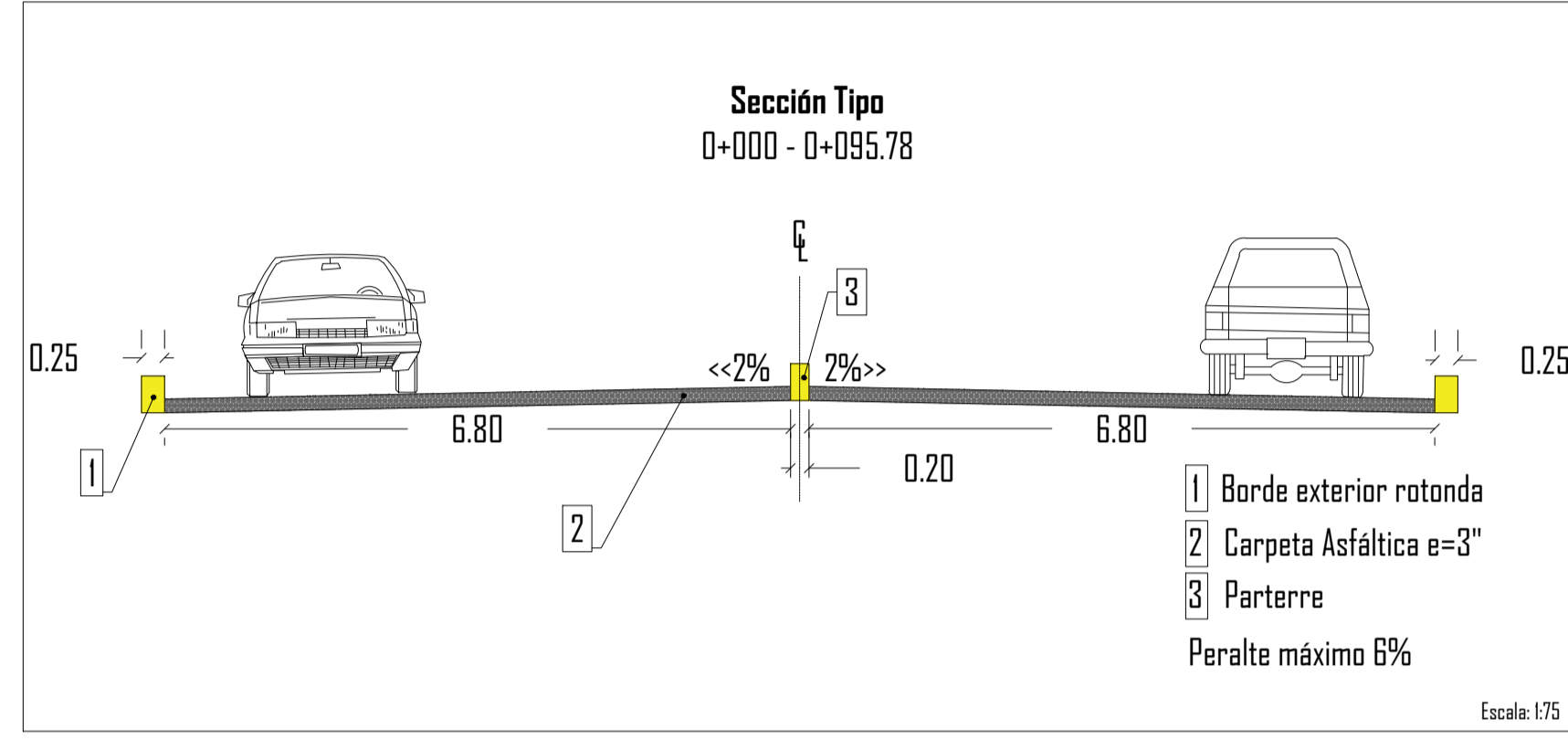
FECHA: Febrero 2023
TAMANO PAPEL: A1
ARCHIVO: Diseño Geométrico
LÁMINA: Señalización 02

ESCALAS: Las Indicadas
8/12

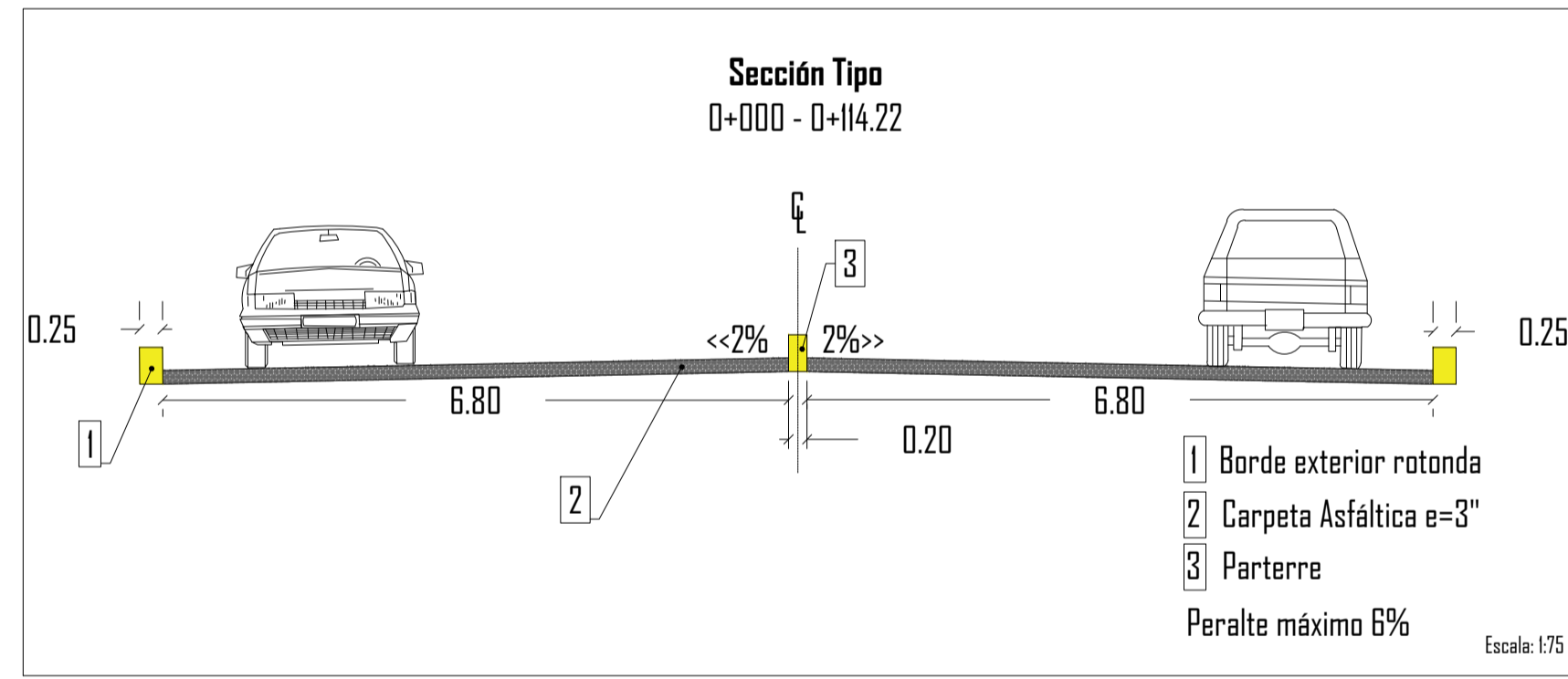
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TESIS:
ING. JORGE CRESPO



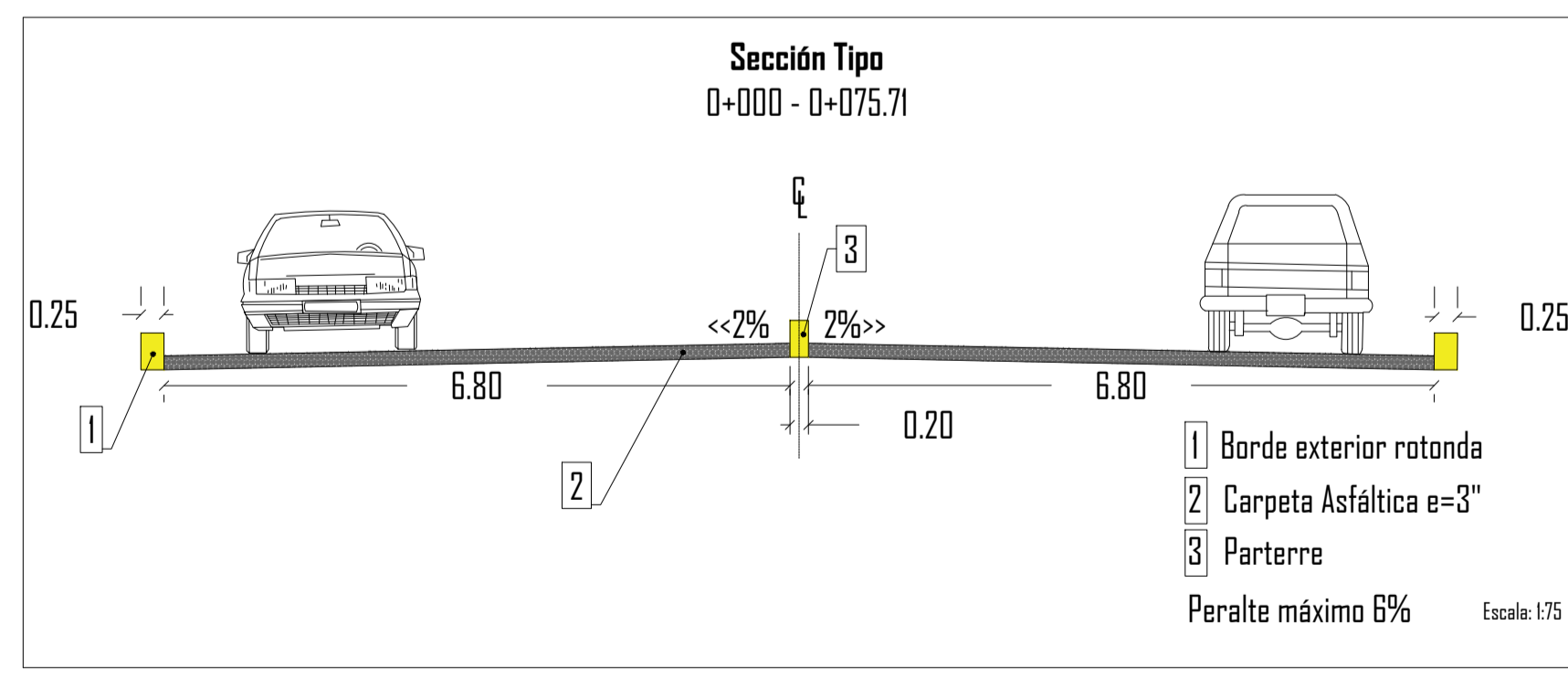
Corte Acceso 1



Corte Acceso 2



Corte Acceso 3



SIMBOLOGÍA

PLANTA

- Curva de Nivel Principal
- Curva de Nivel Secundaria
- Calle
- Calle que pasa debajo de puente
- Puente
- Cerramientos existentes
- Predio
- Terreno Natural
- Vía
- Acera
- Poste de luz
- Cerramiento

PERFIL

- Trazado de diseño de rotonda
- Trazado de diseño paso deprimido
- Eje paso deprimido
- Alineación central rotonda
- Eje acceso 1 - acceso 2
- Eje acceso 1 - acceso 3
- Eje acceso 2 - acceso 3
- Eje acceso 3 - acceso 1
- Eje acceso 3 - acceso 2
- Perfil del terreno
- Rasante de Proyecto

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
SEDE AZOGUES

TRABAJO DE TITULACIÓN:
ALTERNATIVA 1 DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRANSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA, DE LA CIUDAD DE AZOGUES

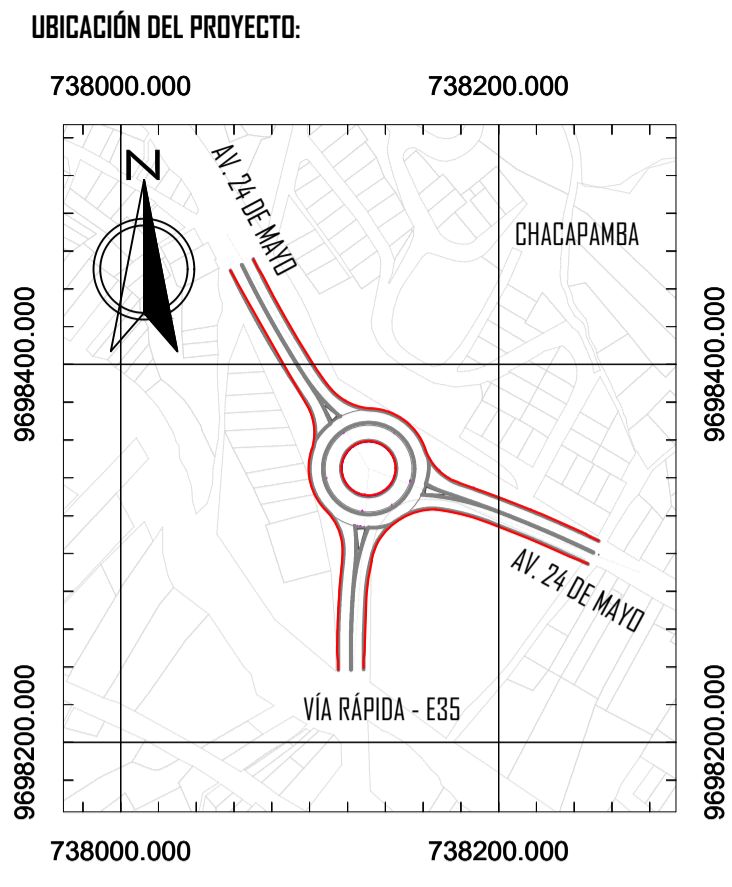
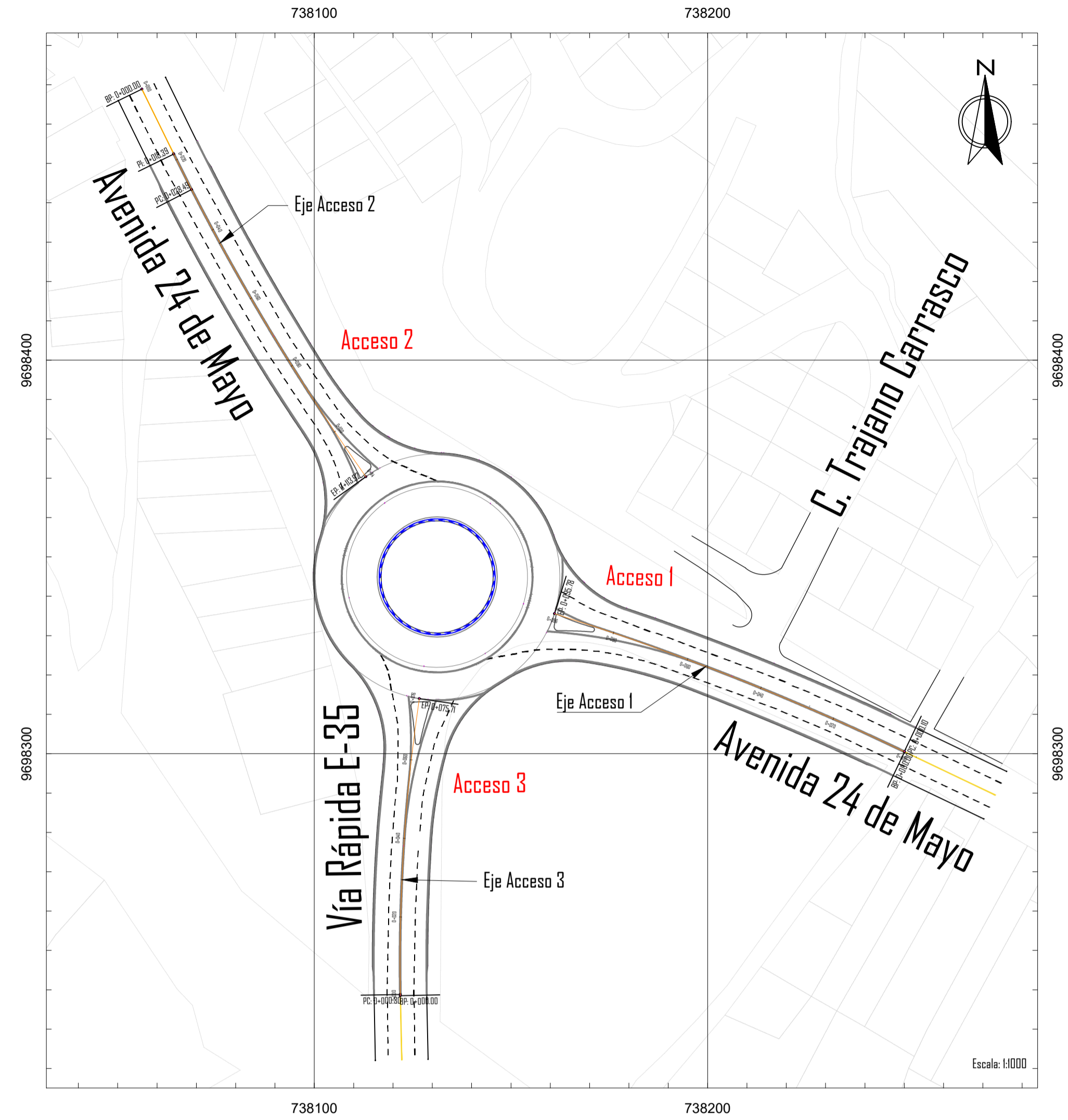
CONTIENE:
- Rotonda
- Planta: Ejes de circulación entre accesos
- Trazado de alternativa 1

RESPONSABLES:
- Luz Carolina Peña Ortega
- María Jose Serna Calderón

FECHA: Febrero 2023 **ESCALAS:** Las Indicadas

TAMANO PAPEL: A1 **ARCHIVO:** Diseño Geométrico **LÁMINA:** Diseño UB **9/12**

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TESIS:
ING. JORGE CRESPO

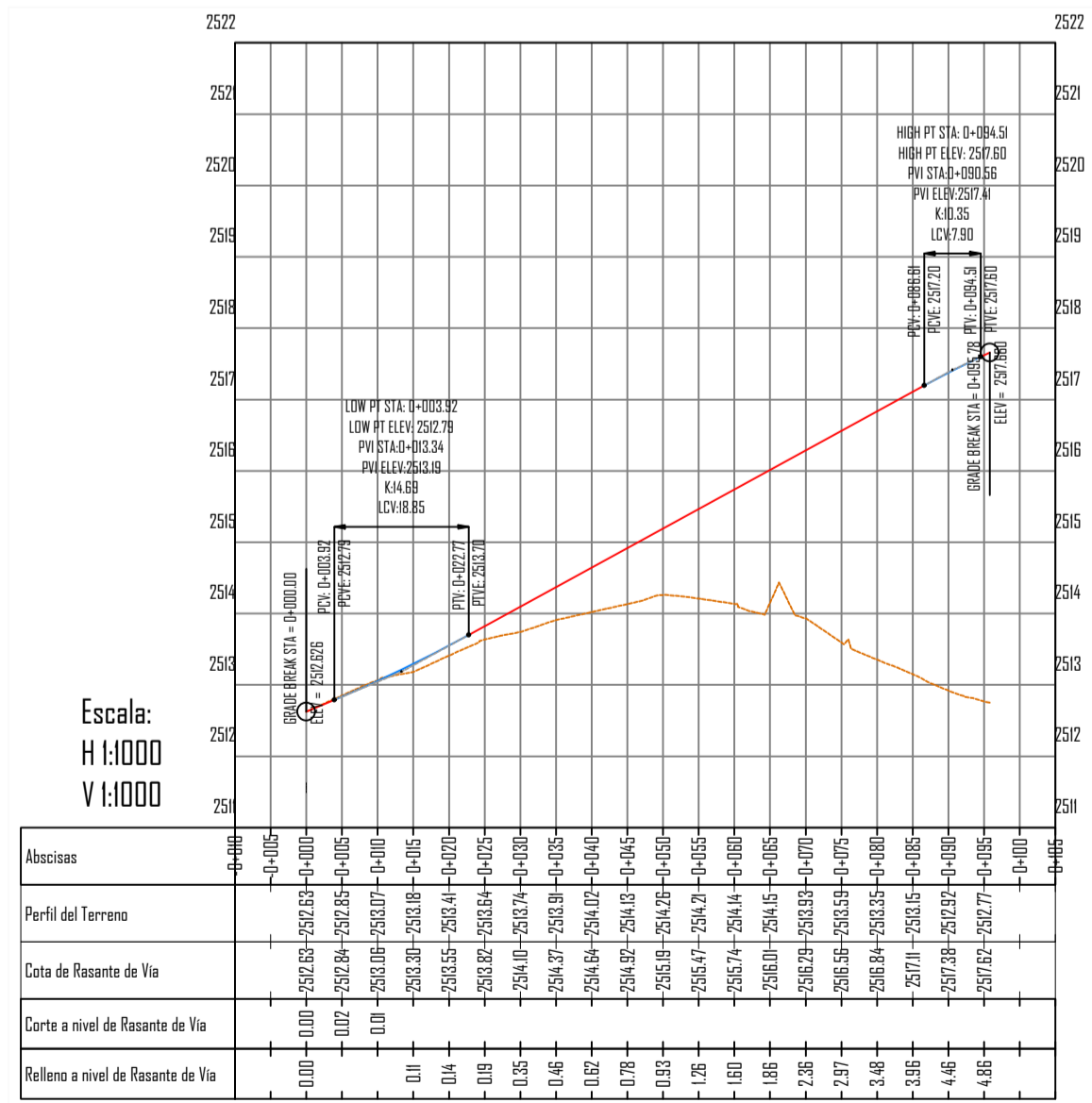


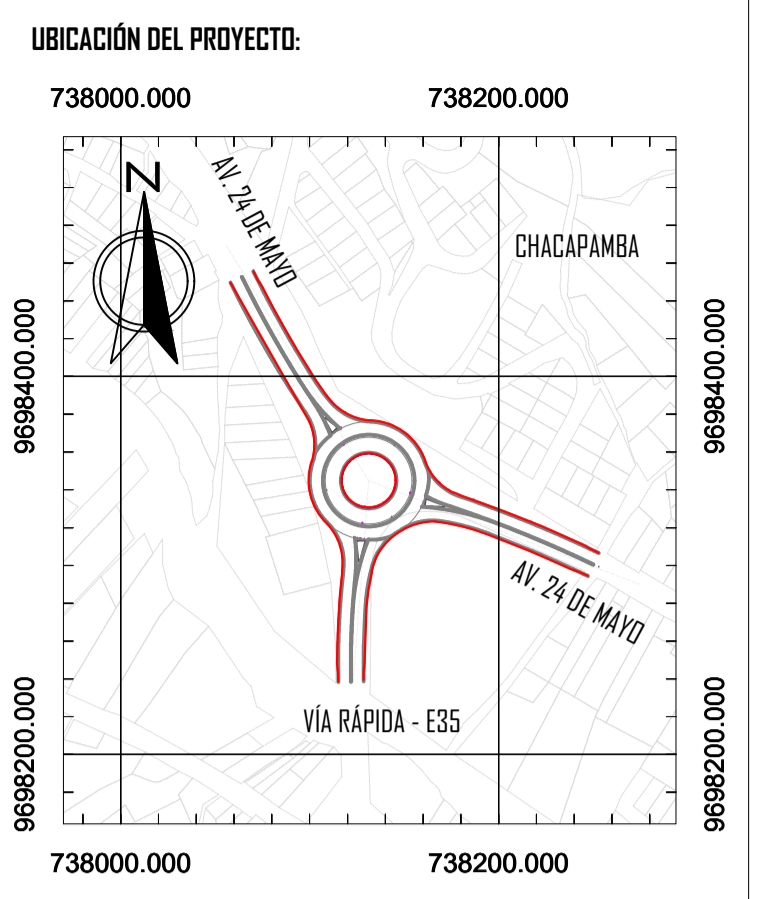
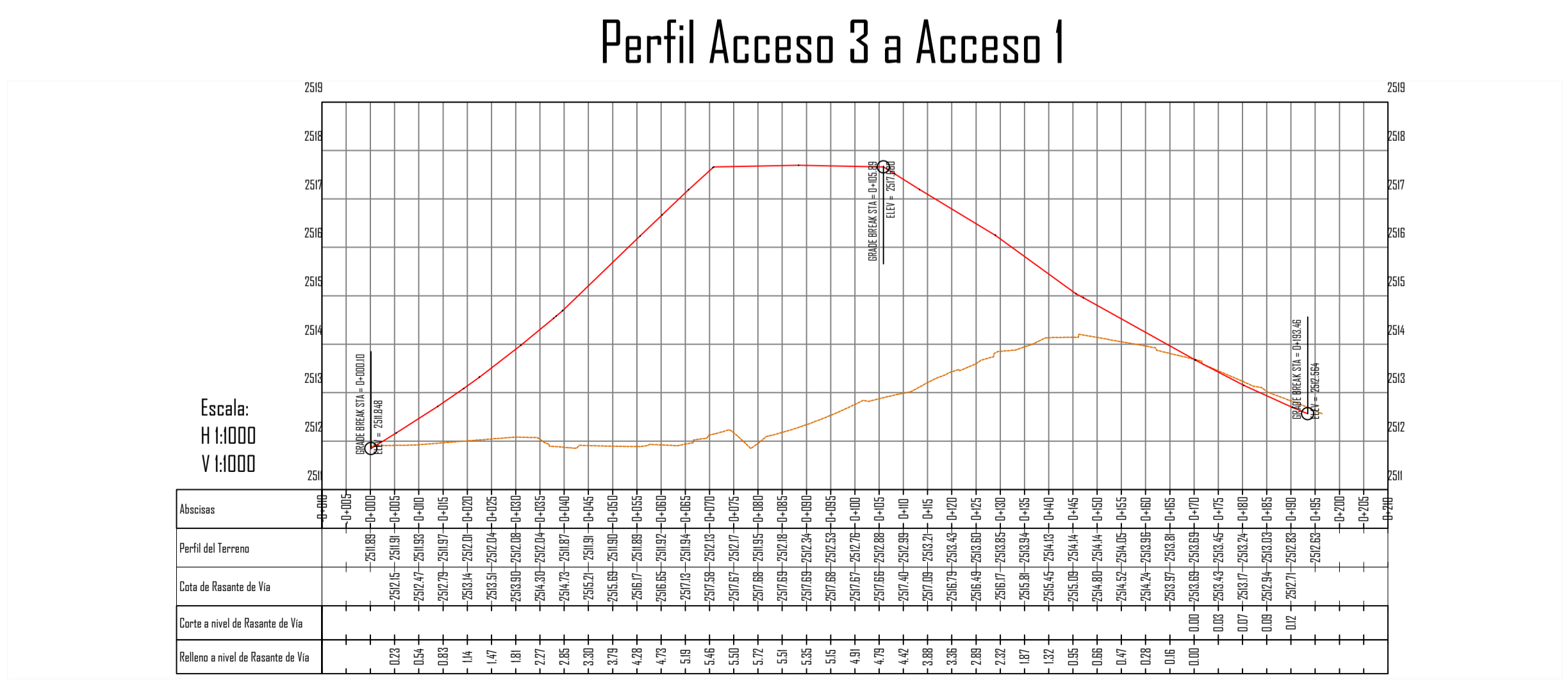
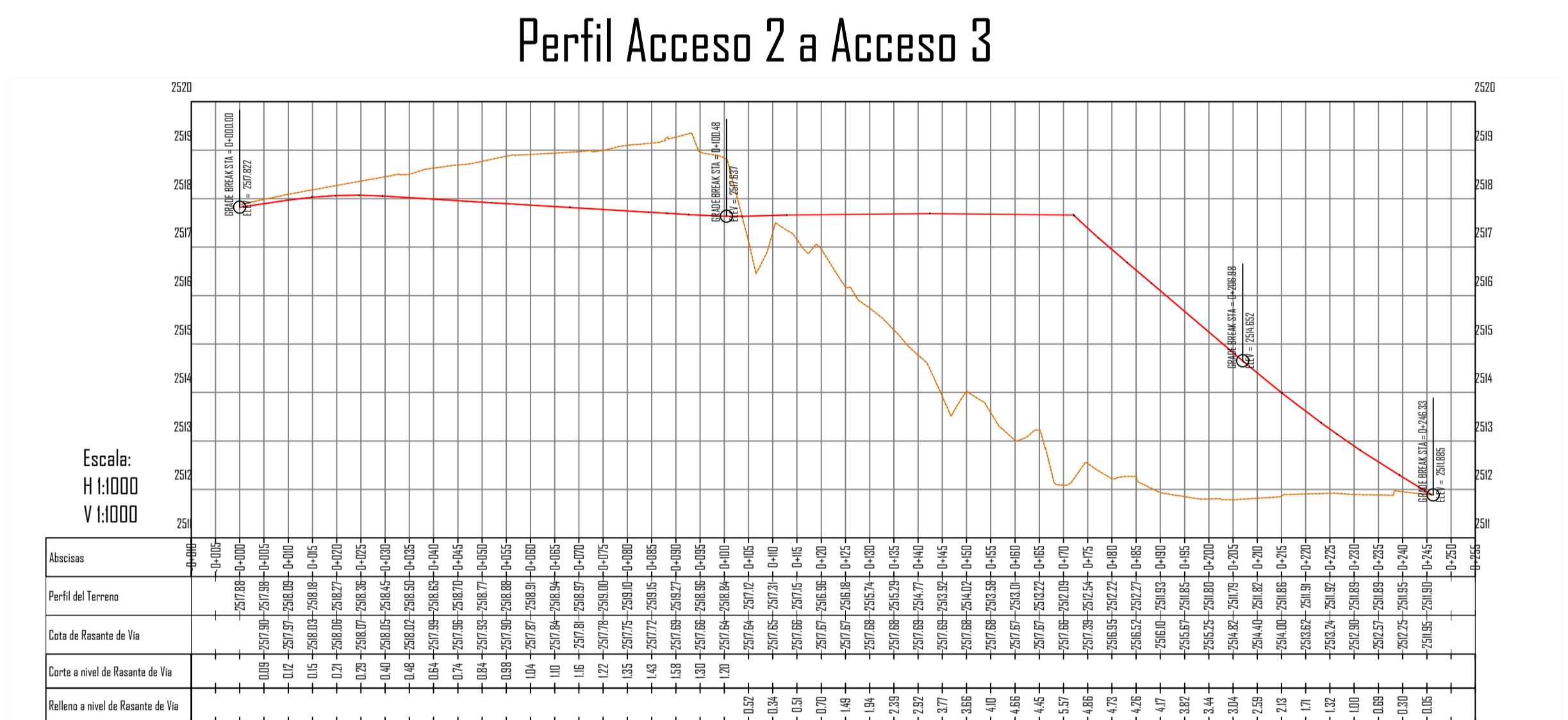
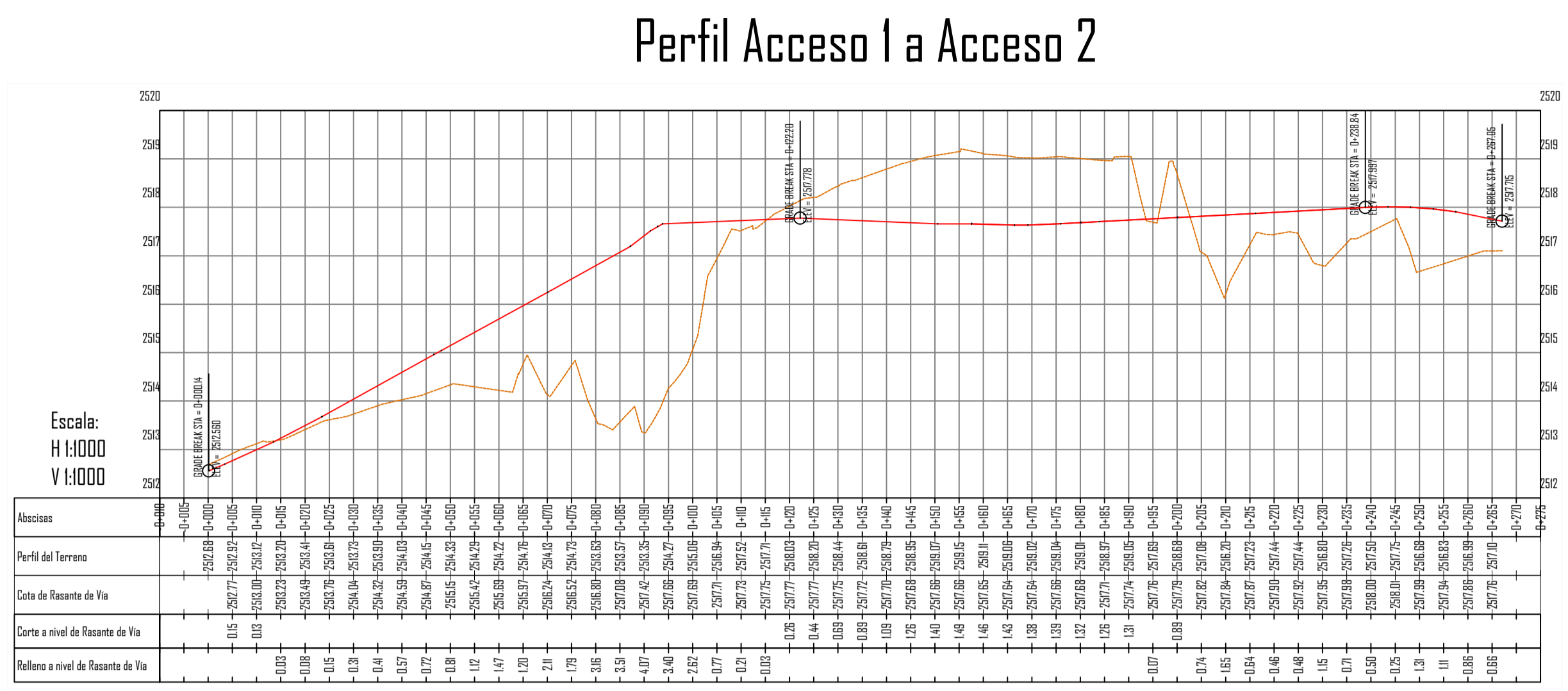
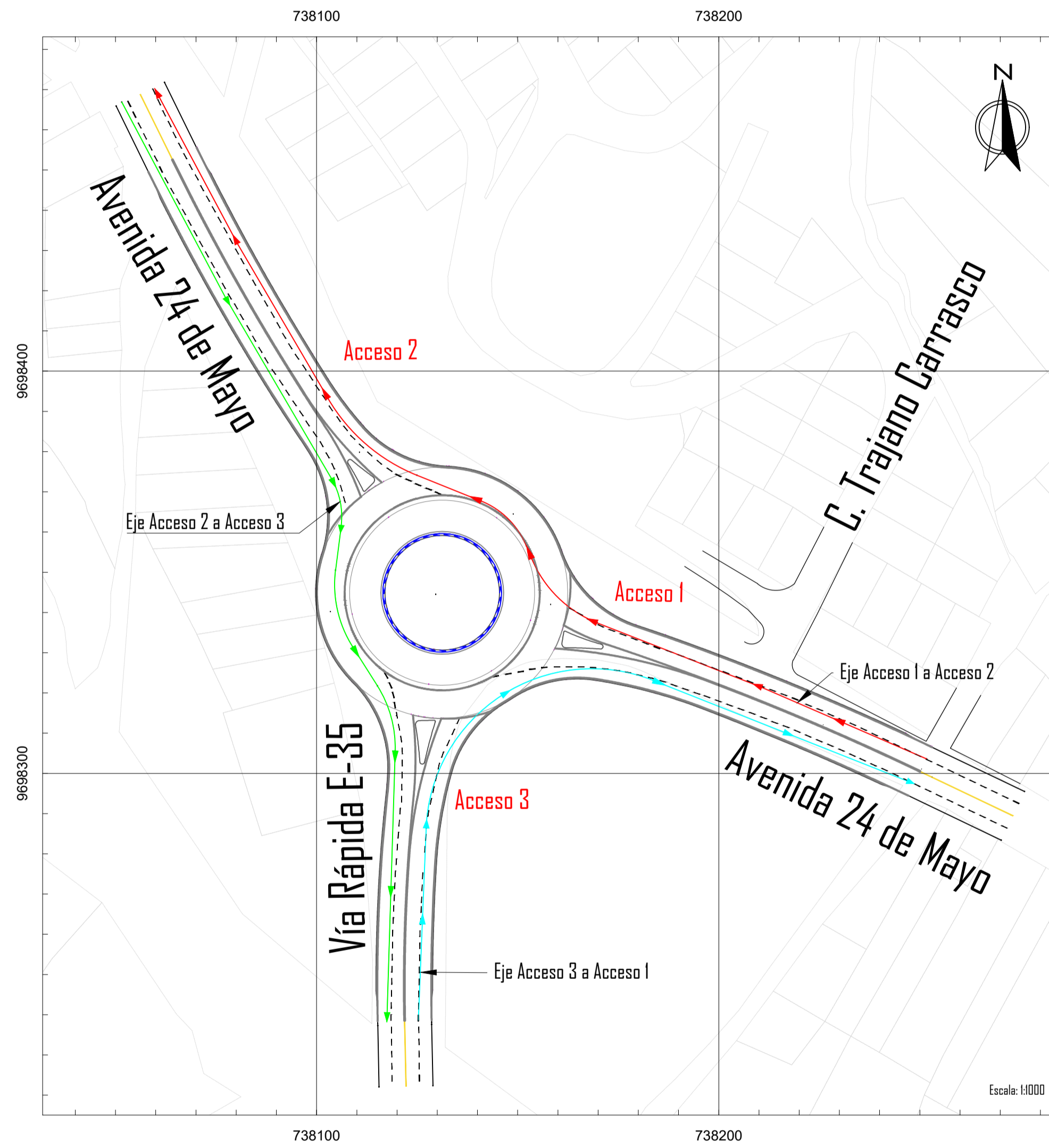
LISTADO DE CURVAS HORIZONTALES ACCESO 1																										
Nº	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Punto inicial	Punto final	Punto de paso1	Punto de paso2	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de incremento	Orientación inicial	Orientación final	Centro	Longitud de cuerda	Orientación de cuerda	Flanca del arco	Tangente externa	Secante externa	Ángulo incluido de PI	P.K. de PI	Punto PI		
1	Linea	Una puntos	0.00m	N64° 25' 00" W	0+000.00m	0+000.00m	738250.094m	9698300.490m	738250.094m	9698300.534m	738250.094m	9698300.490m	738250.094m	9698300.534m												
2	Curva	Tres puntos	95.870m		0+000.00m	0+095.78m	738250.094m	9698300.534m	738250.094m	9698300.534m	738250.094m	9698300.534m	170.771m	7.9875 (g)	8.7778 (g)	N64° 25' 00" W	N71° 25' 20" W	737960.369m	9697995.546m	95.580m	N89° 30' 47" W	1.705m	47.926m	1.705m	738250.094m	9698300.534m

LISTADO DE CURVAS HORIZONTALES ACCESO 2																										
Nº	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Punto inicial	Punto final	Punto de paso1	Punto de paso2	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de incremento	Orientación inicial	Orientación final	Centro	Longitud de cuerda	Orientación de cuerda	Flanca del arco	Tangente externa	Secante externa	Ángulo incluido de PI	P.K. de PI	Punto PI		
1	Linea	Una puntos	18.287m	S29° 09' 47" E	0+000.00m	0+018.29m	738094.803m	9698408.867m	738094.803m	9698408.867m	738094.803m	9698408.867m														
2	Curva	Tres puntos	85.433m		0+018.29m	0+103.72m	738094.803m	9698408.867m	738094.803m	9698408.867m	738094.803m	9698408.867m	188.853m	2.9985 (g)	3.3013 (g)	S29° 07' 00" E	S33° 07' 40" E	738033.070m	9698794.780m	85.300m	S39° 16' 20" E	1.548m	42.792m	1.550m	738094.803m	9698408.867m

LISTADO DE CURVAS HORIZONTALES ACCESO 3																										
Nº	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Punto inicial	Punto final	Punto de paso1	Punto de paso2	Radio	Grado de curvatura por arco	Ángulo de incremento	Orientación inicial	Orientación final	Centro	Longitud de cuerda	Orientación de cuerda	Flanca del arco	Tangente externa	Secante externa	Ángulo incluido de PI	P.K. de PI	Punto PI		
1	Linea	Una puntos	0.300m	Nº 04° 57" W	0+000.00m	0+000.30m	738021.888m	9698238.827m	738021.888m	9698238.827m	738021.888m	9698238.827m														
2	Curva	Tres puntos	75.400m		0+000.30m	0+075.70m	738021.888m	9698238.827m	738021.888m	9698238.827m	738021.888m	9698238.827m	457.855m	3.7542 (g)	8.4085 (g)	Nº 03° 57" W	Nº 02° 27" E	738079.881m	9698824.220m	75.521m	N2° 03' 45" W	1.552m	37.789m	1.557m	738021.888m	9698238.827m

Perfil central Acceso 1





- ### SIMBOLOGÍA
- PLANTA**
- Curva de Nivel Principal
 - Curva de Nivel Secundaria
 - Calle
 - Calle que pasa debajo de puente
 - Puente
 - Cerramientos existentes
 - Predio
 - Terreno Natural
 - Vía
 - Acera
 - Poste de luz
 - Cerramiento
 - Trazado de diseño de rotonda
 - Trazado de diseño paso deprimido
 - Eje paso deprimido
 - Alineación central rotonda
 - Eje acceso 1 - acceso 2
 - Eje acceso 1 - acceso 3
 - Eje acceso 2 - acceso 3
 - Eje acceso 3 - acceso 1
 - Eje acceso 3 - acceso 2
- PERFIL**
- Perfil del terreno
 - Rasante de Proyecto

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
SEDE AZUOGUES

TRABAJO DE TITULACIÓN:
ALTERNATIVA 1 DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE TRANSITO DEL SECTOR DE CHACAPAMBA, DE LA CIUDAD DE AZUOGUES

CONTIENE:
- ROTONDA
- Puente: Eje de circulación entre accesos
- Perfiles de circulación entre accesos

RESPONSABLES:
- Luz Carolina Peña Ortega
- María Jose Serna Calderón

FECHA: Febrero 2023
ESCALAS: Las Indicadas

TAMANO PAPEL: A1
ARCHIVO: Diseño Geométrico
LÁMINA: Diseño UB **11/12**

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TESIS:
ING. JORGE CRESPO

Luz Carolina Peña Ortega portadora de la cédula de ciudadanía N° **0302648944**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Propuesta de diseño geométrico para el mejoramiento del intercambiador de tránsito del sector de Chacapamba, de la ciudad de Azogues**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **24 de febrero de 2023**

F: 

Luz Carolina Peña Ortega

C.I. 0302648944



María Jose Serpa Calderón portadora de la cédula de ciudadanía N° **0350083580**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Propuesta de diseño geométrico para el mejoramiento del intercambiador de tránsito del sector de Chacapamba, de la ciudad de Azogues”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **24 de febrero de 2023**

F: *Ma. Jose S.C*.....

María Jose Serpa Calderón

C.I. 0350083580