

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**“DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA EXPRESA QUE UNE EL DISTRITO DE
MOCHE CON EL DISTRITO DE TRUJILLO, TRUJILLO, LA LIBERTAD”**

Área de Investigación:
Transporte

Autor(es):
Br. Mamani Chullunquia Alvaro Raphael
Br. Moreno Palacios Jhon Benjamin

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Lujan Silva, Enrique

Secretario: Ing. Merino Martínez, Marcelo

Vocal: Ing. Gálvez Paredes, José

Asesor:
Ing. Rodríguez Ramos, Mamerto
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3024-0155>

TRUJILLO – PERÚ
2022

Fecha de sustentación: 2022/10/27

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

“DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA EXPRESA QUE UNE EL DISTRITO DE MOCHE CON EL DISTRITO DE TRUJILLO, TRUJILLO, LA LIBERTAD”

Área de Investigación:
Transporte

Autor(es):
Br. Mamani Chullunquia Alvaro Raphael
Br. Moreno Palacios Jhon Benjamin

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Lujan Silva, Enrique

Secretario: Ing. Merino Martínez, Marcelo

Vocal: Ing. Gálvez Paredes, José

Asesor:
Ing. Rodríguez Ramos, Mamerto
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3024-0155>

TRUJILLO – PERÚ
2022

Fecha de sustentación: 2022/10/27

DEDICATORIA

Dedico esta presente tesis a mi familia por su constante apoyo hacia mi persona donde gracias a sus consejos de ello pude perseverar y lograr mis objetivos planteados por lo cual estaré eternamente agradecido.

BR. Mamani Chullunquia, Alvaro Raphael

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres y a mis familiares que siempre están apoyando a seguir, formando en mí una persona con buenos valores y principios. Motivándome a salir adelante a cumplir mis sueños y metas.

BR. Moreno Palacios, Jhon Benjamin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, y a toda mi familia que estuvieron constantemente apoyándome a lo largo de mi vida y brindándome su aliento para poder seguir adelante.

A mi alma mater la Universidad Privada Antenor Orrego, por su formación como profesional y todos lo conocimiento adquiridos por los grandes profesionales que estuvieron como maestros a seguir.

A nuestro asesor Ing. Rodríguez Ramos Mamerto, por su apoyo profesional y el tiempo que nos dio para poder realizar el presente desarrollo de tesis. Por último, a mi compañero y amigo Moreno Palacios Jhon con el cual gracias a su esfuerzo hemos logrado realizar la presente tesis.

BR. Mamani Chullunquia Alvaro Raphael

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme salud, fuerza y valor para seguir adelante ante cualquier adversidad que se me presentaba más fuerte con obstáculos que me colocaban.

Agradezco a mis padres por darme el apoyo y la confianza que me han dado para seguir adelante en este reto que propuse, aconsejándome en errores que he cometido.

A mis tíos que estuvieron ahí dándome consejos en los momentos que más necesitaban y motivando que siga adelante teniendo en cuenta sus consejos cambiándome de perspectiva que eh tenido.

RESUMEN

La actual tesis de ingeniería civil está dentro de la línea de investigación de transportes, por medio de la cual se realizó el diseño geométrico de una vía expresa que une el distrito de Moche con el distrito de Trujillo ubicado en la actual avenida Valle Alto en el distrito de Moche. Donde se tiene como objetivo proponer un diseño geométrico de una vía expresa que permita mejorar el flujo vehicular en los distritos ya mencionados como también brindar una planificación vial para la continua expansión de las zonas urbanas aledañas. Los objetivos específicos planteados son los siguientes: (1) Determinar la ruta más apropiada para el diseño geométrico de la vía expresa que une el distrito de Moche con el distrito de Trujillo, Trujillo, La Libertad, (2) Preparación y adecuación del diseño de la vía expresa entre el distrito de Trujillo-Moche y (3) elaborar planos de alineamiento horizontal y vertical como también las secciones transversales del diseño geométrico de la ruta elegida.

La metodología comienza con una ardua revisión bibliográfica respecto a las infraestructuras viales tanto como internacional y nacional. Posteriormente, se describe las características de la zona urbana a tratar. Al haber obtenido ya la información recopilada para así proponer una solución, se diseñó 3 alternativas de trazo para una vía expresa.

Finalmente, se eligió la alternativa 03: una autopista de primera clase de dos calzadas de 10.80 m, separadas por una mediana de 7.20 m. En total, dicha alternativa cuenta con una longitud de 5.77 km donde dicha vía elegida está conformada también por un puente y 4 intercambios viales a desnivel de cuatro ramas o también llamado intercambio de diamante convencional en todo su tramo a recorrer. Se escogió esta alternativa ya que cumple con todos los parámetros dados en nuestra norma.

ABSTRACT

The current civil engineering thesis is within the research line of transportation, through which the geometric design of an expressway linking the district of Moche with the district of Trujillo located in the current Valle Alto Avenue in the district of Moche was carried out. The objective is to propose a geometric design of an expressway that will improve the vehicular flow in the aforementioned districts as well as provide road planning for the continuous expansion of the surrounding urban areas. The specific objectives are the following: (1) determine the most appropriate route for the geometric design of the expressway linking the district of Moche with the district of Trujillo, Trujillo, La Libertad, (2) preparation and adequacy of the design of the expressway between the district of Trujillo-Moche and (3) prepare horizontal and vertical alignment plans as well as the cross sections of the geometric design of the chosen route.

The methodology begins with an arduous bibliographic review of international and national road infrastructures. Subsequently, the characteristics of the urban area to be treated are described. Having already obtained the information gathered in order to propose a solution, three alternative layouts for an expressway were designed.

Finally, alternative 03 was chosen: a first-class highway with two 10.80 m roadways, separated by a 7.20 m median. In total, this alternative has a length of 5.77 km where the chosen roadway also consists of a bridge and four four-branch interchanges or also called conventional diamond interchanges along the entire stretch to be traveled. This alternative was chosen because it meets all the parameters given in our standard.

PRESENTACIÓN

Señores del miembro del jurado:

Dada la conformidad y en cumplimiento de los requisitos concertados en el reglamento de grado y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, ponemos a nuestra disposición el presente trabajo de suficiencia profesional titulado:

“DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA EXPRESA QUE UNE EL DISTRITO DE MOCHE CON EL DISTRITO DE TRUJILLO, TRUJILLO, LA LIBERTAD”

Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, así como algunas expectativas para el desarrollo de la ingeniería.

Consideramos señores miembros del jurado que, con nuestras sugerencias y recomendaciones, este trabajo puede contribuir a la difusión de la investigación de nuestra Universidad.

BR. MAMANI CHULLUNQUIA, Alvaro
Raphael

BR. MORENO PALACIOS, Jhon
Benjamin

INDICE GENERAL

<i>I. INTRODUCCIÓN</i>	1
1.1. Problema de Investigación	1
1.1.1. Descripción del Problema	1
1.1.2. Enunciado del Problema	2
1.1.3. Formulación del Problema	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivo Específico	2
1.3. Justificación del estudio	2
<i>II. MARCO DE REFERENCIA</i>	4
2.1. Antecedente del estudio	4
2.1.1. Antecedente Internacional.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales	5
2.2. Marco teórico	6
2.2.1. Las Carreteras	6
2.2.2. Vehículos de diseño	9
2.2.3. Velocidad de diseño.....	10
2.2.4. Fases del proyecto de una carretera.....	12
2.2.5. Selección de rutas.....	13
2.2.6. Diseño Geométrico Horizontal: Planta	13
2.2.7. Diseño Geométrico Vertical: Rasante	14
2.2.8. Diseño Geométrico Transversal: Secciones, Áreas y Volúmen	15
2.3. Marco Conceptual	16
2.3.1. Vía Expresa.....	16
2.4. Sistema de hipótesis	17
<i>III. METODOLOGÍA EMPLEADA</i>	18
3.1. Tipo y nivel de investigación	18
3.1.1. Tipo de investigación	18
3.1.2. Nivel de investigación	18

3.2. Población y muestra de estudio	18
3.2.1. Población	18
3.2.1. Muestra	18
3.3. Diseño de investigación	18
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	19
3.5. Procesamiento y análisis de datos	20
3.5.1. Generalidades	20
3.5.2. Parámetros urbanos.....	20
3.5.3. Parámetros para el diseño geométrico de vía expresa	20
<i>IV. PRESENTACION DE RESULTADOS</i>	<i>39</i>
4.1. Alternativa 1	39
4.1.1. Alineamiento horizontal -alternativa 01	39
4.1.2. Alineamiento vertical-alternativa 01	40
4.1.3. Sección transversal-alternativa 01	43
4.1.4. Movimiento de tierras-alternativa 01	44
4.2. Alternativa 2	46
4.2.1. Alineamiento horizontal -alternativa 02	46
4.2.2. Alineamiento vertical-alternativa 02	47
4.2.3. Sección transversal-alternativa 02	50
4.2.4. Movimiento de tierras-alternativa 02	52
4.3. Alternativa 3	54
4.3.1. Alineamiento horizontal -alternativa 03	54
4.3.2. Alineamiento vertical-alternativa 03	55
4.3.3. Sección transversal-alternativa 03	58
4.3.4. Movimiento de tierras-alternativa 03	59
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
6.1 CONCLUSIONES	61
6.2 RECOMENDACIONES	64
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
8. ANEXOS	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalizacion de variables	30
Tabla 2: Tabla de elementos geometricos en curvas verticales convexas alternativa 1.....	49
Tabla 3: Tabla de elementos geometricos en curvas verticales concavas alternativa 02.....	50
Tabla 4: Tabla de resultados de calculo de peraltes en alternativa 01	51
Tabla 5: Tabla de calculo de volumen de corte y relleno en alternativa 01	51
Tabla 6: Tabla de parametros de diseño en alternativa 01	52
Tabla 7 : Tabla de elementos geometricos en curvas verticales convexas alternativa 2.....	56
Tabla 8: Tabla de elementos geometricos en curvas verticales concavas alternativa 2.....	57
Tabla 9: Tabla de resultados de calculo de peraltes en alternativa 02	58
Tabla 10: Tabla de calculo de volumen de corte y relleno en alternativa 02	59
Tabla 11: Tabla de parametros de diseño en alternativa 02	60
Tabla 12 : Tabla de elementos geometricos en curvas verticales convexa alternativa 3.....	64
Tabla 13: Tabla de elementos geometricos en curvas verticales concavas alternativa 3.....	65
Tabla 14: Tabla de resultados de calculo de peraltes en alternativa 03	65
Tabla 15: Tabla de calculo de volumen de corte y relleno en alternativa 03	66
Tabla 16: Tabla de parametros de diseño en alternativa 03	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de terreno en carreteras	8
Figura 2: Vehiculo ligero.....	9
Figura 3: Vehiculo pesado.....	10
Figura 4: Rango de velocidad de diseño	11
Figura 5: Representacion en la curva circular	14
Figura 6: Pendiente maxima en vias expresas.....	17
Figura 7: Esquema de un diseño de investigacion	19
Figura 8: Plano topografico de la zona urbana campiña de Moche.....	21
Figura 9: Representacion de omnibus de tres ejes (B3-1)	22

Figura 10: Representacion de la longitud de volteo del omnibus a tomar en curvas	22
Figura 11: Rango de velocidades de diseño	23
Figura 12: Rango de pendiente a tomar en una distancia de visibilidad	24
Figura 13: Distancia de visibilidad de adelantamiento en funcion a su velocidad	25
Figura 14: Longitud de tramos en tangentes en funcion a su velocidad.....	26
Figura 15: Radio minimo, peralte maximo y coeficiente de friccion en funcion a su velocidad y la ubicación de la via	27
Figura 16: Pendiente maxima del proyecto en funcion a su velocidad, su clasificacion de demanda vehicular y orografia	28
Figura 17: Ancho de berma en funcion a su velocidad, su clasificacion de demanda vehicular y orografia	30
Figura 18: Porcentaje de bombeo en funcion a su tipo de superficie y su precipitacion en la zona	31
Figura 19: Peralte maximo en funcion al lugar donde recorre nuestra ruta elegida	32
Figura 20: Corte transversal con medidas de sus anchos de cada componente de la via expresa	32
Figura 21: Valores recomendados para la velocidad de diseño en rampa	33
Figura 22: Valores minimos de velocidad en ramales de enlace	27
Figura 23: Carril de enlace tipico conico	28
Figura 24: Longitud de carriles de cambio de velocidad de aceleracion	30
Figura 25: Carril de deceleracion tipo directo	31
Figura 26: Longitud del carril de deceleracion.....	32
Figura 27: Coeficiente para corregir la longitud de los carriles de aceleracion y deceleracion por pendiente	32
Figura 28: Tipos de intercambio vial a desnivel.....	37
Figura 29: Distancia minima requerida para efectuar la separacion a desnivel ...	38
Figura 30: Diseño geometrico horizontal alternativa 01	39
Figura 31: Tabla de elementos geometrico de curvas horizontales de alternativa 01	40
Figura 32: Trazo de alineamiento vertical progresiva 0+000.00-1+000.00 de alternativa 01	40
Figura 33: Trazo de alineamiento vertical progresiva 1+000.00-2+000.00 de alternativa 01	40
Figura 34: Trazo de alineamiento vertical progresiva 2+000.00-3+000.00 de alternativa 01	41

Figura 35: Trazo de alineamiento vertical progresiva 3+000.00-4+000.00 de alternativa 01	41
Figura 36: Trazo de alineamiento vertical progresiva 4+000.00-5+000.00 de alternativa 01	41
Figura 37: Trazo de alineamiento vertical progresiva 5+000.00-5+826.08 de alternativa 01	41
Figura 38: Diseño geométrico horizontal alternativa 02	46
Figura 39: Tabla de elementos geométrico de curvas horizontales de alternativa 02	47
Figura 40: Trazo de alineamiento vertical progresiva 0+000.00-1+000.00 de alternativa 02.....	47
Figura 41: Trazo de alineamiento vertical progresiva 1+000.00-2+000.00 de alternativa 02.....	47
Figura 42: Trazo de alineamiento vertical progresiva 2+000.00-3+000.00 de alternativa 02.....	48
Figura 43: Trazo de alineamiento vertical progresiva 3+000.00-4+000.00 de alternativa 02.....	48
Figura 44: Trazo de alineamiento vertical progresiva 4+000.00-5+000.00 de alternativa 02.....	48
Figura 45: Trazo de alineamiento vertical progresiva 5+000.00-5+902.07 de alternativa 02.....	48
Figura 46: Diseño geométrico horizontal alternativa 03	54
Figura 47: Tabla de elementos geométrico de curvas horizontales de alternativa 03	55
Figura 48: Trazo de alineamiento vertical progresiva 0+000.00-1+000.00 de alternativa 03.....	55
Figura 49: Trazo de alineamiento vertical progresiva 1+000.00-2+000.00 de alternativa 03.....	55
Figura 50: Trazo de alineamiento vertical progresiva 2+000.00-3+000.00 de alternativa 03.....	56
Figura 51: Trazo de alineamiento vertical progresiva 3+000.00-4+000.00 de alternativa 03.....	56
Figura 52: Trazo de alineamiento vertical progresiva 4+000.00-5+000.00 de alternativa 03.....	56
Figura 53: Trazo de alineamiento vertical progresiva 5+000.00-5+768.98 de alternativa 03.....	57
Figura 54: Planteamiento de rutas trazadas en plano topográfico	61
Figura 55: Sección típica en puente para las tres alternativas	63
Figura 56: Modelado de autopista de paso elevado en la carretera Panamericana Norte con intercambios viales para cada lado de las vías.	63

Figura 57: Modelado de intercambio vial a desnivel de cuatro ramas o intercambio vial de diamante convencional 64

I.INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Descripción del Problema

Las vías expresas son vías muy importantes para el crecimiento de las ciudades, especialmente aquellos con una población de 500 mil y 1 millón de habitantes. La planificación de este tipo de infraestructura no solo es necesario sino indispensable.

Estas ciudades denominadas intermedias deben ser planificadas a largo plazo para posibilitar que las actividades urbanas logren desarrollar. De no ejecutarse estos proyectos las ciudades seguirán estando saturadas, con actividades chatas y costos elevados de transporte.

Las vías expresas permiten la instalación de los llamados equipamientos urbanos mercados mayoristas, centros comerciales, malls, terminales terrestres, universidades, entre otros. Si no se instalan estos equipamientos sobre vías expresas, no se permitirá el desarrollo de las ciudades.

Las vías expresas generan barreras urbanas, por lo tanto, se necesitan mejorar los diseños, pensando de forma prioritaria en las personas, específicamente en el transporte público masivo y el transporte peatonal, así como en el transporte de carga.

Así, como todo proyecto de carretera o autopista, el diseño geométrico es un elemento esencial ya que por intermedio de el se crea su configuración geométrica con el fin de que sea viable la carretera, alineándola en el posible a la topografía natural, al tipo de suelo, y pretendiendo aplacar los impactos ambientales.

Actualmente en Perú la única ciudad que cuenta ya con proyectos realizados de vías expresas es en la ciudad de Lima, nuestra capital. Pero en su mayoría de ellas aun no cumplen los requisitos necesarios para ser una vía expresa.

Por tal motivo damos pie a esta investigación a desarrollar un diseño geométrico de una vía expresa que une los distritos de Trujillo – Moche trayendo consigo una circulación fluida del tránsito vehicular en una zona turística y así como también, para que a futuro pueda satisfacer la necesidad de un transporte

público y privado seguro en la población cumpliendo todo lo que indica la DG-2018.

1.1.2. Enunciado del Problema

Evaluar cual es el diseño geométrico más apropiada para la vía expresa que conecta el distrito de Trujillo – Moche.

1.1.3. Formulación del Problema

¿Cuál es el Diseño geométrico de la vía expresa que une el distrito de Moche con el distrito de Trujillo, Trujillo, La Libertad?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer el Diseño geométrico de la vía expresa que une el distrito de Moche con el distrito de Trujillo, Trujillo, La libertad.

1.2.2. Objetivo Específico

- Determinar la ruta más apropiada para el diseño geométrico de la vía expresa que une el distrito de Moche con el distrito de Trujillo, Trujillo, La Libertad.
- Preparar y adecuar el diseño de la vía expresa entre el distrito de Trujillo-Moche.
- Elaborar planos de alineamiento horizontal y vertical como también las secciones transversales del diseño geométrico de la ruta elegida.

1.3. Justificación del estudio

En cualquier ciudad, que se espera tendrá un crecimiento importante, existe la necesidad de planificar la infraestructura para el futuro, ubicando camiones, autobuses, trenes, etc. En rutas seguras y viables tanto como para el conductor y el transeúnte.

La demanda de viajes y personas esta enlazada con el tipo de vehículos que van a circular en la zona; como por otro lado, el tipo de equipamiento urbano y la actividad urbana.

Este tipo de autopistas sirven para tener un tránsito vehicular fluido, como también para poder soportar altos volúmenes de vehículos a altas velocidades.

Las entradas y las salidas son apoyadas por los intercambios a otras vías mediante una intersección a desnivel.

En el año 2021, se evaluó que los habitantes peruanos en la planicie de nuestro Perú se concentran el 58.8%, la sierra el 27.0% y la selva el 14.2%(INEI,2021). Cada día más personas migran a las ciudades de la costa del Perú ya sea por trabajo o familia y ya con esto podemos planificar a futuro en que zonas son donde hay mas movimiento y acumulación de personas en las ciudades.

a. Justificación Teórica. Se justifica teóricamente en la ordenanza 341-MML “Son aquellas vías que soportan importantes volúmenes de vehículos con circulación de alta velocidad, en condiciones de flujo libre. Uniendo zonas de importante generación de tránsito, extensas zonas de vivienda, concentraciones comerciales e industriales”.

b. Justificación Metodológica. Se justifica metodológicamente porque acude al empleo de la norma DG-2018 para poder realizar el diseño geométrico.

c. Justificación Social. Se justifica socialmente porque el presente proyecto permite reducir la generación de accidentes de tránsito como consecuencias habrá una mejora en la seguridad vial.

II.MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedente del estudio

El Perú es un país que está en un continuo crecimiento poblacional, especialmente la ciudad de Trujillo con una tasa de crecimiento de 1.79% según INEI, por eso nuestro enfoque es proponer un diseño geométrico que aliviaría el congestionamiento que se generaría por dicho crecimiento.

2.1.1. Antecedente Internacional

El problema de la congestión vehicular no es un problema único en nuestro país, ya que en el área internacional esos problemas son frecuentes como es mencionado en el Departamento de Transporte de los Estados Unidos- Administración Federal de Carreteras (FHWA,2020) donde se implementó un sistema de administración de autopistas conocido el sistema como MONITOR, debido a que el problema ya está presente en los años 90 hasta la actualidad se sigue implementando y mejorando las redes de autopistas.

En Latinoamérica también tenemos problemas de congestionamiento vehicular segundo Statista entre el año 2019 al 2020 tenemos más congestionamiento en México y Colombia, donde podemos percatarnos que México según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT,2015) la construcción de autopistas es un total de 9 km aproximadamente donde tenemos los más importantes como la CD México-Puebla, la Querétaro-Irapuato, cuya longitud es la más mínima de todas las carreteras construidas.

En Colombia, específicamente en la ciudad de Bogotá, existe una de las más importantes autopistas que funciona en esta ciudad que es la Autopista del norte, donde se desplaza la mayor parte del comercio de Bogotá.

Según (Arbelaez,2020), que realizó el proyecto de investigación que lleva por título "PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE EN LA CIUDAD DE BOGOTA". En el presente proyecto nos describe que, en la ciudad de Bogotá en Colombia, a mitad del siglo XIX, dio inicio la construcción de una de las primeras autopistas modernas que tendría la capital. Donde luego de un tiempo vendría a ser completadas todo su trayecto y dar así a una de las autopistas con mayor tránsito vehicular en la ciudad, la autopista norte.

Dicha autopista inicio en la calle 80, donde luego hubo un incremento masivo de las urbanizaciones y en tan solo 20 años paso a ser una de las autopistas más importantes del país. El estado colombiano al verse asombrado del crecimiento continuo de habitantes que había en la ciudad, en 1961, opto por ampliar conectar a la autopista la avenida 100 y 116 y 127 donde vincularían con la localidad de Usaquén.

Hoy en día la autopista norte recorre 23 kilómetros y tiene 6 carriles los cuales pasan por medio de la ciudad de Bogotá, en las localidades de Barrios Unidos y Chapinero, en el sur, da inicio justo debajo del puente de acceso a la estación de héroe, continuando su recorrido hacia el norte donde nos podemos encontrar con el sistema de transporte masivo Transmilenio. Esta autopista está clasificada como una de tipo V-0, no obstante, se delimita su clasificación en el tramo de la calle 85 y la calle 170 en el cual sus intersecciones son a desnivel. A partir de la calle 80 a la calle 85 su clasificación cambia a una de tipo V-2.

Según (Tovar,2021), que realizo el proyecto de investigación que lleva por título “RED DE AUTOPISTAS URBANAS, ESTIMACIÓN DE LOS EFECTOS TERRITORIALES EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES”. En el presente proyecto nos describe que la avenida 9 de Julio fue planteada en si como la arteria que pasaría en medio de la ciudad de norte a sus, ya luego se le incluyo una variedad de planos y proyectos. Actualmente tiene una extensión de 3.5 km de con 140 metros de ancho. Constituye la autopista más importante en el diseño moderno de Buenos Aires. Está formada por dos autopistas de seis carriles cada una (la N-1 y la S-1) donde se encuentran separadas por un descomunal parque central.

También nos detalla que actualmente está dividido en 16 carriles en la calzada central y en las laterales 6 carriles, y algo que también resalta como en otras autopistas urbanas en el mundo es el Metrobús 9 de Julio. Este sistema de buses tiene un recorrido de 3 kilometres de largo con 13 estaciones en el trayecto.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En la escena nacional existen Vías expresas como es la Avenida Javier Prado – Lima, que ayuda para la eficiencia en el transporte de la ciudad, según Congreso de la República las autopistas en centro urbanos son “aquellas vías que soportan gran volumen de vehículos con circulación de alta velocidad en condición de tránsito libre, sin existir cruces al mismo nivel con otras vías” (2016). Según (Vadillo,2017) las consecuencias de una autopista en Lima fue que cambió

por completo el tejido urbano de la ciudad, convirtiéndose en una sola calle que atrae el flujo de tráfico en sus vías, creando expectativas específicas para los automovilistas que comenzaron a preferir viajar por ella y no por otros medios.

Según (Flores,2018) que realizo el proyecto de investigación que lleva por título “ANALISIS Y EVALUACION DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD EN UNA VIA EXPRESA DE LIMA”. En el presente proyecto nos describe que la vía expresa Luis Fernán Bedoya Reyes es una de las autopistas urbanas más importantes en la ciudad de Lima donde el cual recorriendo 66 cuadras (9 km) en toda su longitud, de norte a sur, abarcando diferentes distritos como es el cercado de Lima, Lince, La Victoria, San Isidro, Surquillo, Miraflores y Barranco. Dicha vía está compuesta por tres calzadas, dos laterales y una central, donde dichas laterales contienen tres carriles de circulación, con la finalidad de la circulación del transporte de vehículos particulares y en la parte central cuenta con dos carriles de doble sentido de circulación, donde circula el transporte público metropolitano. En esta vía, la función de la vía expresa, es parcial, porque se inicia en Barranco y termina en plaza Grau; no tiene continuidad. En conclusión, las vías expresas generan barreras urbanas, por lo tanto, se necesitan mejorar los diseños, pensando de forma prioritaria en las personas, específicamente en el transporte público masivo y el transporte peatonal, así como el transporte de carga.

Huancayo es otra de las ciudades con mayor congestionamiento vehicular en el Perú donde una declaración en el diario el correo, según Alvariño, Roberto (2014) dice que una vía expresa sería una solución para el descongestionamiento vehicular, dicha creación de la vía expresa fue declarado de necesidad publica por el Congreso de la Republica el año 2014.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Las Carreteras

a. Generalidades. El diseño geométrico es la parte más importante de cualquier proyecto de integración vial, definiendo una configuración geométrica tridimensional para que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y respetuosa con el medio ambiente. Un requisito básico para las geometrías viales es la seguridad a través de un diseño simple, uniforme y consistente. Las vías son cómodas siempre que incluyan las consecuencias prácticas de velocidad

y geometría a considerar, especialmente los elementos necesarios de seguridad, estética e interiorismo relacionados con la armonización de la solución.

b. Clasificación de las Carreteras.

b.1. Según su demanda. Determinado de acuerdo con la necesidad operativa de la carretera o los intereses nacionales en varios niveles.

- **Autopistas de Primera Clase.** Son carreteras con un IMDA (Índice medio Diario Anual) superior a 6000 vehículos por día, con carriles divididos por un espacio medio de al menos 6.00 m. Cada vía deberá tener al menos dos carriles con un ancho mínimo de 3.60 m, tener control total de acceso (entrada y salida), no tener intersecciones ni cruces de ferrocarril, tener pasarelas en las zonas urbanas y permitir la continuidad del flujo vehicular.

- **Autopistas de Segunda Clase.** Son carreteras con un IMDA de 6000 a 4001 vehículos por día, las vías están separadas por divisiones centrales que varían de 6.00 m a 1.00 m. En este caso, se instala un sistema de retención de vehículos. Cada vía deberá tener al menos dos carriles con un ancho mínimo de 3.60 m y contar con control de acceso parcial (entrada y salida) para permitir un flujo continuo de vehículos. En áreas urbanas, puede usar cruces de ferrocarril y pasarelas.

- **Carreteras de Primera Clase.** Se trata de carreteras con un IMDA de 4000 a 2001 vehículos por día, vías de dos carriles con un ancho mínimo de 3.60 m. Pueden existir cruces ferroviarios y en áreas urbanas es recomendable instalar pasarelas o instalar dispositivos de seguridad vial que permitan velocidades más seguras.

- **Carreteras de Segunda Clase.** Son carreteras con IMDA entre 2000 y 400 veh /día con vías de dos carriles con ancho de 3.30 m o más. Puede existir cruces ferroviarios y en áreas urbanas es recomendable instalar pasarelas o, si esto no es posible instalar dispositivos de seguridad vial que permitan velocidades más seguras.

- **Carreteras de Tercera Clase.** Son vías con un IMDA menor a 400 veh/día, vías de dos carriles con ancho de 3.00 m o más. Estas vías podrán disponer excepcionalmente de carriles de hasta 2.50 m con el debido apoyo técnico.

- **Trochas Carrozables.** Estos son caminos transitables que no logran la geométrica de la carretera y normalmente tienen menos de 200 veh/día en IMDA. La calzada debe tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construyen ensanches llamadas plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m

b.2. Según el tipo de terreno. Las carreteras peruanas se clasifican según la topografía dominante del país por donde pasa el trazo.

- **Terreno Plano (Tipo 1).** Tiene una pendiente horizontal sobre el eje de la vía menor o igual al 10 %, su pendiente longitudinal en general es menor al tres por ciento (3%), y requiere un movimiento de tierras mínimo, por lo que no presenta mucha dificultad durante el trazado.

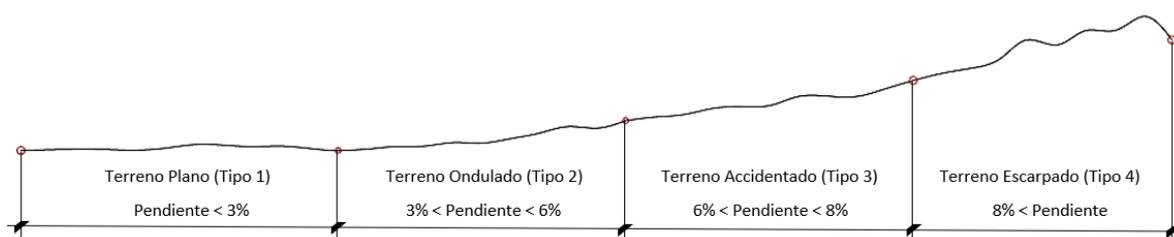
- **Terreno ondulado (Tipo 2).** Tiene un pendiente horizontal sobre el eje de la vía de 11% a 50% y una pendiente longitudinal de 3% a 6%, requiere un movimiento de tierras moderado, permite alineaciones más o menos lineales, sin mucha dificultad en el trazado.

- **Terreno accidentado (tipo 3).** Tiene una pendiente horizontal sobre el eje vial del 51% al 100% y su principal pendiente longitudinal entre el 6% y el 8%, por lo que necesita un gran movimiento de tierras, por lo que tiende a ser difícil en el trazado.

- **Terreno escarpado (tipo 4).** Tiene un desnivel horizontal con el eje de la calzada superior al 100% y un desnivel vertical superior al 8%, lo que requiere un máximo trabajo en el movimiento de tierras, por lo que presenta una gran dificultad en el trazado.

Figura 1

Tipos de Terreno en carreteras



2.2.2. Vehículos de diseño

Los vehículos son otro factor importante en el diseño de proyectos de transporte, y el desarrollo social también ha llevado a tener un aumento significativo de vehículos. Por lo tanto, es fundamental conocer todas las características de los vehículos, para evitar cualquier inconveniente durante la ejecución de los proyectos viales.

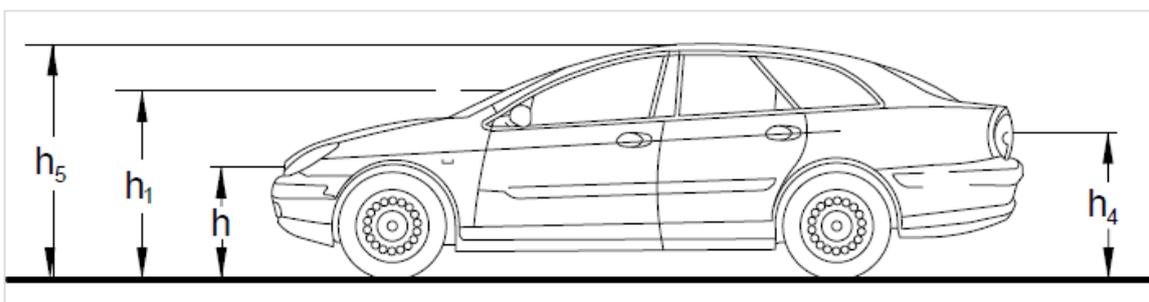
a. Vehículos ligeros. Estos vehículos se dividen en dos categorías, L y M1. La categoría L es para vehículos de 4 ruedas o más, la categoría M1 es para vehículos de 4 ruedas y no más de 8 personas, sin contar al asiento del conductor. Resulta que las dimensiones de este vehículo, como el largo y el ancho, no importan mucho cuando se planifican los proyectos viales, ya que estos caminos transitan vehículos grandes.

Sin embargo, es importante conocer estos vehículos porque viajan más rápido que otros y ajustan parámetros como la distancia mínima para pasar las líneas de visión, la distancia mínima de frenado y las dimensiones mínimas de la barrera de colisión.

Figura 2

Vehículo ligero

- h : altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h_1 : altura de los ojos del conductor: 1,07 m.
- h_2 : altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.
- h_4 : altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h_5 : altura del techo de un automóvil: 1,30 m



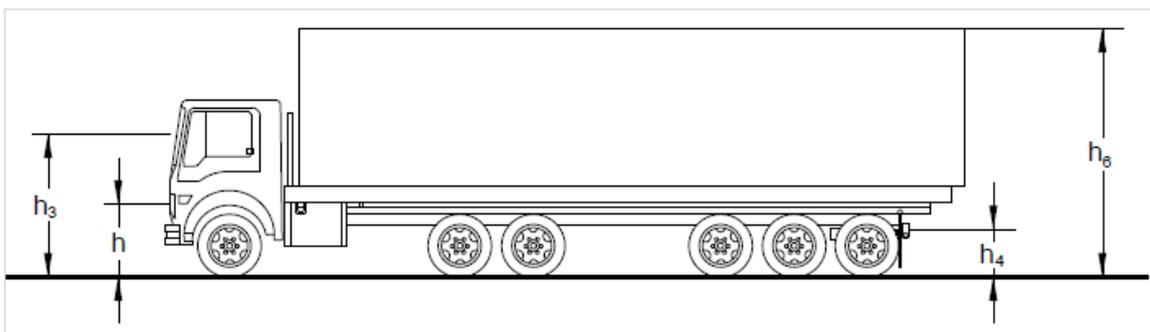
Nota. Adaptado de Vehículos ligeros, Diseño Geométrico DG-2018

b. Vehículos pesados. Estos vehículos se dividen en cuatro categorías: M, N, O y S. La categoría M son vehículos de cuatro ruedas distintos del M1, la categoría N son vehículos de cuatro ruedas utilizados para el transporte de mercancías, la categoría O son vehículos como remolques y semirremolques y, por último, la categoría S es una combinación de todos los vehículos M, N y O. Estos vehículos determinan las dimensiones del carril y su capacidad de carga, longitud, radio mínimo, ancho extra y otras características.

Figura 3

Vehículo pesado

- h : altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h_3 : altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2,50 m.
- h_4 : altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h_6 : altura del techo del vehículo pesado: 4,10 m



Nota. Adaptado de Vehículos pesados, Diseño Geométrico DG-2018

2.2.3. Velocidad de diseño

Es la velocidad elegida con fines de diseño y se cree que es la velocidad máxima que se puede mantener de forma segura y cómoda en una carretera determinada cuando prevalecen las condiciones de diseño.

La seguridad de los usuarios de la carretera debe ser la primera prioridad al asignar velocidades de diseño. Por lo tanto, la velocidad de diseño a lo largo de la ruta no debe sorprender a los conductores con cambios de velocidad repentinos o muy frecuentes para que puedan completar la ruta con seguridad.

Para garantizar la consistencia de la velocidad, el diseñador debe identificar secciones uniformes a lo largo de la ruta donde se puede asignar la misma velocidad debido a las condiciones del terreno. Esta velocidad se denomina velocidad de diseño de la sección homogénea y es la base para definir las propiedades de los elementos geométricos contenidos en esta sección. Para identificar una sección homogénea y determinar su velocidad de diseño, se deben considerar lo siguiente:

- La longitud mínima de un segmento de carretera de 3 kilómetros la velocidad de diseño debe ser entre 20 y 50 kilómetros por hora y de 4 kilómetros para velocidades entre 60 y 120 kilómetros por hora.
- La diferencia de velocidad de diseño entre secciones adyacentes no debe exceder los 20 kilómetros por hora.

Si es necesario establecer un tramo más corto que la longitud especificada debido a un cambio significativo en el tipo de terreno en un tramo corto de la ruta, la diferencia de velocidad de diseño entre tramos adyacentes de 10 kilómetros por hora no debe exceder.

Figura 4

Rango de la Velocidad de diseño basado a la clasificación de la carretera y el terreno

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)												
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		
Autopista de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Autopista de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de tercera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													

Nota. Adaptado de Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía, Diseño Geométrico DG-2018

2.2.4. Fases del proyecto de una carretera

Como se mencionó anteriormente, el diseño de autopistas o carreteras se lleva a cabo en fases o etapas que pueden evaluar gradualmente la viabilidad económica del proyecto. En general, los objetivos y actividades de cada fase son:

a. Etapa 1 - Análisis preliminar. Se identifican uno o más posibles corredores de ruta donde se realiza una preplanificación aproximada de los caminos a lo largo de cada corredor y se realiza una evaluación económica preliminar con base en los costos obtenidos para proyectos con condiciones similares. Si la evaluación económica es insatisfactoria en alguno de los corredores relevados, el proyecto será archivado.

b. Etapa 2. Viabilidad. El corredor elegido debe garantizar que se diseñe el eje planificado de la carretera. La posición de este eje debe ser compatible con el cumplimiento de las especificaciones geométricas tanto de los perfiles longitudinales como de las secciones transversales, así como las obras estructurales y complementarias requeridas.

Utilizando la trayectoria final en la planificación del eje de la carretera y el anteproyecto del eje como perfiles longitudinales, perfiles transversales, obras de drenaje superficial y subterráneas, estructuras como puentes y muros de contención, pavimentación, etc., la economía final procede a la evaluación. Esta evaluación se realiza con mayor confianza. Es decir, que el objetivo de esta fase es tomar una decisión si el proyecto es rentable o no, si esto es rentable se continuará con el diseño final de la carretera a partir del eje ya definido.

c. Etapa 3. Diseños definidos. Aquí se realiza un diseño geométrico y de detalle de todas las estructuras y obras auxiliares necesarias es decir un expediente técnico, para que la vía pueda ubicarse y materializarse a través de su construcción.

La decisión de construir la carretera tiene, por supuesto, un carácter eminentemente político, respetando las prioridades establecidas por las autoridades gubernamentales. Estas fases son desarrolladas al tratar con caminos primarios. En cuanto a las carreteras secundarias, rara vez se construyen nuevas carreteras de carácter secundario.

2.2.5. Selección de rutas

Una ruta es una franja de terreno de ancho variable entre dos puntos finales y a lo largo el punto medio, dentro de la cual se puede ubicar el curso de una carretera. Todas las rutas requieren una actividad llamada selección de ruta. Esto incluye una serie de trabajos preparatorios relacionados con la recopilación de datos, el reconocimiento aéreo y terrestre, entre otros. Básicamente, creas un boceto de tu ruta sobre un plano, mapa o fotografía aérea a escalas muy comunes como 1:100000, 1:50000, 1:25000, y luego utiliza la información obtenida previamente, especialmente los controles que ayudan a identificar los puntos, principalmente porque lleva a seguir una determinada ruta. De esta forma, al identificar los puntos de control secundarios, se pueden indicar en el plan varias rutas alternativas o franjas de reconocimiento. La ruta elegida requiere realizar un levantamiento topográfico del corredor mediante el establecimiento de una poligonal. Los vértices de la poligonal están basados en el terreno, a partir del cual se obtiene por radiación las coordenadas de los puntos en el suelo.

2.2.6. Diseño Geométrico Horizontal: Planta

Como es mencionado en la Dirección General de caminos y ferrocarriles, manual de carreteras: Diseño Geométrico (DG, 2018), el diseño geométrico de carreteras es el proceso de utilizar las matemáticas, la física y la geometría para relacionar los elementos físicos con las características de funcionamiento del vehículo.

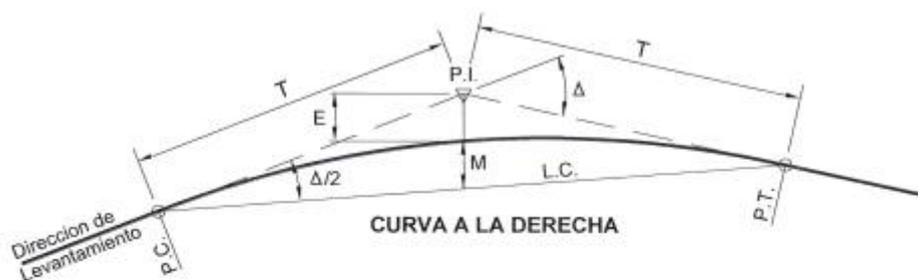
Por lo tanto, se puede decir que es un diseño geométrico de un camino en un plano o dirección horizontal, es la proyección del eje real o espacial sobre el plano horizontal. Aquí, el eje horizontal consta de una serie de secciones rectas llamadas tangentes conectadas por líneas curvas.

a. Curva circular simple. Una curva horizontal circular simple es un arco perimetral de un solo radio que conecta dos líneas tangentes consecutivas para formar una proyección horizontal de una curva sólida o espacial. Por lo tanto, las curvas del espacio real no son necesariamente circulares.

a.1. Elementos que caracterizan una curva circular simple. *Los elementos de la curva horizontal circular y la nomenclatura que se muestran a continuación deben usarse tal cual.*

Figura 5

Representación en la curva circular



P.C. = Punto de Inicio de la Curva	
P.I. = Punto de Intersección	
P.T. = Punto de Tangencia	
E = Distancia a Externa (m.)	$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$
M = Distancia de la Ordenada Media (m.)	$L.C. = 2 R \sin \frac{\Delta}{2}$
R = Longitud del Radio de la Curva (m.)	$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$
T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m.)	$M = R[1 - \cos(\Delta/2)]$
L = Longitud de la Curva (m.)	$E = R[\sec(\Delta/2) - 1]$
L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)	
Δ = Ángulo de Deflexión	

Nota. Adaptado de simbología de la curva circular, Diseño Geométrico DG-2018

a.2. Radios mínimos. El radio mínimo de curvatura horizontal es el radio más pequeño que se puede atravesar a la velocidad de diseño y alabeo máximo en condiciones aceptables de seguridad y comodidad.

2.2.7. Diseño Geométrico Vertical: Rasante

Las curvas verticales se utilizan para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos; ayudan también a la seguridad, a la comodidad y a la mejor apariencia de la vía.

a. Curvas verticales simétrica. Se llaman así porque son simétricas respecto del PIV. Sus medidas, como en todos los trabajos topográficos, se hacen horizontal y verticalmente. Así en la longitud de la curva es su proyección horizontal.

b. Curvas convexas. El cálculo de la longitud mínima de las curvas verticales convexas el factor dominante es la distancia de visibilidad que debe proveerse a los conductores.

c. Curvas cóncavas. No existe un criterio único respecto de la longitud para el diseño de esta clase de curvas. Existen cuatro criterios diferentes con el fin de establecerla, que son distancia de visibilidad nocturna, comodidad para conducir, control de drenaje y apariencia de la vía.

d. Curvas verticales asimétricas. Cuando se va a diseñar una curva vertical puede presentarse el problema de que en alguno de sus extremos haya alguna restricción que haga necesario reducir su longitud por ese lado, mientras que por el otro no. Entonces se puede diseñar una curva vertical asimétrica.

2.2.8. Diseño Geométrico Transversal: Secciones, Áreas y Volúmenes

La sección transversal de una vía es el “perfil de terreno en dirección normal al eje de la carretera”. La sección transversal de una carretera de dos carriles (uno para cada sentido de viaje).

La calzada es la zona de la vía destinada a la circulación de vehículos y está formada por sus carriles cada uno de los cuales es la parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos. La calzada generalmente es pavimentada o acondicionada con algún tipo de afirmado. Los anchos de carriles recomendados por el Ministerio de Transporte son 3.00 m y 3.5. m; así, las calzadas serán de 6.00 m y 7.00 m.

Las bermas y hombros son las partes del camino contiguas a la calzada, destinadas a la detención de los vehículos en emergencia. El ancho de cada berma pueden ser de 0.50 m hasta 3.00 m. Generalmente tiene un afirmado firme igual al de la calzada, pero con superficie de calidad inferior. Se llama corona al conjunto formado por la calzada y las bermas.

La plataforma del camino o banca es el ancho total de la vía comprendido entre los extremos exteriores de los hombros o bermas. En los tramos rectos la superficie de la vía tiene una pendiente transversal que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua; está pendiente que va generalmente del eje hacia los bordes, se llama bombeo.

La inclinación dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento se llama peralte, baja del borde exterior hacia el interior y, naturalmente, también sirve para el escurrimiento del agua lluvia.

a. Sobreancho. Se llama sobreancho al aumento en la dimensión transversal de una calzada en las curvas; tiene como finalidad mantener el espacio lateral de los vehículos en movimiento, puesto que al seguir la trayectoria curva se aumenta la anchura del espacio que ocupan con la consiguiente disminución de los espacios laterales.

b. Peralte. Cuando un vehículo avanza a lo largo de una curva se ve sometido a varias fuerzas: la fuerza motriz, en sentido longitudinal; su propio peso, verticalmente hacia abajo, y la fuerza centrífuga, por causa de la curvatura, radicalmente hacia fuera. Pero el rozamiento entre la llanta y el pavimento desarrolla una fuerza de sentido contrario al de la fuerza centrífuga, es decir, hacia el centro de la curva, que impide que el vehículo se deslice hacia el exterior, mientras la fuerza centrífuga se mantenga dentro de ciertos límites bajos.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Vía Expresa

Denominada también como autopista urbana, esta categoría de vías es capaz de transportar grandes volúmenes de tráfico; por lo general no son menos de 4 carriles en ambas direcciones. Las autopistas urbanas pueden ser en trinchera, a nivel del suelo, elevado o combinaciones. (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011)

a. Velocidad de Diseño. La velocidad de diseño en esta categoría de vías, al estar implantados en un ámbito urbano, debe de estar entre los 80 y 100 km/h. Este rango de velocidades es para no exceder los costos de producción prudente y los costos socioeconómicos. (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011)

b. Tráfico. La respectiva vía debe ser capaz de acomodar la proyección de tráfico durante el periodo de diseño o año horizonte de 20 años. La capacidad de las autopistas se debe determinar con volúmenes horarios pico, es decir si la autopista permite el flujo de vehículos pesados, estas deberán de convertirse a vehículos equivalentes tipo vehículos ligeros. (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011)

c. Nivel de Servicio. El nivel de servicio en las vías expresas y sus instalaciones auxiliares (rampas y vías secundarias), a su año horizonte debe de llegar a C Y D; siendo el nivel de Servicio D, para aquellas áreas urbanas altamente densas. (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011)

d. Pendiente Longitudinal y peralte. La pendiente longitudinal de la vía expresa está directamente relacionada con la velocidad y la topografía sobre la cual se emplaza; valores recomendados se muestran en el siguiente cuadro, a

estos valores mostrados en puntos conflictivos se puede incrementar en 1% más. (American Association of State Highway and Transportation Officials,2011)

Figura 6

Pendiente máxima en vías expresas

Tipo de Terreno	Métrico					
	Velocidad de Diseño (km/h)					
	80	90	100	110	120	130
	Pendiente (%) ^a					
Plano	4	4	3	3	3	3
Ondulado	5	5	4	4	4	4
Montañoso	6	6	6	5	—	—

a: Se puede incrementar 1% a los valores indicados en la tabla.

e. Ancho de barril, berma, bombeo y mediana. El ancho de carril para este tipo de vías es recomendable de 3.5 m y mínimo absoluto 3.3 m. Las bermas de las autopistas deben ser de mínimo 0.6m en el borde interno de la calzada, mientras que para el borde exterior debe de ser mínimo 1.8 m y deseable 2.5m. El bombeo de la calzada debe de estar entre 1.5 y 2 %, mientras que en zonas lluviosas se puede proyectar hasta 2.5 %. El ancho de las medianas en las autopistas urbanas debe de ser la más amplia posible, en esta se puede proyectar para transporte masivo o para la ampliación de carriles cuando en el futuro se necesite mayor capacidad; el ancho mínimo para una autopista de 4 carriles (dos en cada sentido) debe de mínimo 3.0 m, mientras que para una de 6 carriles (tres en cada sentido) debe de ser 6.60 m y 7.80 m cuando se tenga presencia de vehículos pesados mayores a 250 veh/h. (American Association of State Highway and Transportation Officials,2011)

2.4. Sistema de hipótesis

Posiblemente la ruta elegida Av. Valle Alto del distrito de Moche a la Av. Industrial del Distrito de Trujillo pueda ser realizable cumpliendo con lo dispuesto en la norma DG-2018 donde al término de la presente tesis se determinará la ruta más conveniente para la mejor transitabilidad de la vía expresa.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Diseño Geométrico	Según (Uribe,2006) “Los diseños geométricos de carreteras y vías urbanas son un complejo campo de acción para los diseñadores en la modernidad”	Proponer de acuerdo a las normas técnicas Dg-2018 un trazo de carretera optimo	Estudio Topográfico	Orografía: Plana o ondulada
			Estudio de transitabilidad Urbana	Volumen de trafico
			Evaluación Geométrica	Cumple o no cumple
			Trazo definitivo	Cumplir la norma DG-2018

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Investigación Aplicada

3.1.2. Nivel de investigación

Investigación Descriptiva

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Vías con alto congestionamiento vehicular en los distritos de la ciudad de Trujillo, Trujillo, La Libertad.

3.2.1. Muestra

La vía está comprendida de la ruta Av. Valle alto en Moche (entrada a la campiña de Moche) hasta la Av. Industrial en Trujillo, La Libertad.

3.3. Diseño de investigación

El diseño fue no experimental, ya que las variables no se obtuvieron de laboratorios si no de informes técnicos y normas de acuerdo a ley. Para alcanzar

los objetivos y analizar la certeza de la hipótesis se aplicó un diseño no experimental-transaccional-descriptivo-simple cuyo esquema es el siguiente.

Figura 7

Esquema de un diseño no experimental-transaccional-descriptivo simple



Muestra: Representa la vía está comprendida de la ruta Av. Valle Alto en Moche (entrada a la campiña de Moche) hasta la Av. Industrial en Trujillo, La Libertad.

Observación: Representa la compilación de las características técnicas del respectivo tramo para realizar el diseño geométrico de la infraestructura.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

En el respectivo desarrollo de esta investigación realizaremos los siguientes pasos para su elaboración:

Los datos más importantes para realizar nuestra investigación se tomaron por hecho para que así pueda cumplir con los parámetros del diseño de autopista que estamos proponiendo. También se tomó en cuenta el patrimonio cultural que se encuentra en la zona y también los intercambios a desnivel que tiene que haber para conectar con las zonas aledañas.

En la obtención de los datos tomados se tiene que considerar la accesibilidad al área de estudio, esto nos permitirá obtener la información necesaria para el diseño geométrico de dicha vía expresa. Ya habiendo obtenido los datos señalados se continuará con los respectivos cálculos de los parámetros como son: alineamiento horizontal, alineamiento vertical, cálculo de movimiento de tierras, cálculo de peralte y presentación de sección transversal de la vía mencionada, para de este modo estimar los resultados obtenidos y así plantear un diseño geométrico económico, cumpliendo con lo implantado en el manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018 y Highway capacity manual HCM 2010. Para finalizar se dará detalle de todos los parámetros de diseño que se usó de acuerdo a norma para desarrollar nuestro diseño geométrico y así pueda ser apto para volúmenes actuales y futuros.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Generalidades

Las vías expresas son vías muy importantes para el crecimiento de las ciudades, especialmente ahora que la población trujillana aumenta drásticamente cada año, sobrepasando ya la cantidad de 1 millón de habitantes. La planificación de este tipo de infraestructura no solo es necesario, sino, indispensable.

Para la presente tesis, se planteó proponer 3 trazos distintos donde se comparó y evaluó para así elegir una ruta más segura y económica.

3.5.2. Parámetros urbanos

De las consideraciones se deben tener en cuenta que las vías expresas son aquellas que debería permitir la circulación en forma masiva de personas y/o de cargas, pero actualmente es diseñada para permitir el flujo masivo de vehículos el cual es un concepto equivocado.

Dicha via expresa tiene una función de paso la cual significa que su movilidad se desarrolla en las mejores condiciones donde no tiene interferencias longitudinales o transversales. Los cruces peatonales transversales deben resolverse a desnivel, elevado o soterrado. Pueden recibir vehículos livianos como también buses donde la velocidad de circulación promedio, elegida por los tesisistas, será de 90 km/h.

Otra de las características de esta autopista es que tiene el total central de los accesos a ella tanto como ingreso y salida lo cual garantiza un flujo continuo vehicular. (Ministerio de transporte y comunicaciones 2018)

La densidad en los intercambios viales esta lo más espaciada posible, debido a que las velocidades en la ruta principal disminuyen cuando aumenta la frecuencia de los intercambios viales. Se tomo en cuenta para la separación de intercambios viales una longitud entre 3 km a más, y la mínima una separación de 1 km. (Transportation Research Board, 2000)

3.5.3. Parámetros para el diseño geométrico de vía expresa

a. Clasificación de la carretera

a.1. Por su demanda.

Para nuestro proyecto tomamos en cuenta que al ser una vía expresa según la ordenanza 341 del sistema vial metropolitano de Lima nos señala que son vías que soportan importantes volúmenes de vehículos con circulación de alta velocidad, en condiciones de flujo libre, por consiguiente, su flujo es

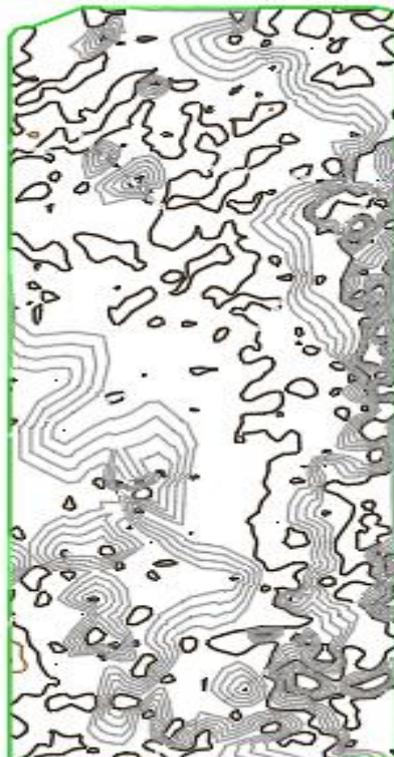
ininterrumpido ya que no existirán cruces al mismo nivel con otras vías. En conclusión, se tomará en cuenta que es una autopista de primera clase.

a.2.Por la orografía.

En la presenta tesis se ha optado por emplear el software de ingeniería Global Mapper 20.0 para así poder realizar el levantamiento topográfico.

Figura 8

Plano topográfico de la zona urbana campiña de moche



Nota. El plano presentado se obtuvo del programa Global Mapper 20.0.

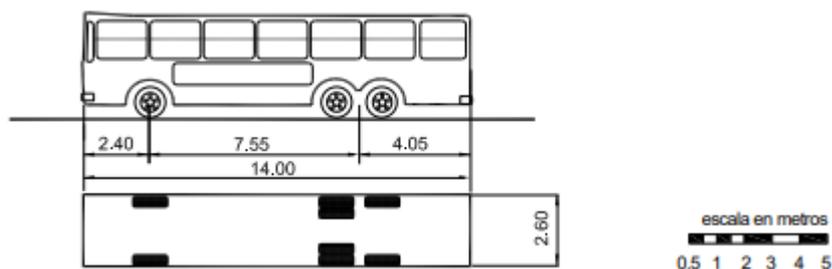
Tomando en cuenta la zona donde se realizará el diseño es un terreno plano (tipo 1) donde se nos exigió tomar en cuenta las consideraciones de la norma respecto al porcentaje de pendiente longitudinal menores a 3% y la pendiente transversal menores al 10%.

b. Vehículo de diseño.

El vehículo más grande que se tomara en cuenta para el diseño son los ómnibus de tres ejes (B3-1) el cual cuyas condiciones se usaran para el cálculo y verificación del sobreancho.

Figura 9

Representación de ómnibus de tres ejes (B3-1)



Nota. Figuras obtenidas del manual de diseño geométrico DG-2018.

Figura 10

Representación de la longitud de volteo del ómnibus a tomar en las curvas de la vía.



Nota. Figuras obtenidas del manual de diseño geométrico DG-2018.

c. Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño se especifica como la velocidad máxima que se puede conducir de una forma que sea cómoda y segura en todo el recorrido de la carretera (MTC, 2018). Es uno de los parámetros más importantes ya que a partir de este se determinarán otros parámetros como pendientes y peraltes.

Para adquirir la velocidad de diseño debemos tener en cuenta dos parámetros que la clasificación por demanda y la clasificación por su orografía en el manual de carreteras DG-2018.

En el presente proyecto se determinó que al ser una autopista de primera clase en un terreno plano nos dio un rango de velocidades de diseño que va entre 80 km/h hasta 130 km/h. Al obtener nuestro rango de velocidades optamos por tomar la velocidad de 90 km/h por tema de seguridad y economía.

Figura 11

Rango de velocidades de diseño en función a su clasificación de autopista por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO (TR (km/h)												
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		
Autopista de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Autopista de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de tercera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													

d. Distancia de visibilidad.

Para proporcionar al conductor una visibilidad apropiada la cual le acceda a poder realizar las maniobras necesarias en su recorrido. Por eso tomaremos en cuenta las recomendaciones que nos da el manual de carreteras DG-2018.

d.1. Distancia de visibilidad de parada (Dp).

Según el manual de carretera DG-2018 nos brinda dos metodologías para el cálculo de la distancia de parada la cual permitirá al conductor frenar con seguridad antes de llegar a un obstáculo en el recorrido.

La primera metodología es con la siguiente formula:

$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{V^2}{a}$$

Dp: Distancia de parada (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

Tp: Tiempo de percepción + reacción (s)

a: Deceleración en m/s²

En la mayoría de casos tp toma un valor de 2.5 segundos.

También en la misma norma nos muestra valores de visibilidad de parada con relación la pendiente y a la velocidad de diseño en la siguiente tabla:

Figura 12

Rango de pendiente a tomar en una distancia de visibilidad de parada en función a su velocidad.

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Nota. Cuadro obtenido del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

Para nuestra velocidad de diseño ya optada, la visibilidad de parada más segura es de 164 m en una pendiente de bajada y en una pendiente de subida es de 148 m.

d.2. Distancia de visibilidad de adelantamiento (Da).

Se tomará con el fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo. El dato señalado se obtendrá de la siguiente tabla a mencionar.

Figura 13

Distancia de visibilidad de adelantamiento en función a su velocidad.

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA V(km/h)			
	56,2 ¹	70 ²	84,5 ¹	99,8 ²
<u>Maniobra inicial:</u>				
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t ₁ : Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d ₁ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
<u>Ocupación del carril contrario:</u>				
t ₂ : Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d ₂ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	195	251	314
<u>Distancia de seguridad:</u>				
d ₃ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	30	55	75	90
<u>Vehículos en sentido opuesto:</u>				
d ₄ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	97	130	168	209
$D_v = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	317	446	583	726

Nota. Cuadro obtenido del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

Al tomar en cuenta nuestra velocidad de diseño ya elegida nos da como resultado en la tabla que la distancia de adelantamiento será de unos 583 m.

e. Longitud de tramos en tangente.

Nuestra norma técnica de diseño geométrico de carreteras DG-2018 nos indica que debemos tomar en cuenta los valores de longitud máxima y mínima para curvas en “s” o curvas en “o” de acuerdo a la siguiente tabla.

Figura 14

Longitud de tramos en tangentes en función a su velocidad.

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Nota. Cuadro obtenido del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

f. Radio Mínimo.

La siguiente formula presentada es una recomendación de nuestra norma vigente para el desarrollo del cálculo de los radios mínimos.

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127 (P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}}.)}$$

De acuerdo a la tabla 304.5 de la DG-2018 al realizar el respectivo calculo obtendremos los siguientes datos.

Figura 15

Radio mínimo, peralte máximo y coeficiente de fricción en función a su velocidad y la ubicación de la vía.

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4,00	0,17	33,7	35
	40	4,00	0,17	60,0	60
	50	4,00	0,16	98,4	100
	60	4,00	0,15	149,2	150
	70	4,00	0,14	214,3	215
	80	4,00	0,14	280,0	280
	90	4,00	0,13	375,2	375
	100	4,00	0,12	492,10	495
	110	4,00	0,11	635,2	635
	120	4,00	0,09	872,2	875
130	4,00	0,08	1.108,9	1.110	
Área rural (con peligro de hielo)	30	6,00	0,17	30,8	30
	40	6,00	0,17	54,8	55
	50	6,00	0,16	89,5	90
	60	6,00	0,15	135,0	135
	70	6,00	0,14	192,9	195
	80	6,00	0,14	252,9	255
	90	6,00	0,13	335,9	335
	100	6,00	0,12	437,4	440
	110	6,00	0,11	560,4	560
	120	6,00	0,09	755,9	755
130	6,00	0,08	950,5	950	
Área rural (plano u ondulada)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	50
	50	8,00	0,16	82,0	85
	60	8,00	0,15	123,2	125
	70	8,00	0,14	175,4	175
	80	8,00	0,14	239,1	230
	90	8,00	0,13	303,7	305
	100	8,00	0,12	393,7	395
	110	8,00	0,11	501,5	500
	120	8,00	0,09	667,0	670
130	8,00	0,08	831,7	835	
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
130	12,00	0,08	665,4	665	

Nota. Cuadro obtenido del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

Usando la formula citada y redondeada se obtuvo un radio mínimo de 280 m.

g. Sobrecanchos.

El sobrecancho según la DG-2018 nos señala que es un ancho adicional que se agrega al ancho normal de la vía con el fin de obtener un buen desplazamiento en la trayectoria en tramos curvos del vehículo de diseño.

La norma nos brinda una ecuación para poder calcular el sobreebanco:

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

Sa: Sobreebanco (m)

N: Número de carriles

Rc: Radio de curvatura circular (m)

L: Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

Según nuestra norma técnica DG-2018 para radios mayores a 250 m los factores reducen el sobreebanco a menos de la cuarta parte de su valor calculado. Como el presente proyecto posee un radio mínimo de 280 m por lo que se espera no tener la necesidad de colocar sobreebanchos debido al factor de reducción.

h. Pendiente mínima y máxima.

Según nuestra norma técnica de diseño geométrico de carreteras DG-2018 la pendiente mínima a tomar es del 0.5%. Donde por consiguiente la pendiente máxima queda establecida en función a la velocidad y la clasificación de la vía.

Figura 16

Pendiente máxima del proyecto en función a su velocidad, su clasificación de demanda vehicular y orografía.

Demanda Vehículos/día	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera								
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400								
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase								
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
Velocidad de diseño: 30 km/h																							10.00	10.00	
40 km/h																					9.00	8.00	9.00	10.00	
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00					
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00	8.00						
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00							
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00				7.00	7.00						
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00								6.00	6.00			
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00												
110 km/h	4.00	4.00			4.00																				
120 km/h	4.00	4.00			4.00																				
130 km/h	3.50																								

Nota. Cuadro obtenido del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

i. Curvas verticales.

Se emplea curvas parabólicas para enlazar dos tramos de rasantes con diferencia algebraica de pendiente mayor a 1%. Los parámetros de estas curvas verticales se definen con la siguiente formula.

$$K = L/A$$

Donde,

K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Usualmente, el valor de la longitud de las curvas verticales en metros no debe ser menor al valor de la velocidad de diseño en km/h. En este caso, la longitud de la curva vertical no será menor a 80 m. Otros criterios para el cálculo de la longitud mínima depende si la curva es cóncava o convexa.

i.1. Curvas convexas. En el caso de las curvas convexas su longitud mínima busca garantizar que cuente con la distancia de paso (D_a) y la distancia de visibilidad de parada (D_p), donde también toma en cuenta la diferencia algebraica de las pendientes de las rasantes que conecta.

Se tiene como valores:

Para $D_a > L$	Para $D_a < L$
$L = 2D_a - \frac{946}{A}$	$L = \frac{AD_a^2}{946}$

L = Longitud de la curva vertical (m)

D_a = Distancia de visibilidad de paso (m)

V = Velocidad de diseño (km/h)

A = Diferencia algebraica de pendientes (%)

Se tiene como valores:

Para $D_p > L$	Para $D_p < L$
$L = 2D_p - \frac{404}{A}$	$L = \frac{AD_p^2}{404}$

L = Longitud de la curva vertical (m)

D_p = Distancia de visibilidad de frenado (m)

V = Velocidad de diseño (km/h)

A = Diferencia algebraica de pendientes (%)

i.2.Curvas cóncavas. No existe un criterio único respecto de la longitud para el diseño de esta clase de curvas. Existen cuatro criterios diferentes con el fin de establecerla, que son:

- a. Distancia de visibilidad nocturna
- b. Comodidad para conducir y para los usuarios
- c. Control de drenaje
- d. Apariencia de la vía

Se tiene como valores:

$D_p > L$ $L = 2D_p - \left(\frac{120 + 3.50 D_p}{A} \right)$	$D_p < L$ $L = \frac{A D_p^2}{120 + 3.5 D_p}$
--	---

- L = Longitud de la curva vertical (m)
- D= Distancia desde los faros a la rasante (m)
- V = Velocidad de diseño (km/h)
- A = Diferencia algebraica de pendientes (%)

j. Anchos de bermas y medianas.

Según nuestra norma vigente nos indica que el tipo de autopista el cual se diseño debe tener en cuenta las bermas interiores y exteriores dependiendo la velocidad que se escogió y su clasificación de vía. A continuación, se muestra la tabla que se encuentra en el manual de carreteras DG 2018.

Figura 17

Ancho de berma en función a su velocidad, su clasificación de demanda vehicular y orografía.

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera			
	Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día			
	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																0.50
40 km/h													1.20	1.20	0.90	0.50
50 km/h									2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20	1.20
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00		
90 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00			2.00			
100 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00				2.00			
110 km/h	3.00	3.00			3.00											
120 km/h	3.00	3.00			3.00											
130 km/h	3.00															

Nota. Cuadro obtenido del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

Los valores señalados en la tabla, corresponden a las bermas externas. Para la berma interna la norma nos indica darle un valor mínimo de 1.50 m para autopista de primera clase.

La norma también nos indica el rango de valores que toma el separador central dando como mínimo 6m de ancho.

k. Bombeo y peralte.

El bombeo es la pendiente que se configura a la superficie de rodamiento en las tangentes de alineamiento horizontal hacia uno u otro lado de la rasante, para evitar la acumulación de agua sobre la vía. Su valor depende de las precipitaciones de la zona. El proyecto en estudio posee una precipitación menor a 500 mm/año, pero también se tomará en cuenta las fuertes temporadas de lluvia que cada vez son más concurrencias como es el fenómeno del niño, por lo cual el bombeo tendrá un valor de 2.5%.

Figura 18

Porcentaje de bombeo en función a su tipo de superficie y su precipitación en la zona.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Nota. Cuadro obtenido del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

Por otra parte el peralte es la inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva. En nuestro proyecto se tomara como peralte máximo en zonas urbanas es de 6%.

Figura 19

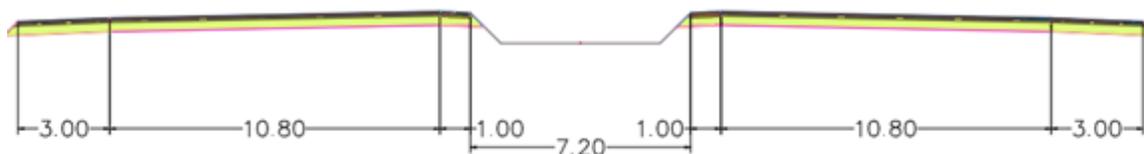
Peralte máximo en función al lugar donde recorre nuestra ruta elegida.

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (%)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

Nota. Cuadro obtenido del manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

Figura 20

Corte transversal con medidas de sus anchos de cada componente la vía expresa.



Bermas externas: 3.00 m

Bermas internas: 1.00 m

Berma central: 7.20 m

Calzadas: 10.80 m

I. Taludes de corte y relleno.

Se tomo valores referenciales para los cortes y rellenos en función a la información de la composición geológica de la zona ya que no es parte del alcance realizar un estudio de mecánica de suelos.

Para el trazo de nuestra autopista se tomó en cuenta que por razones de drenaje la rasante estará sobre el nivel del terreno y en todo el recorrido se mantendrá una pendiente menor a 3%.

j. Carriles de cambio de velocidades en vías expresas.

Este tipo de carriles tienen como objetivo acomodar la velocidad proveniente de las rampas, a velocidades cercanas a la vía principal, para nuestro caso se califica como pista de aceleración; y para las pistas de deceleración,

tendrá como fin disminuir la velocidad cercana proveniente de la pista principal a la velocidad de la rampa de salida.

Se opto por tomar la velocidad de diseño de 30 km/h en las vías secundarias que conectaran las rampas, ya que son dichas vías son calles urbanas.

j.1. Velocidad de diseño en rampa

La velocidad de diseño en los ramales de enlace debe de estar en el rango medio y rango alto, respecto con la velocidad de diseño de la Pista Principal; reservando el rango bajo solo a los de tipo lazo, o en zonas urbanas altamente densas, sitios arqueológicos, costo de expropiación elevado, etc.

Figura 21

Valores recomendados para la velocidad de diseño en rampa.

Métrico								
Velocidad de diseño en la PP (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidad de diseño en la Rampa (km/h)								
Rango alto (85%)	40	50	60	70	80	90	100	110
Rango medio (70%)	30	40	50	60	70	80	90	100
Rango bajo (50%)	20	30	40	40	50	50	60	70

Nota. Adaptada por el tesista de la AASHTO 2011 (Tabla 10-1)

Figura 22

Valores mínimos de velocidad en ramales de enlace

	Enlaces directos entre autopistas			Enlaces directos				Enlaces semidirectos				Lazos			
	V.D Carretera de destino (km/h)														
V.D Carretera de origen (km/h)	80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40-80	00-120
	40				30	30	35	40		30	30	35	40	25	30
	60				30	35	40	45	50	30	35	40	45	30	35
	80	60	65	70	45	50	55	60	40	45	50	35			
	100	70	80	70	60	40									
120	80	90	100	80	70	50									

Nota. DG-2018, tabla 503.6 (Tabla 10-1)

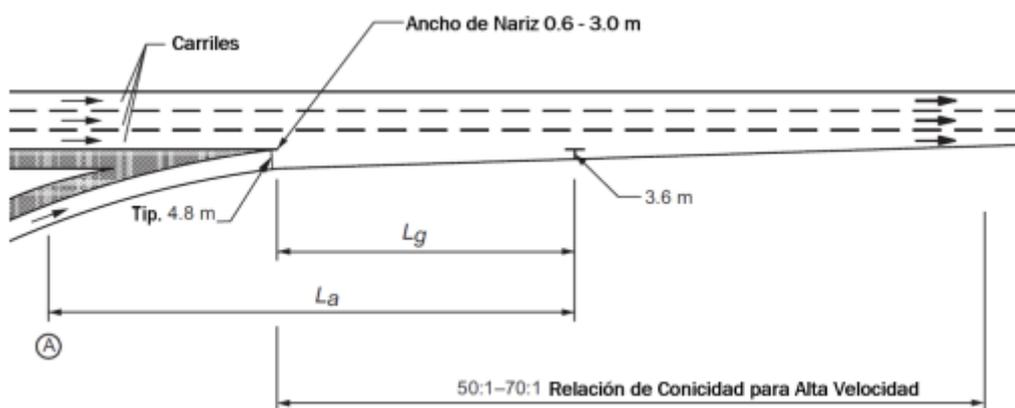
j.2. Rampas

j.2.1. Rampa de entrada – Tipo Cónica

Este tipo de entrada se junta con la autopista con un estrechamiento largo y uniforme con una relación de conicidad de aproximadamente 50:1 a 70:1 (longitudinal a lateral) entre el borde exterior del carril de aceleración y el borde del carril de la autopista. La longitud requerida para que el vehículo alcance esta velocidad se conoce como la longitud de aceleración y se mide desde el final de la curva teniendo un radio menor a 300 m en la rampa, hasta donde el borde derecho de la vía principal y la pista de aceleración estén separados por 3.6 m.

Figura 23

Carril de aceleración tipo cónico



Nota. Adaptada por el tesista de la AASHTO 2011

Figura 24

Longitud de carriles de cambio de velocidad de aceleración

Métrico									
Longitud de Aceleración, L (m) Velocidad de Diseño (km/h) en la Curva de Entrada									
Autopista		Condición de Parada	20	30	40	50	60	70	80
Velocidad Diseño, V (km/h)	Velocidad Esperada, V _e (km/h)	y Velocidad Inicial, V' _o (km/h)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	37	60	50	30	—	—	—	—	—
60	45	95	80	45	—	—	—	—	—
70	53	150	130	90	65	—	—	—	—
80	60	200	180	135	145	115	65	—	—
90	67	260	225	205	175	125	35	—	—
100	74	345	325	305	285	255	205	110	40
110	81	430	410	390	370	340	290	200	125
120	88	545	530	515	490	460	410	325	245

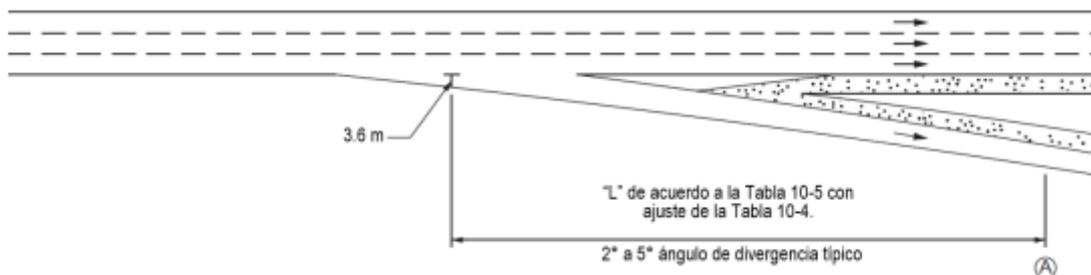
Nota. Adaptada por el tesista de la AASHTO 2011 (Tabla 10-3)

j.2.2. Rampa de salida – Tipo directa

Una salida tipo directa proporciona una trayectoria directa a la rampa. El ángulo de divergencia se tomo de 2 y 5 grados. La longitud del carril de deceleración se mide desde el punto donde el carril tiene un ancho de 3.6 m en la rampa hasta a primera curva horizontal en la rampa de salida.

Figura 25

Carril de deceleración tipo directo



Nota. Adaptada por el tesista de la AASHTO 2011

Figura 26

Longitud del carril de deceleración

Métrico									
Longitud de Deceleración, L (m) Velocidad de Diseño (km/h) en la Curva de Salida									
Velocidad Diseño, V (km/h)	Velocidad Esperada, V _a (km/h)	Condición de Parada	20	30	40	50	60	70	80
		para Velocidad Promedio en Curva de Salida V' _a (km/h)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	47	75	70	60	45	—	—	—	—
60	55	95	90	80	65	55	—	—	—
70	63	110	105	95	85	70	55	—	—
80	70	130	125	115	100	90	80	55	—
90	77	145	140	135	120	110	100	75	60
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	91	180	180	170	160	150	140	120	105
120	98	200	195	185	175	170	155	140	120

Nota. Adaptada por el tesista de la AASHTO 2011 (Tabla 10-5)

Figura 27

Coeficiente para corregir la longitud de los carriles de aceleración y deceleración por pendiente.

Métrico						
Velocidad de Diseño Autopista (km/h)	Carriles de Deceleración					
	Relación de longitud en pendiente a longitud en el nivel para velocidad de diseño de la curva de giro (km/h) ²					
Todas las Velocidades	3 to 4% Subida 0.9			3 to 4% Bajada 1.2		
Todas las Velocidades	5 to 6% Subida 0.8			5 to 6% Bajada 1.35		
Velocidad de Diseño Autopista (km/h)	Carriles de Aceleración					
	Relación de longitud en pendiente a longitud en el nivel para velocidad de diseño de la curva de giro (km/h) ²					
	40	50	60	70	80	
	3 to 4% Subida					3 to 4% Bajada
60	1.3	1.4	1.4	—	—	0.7
70	1.3	1.4	1.4	1.5	—	0.65
80	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	0.65
90	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	0.6
100	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	0.6
110	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	0.6
120	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	0.6
	5 to 6% Subida					5 to 6% Bajada
60	1.5	1.5	—	—	—	0.6
70	1.5	1.6	1.7	—	—	0.6
80	1.5	1.7	1.9	1.8	—	0.55
90	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	0.55
100	1.7	1.9	2.2	2.4	2.5	0.5
110	2.0	2.2	2.6	2.8	3.0	0.5
120	2.3	2.5	3.0	3.2	3.5	0.5

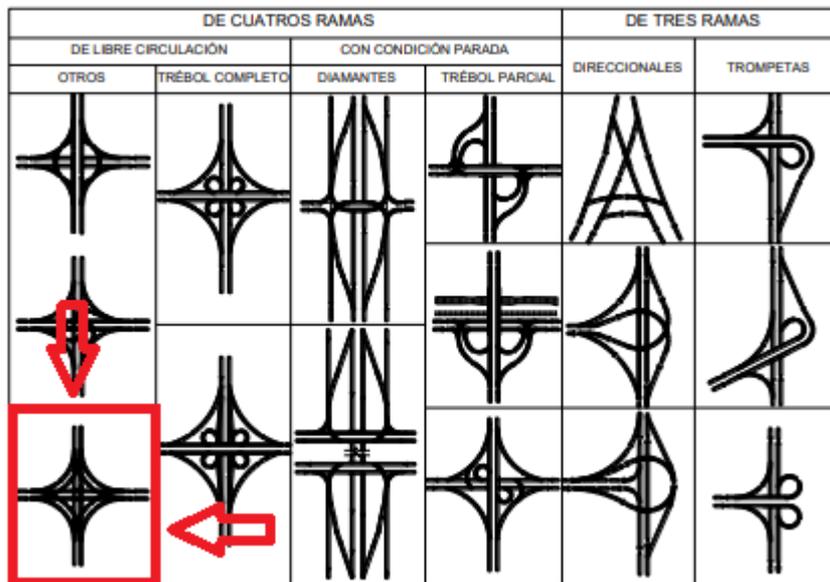
Nota. Adaptada por el tesista de la AASHTO 2011 (Tabla 10-4)

m. Consideraciones adicionales.

Nuestra vía expresa al encontrarse en medio dos zonas urbanas tomamos en cuenta que no podemos dejar sin conexión a ellas, por lo cual se tomó como consideración colocar intercambios viales a desnivel de cuatro ramas o también intercambio de diamante convencional.

Figura 28

Tipos de intercambio vial a desnivel



Nota. Este tipo de intercambio vial conectara a las zonas aledañas a la vía.

La configuración de intercambio más simple y quizás la más común es el diamante. Se forma un intercambio de diamante completo cuando se proporciona una rampa diagonal de un solo sentido en cada cuadrante. Las rampas están alineadas con terminales de flujo libre en la carretera principal, y los giros a la izquierda a nivel están confinados al cruce.

El intercambio de diamantes tiene varias ventajas sobre un trébol parcial comparable: todo el tráfico puede entrar y salir de la autopista principal a velocidades relativamente altas, las maniobras de giro a la izquierda implican poco recorrido adicional y se necesita una franja de derecho de paso relativamente estrecha.

Para el trazo de una autopista la densidad de los intercambios viales debe estar lo más espaciado posible, ya que las velocidades en la pista principal de la vía expresan se reduce cuando crece la frecuencia de los intercambios viales. Normalmente los intercambios viales para un tramo de 6 a 8 km de autopista, es de 3 km o más y la mínima de 1 km. (Transportation Research Board, 2000).

Para el punto inicial de la vía expresa donde conecta con la calle Elías Aguirre en el distrito de Moche y el punto final que conecta a la Av. Santa Rosa en el distrito de Trujillo, se puedan conectar sin alterar el tráfico en las vías, como es la carretera panamericana en Moche y la carretera Industrial en Trujillo, la autopista pasara a tomar un paso elevado para así cumplir con lo que nos indica la norma

DG-2018 donde nos indica que las autopistas de primera clase deben tener total control de sus ingresos y salidas en todo su recorrido.

El espacio libre vertical generalmente se determina para una ruta completa y puede regirse por las políticas establecidas del sistema de carreteras. Aunque las leyes estatales varían un poco, la mayoría de los estados permiten que la altura del vehículo, incluida la carga, este entre 4.1 m y 4.4 m. El espacio libre vertical de todas las estructuras por encima de la calzada y las bermas debe ser al menos 0.3 m mayor que la altura legal del vehículo. (AASHTO, 10-21)

Es deseable un espacio libre vertical adicional para compensar varias repavimentaciones, la acumulación de nieve o hielo, y una carga ocasional con un poco de altura. El espacio libre vertical mínimo recomendado es de 4.4 m y el espacio libre vertical deseable es de 5.00 m. (AASHTO, 10-22)

En Perú, para el transporte de carga la altura máxima de vehículo es de 4.10 m; sin embargo, dependiendo del tipo de vehículo hay excepciones como es para los furgones cerrados tiene permitido hasta 4.30. (DS. 058-2003-MTC)

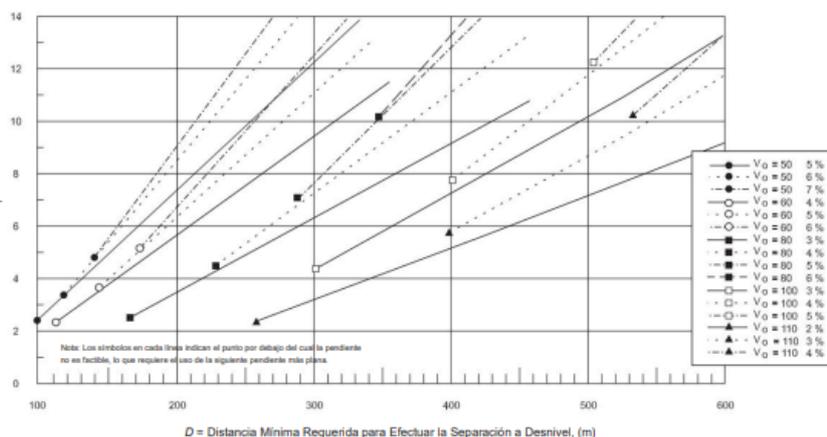
Distancia longitudinal para alcanzar la separación de pendientes

m.1. Distancia longitudinal para alcanzar la separación de pendientes

La distancia longitudinal necesaria para el diseño adecuado de una separación a desnivel depende de la velocidad de diseño, la pendiente del camino y la cantidad de subida o bajada necesaria para lograr la separación. (AASHTO 2011 10-24). En nuestro caso utilizamos una pendiente de 4.5% al tener ya considerado que nuestra velocidad de diseño viene a ser 90 km/h.

Figura 29

Tipos de intercambio vial a desnivel



IV. PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. Alternativa 1

4.1.1. Alineamiento horizontal -alternativa 01

Figura 30

Diseño geométrico horizontal de alternativa 01.



Figura 31

Tabla de elementos geometrico de curvas horizontales de alternativa 01.

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS													
Nº CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NOR E.	PI ESTE.
PI:1	N19° 58' 44"E	4°30'07"	375.00	14.74	29.47	29.46	0.29	0.29	0+628.06	0+613.32	0+642.78	-902811.14	719843.68
PI:2	N11° 15' 55"E	21°55'44"	375.00	72.65	143.52	142.65	6.97	6.85	1+427.59	1+354.94	1+498.46	-902071.02	720146.16
PI:3	N11° 54' 27"E	23°12'48"	375.00	77.02	151.93	150.69	7.83	7.67	2+280.43	2+183.41	2+335.34	-901236.42	720150.55
PI:4	N15° 06' 56"E	16°47'51"	375.00	55.37	109.94	109.55	4.07	4.02	3+260.05	3+204.68	3+314.62	-900317.86	720550.22
PI:5	N4° 37' 42"W	22°41'25"	375.00	75.24	148.51	147.54	7.47	7.33	4+227.58	4+152.34	4+300.84	-899358.19	720663.47
PI:6	N30° 13' 01"W	28°29'13"	375.00	95.19	186.45	184.53	11.89	11.53	5+144.24	5+049.05	5+235.50	-898473.02	720410.67

4.1.2. Alineamiento vertical-alternativa 01

Se proyectaron 10 rasantes donde están unidas por 10 curvas verticales simétricas.

Figura 32

Trazo de alineamiento vertical progresiva 0 +000.00 – 1+000.00 de alternativa 01

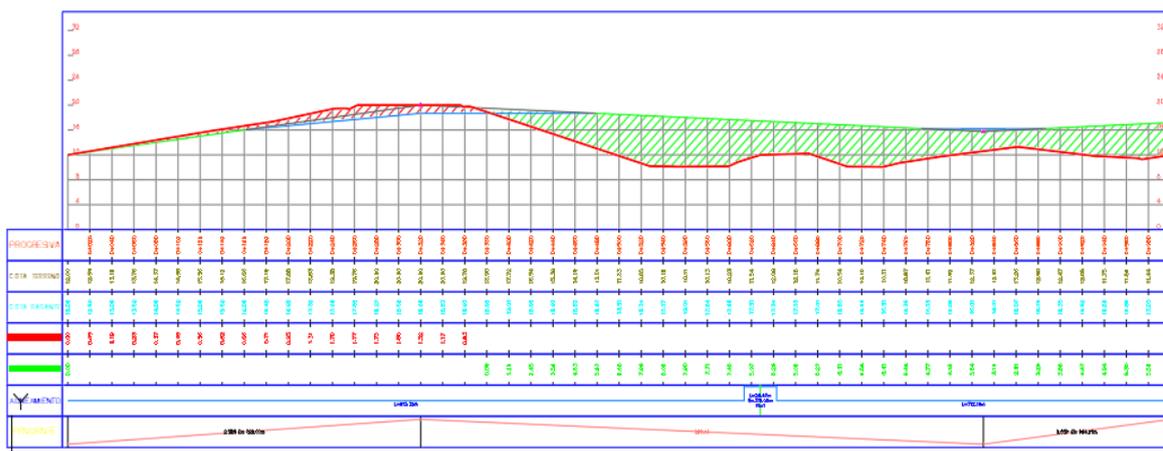


Figura 33

Trazo de alineamiento vertical progresiva 1 +000.00 – 2+000.00 de alternativa 01

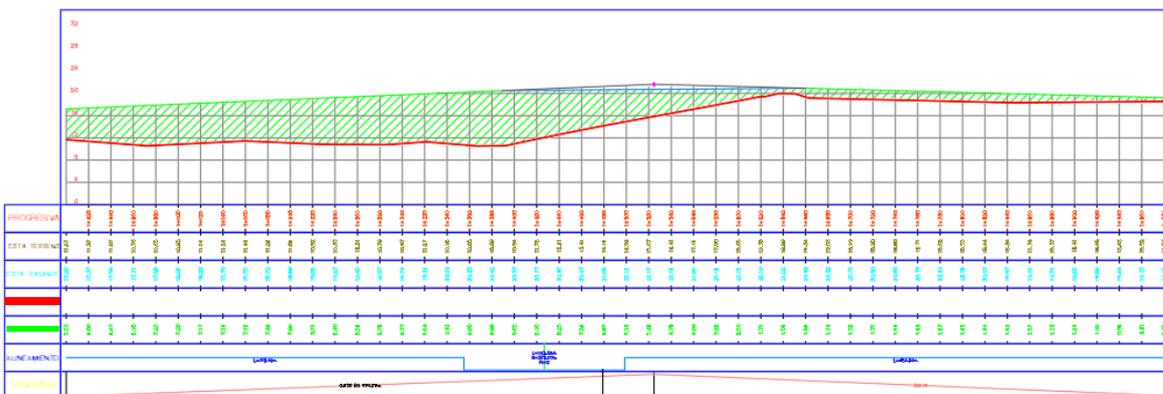


Figura 34

Trazo de alineamiento vertical progresiva 2 +000.00 – 3+000.00 de alternativa 01

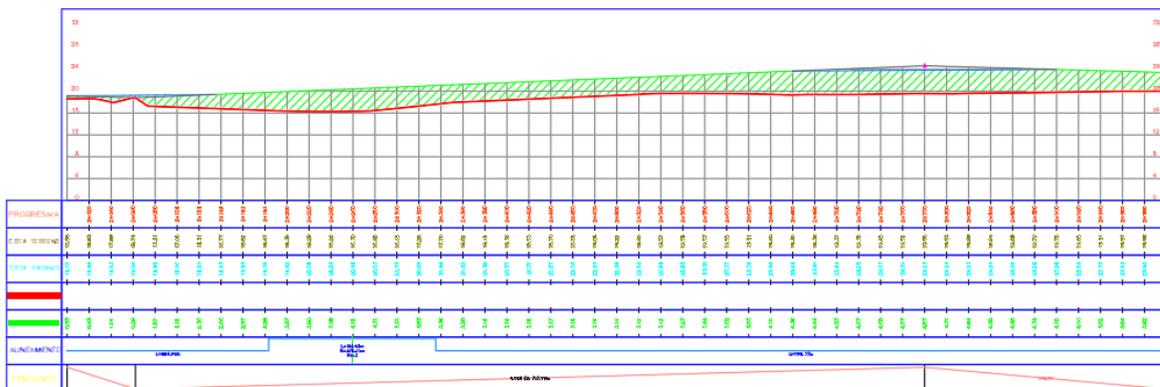


Figura 35

Trazo de alineamiento vertical progresiva 3 +000.00 – 4+000.00 de alternativa 01

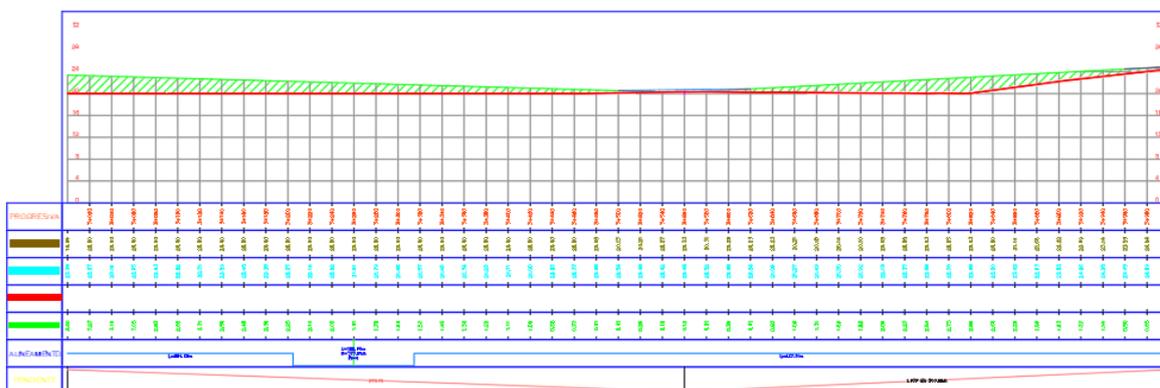


Figura 36

Trazo de alineamiento vertical progresiva 4 +000.00 – 5+000.00 de alternativa 01

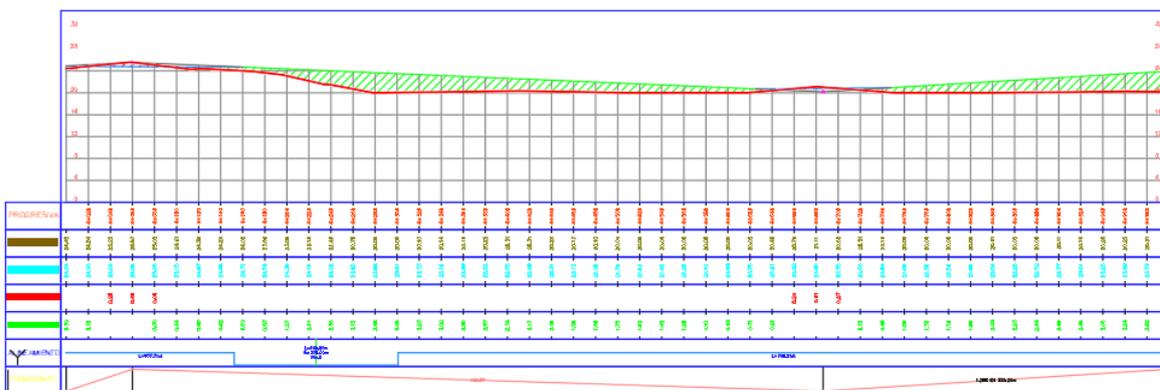


Figura 37

Trazo de alineamiento vertical progresiva 5 +000.00 – 5+826.08 de alternativa 01

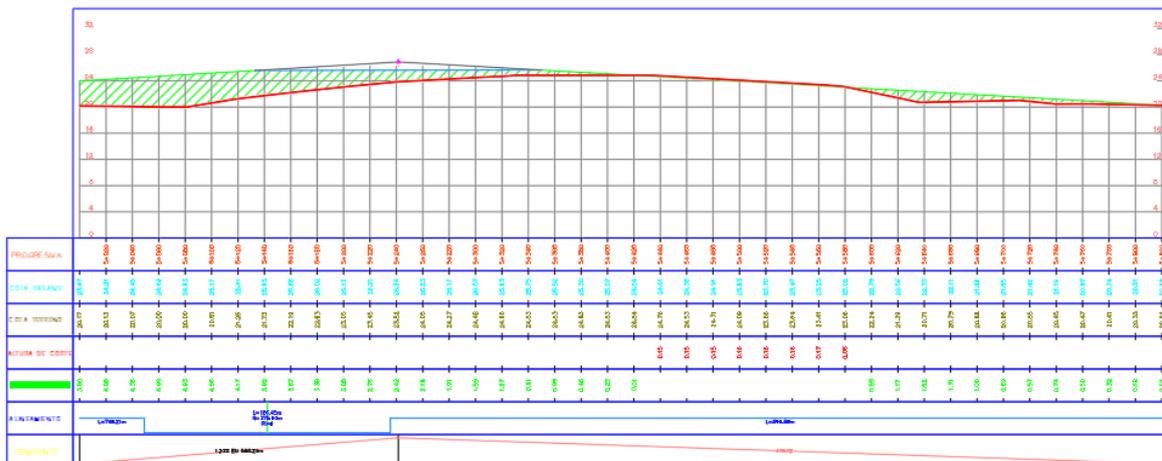


Tabla 2

Tabla de elementos geométricos en curvas verticales convexas de alineamiento 01

Nº CURVA	CURVA 01	CURVA 03	CURVA 05	CURVA 07	CURVA 09
TIPO DE CURVA	CONVEXA	CONVEXA	CONVEXA	CONVEXA	CONVEXA
PUNTO ALTO PROGRESIVA (m)	399.33	1555.72	2801.28	4071.14	5244.43
PUNTO ALTO ELEVACION (m)	19.01	21.2	24.24	25.09	26.24
PIV PROGRESIVA	0+320.00	1+524.59	2+780.00	4+060.00	5+241.48
PIV ELEVACION (m)	20.00	21.64	24.64	25.57	26.88
K	95.00	196.84	173.43	103.58	92.58
LCV	316.35	270.82	240.00	200.00	216.95
PCV PROGRESIVA	0+161.83	1+389.18	2+660.00	3+960.00	5+133.01
ELEVACION DE PCV (m)	16.05	20.49	23.66	24.49	25.57
PTV PROGRESIVA	0+478.17	1+660.00	2+900.00	4+160.00	5+349.96
ELEVACION DE PTV (m)	18.69	20.92	23.96	24.71	25.64

Tabla 3

Tabla de elementos geométricos en curvas verticales cóncavas de alineamiento 01.

Nº CURVA	CURVA 02	CURVA 04	CURVA 06	CURVA 8
TIPO DE CURVA	CONCAVA	CONCAVA	CONCAVA	CONCAVA
PUNTO BAJO PROGRESIVA (m)	829.76	2046.43	3541.6	4675.97
PUNTO BAJO ELEVEACION (m)	16.00	19.03	20.42	20.50
PIV PROGRESIVA	0+830.30	2+062.01	3+560.00	4+686.24
PIV ELEVACION (m)	15.76	18.79	20.2	20.19
K	66.45	109.39	73.08	59.44
LCV	111.37	147.06	120.00	122.54
PCV PROGRESIVA	0+776.61	1+988.48	3+500.00	4+624.97
ELEVACION DE PCV (m)	16.23	19.18	20.54	20.72
PTV PROGRESIVA	0+885.98	2+135.54	3+620.00	4+747.51
ELEVACION DE PTV (m)	16.24	19.39	20.84	20.93

4.1.3. Sección transversal-alternativa 01

En zonas urbanas el peralte máximo permitido es 6% en las calzadas y en las bermas exteriores es de 4%.

Tabla 4

Resultado de cálculo de peraltes de la calzada en alternativa 01.

PROGR ESIVA	IZQUIE RDA	DERE CHA	PROGR ESIVA	IZQUIE RDA	DERE CHA	PROGR ESIVA	IZQUIE RDA	DERE CHA
0+546.1 5	-6.00%	- 6.00%	1+550.1 3	-4.00%	- 4.00%	3+366.2 9	-4.00%	- 4.00%
0+561.6 5	-6.00%	- 6.00%	2+131.7 4	-4.00%	- 4.00%	4+100.6 7	-4.00%	- 4.00%
0+592.6 5	0.00%	0.00%	2+162.7 4	0.00%	0.00%	4+162.6 7	-4.00%	4.00%
0+623.4 5	4.00%	- 4.00%	2+193.7 4	4.00%	- 4.00%	4+290.5 1	-4.00%	4.00%
0+632.4 5	4.00%	- 4.00%	2+325.0 0	4.00%	- 4.00%	4+352.5 1	-4.00%	- 4.00%
0+663.4 5	0.00%	0.00%	2+356.0 0	0.00%	0.00%	4+997.3 8	-4.00%	- 4.00%
0+694.4 5	-6.00%	- 6.00%	2+387.0 0	-4.00%	- 4.00%	5+059.3 8	-4.00%	4.00%
1+303.2 7	-4.00%	- 4.00%	3+153.0 2	-4.00%	- 4.00%	5+225.1 6	-4.00%	4.00%
1+365.2 7	-4.00%	4.00%	3+215.0 2	-4.00%	4.00%	5+287.1 6	-4.00%	- 4.00%
1+488.1 3	-4.00%	4.00%	3+304.2 9	-4.00%	4.00%			

4.1.4. Movimiento de tierras-alternativa 01

Para el respectivo análisis del área de corte y relleno del alineamiento 01, se logró calcular el volumen en m³ del movimiento de tierras. En la siguiente tabla ya con los volúmenes totales usamos también los coeficientes de equivalencias entre el peso unitario seco del terreno natural y el peso unitario seco del terreno compactado donde se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 5

Tabla de cálculo de volumen de corte y relleno en alineamiento 01.

MATERIAL	VOLUMEN (m ³)	COEFICIENTE	VOLUMEN PONDERADO (m ³)
D TIERRA / CORTE	27437.99	0.9	24694.191
RELLENO	549223.03	-1	-549223.03
TOTAL (m ³)			524528.84

Para concluir, en la siguiente tabla resumimos las principales características de la alternativa 01.

Tabla 6

Tabla de parámetro tomados en diseño geométrico de vía expresa alternativa 01.

PAREMETROS DE DISEÑO	
CLASIFICACION	Red vial urbana
	Autopista Clase I
VELOCIDAD DE DISEÑO	90 km/h
VEHICULO DE DISEÑO	B3-1 L=14.00
OROGRAFIA	Tipo I
ALINEAMIENTO HORIZONTAL	
Nº CURVAS HORIZONTALES	6
RADIO MINIMO USADO (m)	375.00
PERALTE MAX (%)	6%
SOBREANCHO (m)	N/A
LONGITUD DE ALINEAMIENTO (km)	5+826.08
Nº PUENTES	1
MAX LONG PUENTES (m)	150
ALINEAMIENTO VERTICAL	
Nº CURVAS VERTICALES	9
PENDIENTE MAX (%)	2.69%
PENDIENTE MIN (%)	0.05%
SECCION TRANSVERSAL	
Nª CALZADAS	2
ANCHO CALZADA (m)	10.80
Nº CARRILES POR CALZADA	3
ANCHO CARRIL (m)	3.60
BERMAS EXTERNAS (m)	3.00
BERMAS INTERNAS (m)	1.00
BOMBEO (%)	2.50%
MOVIMIENTO DE TIERRAS (m3)	524528.34

4.2. Alternativa 2

4.2.1. Alineamiento horizontal -alternativa 02

Figura 38

Diseño geométrico horizontal de alternativa 02.

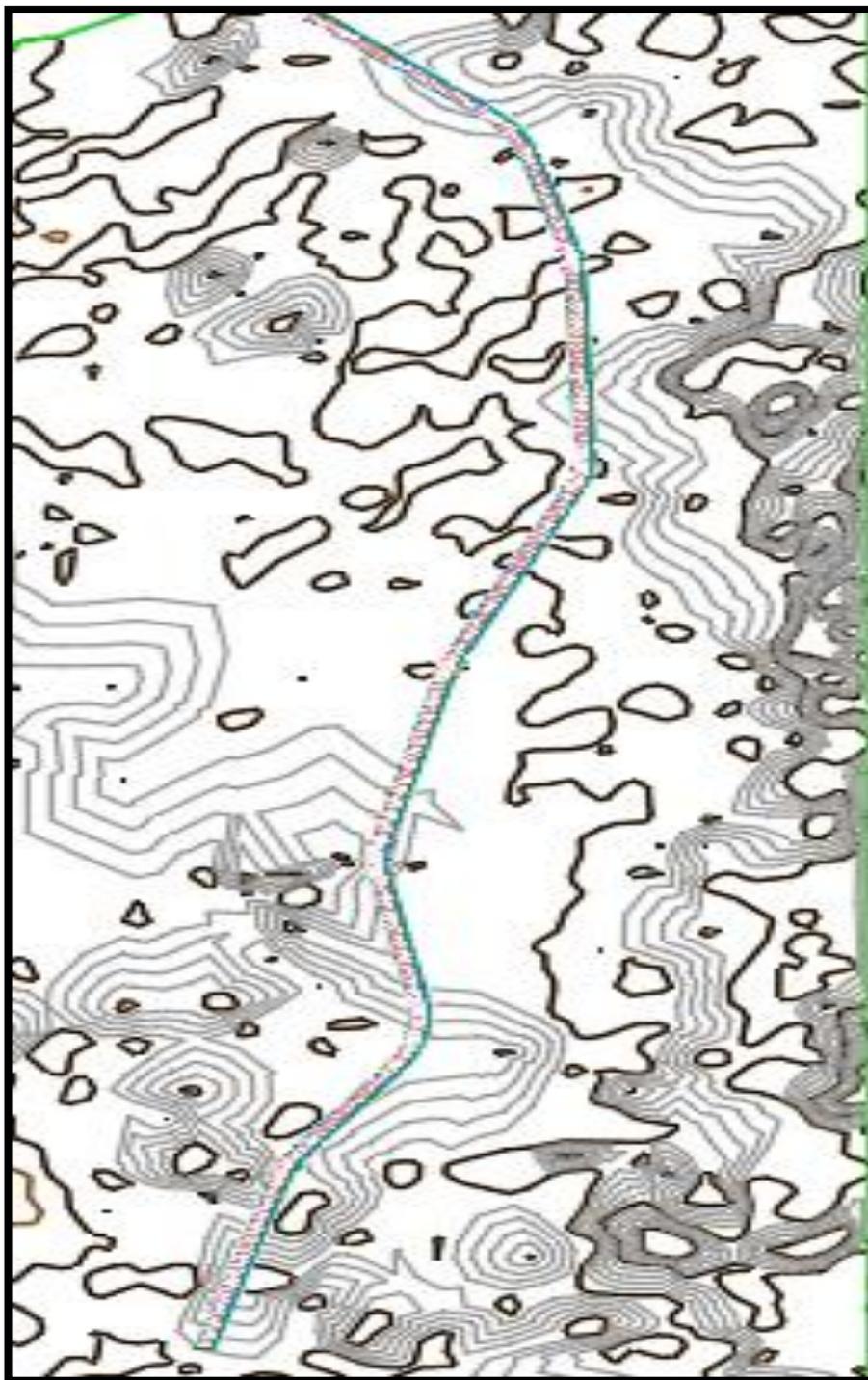


Figura 39

Tabla de elementos geometrico de curvas horizontales de alternativa 02.

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS													
Nº CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI: 1	N25° 17' 51"E	19°36'20"	375.00	64.79	128.32	127.69	5.56	5.48	0+779.33	0+714.54	0+842.86	-902658.37	719860.63
PI: 2	N12° 06' 45"E	45°58'31"	375.00	159.08	300.91	292.90	32.35	29.78	1+416.15	1+257.07	1+557.98	-902136.32	720227.54
PI: 3	N1° 13' 31"E	24°12'02"	375.00	80.40	158.39	157.22	8.52	8.33	2+134.25	2+053.85	2+212.25	-901414.17	720088.80
PI: 4	N18° 36' 46"E	10°34'26"	375.00	34.70	69.21	69.11	1.60	1.60	2+936.20	2+901.50	2+970.70	-900631.48	720274.19
PI: 5	N10° 52' 35"E	26°02'48"	375.00	86.74	170.48	169.01	9.90	9.65	3+806.31	3+719.57	3+890.05	-899835.79	720626.78
PI: 6	N8° 42' 21"W	13°07'02"	375.00	43.11	85.85	85.67	2.47	2.45	4+668.03	4+624.91	4+710.77	-898971.68	720594.39
PI: 7	N31° 43' 55"W	32°56'05"	375.00	110.85	215.56	212.60	16.04	15.38	5+208.40	5+097.55	5+313.11	-898450.01	720452.02

4.2.2. Alineamiento vertical-alternativa 02

Figura 40

Trazo de alineamiento vertical progresiva 0 +000.00 – 1+000.00 de alternativa 02

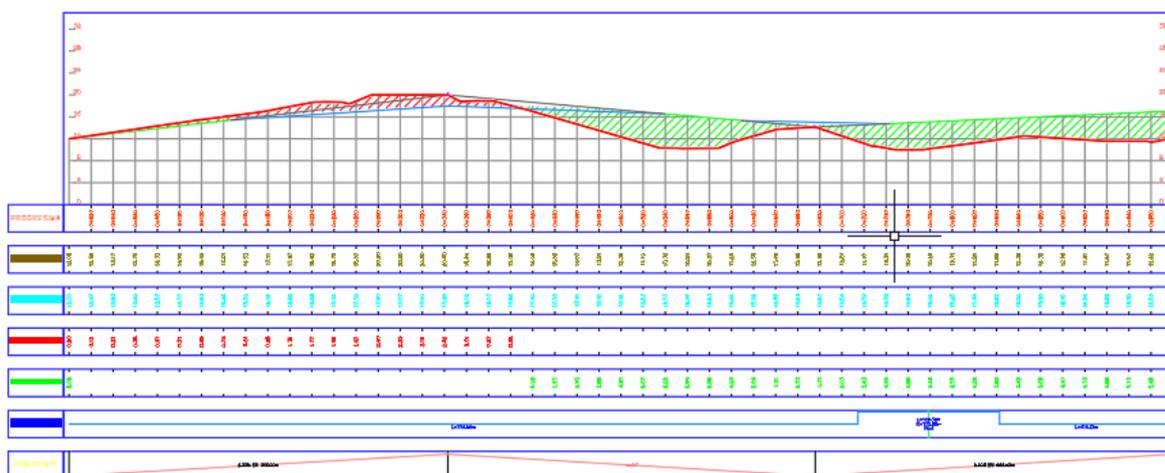


Figura 41

Trazo de alineamiento vertical progresiva 1 +000.00 – 2+000.00 de alternativa 02

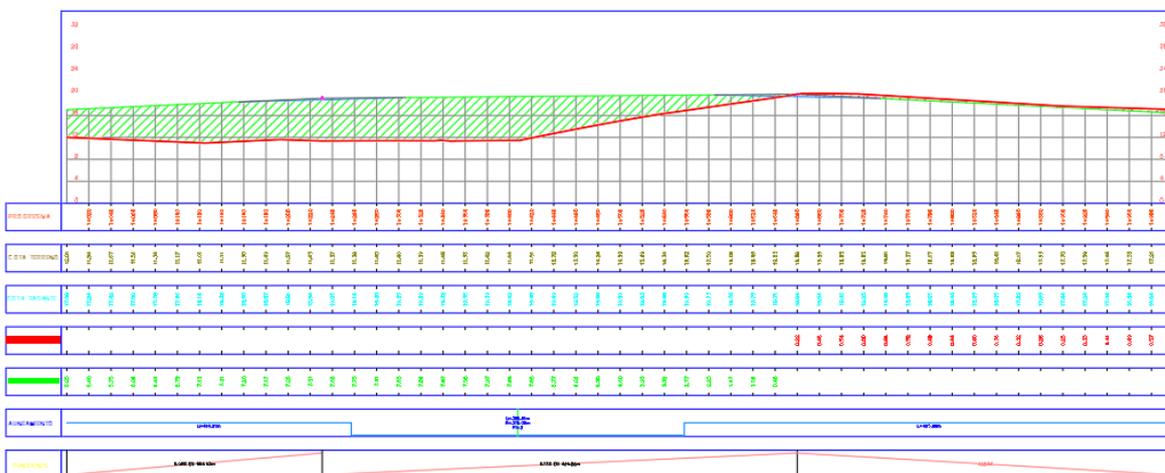


Figura 42

Trazo de alineamiento vertical progresiva 2 +000.00 – 3+000.00 de alternativa 02

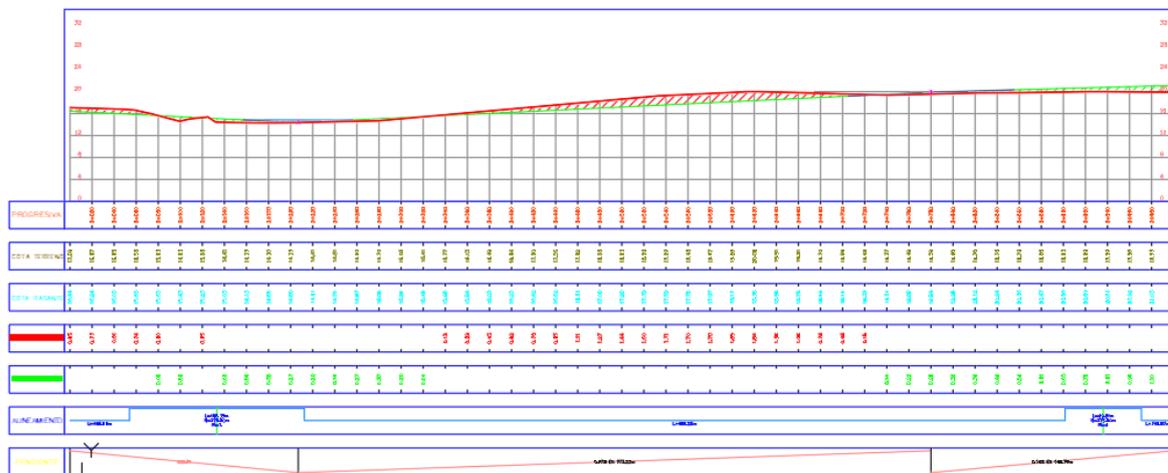


Figura 43

Trazo de alineamiento vertical progresiva 3 +000.00 – 4+000.00 de alternativa 02

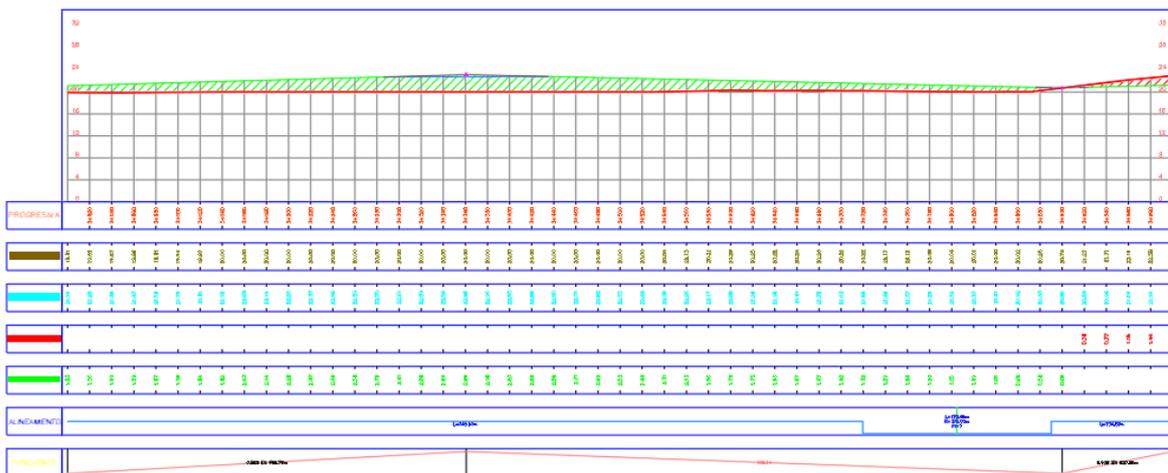


Figura 44

Trazo de alineamiento vertical progresiva 4 +000.00 – 5+000.00 de alternativa 02

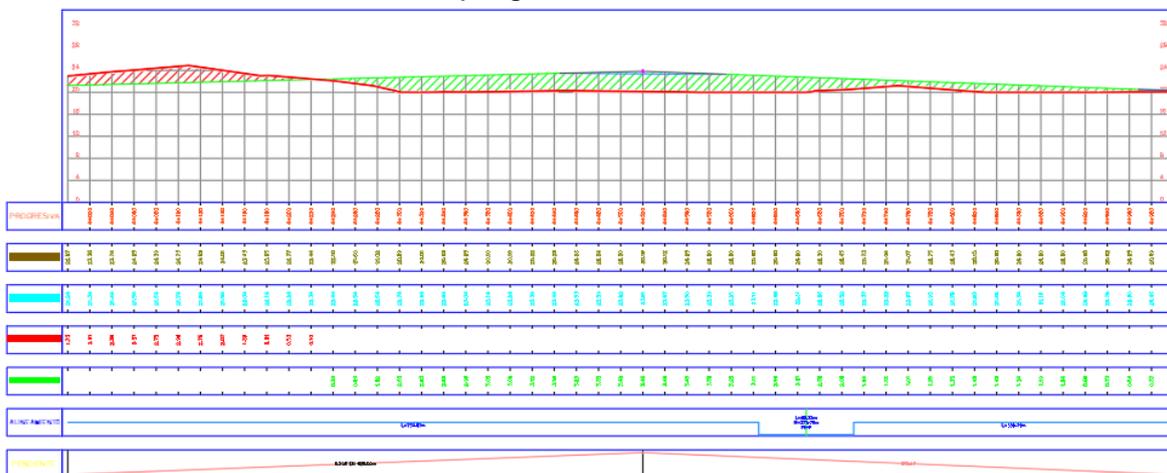


Figura 45

Trazo de alineamiento vertical progresiva 5 +000.00 – 5+902.07 de alternativa

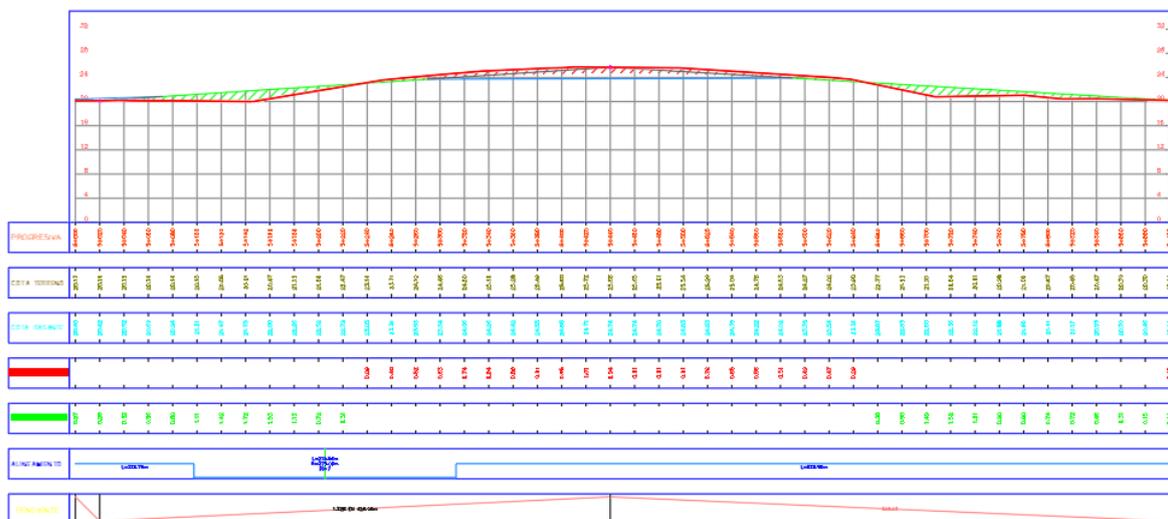


Tabla 7

Tabla de elementos geométricos en curvas verticales convexas de alineamiento 02.

Nº CURVA	CURVA 01	CURVA 03	CURVA 04	CURVA 06	CURVA 07	CURVA 09	CURVA 11
TIPO DE CURVA	CONVEXA						
PUNTO ALTO PROGRESIVA (m)	399.33	1305.78	1606.55	2855.00	3368.99	4505.64	5447.72
PUNTO ALTO ELEVACION (m)	19.01	19.26	19.75	20.33	22.97	23.62	24.74
PIV PROGRESIVA	0+320.00	1+230.78	1+660.00	2+780.00	3+360.76	4+520.00	5+440.00
PIV ELEVACION (m)	20.00	19.14	19.86	19.91	23.15	23.84	25.68
K	95.00	205.26	127.52	364.26	149.15	121.17	120.00
LCV	316.35	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	300.35
PCV PROGRESIVA	0+161.83	1+155.78	1+585.00	2+705.00	3+285.76	4+445.00	5+289.83
ELEVACION DE PCV (m)	16.05	18.46	19.74	19.19	22.73	23.47	23.71
PTV PROGRESIVA	0+478.17	1+305.78	1+735.00	2+855.00	3+435.76	4+595.00	5+590.17
ELEVACION DE PTV (m)	18.69	19.26	19.11	20.33	22.82	23.29	23.9

Tabla 8

Tabla de elementos geométricos en curvas verticales cóncavas de alineamiento 02.

Nº CURVA	CURVA 02	CURVA 05	CURVA 08	CURVA 10
TIPO DE CURVA	CONCAVA	CONCAVA	CONCAVA	CONCAVA
PUNTO BAJO PROGRESIVA (m)	697.35	2207.72	3898.68	5005.54
PUNTO BAJO ELEVACION (m)	14.54	14.60	20.80	20.40
PIV PROGRESIVA	0+675.85	2206.78	3+900.00	5+020.00
PIV ELEVACION (m)	14.14	14.35	20.74	20.16
K	50.00	50.00	50.00	50.00
LCV	132.98	98.85	47.40	102.66
PCV PROGRESIVA	0+609.36	2+157.36	3+876.30	4+968.67
ELEVACION DE PCV (m)	15.31	14.85	20.85	20.53
PTV PROGRESIVA	0+742.34	2+256.21	3+923.70	5+071.33
ELEVACION DE PTV (m)	14.74	14.83	20.86	20.83

4.2.3. Sección transversal-alternativa 02

En zonas urbanas el peralte máximo permitido es 6% en las calzadas y en las bermas exteriores es de 4%.

Tabla 9

Resultado de cálculo de peraltes de la calzada en alternativa 02.

PROGR ESIVA	IZQUIE RDA	DERE CHA	PROGR ESIVA	IZQUIE RDA	DERE CHA	PROGR ESIVA	IZQUIE RDA	DERE CHA
0+647.3 7	-6.00%	- 4.21%	2+186.4 1	4.00%	- 6.00%	4+557.7 5	-4.00%	- 6.00%
0+693.8 7	0.00%	- 4.09%	2+201.9 1	4.00%	- 4.00%	4+604.2 5	-4.00%	0.00%
0+724.8 7	4.00%	- 4.00%	2+232.9 1%	0.00%	- 4.00%	4+635.2 5	-4.00%	4.00%
0+740.3 7	4.00%	- 6.00%	2+279.4 1	-6.00%	- 4.00%	4+650.7 5	-6.00%	4.00%
0+817.0 3	4.00%	- 6.00%	2+834.3 3	-6.00%	- 4.00%	4+684.9 3	-6.00%	4.00%
0+832.5 3	4.00%	- 4.00%	2+880.8 3	0.00%	- 4.00%	4+700.4 3	-4.00%	4.00%
0+863.5 3	0.00%	- 4.17%	2+911.8 3	4.00%	- 4.00%	4+731.4 3	-4.00%	0.00%
0+910.0 3	-6.00%	- 4.43%	2+927.3 3	4.00%	- 6.00%	4+777.9 3	-4.00%	- 6.00%
1+189.9 0	-4.43%	6.00%	2+944.8 7	4.00%	- 6.00%	5+030.3 8	-4.00%	- 6.00%
1+236.4 0	-4.17%	0.00%	2+960.3 7	4.00%	- 4.00%	5+076.8 8	-4.00%	0.00%
1+267.4 0	-4.00%	4.00%	2+991.3 7	0.00%	- 4.09%	5+107.8 8	-4.00%	4.00%
1+282.9 0	-6.00%	4.00%	3+037.8 7	-6.00%	- 4.22%	5+123.3 8	-6.00%	4.00%
1+532.1 4	-6.00%	4.00%	3+652.4 1	-4.22%	- 6.00%	5+287.2 8	-6.00%	4.00%
1+547.6 4	-4.00%	4.00%	3+698.9 1	-4.09%	0.00%	5+302.7 8	-4.00%	4.00%
1+578.6 4	-4.14%	0.00%	3+729.9 1	-4.00%	4.00%	5+333.7 8	-4.10%	0.00%
1+625.1 4	-4.35%	- 6.00%	3+745.4 1	-6.00%	4.00%	5+380.2 8	-4.26%	- 6.00%
1+986.6 9	-6.00%	- 4.35%	3+864.2 2	-6.00%	4.00%			
2+033.1 9	0.00%	- 4.14%	3+879.7 2	-4.00%	4.00%			
2+064.1 9	4.00%	- 4.00%	3+910.7 2	-4.00%	0.00%			
2+079.6 9	4.00%	- 6.00%	3+957.2 2	-4.00%	- 6.00%			

4.2.4. Movimiento de tierras-alternativa 02

Para el respectivo análisis del área de corte y relleno del alineamiento 02, se logró calcular el volumen en m³ del movimiento de tierras. En la siguiente tabla ya con los volúmenes totales usamos también los coeficientes de equivalencias entre el peso unitario seco del terreno natural y el peso unitario seco del terreno compactado donde se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 10

Tabla de cálculo de volumen de corte y relleno en alineamiento 02.

MATERIAL	VOLUMEN (m3)	COEFICIENTE	VOLUMEN PONDERADO (m3)
D TIERRA / CORTE	107406.14	0.9	96665.53
RELLENO	337498.97	-1	-337498.97
TOTAL (m3)			240833.44

Para concluir, en la siguiente tabla resumimos las principales características de la alternativa 02.

Tabla 11

Tabla de parámetro tomados en diseño geométrico de vía expresa alternativa 02.

PAREMETROS DE DISEÑO	
CLASIFICACION	Red vial urbana
	Autopista Clase I
VELOCIDAD DE DISEÑO	90 km/h
VEHICULO DE DISEÑO	B3-1 L=14.00
OROGRAFIA	Tipo I
ALINEAMIENTO HORIZONTAL	
Nº CURVAS HORIZONTALES	7
RADIO MINIMO USADO (m)	375.00
PERALTE MAX (%)	6%
SOBREANCHO (m)	N/A
LONGITUD DE ALINEAMIENTO (Km)	5+902.07
Nº PUENTES	1
MAX LONG PUENTES (m)	150
ALINEAMIENTO VERTICAL	
Nº CURVAS VERTICALES	11
PENDIENTE MAX (%)	2.33%
PENDIENTE MIN (%)	0.05%
SECCION TRANSVERSAL	
Nª CALZADAS	2
ANCHO CALZADA (m)	10.80
Nº CARRILES POR CALZADA	3
ANCHO CARRIL (m)	3.60
BERMAS EXTERNAS (m)	3.00
BERMAS INTERNAS (m)	1.00
BOMBEO (%)	2.50%
MOVIMIENTO DE TIERRAS (m3)	240833.44

4.3. Alternativa 3

4.3.1. Alineamiento horizontal -alternativa 03

Figura 46

Diseño geométrico horizontal de alternativa 03

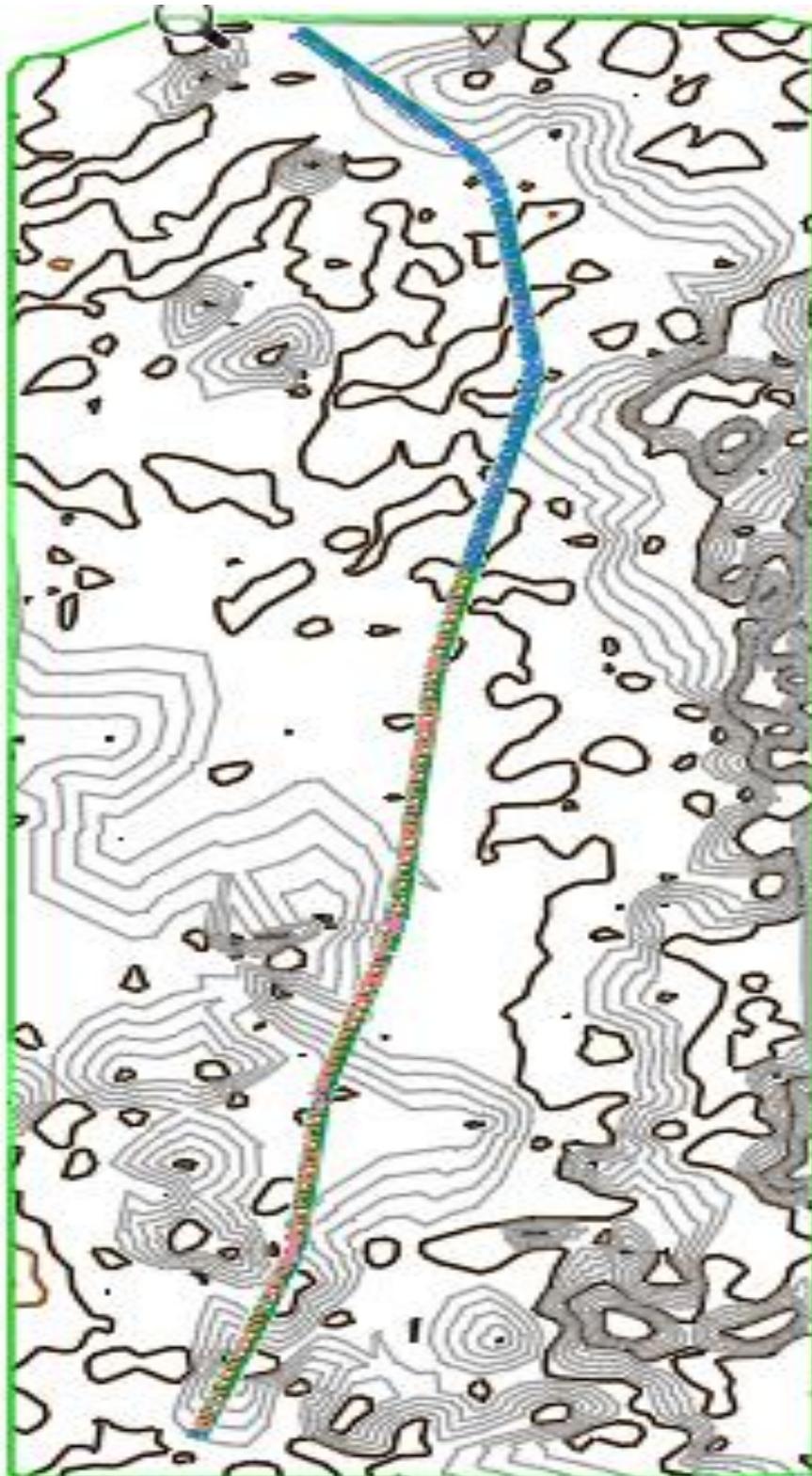


Figura 47

Tabla de elementos geometrico de curvas horizontales de alternativa 03.

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS													
Nº CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI: 1	N13° 37' 53"E	13°56'01"	375.00	45.82	91.20	90.97	2.79	2.77	0+768.97	0+723.14	0+814.34	-902689.56	719922.97
PI: 2	N12° 12' 45"E	11°05'46"	375.00	36.43	72.62	72.51	1.77	1.76	1+387.80	1+351.37	1+423.99	-902074.47	719994.84
PI: 3	N11° 53' 06"E	11°45'04"	375.00	38.59	76.91	76.78	1.98	1.97	2+062.97	2+024.37	2+101.29	-901431.26	720200.86
PI: 4	N9° 53' 54"E	7°46'39"	375.00	25.49	50.90	50.86	0.87	0.86	3+074.08	3+048.59	3+099.49	-900425.44	720306.75
PI: 5	N2° 42' 58"E	22°08'30"	375.00	73.37	144.92	144.02	7.11	6.98	4+222.50	4+149.13	4+294.04	-899310.03	720580.45
PI: 6	N26° 47' 18"W	36°52'02"	375.00	124.99	241.29	237.15	20.28	19.24	5+026.83	4+901.84	5+143.14	-898512.42	720463.31

4.3.2. Alineamiento vertical-alternativa 03

Figura 48

Trazo de alineamiento vertical progresiva 0 +000.00 – 1+000.00 de alternativa 03

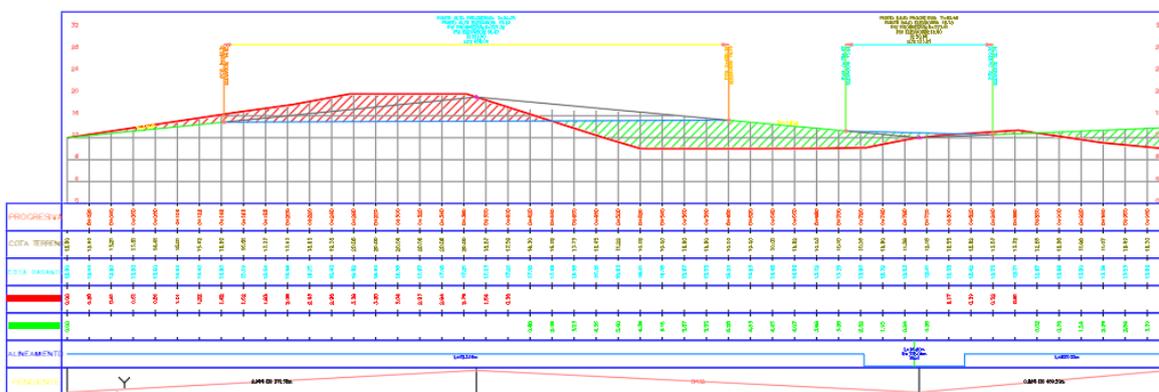


Figura 49

Trazo de alineamiento vertical progresiva 1 +000.00 – 2+000.00 de alternativa 03

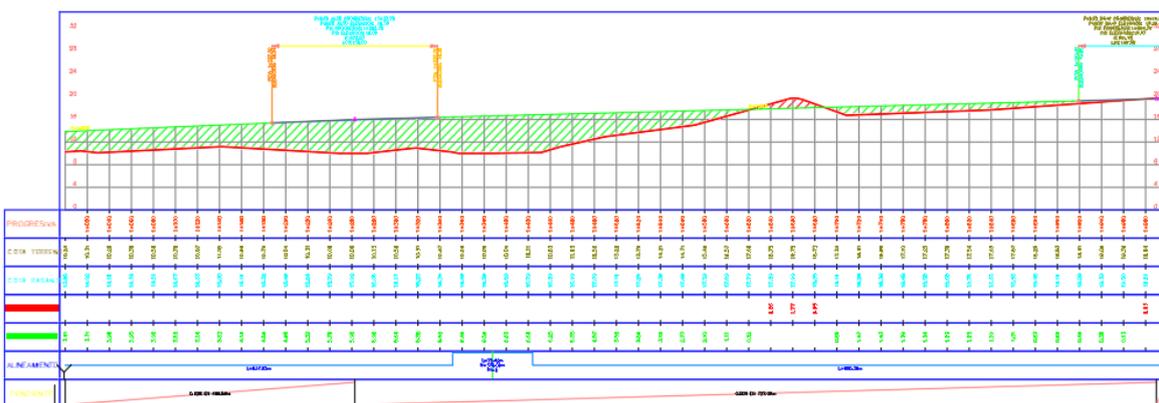


Figura 53

Trazo de alineamiento vertical progresiva 5 +000.00 – 5+768.98 de alternativa 03

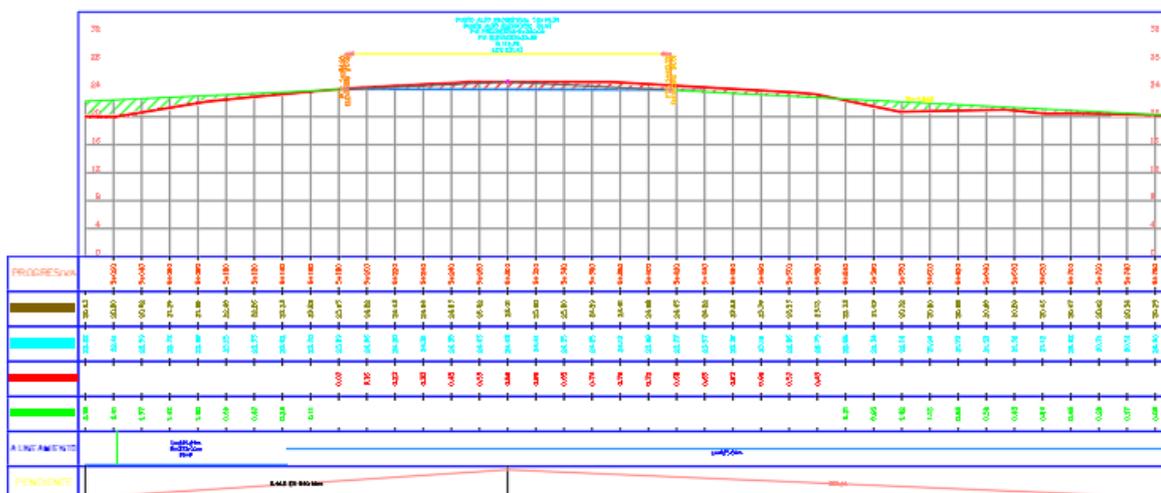


Tabla 12

Tabla de elementos geométricos en curvas verticales convexas de alineamiento 03.

Nº CURVA	CURVA 01	CURVA 03	CURVA 05	CURVA 07	CURVA 09
TIPO DE CURVA	CONVEXA	CONVEXA	CONVEXA	CONVEXA	CONVEXA
PUNTO ALTO PROGRESIVA (m)	380.35	1337.70	2598.08	3987.09	5294.36
PUNTO ALTO ELEVACION (m)	17.23	16.38	23.66	25.85	24.43
PIV PROGRESIVA	0+371.32	1+262.70	2+588.26	3+980.03	5+300.00
PIV ELEVACION (m)	19.43	16.00	23.89	26.30	25.00
K	119.00	472.23	119.15	119.00	119.00
LCV	458.04	150.00	150.00	206.30	231.43
PCV PROGRESIVA	0+142.31	1+187.70	2+513.26	3+876.88	5+184.28
ELEVACION DE PCV (m)	14.85	15.39	23.36	25.34	23.92
PTV PROGRESIVA	0+600.34	1+337.70	2+663.26	4+083.18	5+415.72
ELEVACION DE PTV (m)	15.19	16.38	23.48	25.47	23.81

Tabla 13

Tabla de elementos geométricos en curvas verticales concavas de alineamiento 03.

Nº CURVA	CURVA 02	CURVA 04	CURVA 06	CURVA 8
TIPO DE CURVA	CONCAVA	CONCAVA	CONCAVA	CONCAVA
PUNTO BAJO PROGRESIVA (m)	798.9	1919.41	3290.52	4757.06
PUNTO BAJO ELEVEACION (m)	12.38	19.28	20.13	20.19
PIV PROGRESIVA	0+773.11	1+989.70	3+300.00	4+760.00
PIV ELEVACION (m)	12	19.63	20	20
K	50.00	661.95	50.00	50.00
LCV	133.29	140.59	73.66	86.62
PCV PROGRESIVA	0+706.47	1+919.41	3+263.17	4+716.69
ELEVACION DE PCV (m)	13.23	19.28	20.2	20.35
PTV PROGRESIVA	0+839.76	2+060.00	3+336.83	4+803.31
ELEVACION DE PTV (m)	12.54	20.13	20.34	20.4

4.3.3. Sección transversal-alternativa 03

En zonas urbanas el peralte máximo permitido es 6% en las calzadas y en las bermas exteriores es de 4%.

Tabla 14

Resultado de cálculo de peraltes de la calzada en alternativa 03.

PROGRESIVA	IZQUIERDA	DERECHA	PROGRESIVA	IZQUIERDA	DERECHA
0+655.98	-4.21%	-6.00%	2+090.95	-4.00%	4.00%
0+702.48	-4.08%	0.00%	2+121.95	-4.07%	0.00%
0+733.48	-4.00%	0.00%	2+168.45	-4.17%	-6.00%
0+748.98	-6.00%	4.00%	2+981.42	-6.00%	-4.17%
0+788.51	-6.00%	4.00%	3+027.92	0.00%	-4.07%
0+804.01	-4.00%	4.00%	3+058.92	4.00%	-4.00%
0+835.01	-4.13%	0.00%	3+074.42	0.00%	-4.07%
1+284.20	-4.32%	-6.00%	3+120.16	0.00%	-4.06%
1+330.70	0.00%	-4.13%	4+081.96	-4.16%	-6.00%
1+361.70	4.00%	-4.00%	4+159.46	-4.06%	0.00%
1+377.20	4.00%	-6.00%	4+174.96	-4.00%	4.00%
1+398.16	4.00%	-6.00%	4+268.21	-6.00%	4.00%
1+413.66	4.00%	-4.00%	4+314.71	-6.00%	4.00%
1+444.66	0.00%	-4.11%	4+361.21	-4.00%	4.00%
1+491.16	-6.00%	-4.29%	4+834.68	-4.00%	-6.00%
1+957.21	-4.29%	-6.00%	4+881.18	-4.00%	0.00%
2+003.71	-4.11%	0.00%	4+912.18	-4.00%	4.00%

2+034.71	-4.00%	4.00%	5+117.31	-6.00%	4.00%
2+050.21	-6.00%	4.00%	5+132.81	-4.00%	4.00%
2+075.45	-6.00%	4.00%	5+163.81	-4.10%	0.00%

4.3.4. Movimiento de tierras-alternativa 03

Para el respectivo análisis del área de corte y relleno del alineamiento 03, se logró calcular el volumen en m³ del movimiento de tierras. En la siguiente tabla ya con los volúmenes totales usamos también los coeficientes de equivalencias entre el peso unitario seco del terreno natural y el peso unitario seco del terreno compactado donde se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 15

Tabla de cálculo de volumen de corte y relleno en alineamiento 03.

MATERIAL	VOLUMEN (m ³)	COEFICIENTE	VOLUMEN PONDERADO (m ³)
D TIERRA / CORTE	61264.72	0.9	55138.25
RELLENO	413421.84	-1	-413421.84
TOTAL (m ³)			358283.59

Para concluir, en la siguiente tabla resumimos las principales características de la alternativa 03.

Tabla 16

Tabla de parámetro tomados en diseño geométrico de vía expresa alternativa 03.

PAREMETROS DE DISEÑO	
CLASIFICACION	Red vial urbana
	Autopista Clase I
VELOCIDAD DE DISEÑO	90 km/h
VEHICULO DE DISEÑO	B3-1 L=14.00
OROGRAFIA	Tipo I
ALINAMIENTO HORIZONTAL	
Nº CURVAS HORIZONTALES	7
RADIO MINIMO USADO (m)	375.00
PERALTE MAX (%)	6%
SOBREANCHO (m)	N/A
LONGITUD DE ALINAMIENTO (Km)	5+768.98
Nº PUENTES	1
MAX LONG PUENTES (m)	150
ALINEAMIENTO VERTICAL	
Nº CURVAS VERTICALES	9
PENDIENTE MAX (%)	2.00%
PENDIENTE MIN (%)	0.05%
SECCION TRANSVERSAL	
Nª CALZADAS	2
ANCHO CALZADA (m)	10.80
Nº CARRILES POR CALZADA	3
ANCHO CARRIL (m)	3.60
BERMAS EXTERNAS (m)	3.00
BERMAS INTERNAS (m)	1.00
BOMBEO (%)	2.50%
MOVIMIENTO DE TIERRAS (m3)	358283.59

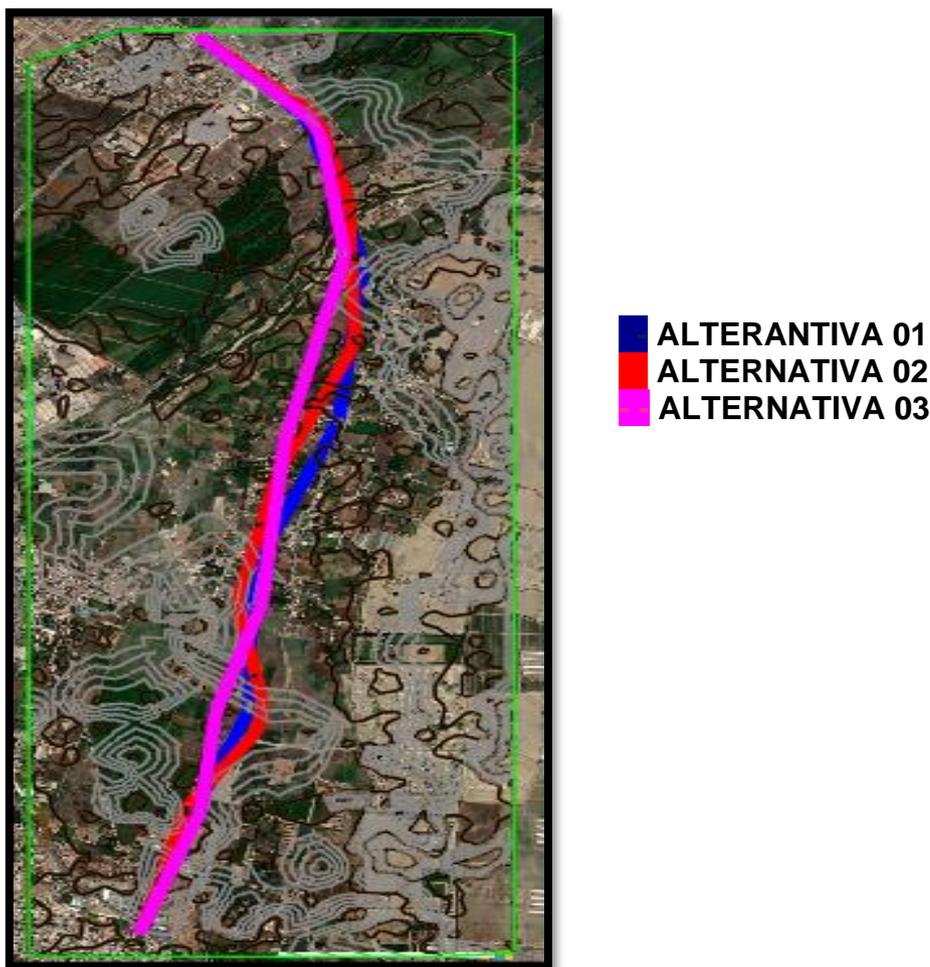
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La construcción de una vía expresa que una el distrito de Trujillo y Moche es muy importante para el crecimiento de la ciudad en general, ya que nuestra población está sobrepasando ya el millón de habitantes. Por lo cual la planificación de esta infraestructura no solo es necesario, sino indispensable.

Figura 54

Planteamiento de rutas trazadas en plano topográfico.



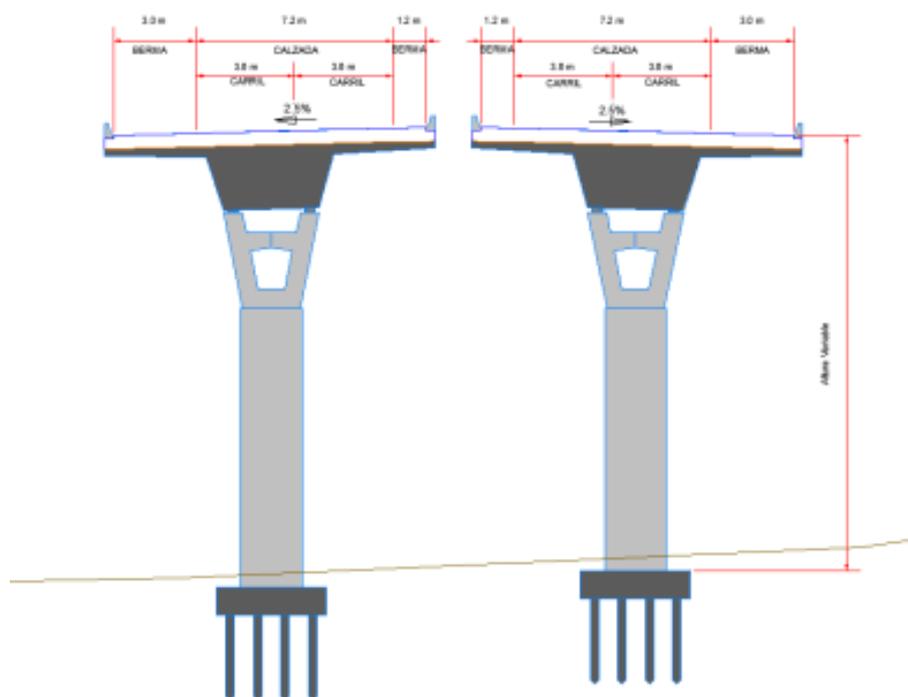
Referente a las alternativas de trazos propuestas, se diseñaron 3 autopistas de primera clase en un terreno plano donde la alternativa 01 tiene una longitud de 5.83 km, la alternativa 02 5.90 km y la alternativa 03 5.77 km tomando todos los parámetros exigidos por la norma técnica peruana DG-2018. En las 3 alternativas propuestas, la vía expresa cuenta con calzadas separadas donde cada una tiene un ancho de 10.80 m y conteniendo en cada una de ellas 3 carriles de 3.60 m. Aparte cuenta con un separador central de 7.20 m de ancho, una berma interna de

1.00 m y bermas externas de 3.00 m. Se opto por tomar una velocidad de diseño de 90 km/h debido la situación de que vivimos hoy en día que es la expansión de la urbe sobre la zona proyectada y así también evitar curvas con radios muy amplios. Se tomo como vehículo de diseño los ómnibus de tres ejes (B3-1) ya que no se quiere tener en la vía vehículos de carga pesada.

Así mismo, cada una de las tres alternativas posee 3 puentes. El primero es en el punto inicial de la vía expresa donde conecta con la calle Elías Aguirre en el distrito de Moche, el punto final que conecta a la Av. Santa Rosa en el distrito de Trujillo y en el tramo donde se ubica el rio de Moche. Tanto como en su sección transversal y vertical de los respectivos puentes se escogió todos los parámetros para su diseño geométrico brindados en la AASHTO 2011 y el manual de diseño de carreteras DG-2018.

Figura 55

Sección típica en puente para las 3 alternativas



Cabe recalcar que para el punto de inicio y salida de la vía expresa la autopista paso a ser una autopista de paso elevado para que así no alterar el tráfico en las vías, como es la carretera Panamericana Norte en Moche y la carretera Industrial en Trujillo. Para nuestro caso la pendiente vertical que se usara es de 4.5% al tener como velocidad de diseño 90 km/h (Figura 29) y una altura que viene desde la rasante de la carretera panamericana Norte o carretera Industrial hacia el

fondo de vigas del puente será de 4.60 m, según los parámetros dados en la AASHTO 2011.

Figura 56

Modelado de autopista de paso elevado en la carretera Panamericana norte con intercambios viales para cada lado de las vías.



La vía expresa al encontrarse en medio dos zonas urbanas, se concluyó que tiene que haber 04 intercambios viales a desnivel para así también cumplir con los parámetros dados en la DG-2018. Por ello en el recorrido de la vía expresa se colocarán intercambios viales a desnivel de cuatro ramas o también llamado intercambio de diamante convencional. Este tipo de intercambios viales estarán tanto como en el inicio como en el fin de dicha vía y dos se ubicarán en el transcurso de toda la autopista para conectar las principales urbanizaciones y centros turísticos.

Al haber incluido este tipo de intercambio vial la vía expresa contará con carriles de cambio de velocidad donde permitirá acomodar la velocidad proveniente de la rampa o sentido contrario. Se optó por tomar la velocidad de diseño de 30 km/h en las vías secundarias que conectarán las rampas, ya que dichas vías son calles urbanas. Por lo cual la velocidad de diseño en rampas nos dará como resultado 60 km/h (Figura 21). La rampa de entrada será tipo cónica con una longitud de 225 m y en la rampa de salida será de tipo directa donde su longitud es de 135 m.

Figura 57

Modelado de intercambio vial a desnivel de cuatro ramas o intercambio vial de diamante convencional



Al analizar los parámetros de cada alternativa, se optó por escoger la alternativa 03, vía que inicia en la av. Valle alto donde se ubica la entrada a la campiña de Moche y finaliza al enlazar con la av. Santa Rosa que se ubica en la parte sureste del Distrito de Trujillo.

La alternativa mencionada cuenta con 07 curvas horizontales donde su radio mínimo fue de 375 m, un peralte de 6% en curvas, 09 curvas verticales con una pendiente máxima de 2% y en la mayor parte del recorrido se realizó un relleno de tierra que es igual a 358283.59 m³.

Finalmente, se elaboraron los planos de planta, perfil secciones transversales de la alternativa 03. En anexos se muestra las secciones transversales a realizar en la vía expresa cada 20 m en tramos rectos y 10 m en las curvas. Respecto a los planos de perfil, se muestra tramos de 1 km que dan cuenta a las cotas y alineamientos del proyecto.

6.2 RECOMENDACIONES

Tomar en cuenta que el diseño geométrico de la ruta elegida son una alternativa de solución propuesta al tráfico que se da en la carretera panamericana norte y a la expansión de las zonas urbanas en las localidades del distrito de Moche y Trujillo. Se recomienda integrar al diseño elegido con un levantamiento topográfico a fin de legitimar la topografía obtenida a través de global mapper ya que así brindara valores más precisos del movimiento de tierras.

Por otro lado, se recomienda también tomar en cuenta la ubicación de los canales de regadío que se encuentra a los laterales del recorrido de la vía ya antes mencionada.

Finalmente, en un diseño definitivo de la vía expresa, se debe contemplar una línea metropolitana para así poder brindar un transporte público, moderno y rápido que moviliza a los ciudadanos de a pie.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Diario el Correo (08 de Enero de 2014). Vía Expresa sería la solución al transporte en Huancayo. <https://diariocorreo.pe/peru/via-expresa-seria-la-solucion-al-transporte-56999/#:~:text=La%20V%C3%ADa%20Expresa%20ser%C3%A1%20la,de%20soles%20para%20su%20ejecuci%C3%B3n.>
- Congreso de la República (17 de Marzo de 2014). Congreso busca reactivar vía expresa de Huancayo. <https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Prensa/heraldo.nsf/CNtitulares2/49EEA4C0B5FE550B05257E0B0069A36F/?OpenDocument>
- Espinal, M. M. (2017). Transporte público de buses versus congestión y contaminación en Lima y Callao. *Economía*, 40(79), 47-86.
- Cutipá Luque, J. P., & Lozano Laffore, E. Optimización del Comportamiento Operacional de una Intersección Tipo Trébol aplicando Semaforización Inteligente con la Metodología Ramp Metering.
- Chacón Luna, A. E. Diseño geométrico de una vía de evitamiento en Máncora de acuerdo al contexto físico y urbano de la ciudad.
- Statista (21 de Julio de 2021). Traffic jam delays in selected Latin American cities in 2019 and 2020, based on average number of hours lost per year. <https://www.statista.com/statistics/970839/cities-hours-lost-traffic-jams-latin-america/>
- Parrado Sánchez, E. A. Análisis de instrumentos y estrategias de conexión y movilidad urbana en los puntos principales de entrada y salida de las grandes ciudades de Colombia. caso Bogotá d.c.
- Federal Highway Administration (23 de Marzo de 2020). Traffic Congestion and Reliability:Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation. https://ops.fhwa.dot.gov/congestion_report/executive_summary.htm

- Condorena Paredes, D. P. (2021) Propuesta de mejora del diseño geométrico de la carretera vecinal Morales-San Pedro de Cumbaza. [Tesis de Título, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1348>
- Crispin D. y Saenz I. (2021) Propuesta de diseño geométrico y señalización para incrementar la demanda vehicular y mejorar la seguridad vial en la Carretera La Mejorada-Paucara. [Tesis de Bachiller, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/c8f7e7df-4e75-433f-b5ff-2867177ef291>
- Chacón Luna, A. E. (2020) Diseño geométrico de una vía de evitamiento en Máncora de acuerdo al contexto físico y urbano de la ciudad. [Tesis de Título, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17696>
- Flores Velasque C. (2018) Análisis y evaluación de los carriles de cambio de velocidad en una vía expresa de Lima. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/17110>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras "Diseño Geométrico (DG-2018). Perú: MTC.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington DC: AASHTO

8. ANEXOS

Anexo 1.



Anexo 2.



Anexo 3.

