



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Diseño de la vía Larán – San Pablo, provincia de Chiclayo, región
Lambayeque".

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Silva Tarrillo, Arnold Deyvi (ORCID: 0000-0002-0965-1593)

ASESOR:

Mgtr. Díaz García, Gonzalo Hugo (ORCID: 0000-0002-3441-8005)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

CHICLAYO – PERÚ

2021

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza que necesito día a día para continuar con la meta trazada. A ÉL siempre mi amor, entrega, obediencia y respeto.

A mi madre Carmen Tarrillo Cervantes, mi padre Marino Silva Pérez, a quienes amo mucho, por su gran apoyo moral e incondicional y su esfuerzo para el cumplimiento de esta meta. A mis hermanas, Jaqueline y Melissa son quienes me brindan las fuerzas para no detenerme y seguir avanzando mostrando siempre su afecto hacia mi persona.

Deyvi Silva

Agradecimiento

En primer lugar, muy agradecido con Dios, por las grandes oportunidades que hoy en día tengo para poder salir adelante, por el estudio y trabajo que gracias a ÉL aún persisten.

A mis abuelitos, que ahora son mis ángeles, por protegerme siempre y ayudarme a ser fuerte en todo momento.

Deyvi Silva

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Variable y operacionalización.....	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimientos.....	17
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN.....	63
VI. CONCLUSIONES	65
VII. RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	73

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Vías de acceso</i>	22
Tabla 2. <i>Resumen del volumen de tráfico promedio total (ida y vuelta)</i>	24
Tabla 3. <i>Volumen de tráfico promedio diario de una semana (ida y vuelta)</i>	25
Tabla 4. <i>Cálculo del IMDA</i>	26
Tabla 5. <i>Cálculo de la proyección del IMDA</i>	29
Tabla 6. <i>Proyección del IMDA</i>	31
Tabla 7. <i>Proyección del tráfico normal y generado</i>	31
Tabla 8. <i>Especificaciones del diseño geométrico de la carretera Larán – San Pablo</i>	34
Tabla 9. <i>Elementos de curva de la carretera Larán – San Pablo</i>	35
Tabla 10. <i>Calicatas exploradas</i>	36
Tabla 11. <i>Resumen de ensayos de laboratorio</i>	38
Tabla 12. <i>Resultados del CBR de la subrasante</i>	43
Tabla 13. <i>Resultados de los ensayos químicos</i>	43
Tabla 14. <i>Ubicación de la estación meteorológica “Reque”</i>	44
Tabla 15. <i>Precipitación acumulada máxima anual (P. máx.) y precipitación máxima en 24 horas (P_{máx24h}), período 1991 - 2020 (Estación Reque)</i>	44
Tabla 16. <i>Resumen de los resultados de la prueba de bondad de ajuste "SMIRNOV - KOLMOGOROV"</i>	46
Tabla 17. <i>Parámetros de la prueba de bondad de ajuste "SMIRNOV - KOLMOGOROV"</i>	47
Tabla 18. <i>Intensidades para diferentes periodos de retorno obtenidos por el método de Gumbel</i>	48
Tabla 19. <i>Riesgo de falla para diferentes períodos de retorno (Tr) y vida útil (n)</i> .50	
Tabla 20. <i>Riesgo de falla para diferentes períodos de retorno (Tr) y vida útil (n)</i> .50	
Tabla 21. <i>Tiempo de concentración en horas y minutos para el área de estudio</i> .51	
Tabla 23. <i>Inclinaciones máximas del talud (V:H) interior de la cuneta</i>	52
Tabla 24. <i>Parámetros para el cálculo del Tc de las áreas de influencia de las alcantarillas</i>	55
Tabla 25. <i>Tc en horas para el área de influencia de las alcantarillas</i>	55
Tabla 26. <i>Cálculo del número de ejes equivalentes (EE)</i>	59

Tabla 27. <i>Cálculo de los ESALs (Equivalent Standar Axle Load)</i>	60
Tabla 28. <i>Resumen de los parámetros de diseño del pavimento flexible</i>	61
Tabla 29. <i>Parámetros de diseño de las capas del pavimento flexible</i>	62

Índice de figuras

<i>Figura 1:</i> Estructura del pavimento de una carretera.....	4
<i>Figura 2.</i> Estructura de una curva circular	7
<i>Figura 3.</i> Estructura de una curva de vuelta.....	7
<i>Figura 4:</i> Sobreebanco en tramo curvo	8
<i>Figura 5.</i> Curvas verticales cóncavas y convexas	9
<i>Figura 6.</i> Sección transversal a media ladera en tangente de una autopista.....	11
<i>Figura 7.</i> Procedimiento de análisis de datos	17
<i>Figura 8.</i> Vista satelital del área de estudio del proyecto.....	21
<i>Figura 9:</i> Ubicación de calicatas a lo largo de la vía.....	22
<i>Figura 10.</i> Variación horaria del volumen de tráfico promedio diario (ida y vuelta).	24
<i>Figura 11.</i> Variación diaria del tráfico vehicular (ida y vuelta).....	26
<i>Figura 12.</i> Composición del tráfico de la carretera Larán–San Pablo según el IMDA	27
<i>Figura 13.</i> Distribución vehicular que transita por la carretera Larán – San Pablo.	27
<i>Figura 14.</i> Clasificación vehicular según el IMDA de la carretera Larán–San Pablo.	27
<i>Figura 15.</i> Esquema de la proyección del IMDA de la carretera Larán – San Pablo.	28
<i>Figura 16.</i> Sección típica de la carretera Larán – San Pablo.....	35
<i>Figura 17.</i> Exploración de la calicata N° 07 para extracción de la muestra.	37
<i>Figura 18.</i> Hietograma de precipitación máxima en 24 horas (P _{máx24h}) de la Estación "Reque", período 1991 - 2020.	45
<i>Figura 19.</i> Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) para un periodo de retorno $T_r = 30$ años.	48
<i>Figura 20.</i> Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil de la obra.	49
<i>Figura 21.</i> Curva IDF para el diseño de las cunetas.....	51
<i>Figura 22.</i> Sección transversal de cunetas.....	52
<i>Figura 23.</i> Curva IDF para el diseño de la alcantarilla 1.	56

<i>Figura 24.</i> Curva IDF para el diseño de la alcantarilla 2.	56
<i>Figura 25.</i> Curva IDF para el diseño de la alcantarilla 3.	57
<i>Figura 26.</i> Esquema hidráulico final de la alcantarilla N° 01 que cruza a la carretera a la altura del km. 0 + 010.00.	58
<i>Figura 27.</i> Esquema hidráulico final de la alcantarilla N° 02 que cruza a la carretera a la altura del km. 2 + 820.00.	58
<i>Figura 28.</i> Esquema hidráulico final de la alcantarilla N° 03 que cruza a la carretera a la altura del km. 4 + 120.00.	58
<i>Figura 29.</i> Esquema final de la estructura del pavimento flexible de la carretera “Larán – San Pablo”.	62

Resumen

Toda carretera permite la accesibilidad e interconexión entre zonas rurales y urbanas, contribuyendo además con la disminución de la indigencia y el desarrollo socioeconómico de las diferentes ciudades del Perú y del mundo. La presente investigación se desarrolló bajo el objetivo general que fue; realizar el diseño geométrico de 5.84 km a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo, ubicada en el centro poblado de San Pablo, distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, región Lambayeque. El enfoque de la investigación fue “cuantitativo”, del tipo “básico”, con un alcance “descriptivo”. El diseño utilizado fue el “no experimental”, donde la población y la muestra fueron seleccionados por conveniencia, y estuvo conformada por los 5.84 km de la vía. De entre las técnicas de recolección de datos destacaron; la observación, el análisis documental y el análisis de contenido. Asimismo, de entre los instrumentos, el cuaderno de campo, filmadora y equipos topográficos. Para el procesamiento de la información se utilizó el programa Excel 2016, para efectos del diseño geométrico se empleó el software Civil 3D, y el SIG Google Earth.

Palabras clave: carretera, diseño geométrico, seguridad vial, pavimento.

Abstract

Every road allows accessibility and interconnection between rural and urban areas, also contributing to the reduction of poverty and the socioeconomic development of the different cities of Peru and the world. The present investigation was developed under the general objective that was; design the Larán - San Pablo road, located in the town of San Pablo, Pomalca district, Chiclayo province, Lambayeque region. The research approach was "quantitative", of the "basic" type, with a "descriptive" scope. The design used was "non-experimental", where the population and the sample were selected for convenience, and consisted of the 5.84 km of the road. Among the data collection techniques, the following stand out; observation, documentary analysis and content analysis. Also, among the instruments, the field notebook, video camera and surveying equipment. For the information processing the Excel 2016 program was used, for geometric design purposes the Civil 3D software was used, and the Google Earth GIS.

Keywords: road, geometric design, road safety, pavement.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio estuvo relacionada con el tema del diseño de una carretera, pues con el correr del tiempo las avenidas, calles y vías en general van deteriorándose, ya sea por ausencia de mantenimiento, por parámetros no tomados en cuenta como parte de su diseño, por las variaciones de carga de los vehículos circulantes, por condiciones meteorológicas, etc.; de ahí el interés de cada cierto periodo mejorar su estado de servicio, con el fin de proponer medidas de reparación para su conservación (Bing, Wei, Lu, Li, & Zhang, 2018).

Para analizar esta problemática es necesario considerar las unidades vehiculares que circulan con sus reales cargas de diseño, estudio de suelos, reducidos espesores del pavimento, aumento del parque automotor, fenómenos meteorológicos, etc., por lo que ante ello es indispensable realizar evaluaciones con el objeto de asegurar su puesta en servicio a la ciudadanía, considerando además que son el medio por el cual nos movilizamos para ir de un punto a otro y así estar comunicados (Akmal Zulkipli & NizamTahar, 2018).

Las carreteras se ejecutan como estructuras para dar paso a la movilidad y acceso a los diversos sectores económicos en la sociedad. La construcción de una carretera es muy importante para impulsar el aumento de la economía, comercio y otros rubros en el país (Berg, Deichmann, Liu, & Selod, 2017).

La carretera Larán – San Pablo ubicada en la provincia de Chiclayo es una de las más importantes del departamento de Lambayeque, con aproximadamente una longitud de 5.84 km, está conformada por 1 vía de 2 carriles que actualmente no se encuentra pavimentada.

Conocer los métodos de diseño, de rehabilitación, de evaluación, son temas de interés. En esa línea, datos y resultados que se tengan de la investigación están a la orden del público en general, estudiantes, entidades distritales, municipales y regionales, con el fin de ejecutar acciones de mantenimiento, asistiendo así con la integridad y calidad de vida de transportistas y peatones que circulen por la carretera (Bill, 2015).

En el ámbito profesional, como futuro ingeniero, el interés versa por ir incursionando en la rama de transportes, realizando estudios de posgrado que me

permitan conocer más sobre estos temas y darle solución a las problemáticas de éste sector, contribuyendo por ejemplo con Planes de Diseño de Carreteras, Planes de Gestión de Pavimentos, Planes de Reordenamiento Vehicular, Planes de Señalización, entre tantos, que son necesarios en la región Lambayeque y que van cambiando diariamente, y donde calles, avenidas, autopistas, paseos peatonales, deberían también hacerlo (Chakraborty, Barua, Bhattachaijee, & Mazumdar, 2018).

En función a lo descrito el problema quedó formulado como, ¿De qué manera se mejorará las condiciones de servicio actuales de la vía Larán – San Pablo?

La investigación estuvo orientada por el objetivo general que fue: realizar el diseño geométrico de 5.84 km a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo, ubicada en el centro poblado de San Pablo, distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, región Lambayeque. Los objetivos específicos fueron: (1) determinar el IMDA para el diseño geométrico a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo. (2) realizar el estudio topográfico, de mecánica de suelos y de hidrología para determinar los parámetros de diseño de la vía Larán – San Pablo. (3) realizar el diseño geométrico horizontal y vertical de la vía Larán – San Pablo, en función a la normativa vigente del MTC (DG – 2018). (4) adicionar al diseño geométrico elementos de señalización bajo el criterio de brindar mayor seguridad vial. Finalmente, (5) diseñar la estructura del pavimento de la vía Larán – San Pablo, ubicada en la provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

La hipótesis de trabajo se fundamentó en que actualmente la vía Larán – San Pablo no cumple con los lineamientos básicos de diseño que exige el MTC (DG – 2018), por tanto, para medrar la calidad de servicio actual de la carretera se realizó el diseño geométrico horizontal y vertical de 5.84 km a nivel de asfalto, bajo los parámetros de seguridad, viabilidad económica, confort, visibilidad y sostenibilidad, todo ello aunado permitirá corregir las brechas sociales, disminuir accidentes y costos de mantenimiento de la carretera en mención.

Se eligió el muestreo no probabilístico, donde la población y la muestra se seleccionaron por conveniencia, así éstas estuvieron conformadas por los 5 km de la vía Larán–San Pablo.

La investigación fue del tipo Básica. Respecto a su diseño fue No Experimental – Transversal – Descriptivo, respaldados por los trabajos que se realizaron en campo, como por ejemplo, el estudio topográfico, de suelos y de hidrología. Asimismo, el estudio se realizó en el año 2021, bajo la observación y descripción de los problemas actuales que presentó la vía, de ahí que la investigación es del tipo Transversal – Descriptivo.

De entre los métodos de recopilación de datos destacaron; el análisis de contenido, el análisis documental y la observación. Asimismo, de entre los instrumentos, el cuaderno de campo, filmadora y equipos topográficos.

De acuerdo a la normativa de la casa de estudios, se respetó la intervención de las personas que participaron de manera voluntaria y con información adecuada en la presente investigación.

Se buscó contribuir con una problemática que es la falta de un adecuado diseño de la vía Larán – San Pablo. Es competencia de la autoridad mantener en adecuadas condiciones la vía, así como también es responsabilidad de los ciudadanos cuidarla, como por ejemplo no desechando basura en ésta.

Con una carretera en adecuadas condiciones se disminuirán los lapsos de viaje, se disminuirán accidentes, se medrará la calidad de vida, ofreciendo mejor comodidad, seguridad a peatones y conductores (Forbes, 2020).

II. MARCO TEÓRICO

(Correa Valderrama, 2017), definen a una **carretera** como una infraestructura utilizada para apoyar el movimiento de las unidades vehiculares que se trasladan de un punto a otro para diversos propósitos. (Jiang, et al., 2021) a su vez refieren que diversos factores pueden influir en el desgaste del pavimento, como las condiciones meteorológicas, la calidad de los materiales utilizados y los parámetros de diseño, de ahí la importancia de éstos últimos.

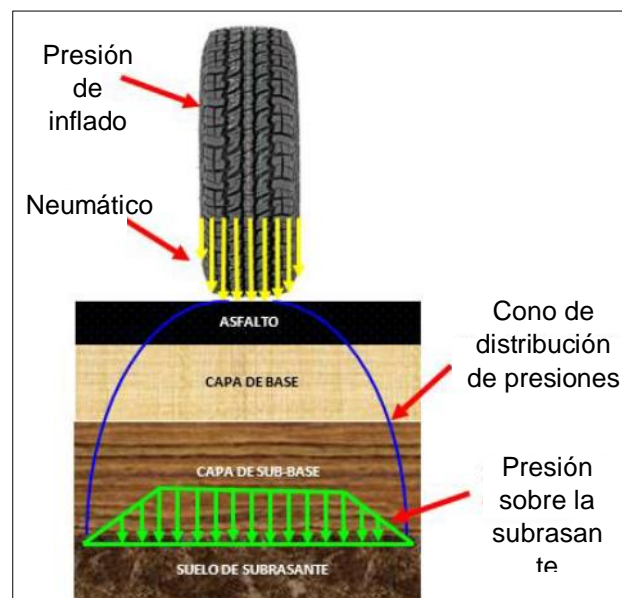


Figura 1: Estructura del pavimento de una carretera.

Fuente: Adoptado de (Jiang, et al., 2021).

Los principales **parámetros del diseño geométrico de una carretera** según el MTC, son: (1) la clasificación de la carretera, (2) vehículos de diseño, (3) velocidad de diseño, (4) velocidad de marcha y (5) distancia de visibilidad.

Respecto a la **clasificación de carreteras**, es indispensable definirlo inicialmente, toda vez que en base a esta se direccionaran los parámetros geométricos subsiguientes. Se podría citar a dos tipos de clasificaciones, según la demanda vehicular, donde las vías se clasifican de acuerdo al IMDA; y de acuerdo a la orografía preeminente de la superficie sobre la que se realiza el trazo de la vía (Aleman Vásquez, Juárez Reyes, & Nerio Aguilar, 2015), tal como se detalla en la Tabla 29 y Tabla 30.

Son los **vehículos de diseño** sobre los que gira todo diseño geométrico, toda vez que se debe seleccionar el tamaño adecuado, en función a los diferentes usos, dimensiones y características de operación (Donnell, Kersavage, & Zineddin, 2018). Son los tipos de vehículos los que determinan el ancho del carril y bermas; la distancia entre ejes determina el ancho y radios mínimos de las calzadas; así como la relación de la potencia con el peso bruto, que se relacionan con la pendiente admisible (Luin & Petelin, 2017). En la **Tabla 31** se muestran datos esenciales de diseño de acuerdo al tipo de vehículo.

Respecto a la **velocidad de diseño** también denominada vel. directriz, es un parámetro importante que define algunas de las variables geométricas de la nueva vía durante el proyecto. Dicha velocidad será la mayor con la que se podrá conducir con tranquilidad y confort en la vía, rigiéndose además por el criterio de seguridad vial (Vázquez Méndez, Casal, & Santamarina, 2018). En el Manual de del MTC se establece una tabla que define la celeridad de diseño de acuerdo a la orografía y demanda (ver **Tabla 32**).

Por otro lado, la **velocidad de marcha** se define como la relación de la distancia entre la duración en la cual se desarrolló dicho movimiento de acuerdo a las condiciones de tránsito, el tipo de vía y los elementos de control, ver Tabla 33 (Liu, et al., 2021).

La **distancia de visibilidad** es otro de los parámetros de diseño a tener en cuenta. Esta hace referencia a la longitud visible que tiene el conductor por delante, la misma que le permita realizar alguna maniobra tal como detenerse en algún lugar de la vía, adelantarse o visibilizar algún cruce con otra carretera (Narvaez, 2017). Al respecto, la **distancia de visibilidad de parada**, es la menor necesaria para que pare la unidad vehicular antes que alcance un objeto estacionado en su recorrido (Oliverio Martínez, 2017). La ecuación para estimar la longitud de parada sobre un trazo recto de pendiente uniforme se describe a continuación:

$$Dp = \frac{V \cdot tp}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)} \dots \dots \dots (01)$$

Donde, Dp es la longitud de visibilidad de parada expresada en metros, V es la celeridad de parada expresada en km/h, tp es el lapso de reacción - percepción dado en segundos, f es el índice de fricción (adimensional), i es la pendiente longitudinal expresada en tanto por uno, $\pm i$ son las subidas y bajadas respecto a la orientación de circulación. Indicar además que en cualquier punto de la vía la longitud de visibilidad de parada será \leq a la longitud de visibilidad (MTC, 2018). A continuación, se presenta las distancias de visibilidad de parada, en función a las pendientes y las velocidades de diseño (**Tabla 34**).

Como parte del **diseño geométrico**, el **alineamiento horizontal**, también denominado diseño en planta está conformado por curvas circulares y alineamientos rectos (Virsis, Paeglitis, & Zarins, 2020). Las distancias mayores y menores requeridas de los **tramos en tangente** de acuerdo a la celeridad de diseño se presentan en la **Tabla 35**. Las **curvas circulares** son otro de los componentes esenciales, los cuales son arcos de un solo radio que enlazan dos tangentes continuas, constituyendo la proyección horizontal de las curvas (Šeporaitis & Vorobjovas, 2019), sus componentes y siglas se presentan en la Figura 2. En esa misma línea, los radios mínimos (R_{min}) son las longitudes que pueden seguirse con la celeridad de diseño (V), el coeficiente de fricción máximo ($f_{máx}$) relacionado a V , y el porcentaje de peralte máximo ($P_{máx}$).

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (P_{máx} + f_{máx})} \dots \dots \dots (02)$$

Las **curvas de vuelta** se trazan en laderas con radio mínimo de 20.00 m, en superficies accidentadas, con el objeto de alcanzar una cota mayor, y donde no es posible realizarlo con proyecciones alternativas (Zaninovich, 2017). Estarán conformadas por 02 arcos circulares de radio “ R_i ” y “ R_e ”, tal como se presenta en la Figura 3.

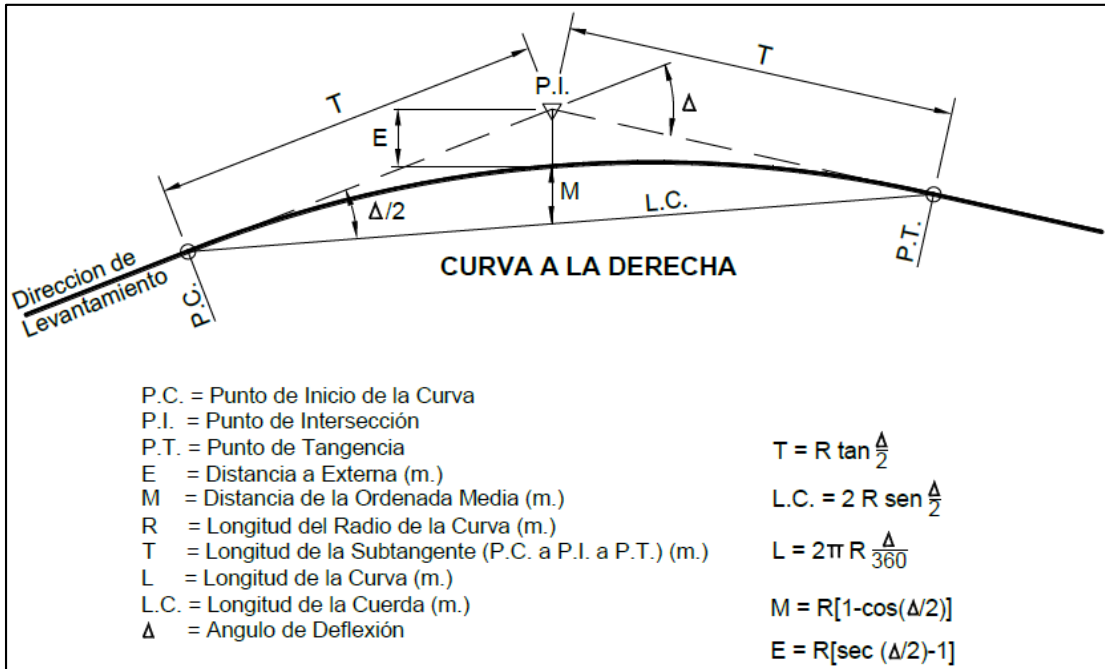


Figura 2. Estructura de una curva circular

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

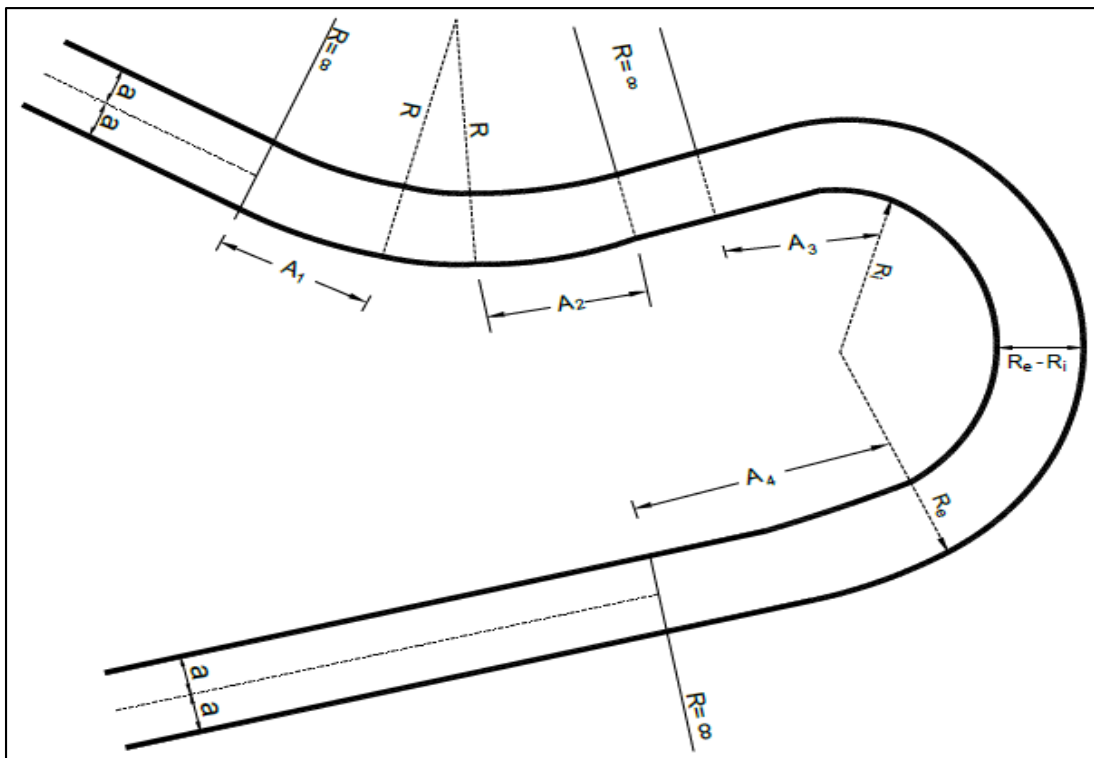


Figura 3. Estructura de una curva de vuelta

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

En vías de 3era clase, se considerarán los datos de la **Tabla 37, transición de peralte**, expresados de acuerdo a la velocidad de diseño.

Para las secciones en curva horizontal deberá considerarse el **sobreeancho** (S_a) necesario para equilibrar la mayor área requerida por las unidades vehiculares en tramos curvos (Gupta, Kumar, & Rastogi, 2015). Dicha amplitud entre unidades vehiculares sobre una vía bidireccional se puede calcular con la expresión 03.

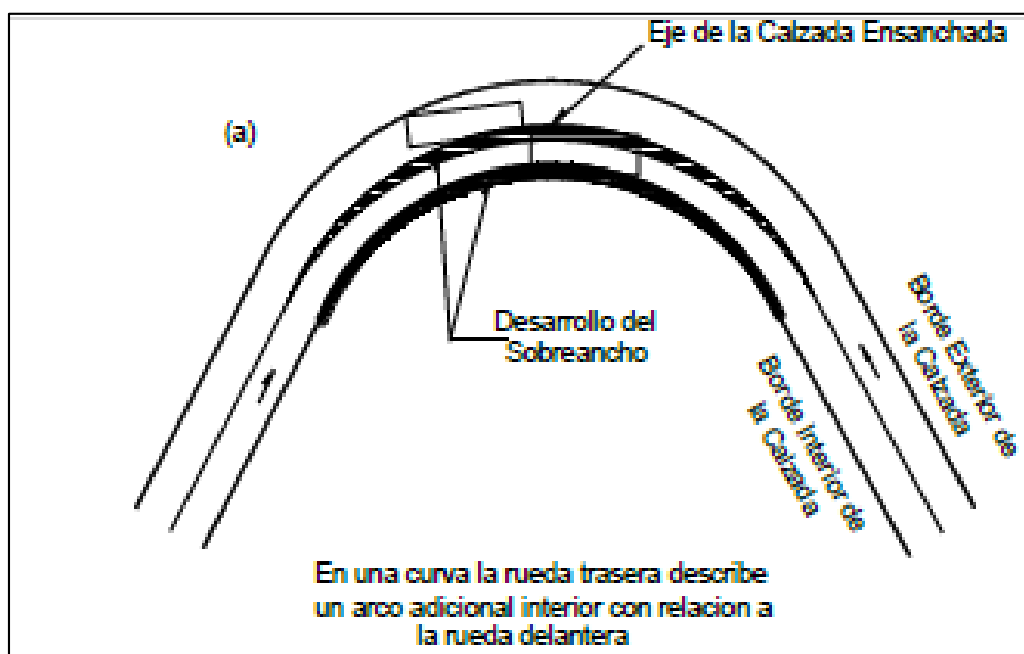


Figura 4: Sobreeancho en tramo curvo

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \dots \dots \dots (03)$$

Donde, n es el número de carriles, R expresado en metros es el radio del tramo curvo, V expresado en km/h es la celeridad de diseño, L expresado en metros es la longitud entre el eje posterior y la parte frontal.

La rasante de toda vía conforma el alineamiento vertical, el mismo que a la vez está conformado por tangentes. Las curvas verticales justamente se diseñan para pasar de la inclinación de tangente de entrada a la tangente de salida (Raheel, y

otros, 2018). Es así que surge la necesidad de considerar una inclinación mínima de 0.50% con el objeto de permitir que la calzada tenga un buen drenaje. Asimismo, para zonas con altitudes por sobre los 3000.00 msnm, las pendientes máximas a considerar son las que se muestran en la **Tabla 38**.

Por su parte, las **curvas verticales** están en función del factor de curvatura “K” que representa la relación entre la distancia de la curva (L), que pueden ser cóncavas o convexas, y el valor de la diferencia de pendientes (A) (Zahid Ikram & Zahir Faridi, 2017). Para definir la long. de curva se emplea la fórmula:

$$K = \frac{L}{A} \dots \dots \dots (04)$$

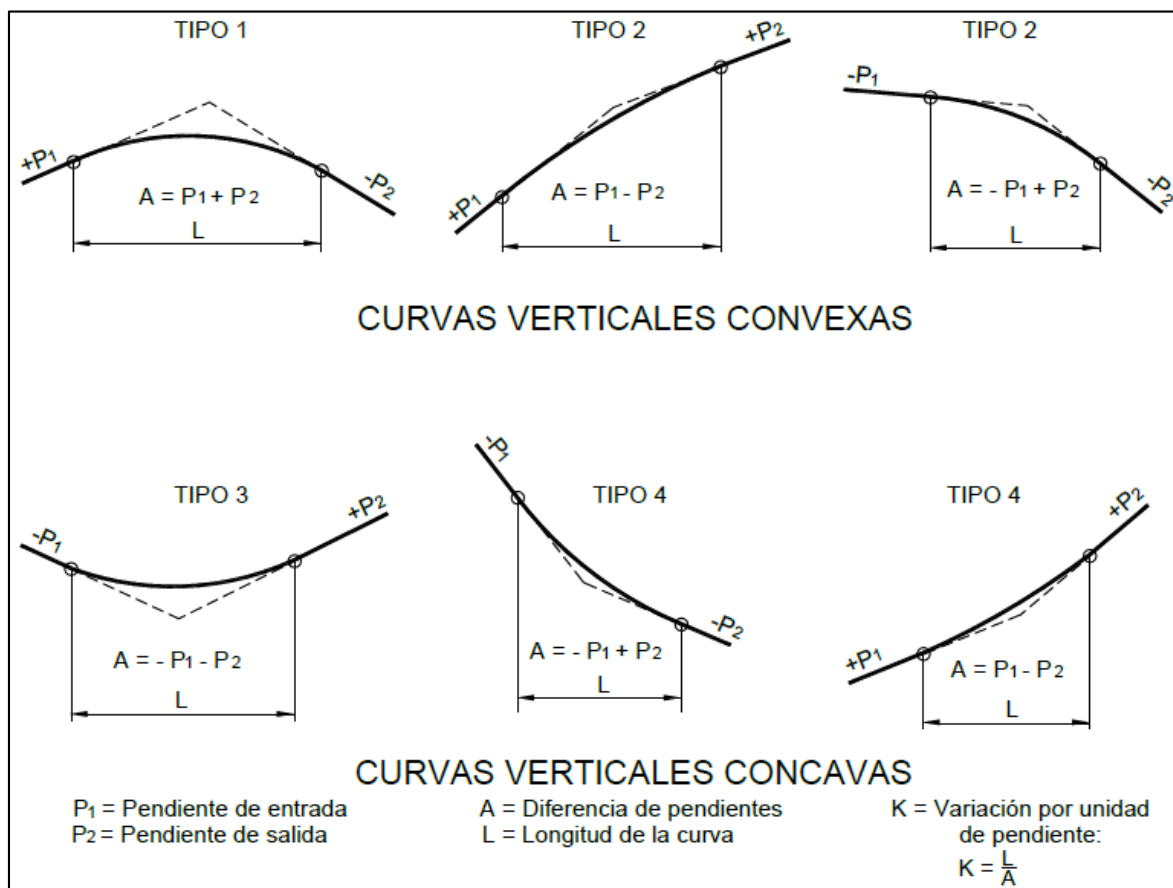


Figura 5. Curvas verticales cóncavas y convexas

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

La **longitud de curvas verticales convexas**, considerando la visibilidad de parada $D_p < L$, se calcula con la ecuación 05, y cuando $D_p > L$ se calcula con la fórmula 06.

$$L = \frac{A * D_p^2}{100 * (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \dots \dots \dots (05)$$

Para $D_p > L$

$$L = 2D_p - \frac{200 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \dots \dots \dots (06)$$

Siendo A la diferencia de inclinaciones, h_1 la altura de ojo de la rasante y h_2 la altura de objeto sobre la rasante. Asimismo, considerando la visibilidad de adelantamiento (D_a), cuando $D_a < L$ se calcula con la fórmula 07, y cuando $D_a > L$ se calcula con la fórmula 08 (Delzo Cuyubamba, 2018).

Para $D_a < L$

$$L = \frac{A * D_a^2}{946} \dots \dots \dots (07)$$

Para $D_a > L$

$$L = 2D_a - \frac{946}{A} \dots \dots \dots (08)$$

Las **secciones transversales** corresponden a planos de corte verticales al alineamiento horizontal de la vía, estando compuestos por carriles, taludes, superficie de rodadura, cuneta, berma y componentes adicionales como elementos de seguridad vial (Zhao, Su, Li, Zhang, & Li, 2020).

La partición de carriles de una **calzada** está en función del IMDA y la celeridad de diseño (Jun & Ming, 2019), tal como se presenta en la **Tabla 39**.

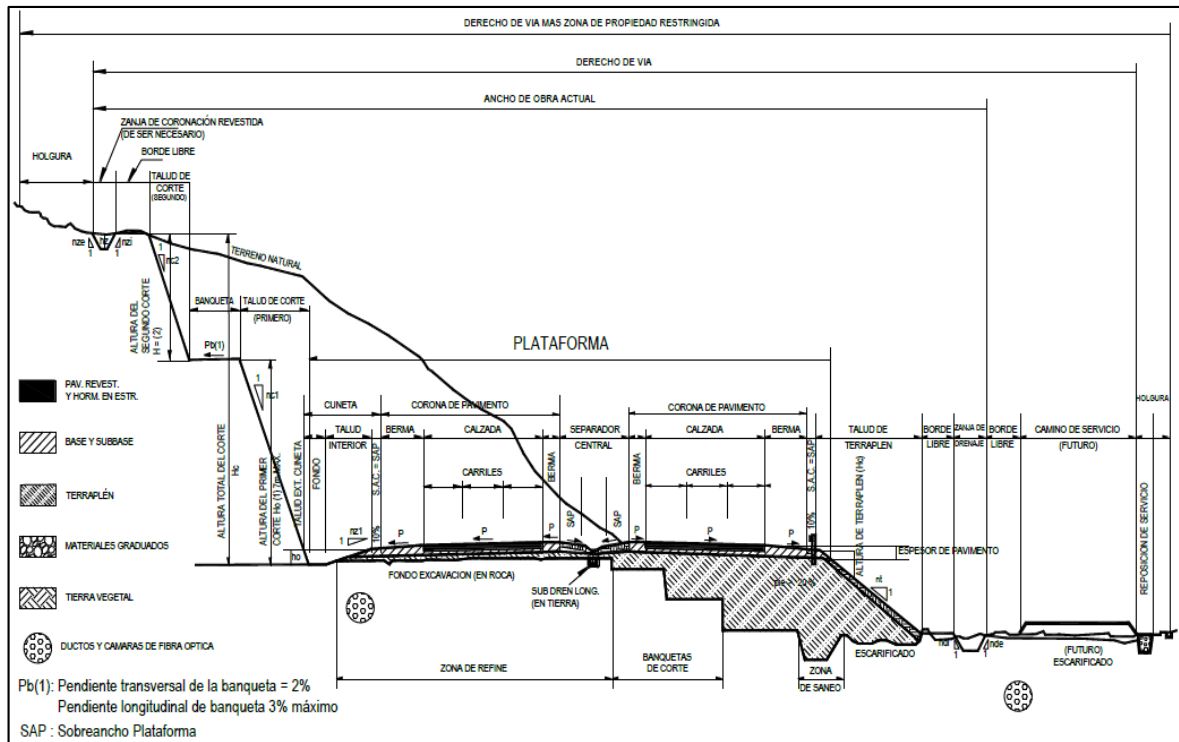


Figura 6. Sección a media ladera en tangente de una carretera

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

La **berma** paralela a la calzada tiene la finalidad de dar mayor seguridad en la vía, donde su ancho se basa en el tipo de vía, topografía y velocidades (Asadi Bagloee, Sarvi, Patriksson, & Asadi, 2018). Ver **Tabla 40**.

Debe considerarse la inclinación mínima que debe tener toda calzada para el **bombeo**, el mismo que está en función de la precipitación y superficie de rodadura (Jonghak, Jai Sung, Hyejung, & Taekwan, 2019). Ver **Tabla 41**.

Con el fin de arrostrar la fuerza centrífuga de la unidad vehicular, se considera un **peralte** a la calzada, no obstante, no es necesario en algunos casos (Dai & Zhou, 2018). Así por ejemplo para celeridades de 80 km/h, 60 km/h y 40 km/h donde los radios serán 3.50 m, y para velocidades > 100 km/h donde el radio es 7.50 m, no

es necesario considerarlo. Mediante la siguiente expresión se calcula el peralte máximo (Huaripata Carmona, 2018).

$$p = \frac{V^2}{127 * R} - f \dots \dots \dots (09)$$

Donde, “*p*” es el peralte, “*R*” es el radio menor, “*f*” el coeficiente de fricción lateral y “*v*” es la vel. de diseño (km/h).

El derecho de vía, está en función de su clasificación, incrementándose en algunos casos 5.00 m del borde superior, de las estructuras de drenaje, caminos de vigilancia y pie de rellenos (Wang, 2016). Ver **Tabla 42**.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El estudio obedeció a un **tipo de investigación “básica”**, donde se recopiló información de campo que permitió realizar el diseño y afines de la carretera Larán – San Pablo. En función al tipo de estudio realizado se utilizó el **diseño “no experimental”**, fundamentado en un estudio topográfico, de suelos y de hidrología. El estudio fue también del tipo “transversal-descriptivo”, puesto que el estudio se realizó en el año 2021, bajo la observación y descripción de los problemas actuales que presentó la vía.

3.2. Variable y operacionalización

Variable cuantitativa: Diseño geométrico de la vía Larán – San Pablo.

Definición conceptual: Comprende una serie de labores desde los estudios preliminares de campo, la selección de la ruta, la determinación de los parámetros geométricos, el diseño del alineamiento horizontal y vertical, los cuales tiene como efecto la geometría total, los movimientos de tierra, para finalmente tener una vía con todos los elementos de seguridad vial y señalización (Huaripata Carmona, 2018).

Definición operacional: La realización del diseño geométrico consistió en definir el alineamiento en planta, el perfil longitudinal y secciones. Se diseñaron los tramos tangentes, curvas circulares, sobrecanchos, pendientes, curvas verticales, bombeo, ancho de calzada, peralte, bermas, camino de vigilancia. Se realizó la señalización vial a partir de realizar una señalización vertical, con señales preventivas, informativas, reglamentarias; y considerando además elementos de seguridad como guardavías. Los planos del diseño geométrico y de señalización se trabajaron con CIVIL 3D, los

cuales comprendieron el alineamiento en planta, el perfil, secciones, tablas de movimiento de tierras y los planos de seguridad vial y señalización.

Dimensión 01: Geometría horizontal.

Indicadores de la dimensión 01: velocidad (Km/h), radio (m), longitud de transición (m), longitud de tangente (m), longitud de curva (m), sobreechancho (m), peralte (m).

Escala de la dimensión 01: De razón.

Dimensión 02: Geometría vertical.

Indicadores de la dimensión 02: Pendiente (%), curva vertical convexa, curva vertical cóncava.

Escala de la dimensión 02: De razón.

Dimensión 03: Sección transversal.

Indicadores de la dimensión 03: Bombeo (%), ancho de calzada (m), ancho de berma (m).

Escala de la dimensión 03: De razón.

Dimensión 04: Señalización.

Indicadores de la dimensión 04: Señales reglamentarias, señales preventivas, señales informativas, color y forma de señales, ubicación de señales, guardavías.

Escala de la dimensión 04: Nominal.

Dimensión 05: Diseño del pavimento.

Indicadores de la dimensión 05: Periodo de diseño, tipo de tráfico, espesor del pavimento, ESAL.

Escala de la dimensión 05: De razón.

Dimensión 06: Estudio de mecánica de suelos.

Indicadores de la dimensión 06: Granulometría, humedad, densidad, CBR, límites de Atterberg.

Escala de la dimensión 06: De razón.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población y muestra:

Kinnear y Taylor (1998) refieren que la determinación de la muestra se guía hasta cierto punto en el punto del investigador, donde el elemento de análisis se autoselecciona o se ha seleccionado de acuerdo a su disponibilidad, de ahí que la población y la muestra del presente estudio fueron los 5.84 km de la vía Larán – San Pablo, ubicada en Chiclayo, Lambayeque.

Criterios de inclusión: buena ubicación geográfica, la existencia de una carretera actual a la cual mejorar, el tipo de vía y los beneficios socio económicos que genera y representa en la actualidad.

Criterios de exclusión: un punto de peaje donde se realice el conteo de unidades vehiculares, falta de señalización, falta de mantenimiento, bermas, cruces, obras de drenaje, superficie de rodadura.

Muestreo:

Se aplicó un muestreo no probabilístico, donde la población y la muestra se seleccionaron por conveniencia.

Unidad de análisis:

Lo conformó la vía Larán – San Pablo, ubicada en la provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**Técnicas de recopilación de datos**

Observación: Mediante esta técnica se evidenció y levantó la información de campo comprendiendo los 5.84 km de la vía Larán – San Pablo, localizada en la provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

Análisis documental y de contenido: Mediante esta técnica se estudiaron artículos, manuales, normas, tesis, entre otros, que contenían teorías, procedimientos, imágenes, permitiendo comprender y procesar mejor la información relacionada con el diseño geométrico de carreteras.

Instrumentos de recolección de datos

Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG – 2018): Siguiendo las recomendaciones y sugerencias de este documento se levantó la información de campo, así como en base a este documento se realizó el diseño geométrico en planta como el perfil de la vía Larán – San Pablo, ubicada en Chiclayo, Lambayeque.

Manual de ensayo de materiales: Documento primordial elaborado por el MTC para la comprensión sobre la aplicación de ensayos de laboratorio tales como el de densidad de campo (MTC E.117), análisis de granulometría (MTC

E.107), límites de Atterberg (MTC E.111, MTC E.110), Proctor (MTC E.115), CBR (E. 132) (MTC, 2017).

Instrumentos de ingeniería: Se utilizaron winchas, miras, jalón, estación total, GPS, equipos de laboratorio para realizar los ensayos, tales como: balanzas, tamices, probetas, tara, máquina de Casagrande, zaranda, espátula, horno eléctrico, entre otros equipos.

Validez y confiabilidad de datos

Las técnicas de recopilación de datos que se emplearon fueron de fuentes internacionales como la AASHTO, ASTM; y nacionales como el MTC, las cuales han sido ya utilizadas previamente en estudios similares al presente estudio. Asimismo, se consideró validar el formato de evaluación del presente estudio por ingenieros vinculados con la rama de transportes.

3.5. Procedimientos

El proceso de diseño geométrico a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo ubicado en la provincia de Chiclayo, fue el que detalla en seguida:

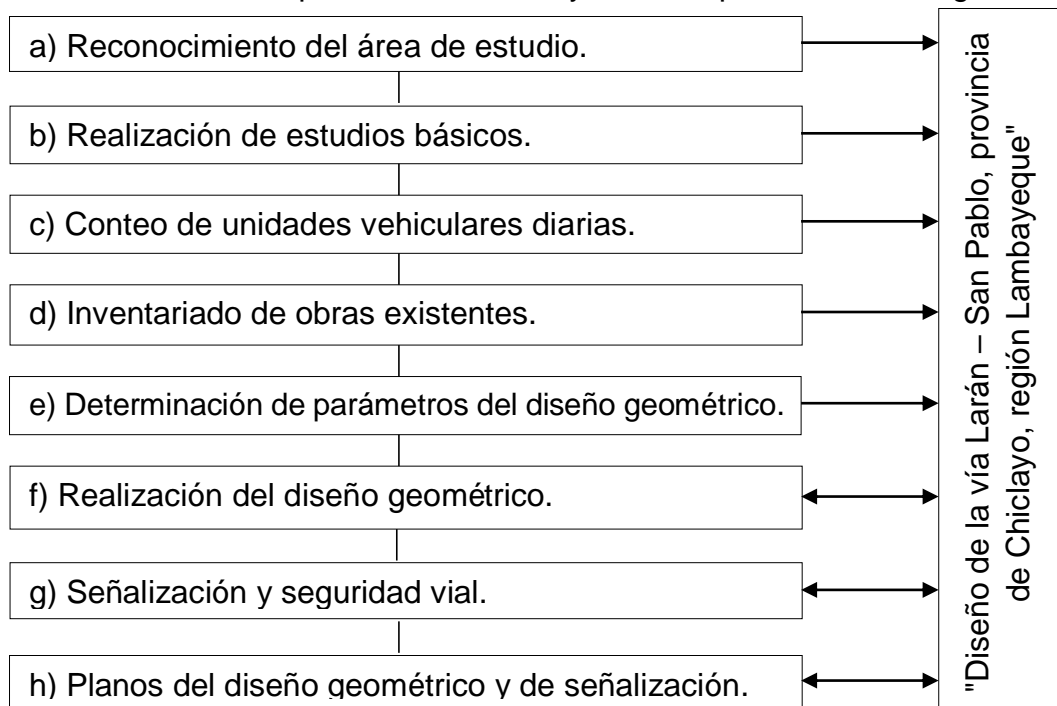


Figura 7. Procedimiento de análisis de datos

Fuente: Propia.

Reconocimiento del área de estudio: Como parte de este procedimiento se efectuaron visitas técnicas a campo con el objeto de conocer e identificar con mayor detalle puntos estratégicos de la vía.

Realización de estudios básicos: Este procedimiento se desarrolló en campo, el cual consistió en realizar un estudio topográfico, de suelos y de hidrología, con el fin de determinar ciertos parámetros de diseño de la vía Larán – San Pablo, como por ejemplo taludes.

Inventariado de obras existentes: Al haber estructuras existentes como pontones, cunetas, BM, et., en campo se contabilizaron cada una de éstas.

Determinación de parámetros del diseño geométrico: Tales como el tipo de vía, unidades vehiculares de diseño, distancia de visibilidad (parada, adelantamiento), celeridad de marcha y celeridad de diseño, se definieron para la ejecución del diseño de la carretera.

Realización del diseño geométrico: El cual consistió en definir el alineamiento horizontal (en planta), el perfil longitudinal y secciones. Se diseñaron los tramos tangentes, curvas circulares, sobreamplios, pendientes, curvas verticales, bombeo, ancho de calzada, peralte, bermas, camino de vigilancia.

Señalización y seguridad vial: En los planos se realizó la señalización vertical, con señales preventivas, informativas, reglamentarias; y considerando además elementos de seguridad como guardavías.

Planos del diseño geométrico y de señalización: Se trabajó con CIVIL 3D, los cuales comprendieron el alineamiento en planta, el perfil, secciones

transversales, tablas de movimiento de tierras y los planos de señalización y seguridad vial.

3.6. Método de análisis de datos

Se realizó un estudio cuantitativo, empleando para el análisis de los datos el software Excel. Además, para efectos del diseño geométrico de la vía Larán – San Pablo se hizo uso de Civil 3D y Google Earth.

3.7. Aspectos éticos

Se tuvo en cuenta los siguientes:

Respeto a las personas, donde se respetó la opinión y participación de cada una de las personas que intervinieron con información en el estudio.

Beneficencia: Uno de los objetos del estudio fue realizar el diseño de 5.84 km a nivel de asfaltado de la vía Laran – San Pablo ubicada en la provincia de Chiclayo, para mejorar la vía y consigo la vida de los ciudadanos. Con una carretera en buenas condiciones se reducen los tiempos de viajes, se evitan accidentes, se ofrece una mejor comodidad a conductores y peatones (Senturk, Ozturk, Inan, & Bilici, 2018).

Justicia: El estudio busca contribuir con una realidad que es la falta de un adecuado diseño horizontal y vertical de la carretera Laran – San Pablo. Es responsabilidad de la autoridad mantener en adecuadas condiciones la vía, así como también es responsabilidad de la ciudadanía cuidarla y mantenerla, como por ejemplo no arrojando desperdicios en ésta (Kozlov, 2016).

Respeto al derecho de propiedad intelectual: Se respetó el aporte de las personas que intervinieron de manera voluntaria en el estudio.

Citar las fuentes: Se citó y dio los créditos respectivos a cada una de las referencias empleadas en el estudio.

Reconocimiento a la contribución de los participantes en la investigación: Se reconoció la intervención de cada participante que intervino en el estudio, como el personal de campo.

Reserva de la información: Se guardó la información recopilada, habiéndola utilizado de manera oportuna con fines académicos.

Validez: El diseño de la vía Larán – San Pablo se ejecutó siguiendo los procedimientos y recomendaciones de normas como el Manual de Diseño Geométrico del MTC.

Generalizabilidad: Se realizó un trabajo previo de campo consistente en el levantamiento de la información topográfica de la vía que luego se procesó con Civil 3D, con ello se tuvo una mayor confiabilidad en los resultados.

Consistencia: Con el objeto de tener mayor confiabilidad y representatividad en el diseño, se realizó un inventariado de las obras de arte a lo largo de los 5.84 km de la vía Larán – San Pablo.

IV. RESULTADOS

4.1. Área de estudio

4.1.1. Ubicación

La carretera Larán – San Pablo está ubicada entre los $6^{\circ}46'18.18''S$ de latitud Sur y $79^{\circ}46'24.93''O$ de longitud Oeste, donde después de recorrer 5.84 km culmina en los $6^{\circ}49'23.16''S$ de latitud Sur y $79^{\circ}47'10.06''O$ de longitud Oeste. Está enmarcada en el ámbito del CP. de San Pablo, distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, región Lambayeque; siendo una carretera de tercera categoría con 2 carriles que actualmente no se encuentra pavimentada.



Figura 8. Vista satelital del área de estudio del proyecto

Fuente: Google Earth.

4.1.2. Vías de acceso

La carretera Larán – San Pablo se encuentra en el distrito de Pomalca que está a 7.50 km de Chiclayo, aproximadamente a 20 minutos, iniciando su recorrido en un desvío que se encuentra en el km. 6.20 de la carretera PE-6A (carretera que conecta Chiclayo con Chota).

Tabla 1. Vías de acceso

Tramo	Km	Tiempo
Carretera Chiclayo – Chota (PE-6A)	216.00 km	5 horas
Chiclayo – Pomalca	7.50 km	20 minutos
Chiclayo – Pomalca (altura del desvío)	6.20 km	15 minutos

Fuente: Propia.

4.1.3. Puntos de muestreo

Para la ejecución de ensayos, se consideraron 13 puntos de muestreo a lo largo de la carretera Larán-San Pablo, como por ejemplo, en el km. 0+000.00, km. 1+000, 2+000, 3+000, 4+000, 5+000 y en el km. 5+840.00, tal como se presenta en la imagen siguiente.

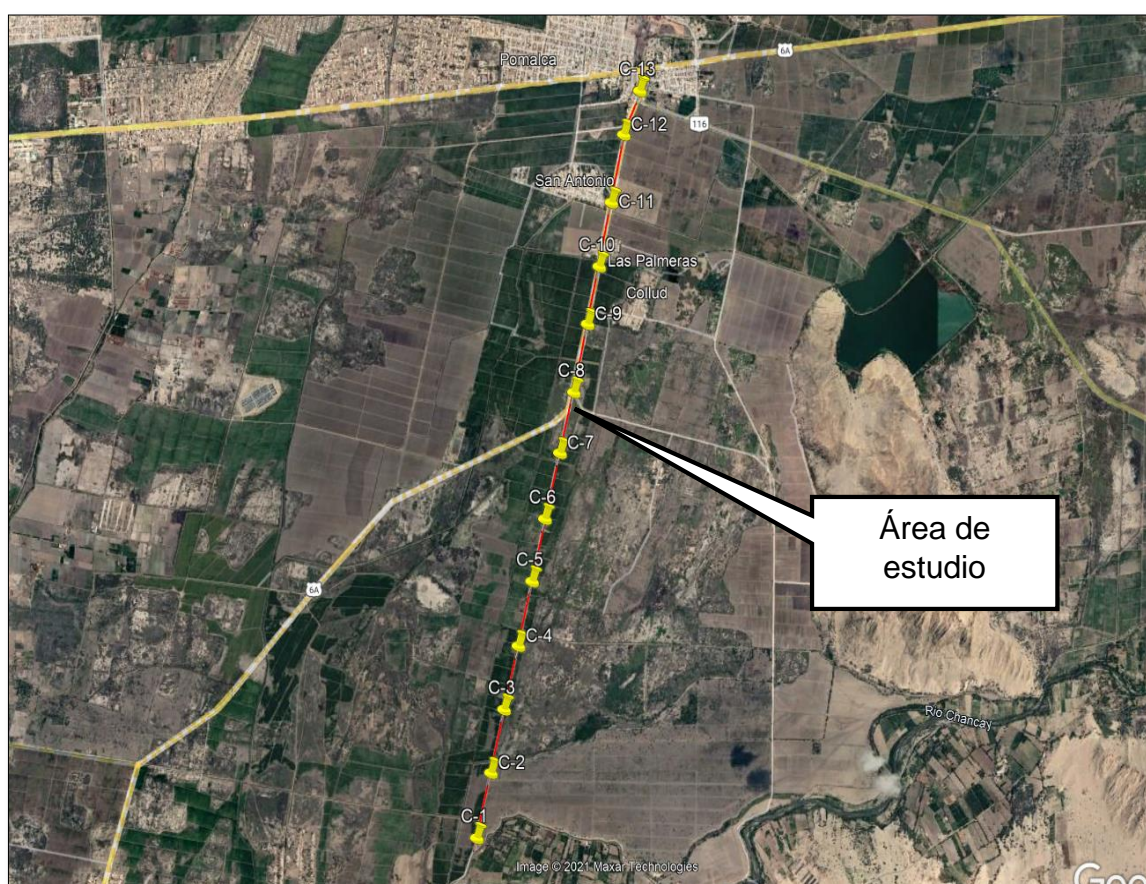


Figura 9: Ubicación de calicatas a lo largo de la vía.

Fuente: Google Earth.

4.2. Estudio de tráfico

Se efectuó el conteo de vehículos por 7 días, habiendo iniciado el día lunes 05/07/2021, y culminado el domingo 11/07/2021. Así se calculó un Índice Medio Diario Semanal (IMDS) de 238 veh/día, de los cuales 155 fueron unidades ligeras y 83 fueron unidades pesadas.

La unidad de peaje más cercana es la de Cuculí, por lo que los factores de corrección (FC) para dicha estación fueron para unidades ligeras 0.9574 y para unidades pesadas 0.9835, correspondientes al mes de julio, mes en que se llevó a cabo el conteo. Con el IMDS y con los factores correctores se obtuvo el **Índice Medio Diario Anual (IMDA) que resultó ser de 230 veh/día**, de los cuales 148 fueron vehículos ligeros y 82 vehículos pesados.

Asimismo, precisar que el tráfico proyectado al 2025, año en que empezaría a funcionar la carretera, se calculó en 243 veh/día, de los cuales 152 serían vehículos ligeros y 90 vehículos pesados. Finalmente, el tráfico proyectado al año 2045, es decir después de 20 años de su puesta en servicio, se calculó en 363 veh/día, de los cuales 185 serían vehículos ligeros y 178 vehículos pesados.

A continuación, se presentan tablas y gráficos que resumen el estudio de tráfico realizado, los mismo que con mayor detalle se presentan en el anexo 1.

Tabla 2. Resumen del volumen de tráfico promedio total (ida y vuelta)

SENTID O	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS													TOT AL	
	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICR O	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLERS					
			PICK UP	PAN EL	COM BI RUR AL		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2 S2	2S3	3S1/3 S2	>=3S 3	2T2	2T3	3T2	>=3T 3		
IDA	34	18	22	0	0	0	0	0	25	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
VUELT A	33	24	24	0	0	0	0	0	26	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
AMBOS	67	42	46	0	0	0	0	0	51	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238

Fuente: Propia.

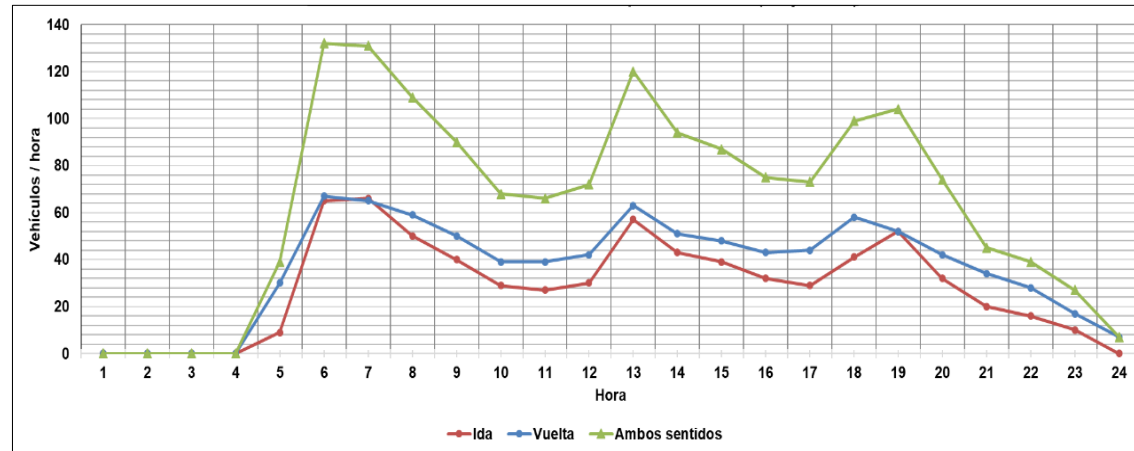


Figura 10. Variación horaria del volumen de tráfico promedio por día (ida y vuelta).

Fuente: Propia.

Tabla 3. Volumen de tráfico promedio diario de una semana (ida y vuelta)

SENTIDO	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS													TOTAL	PORC. %
	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLERS					
			PICK UP	PANEL	COMBI RURAL		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2 S2	2S3	3S1/3 S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
LUNES	68	22	25	0	0	0	0	0	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	8.64
MARTES	75	42	49	0	0	0	0	0	55	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	247	14.83
MIÉRCOLES	64	47	51	0	0	0	0	0	64	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	273	16.39
JUEVES	56	40	40	0	0	0	0	0	55	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226	13.57
VIERNES	66	51	51	0	0	0	0	0	62	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278	16.69
SÁBADO	77	52	61	0	0	0	0	0	64	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	293	17.59
DOMINGO	68	38	44	0	0	0	0	0	36	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	205	12.30
TOTAL	471	292	321	0	0	0	0	0	358	224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1666	100
IMD	67	42	46	0	0	0	0	0	51	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238	
%	28.15	17.65	19.33	0	0	0	0	0	21.43	13.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	

Fuente: Propia.

$$IMDA = IMDS * FC \dots \dots \dots (10)$$

$$IMDS = \sum \frac{VS}{7} \dots \dots \dots (11)$$

Donde, IMDS es el Índice Medio Diario Semanal, IMDA el IMDA, VS el volumen promedio semanal, y FC el factor de corrección estacional.

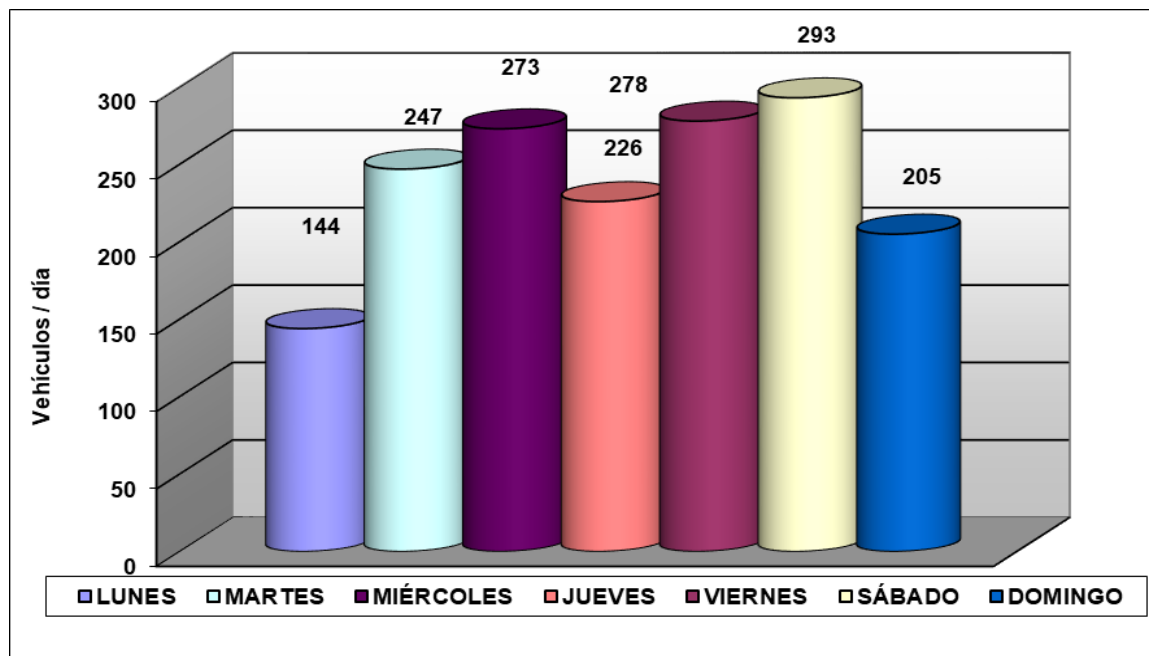


Figura 11. Variación diaria del tráfico vehicular (ida y vuelta).

Fuente: Propia.

Tabla 4. Cálculo del IMDA

Tipo de Vehículos	IMD sin corrección (veh/día)		IMDA (veh/día)		
	IMD	Distrib. %	Factor corrector	IMD	Distrib. %
Autos	67	28.2%	0.9574	64	27.9%
Station Wagon	42	17.6%	0.9574	40	17.4%
Camioneta Pick Up	46	19.3%	0.9574	44	19.2%
Camioneta Panel	0	0.0%	0.9574	0	0.0%
Combi Rural	0	0.0%	0.9574	0	0.0%
Micro	0	0.0%	0.9574	0	0.0%
Ómnibus 2E y 3E	0	0.0%	0.9835	0	0.0%
Camión 2E	51	21.4%	0.9835	50	21.8%
Camión 3E	32	13.4%	0.9835	31	13.7%
Camión 4E	0	0.0%	0.9835	0	0.0%
Semi tráiler	0	0.0%	0.9835	0	0.0%
Tráiler	0	0.0%	0.9835	0	0.0%
IMDS =>	238	100.0%	IMDA =>	230	100.0%

Fuente: Propia.

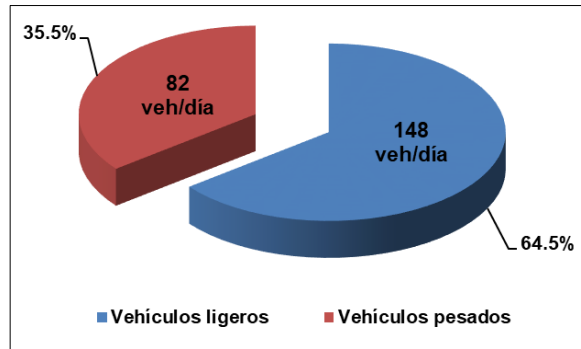


Figura 12. Composición del tráfico de la carretera Larán-San Pablo según el IMDA

Fuente: Propia.

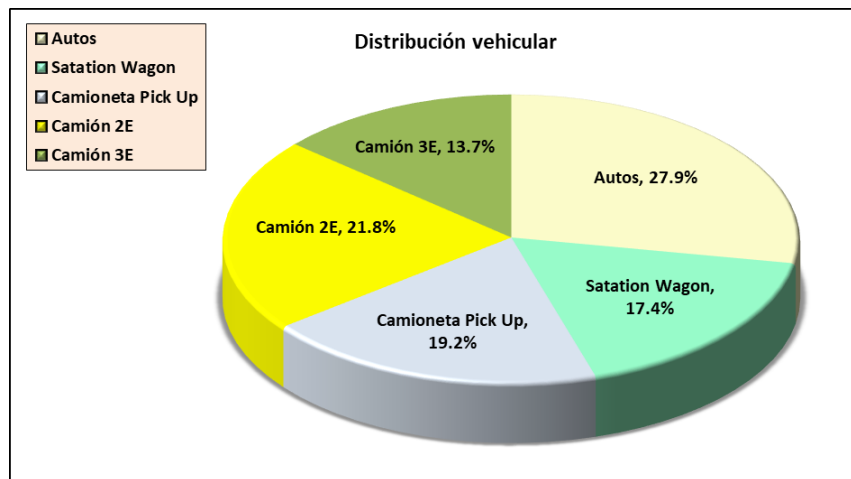


Figura 13. Distribución vehicular que transita por la carretera Larán – San Pablo.

Fuente: Propia.

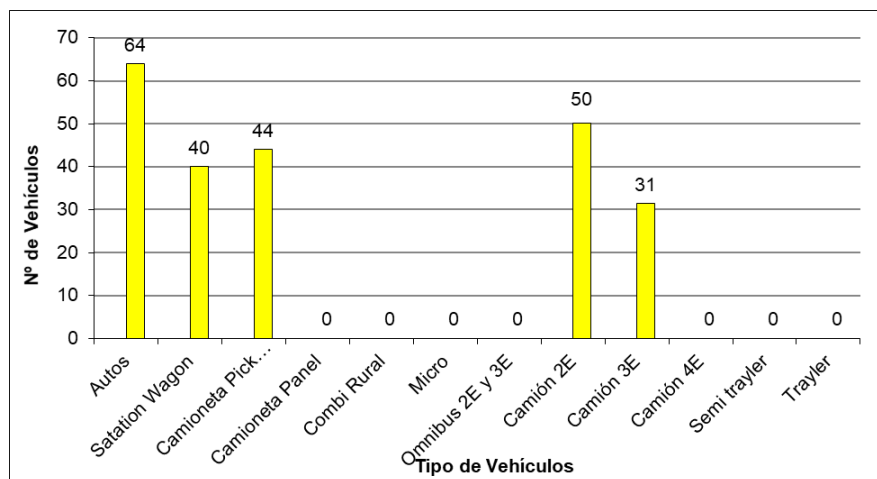


Figura 14. Clasificación vehicular según el IMDA de la carretera Larán-San Pablo.

Fuente: Propia.

$$T_n = T_o * (1 + r)^{n-1} \dots \dots \dots (12)$$

Donde, Tn es el tráfico proyectado al año “n” en veh/día; To es el tráfico actual (año base); n es el tiempo de diseño; r el porcentaje anual de crecimiento.

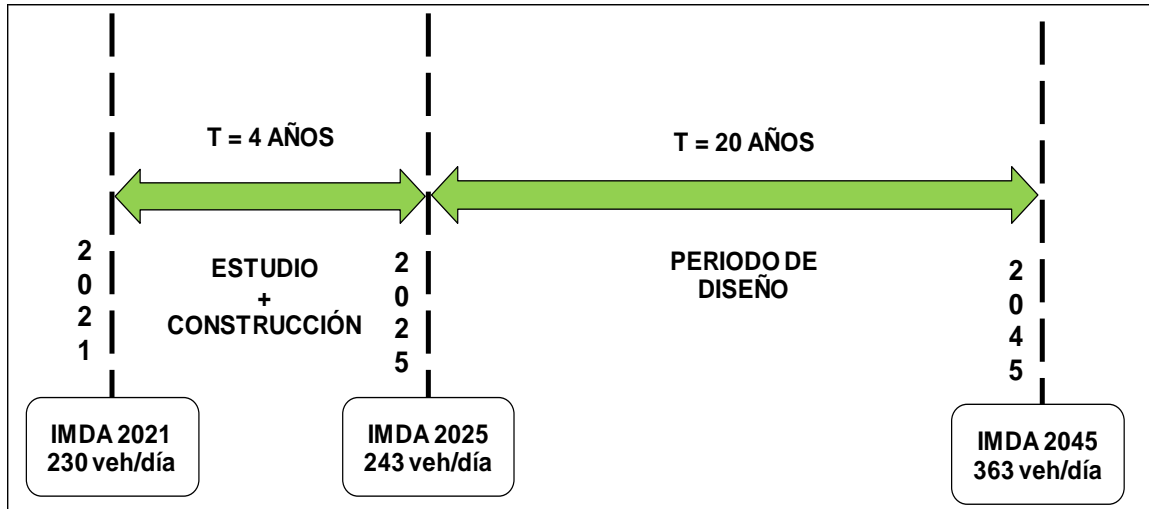


Figura 15. Esquema de la proyección del IMDA de la carretera Larán – San Pablo.

Fuente: Propia.

Tabla 5. Cálculo de la proyección del IMDA

Tipo de vehículo	IMDA 2021 (veh/día)	Tasa de crecimiento (r %)	ESTUDIO + CONSTRUCCIÓN				PERIODO DE DISEÑO								
			IMDA 2022 (veh/día)	IMDA 2023 (veh/día)	IMDA 2024 (veh/día)	IMDA 2025 (veh/día)	IMDA 2026 (veh/día)	IMDA 2027 (veh/día)	IMDA 2028 (veh/día)	IMDA 2029 (veh/día)	IMDA 2030 (veh/día)	IMDA 2031 (veh/día)	IMDA 2032 (veh/día)	IMDA 2033 (veh/día)	
Autos	64	0.97%	64	65	65	66	67	67	68	68	69	70	70	71	
Station Wagon	40	0.97%	40	40	41	41	42	42	42	43	43	44	44	44	
Camioneta Pick Up	64	0.97%	44	44	45	45	46	46	47	47	48	48	48	49	
Camioneta Panel	0	0.97%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Combi rural	0	0.97%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Micro	0	0.97%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ómnibus 2E y 3E	0	3.45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Camión 2E	50	3.45%	50	52	54	56	57	59	61	64	66	68	70	73	
Camión 3E	31	3.45%	31	33	34	35	36	37	39	40	41	43	44	46	
Camión 4E	0	3.45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Semi tráiler	0	3.45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tráiler	0	3.45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	230		230	234	238	243	247	252	257	262	267	272	278	283	

Fuente: Propia.

Tipo de vehículo	PERIODO DE DISEÑO											
	IMDA 2034 (veh/día)	IMDA 2035 (veh/día)	IMDA 2036 (veh/día)	IMDA 2037 (veh/día)	IMDA 2038 (veh/día)	IMDA 2039 (veh/día)	IMDA 2040 (veh/día)	IMDA 2041 (veh/día)	IMDA 2042 (veh/día)	IMDA 2043 (veh/día)	IMDA 2044 (veh/día)	IMDA 2045 (veh/día)
Autos	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80
Station Wagon	45	45	46	46	47	47	48	48	49	49	49	50
Camioneta Pick Up	49	50	50	45	51	52	52	53	53	54	54	55
Camioneta Panel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combi rural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ómnibus 2E y 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	75	78	81	83	86	89	92	96	99	102	106	109
Camión 3E	47	49	51	52	54	56	58	60	62	64	66	69
Camión 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi tráiler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	289	295	301	307	313	320	326	333	340	348	355	363

Fuente: Propia.

Tabla 6. Proyección del IMDA

Tipo de vehículo	IMDA 2021 (veh/día)	Tasa de crecimiento (r %)	IMDA 2025 (veh/día)	IMDA 2045 (veh/día)
Autos	64	0.97%	66	80
Station Wagon	40	0.97%	41	50
Camioneta Pick Up	44	0.97%	45	55
Camioneta Panel	0	0.97%	0	0
Combi Rural	0	0.97%	0	0
Micro	0	0.97%	0	0
Ómnibus 2E y 3E	0	3.45%	0	0
Camión 2E	50	3.45%	56	109
Camión 3E	31	3.45%	35	69
Camión 4E	0	3.45%	0	0
Semi tráiler	0	3.45%	0	0
Tráiler	0	3.45%	0	0
	230		243	363

Fuente: Propia.

Tabla 7. Proyección del tráfico normal y generado

Año	Tráfico normal (veh/día)	Tráfico generado (veh/día)	IMDA TOTAL (veh/día)	Año	Tráfico normal (veh/día)	Tráfico generado (veh/día)	IMDA TOTAL (veh/día)
2021	230	46	276	2034	289	58	346
2022	230	46	276	2035	295	59	353
2023	234	47	281	2036	301	60	361
2024	238	48	286	2037	307	61	368
2025	243	49	291	2038	313	63	376
2026	247	49	297	2039	320	64	383
2027	252	50	302	2040	326	65	391
2028	257	51	308	2041	333	67	400
2029	262	52	314	2042	340	68	408
2030	267	53	320	2043	347	69	417
2031	272	54	327	2044	355	71	426
2032	278	56	333	2045	363	73	435
2033	283	57	340				

Fuente: Propia.

4.3. Estudio del diseño geométrico

4.3.1. Clasificación según su demanda y función

De acuerdo a la **Tabla 29** y al IMDA, al año 2021 con 230 veh/día, al 2025 con 243 veh/día y al 2045 con 363 veh/día, la vía Larán – San Pablo es una carretera de tercera clase, toda vez que por esta transitan menos de 400 veh/día, con un ancho de carril de 6.60 m

4.3.2. Clasificación según la orografía preeminente de la superficie

En función a la **Tabla 30**, la orografía del área de estudio está sobre un terreno llano con pendientes por debajo del 10% y con pendientes longitudinales por debajo del 3%, por lo que en función a ello el terreno considerado para la selección de otros criterios como peraltes de bombeo y velocidades, fue del tipo 1 (plano).

4.3.3. Velocidad de diseño de la carretera en función a su demanda y orografía

Al ser la vía Larán – San Pablo una por la cual transitan menos de 400 veh/día, y estar sobre un terreno plano, según la **Tabla 32**, la celeridad de diseño podría oscilar entre 40 km/h y 90 km/h, por lo que para el presente estudio se adoptó 60 km/h como máxima celeridad del diseño.

4.3.4. Distancia de visibilidad de parada

De acuerdo a la **Tabla 34**, y habiendo considerado para toda la carretera una celeridad de 60 km/h, la distancia de visibilidad de parada adoptada fue de 85 m, tanto en subida como en bajada.

4.3.5. Radio de curvas horizontales

Los radios de curvas horizontales considerado en el diseño fueron de 200 m.

4.3.6. Longitud de tramos en tangente

De acuerdo a la **Tabla 35**, y habiendo tomado una celeridad de diseño de 60 km/h, la longitud máxima de tramos en tangente adoptada fue de 1002 m.

4.3.7. Longitud de transición de peralte

En función a la **Tabla 37**, y habiendo considerado una celeridad de diseño de 60 km/h, la longitud de transición de peralte fue de 40.80 m

4.3.8. Pendientes máximas

De acuerdo a la **Tabla 38**, al considerarse una carretera de 3era clase, con una demanda de menos de 400 veh/día, y habiendo considerado una celeridad de diseño de 60 km/h, la inclinación máxima fue de 8.00%

4.3.9. Ancho mínimo de calzada en tangente

De acuerdo a la **Tabla 39**, al considerarse una vía de 3era clase, con una demanda de menos de 400 veh/día, y habiendo considerado una velocidad de diseño de 60 km/h, los anchos mínimos de calzada en tangente fueron de 6.60 m.

4.3.10. Ancho de berma

En función a la **Tabla 40**, al tratarse de una vía de 3era clase, con una demanda de menos de 400 veh/día, y habiendo considerado una celeridad de diseño de 60 km/h, los anchos de berma considerados fueron de 1.20 m.

4.3.11. Bombeo de la calzada

En función a la **Tabla 41**, al tenerse una vía de 3era clase, con una demanda de menos de 400 veh/día, una celeridad de diseño de 60 km/h, una vía con pavimento

asfáltico, una precipitación menor de 500 mm/año, el bombeo considerado fue del 2.00%.

4.3.12. Anchos mínimos de derecho de vía

De acuerdo a la **Tabla 42**, al tenerse una vía de 3era clase, con una demanda de menos de 400 veh/día, una celeridad de diseño de 60 km/h, el ancho mínimo de derecho de vía considerado fue de 16.00 m.

Tabla 8. Especificaciones del diseño geométrico de la vía Larán – San Pablo

Parámetro	Valor
Clasificación de la vía	Tercera clase en zona rural con un terreno del tipo 1.
Ancho de calzada	6.60 m
Ancho de berma	1.20 m
Velocidad de diseño	60.00 km/h
Peralte	6.80%
Coeficiente de fricción	0.15
Radio en curvas horizontales	200.00 m
Sobre ancho en curvas horizontales	0.70 m
Pendiente máxima	8.00%
Distancia de visibilidad de parada	410.00 m
Longitud de tramos en tangente	1002.00 m
Distancia de visibilidad de parada	85.00 m
Talud en corte (< 5.00 m)	1 H – 1 V (1:1)
Talud en relleno (< 5.00 m)	1 V – 1.5 H (1:1.5)
Vehículo de diseño	Camión 3E
Geología y condiciones del terreno	Limo, arenas, arcillas.

Fuente: Propia.

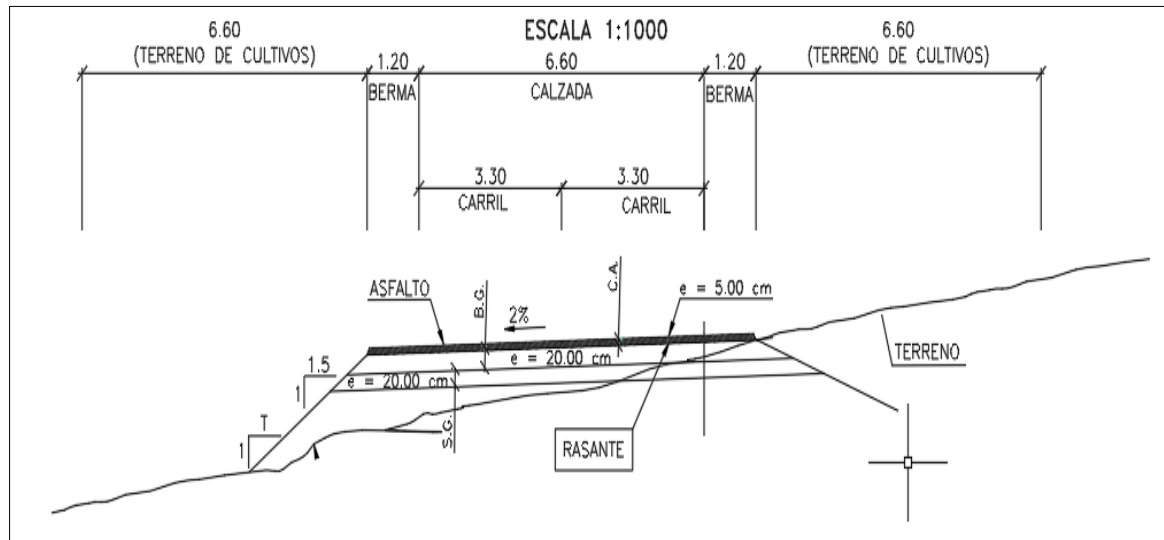


Figura 16. Sección típica de la carretera Larán – San Pablo.

Fuente: Propia.

Tabla 9. Elementos de curva de la carretera Larán – San Pablo

Plz	D	Δ	R (m)	T	L (m)	LC (m)	E	M	PC	PI	PT	PI Norte	PI Este
PI: 01	S36°59'44"W	10°36'06"	200.00	18.56	37.01	36.95	0.86	0.86	0+225.05	0+243.61	0+262.02	9250846.04	636004.97
PI: 02	S30°39'44"W	2°03'56"	200.00	3.61	7.21	7.21	0.03	0.03	0+425.11	0+428.71	0+432.32	9250688.45	635907.66
PI: 03	S29°53'18"W	0°31'05"	200.00	0.90	1.81	1.81	0.00	0.00	0+739.18	0+740.09	0+740.99	9250417.79	635753.72
PI: 04	S31°02'23"W	1°47'05"	200.00	3.12	6.23	6.23	0.02	0.02	1+096.77	1+099.89	1+103.00	9501106.66	635573.02
PI: 05	S31°16'04"W	1°19'45"	200.00	2.32	4.64	4.64	0.01	0.01	1+243.58	1+245.90	1+248.22	9249982.74	635495.79
PI: 06	S30°55'55"W	0°39'28"	200.00	1.15	2.30	2.30	0.00	0.00	1+396.79	1+397.94	1+399.09	9249851.88	635418.39
PI: 07	S31°28'41"W	0°26'04"	200.00	0.76	1.52	1.52	0.00	0.00	1+538.72	1+539.48	1+540.24	9249730.89	635344.94
PI: 08	S31°45'06"W	0°06'44"	200.00	0.20	0.39	0.39	0.00	0.00	1+791.64	1+791.84	1+792.03	9249516.17	635212.35
PI: 09	S31°37'55"W	0°21'05"	200.00	0.61	1.23	1.23	0.00	0.00	2+148.56	2+149.17	2+149.78	9249212.50	635024.01
PI: 10	S31°34'07"W	0°13'29"	200.00	0.39	0.78	0.78	0.00	0.00	2+522.49	2+522.88	2+523.27	9248893.71	634828.99
PI: 11	S21°09'48"W	21°02'06"	200.00	37.13	73.01	73.01	3.42	3.36	2+785.81	2+822.94	2+859.24	9248638.36	634671.40
PI: 12	S9°39'57"W	1°57'37"	200.00	3.42	6.84	6.84	0.03	0.03	2+988.60	2+992.02	2+995.44	9248471.37	634640.01
PI: 13	S8°54'41"W	0°27'05"	200.00	0.79	1.58	1.58	0.00	0.00	3+343.06	3+343.85	3+344.64	9248123.58	634586.88
PI: 14	S8°38'55"W	0°58'37"	200.00	1.71	3.41	3.41	0.01	0.01	3+821.24	3+822.95	3+824.65	9247650.56	634510.80
PI: 15	S8°42'32"W	1°05'52"	200.00	1.92	3.83	3.83	0.01	0.01	4+244.02	4+245.94	4+247.86	9247231.85	634450.76
PI: 16	S9°46'40"W	1°02'23"	200.00	1.81	3.63	3.63	0.01	0.01	4+713.49	4+715.30	4+717.12	9246768.60	634375.25
PI: 17	S9°24'06"W	1°47'30"	200.00	3.13	6.25	6.25	0.02	0.01	4+852.48	4+855.60	4+858.73	9246630.56	634350.17
PI: 18	S8°41'06"W	0°21'29"	200.00	0.62	1.25	1.25	0.00	0.00	4+976.61	4+977.23	4+977.86	9246510.27	634332.18
PI: 19	S8°43'15"W	0°17'11"	200.00	0.50	1.00	1.00	0.00	0.00	5+176.16	5+176.66	5+177.16	9246313.22	634301.45
PI: 20	S8°35'09"W	0°01'00"	200.00	0.03	0.06	0.05	0.00	0.00	5+498.06	5+498.09	5+498.12	9245995.39	634253.51

Fuente: Propia.

4.4. Estudio de mecánica de suelos

4.4.1. Calicatas exploradas

Con el fin de obtener la estratigrafía de la zona de estudio, se analizaron 13 calicatas a una profundidad de 1.50 m, para lo cual se estudió el estrato de excavación a cielo abierto.

Tabla 10. *Calicatas exploradas*

Tipo de exploración	Numero	Estructura	Coordenadas	
			Este	Norte
Calicata	1	Pavimento	6634136.00	9245643.00
“	2		634257.00	9246134.00
“	3		634369.00	9246612.00
“	4		634492.00	9247091.00
“	5		634609.00	9247579.00
“	6		634719.00	9248051.00
“	7		634848.00	9248550.00
“	8		634967.00	9249010.00
“	9		635086.00	9249528.00
“	10		635186.00	9249965.00
“	11		635291.00	9250452.00
“	12		635398.00	9250969.00
“	13		635536.00	9251303.00

Fuente: Propia.

4.4.2. Muestreo disturbado

De las calicatas analizadas se consideró muestras alteradas de los estratos, para efectuar los ensayos de clasificación e identificación igual que para el análisis químico de sustancias agresivas.



Figura 17. Exploración de la calicata N° 07 para extracción de la muestra.

Fuente: Propia.

4.4.3. Registro de excavaciones

Se realizó el registro de calicatas según la NTP 339.150, definiendo el perfil y la clase de material de la calicata.

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos realizado a las 13 muestras extraídas, entre los que destaca el de humedad natural, granulometría, clasificación, límites de consistencia, sales, cloruros, sulfatos, proctor modificado y CBR.

Tabla 11. Resumen de ensayos de laboratorio

N° Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Humedad natural (%)	Granulometría			Clasificación		Límites			Sales (%)	Cloruros (ppm)	Sulfatos (ppm)	Proctor Modificado		CBR	
				Pasa% N°10	Pasa% N°40	Pasa% N°200	AASHTO	SUCS	L.L (%)	L.P (%)	I.P (%)				Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	Humedad Óptima (%)	95%	100%
01	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.30-1.50	22.45	99.28	95.6	88.58	A-6(9)	CL	29.72	18.30	11.41	0.10	136	102	1.80	16.15	3.78	6.84
02	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.30-1.50	14.30	97.82	94.6	43.84	A-4(2)	SC	24.05	15.10	8.94	0.08	137	89	1.81	15.25	4.88	8.62
03	-	0.00-0.20	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.20-1.50	16.75	99.28	95.6	88.58	A-6(9)	CL	26.81	15.99	10.82	0.11	162	106	1.82	16.16	4.46	7.39
04	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.30-1.50	13.00	99.60	69.9	32.34	A-2-4(0)	SC	25.66	15.60	10.05	0.07	131	89	1.78	15.03	4.08	6.61
05	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.30-1.50	16.70	98.20	93.8	62.96	A-6(6)	CL	28.63	16.50	12.13	0.09	145	97	1.77	17.08	4.50	6.22
06	-	0.00-0.20	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.20-1.50	15.35	97.90	92.9	72.22	A-4(8)	CL	24.77	16.72	8.05	0.11	170	108	1.79	16.18	4.69	6.53
07	-	0.00-0.20	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.20-1.50	16.50	98.41	90.8	66.75	A-6(7)	CL	29.79	18.05	11.74	0.09	150	98	1.80	16.32	4.76	6.92
08	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.30-1.50	16.45	98.52	96.3	64.64	A-4(6)	CL	25.99	16.47	9.52	0.08	128	89	1.80	16.57	5.21	6.81
09	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.30-1.50	17.55	99.28	93.1	76.88	A-6(9)	CL	30.92	17.04	13.88	0.11	169	112	1.83	15.38	5.53	7.16
10	-	0.00-0.20	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.20-1.50	16.75	98.12	92.8	66.54	A-4(7)	CL	27.13	17.83	9.30	0.07	130	87	1.81	16.04	5.18	6.76
11	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-01	0.30-1.50	15.30	99.28	93.5	71.40	A-4(8)	CL - ML	23.84	17.23	6.61	0.09	145	93	1.82	16.10	5.52	7.01
12	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-02	0.30-1.50	15.75	99.18	93.0	69.52	A-4(7)	CL	25.85	16.54	9.32	0.06	132	87	1.86	15.24	5.80	7.28
13	-	0.00-0.30	Material de relleno No Controlado.															
	M-03	0.30-1.50	14.75	98.88	92.3	67.92	A-4(7)	CL	24.82	17.59	7.23	0.08	141	92	1.85	16.26	5.48	7.00

Fuente: Propia.

4.4.4. Perfil del suelo

Los perfiles y la determinación de las propiedades de las muestras se han efectuado en función a las investigaciones de campo, descubiertos con las excavaciones realizadas y a partir de la descripción manual-visual (NTP 339.150).

Calicata N° 01:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m presenta una arena arcillosa de tono marrón claro, tiene una humedad natural de 22.45% y un índice plástico de 11.41%, consistencia semi compacta. Identificado de acuerdo a su clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-6 (9).

Calicata N° 02:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m presenta una arena limo arcillosa de baja plasticidad de color marrón claro, tiene una humedad natural de 14.30% y un índice plástico de 8.94%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un SC y de acuerdo a la AASHTO como un A-4 (2).

Calicata N° 03:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una arcilla de baja plasticidad de color marrón claro, presenta una humedad natural de 16.75% y un índice plástico de 10.82%, textura semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-6 (9).

Calicata N° 04:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una Arena arcillosa de color marrón claro, presenta una humedad natural de 13.00% y un índice plástico de 10.05%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un SC y de acuerdo a la AASHTO como un A-2-4 (0).

Calicata N° 05:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marrón claro, presenta una humedad natural de 16.70% y un índice plástico de 12.13%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-6 (6).

Calicata N° 06:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una Arcilla de baja plasticidad con arena de color marrón claro, presenta una humedad natural de 15.35% y un índice plástico de 8.05%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-4 (8).

Calicata N° 07:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marrón claro, presenta una humedad natural de 16.50% y un índice plástico de 11.74%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-6 (7).

Calicata N° 08:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marrón claro, presenta una humedad natural de 16.45% y un índice plástico de 9.52%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-4 (6).

Calicata N° 09:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una arcilla de baja plasticidad con arena de color marrón claro, presenta una humedad natural de 17.55% y un índice plástico de 13.88%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-6 (9).

Calicata N° 10:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una arcilla arenosa de baja plasticidad de color marrón claro, presenta una humedad natural de 16.75% y un índice plástico de 9.30%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-4 (7).

Calicata N° 11:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una arcilla limosa de baja plasticidad con arena de color marrón claro, presenta una humedad natural de 15.30% y un índice plástico de 6.61%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL-ML y de acuerdo a la AASHTO como un A-4 (8).

Calicata N° 12:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marrón claro, presenta una humedad natural de 15.75% y un índice plástico de 9.32%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-4 (7).

Calicata N° 13:

De 0.00 m hasta 0.30 m presenta Material de Relleno No Controlado.

De 0.30 m hasta 1.50 m se tiene una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marrón claro, presenta una humedad natural de 14.75% y un índice plástico de 7.23%, consistencia semi compacta. Identificado según clasificación SUCS como un CL y de acuerdo a la AASHTO como un A-4 (7).

4.4.5. Nivel de la napa freática

En las zonas de investigación no se ha registrado la presencia de aguas subterráneas en las calicatas.

4.4.6. Valor CBR de la subrasante

El CBR (California Bearing Ratio), permite la determinación de un índice de resistencia de los suelos, ello para evaluar la resistencia potencial de la subrasante denominado valor de la relación de soporte.

El material existente en la zona se muestra a continuación en el siguiente cuadro de acuerdo a su categoría de subrasante:

Tabla 12. Resultados del CBR de la subrasante

Calicata	Promedio del CBR (95%)	Categoría de subrasante
N° 01	3.78	Pobre
N° 02	4.88	Pobre
N° 03	4.46	Pobre
N° 04	4.08	Pobre
N° 05	4.50	Pobre
N° 06	4.69	Pobre
N° 07	4.76	Pobre
N° 08	5.21	Pobre
N° 09	5.53	Pobre
N° 10	5.18	Pobre
N° 11	5.52	Pobre
N° 12	5.80	Pobre
N° 13	5.48	Pobre

Fuente: Propia.

4.4.7. Análisis químico de sales

De los resultados químicos obtenidos en función de un espécimen que estará sobre la cimentación de las muestras se tiene:

Tabla 13. Resultados de los ensayos químicos

Contenidos de:	Contenido p.p.m.	Contenido %	Observación
Cloruros	144	0.0144	Leve
Sulfatos	96	0.0096	Leve
Sales solubles totales	900	0.09	Leve

Fuente: Propia.

Por tanto, el cemento a usar en los elementos de concreto será del tipo I o MS.

4.5. Estudio hidrológico e hidráulico

4.5.1. Información pluviométrica

Se analizó la información de la estación meteorológica “Reque”, donde se evidencia que el periodo de lluvias de la zona es del tipo Ecuatorial con un tramo húmedo entre octubre a abril y una temporada seca entre septiembre a mayo.

Tabla 14. *Ubicación de la estación meteorológica “Reque”*

Departamento	Lambayeque.
Provincia	Chiclayo.
Distrito	Eten.
Latitud	6° 53' 10.07"
Longitud	79° 50' 7.8"
Altitud	13.00 m. s. n. m.

Fuente: Propia.

Tabla 15. *Precipitación acumulada máxima anual (P. máx.) y precipitación máxima en 24 horas (Pmáx24h), período 1991 - 2020 (Estación Reque)*

N°	Año	Mes	P. máx.	P24h	Log P
01	1991	Febrero	2.40	2.71	0.43
02	1992	Enero	0.00	0.00	-2.95
03	1993	Marzo	5.30	5.99	0.78
04	1994	Marzo	8.40	9.49	0.98
05	1995	Noviembre	1.50	1.70	0.23
06	1996	Octubre	2.00	2.26	0.35
07	1997	Diciembre	17.50	19.78	1.30
08	1998	Febrero	60.40	68.25	1.83
09	1999	Febrero	10.20	11.53	1.06
10	2000	Abril	9.20	10.40	1.02
11	2001	Abril	6.00	6.78	0.83
12	2002	Marzo	7.30	8.25	0.92
13	2003	Junio	3.00	3.39	0.53
14	2004	Setiembre	7.00	7.91	0.90
15	2005	Octubre	2.50	2.83	0.45
16	2006	Marzo	4.30	4.86	0.69
17	2007	Octubre	7.50	8.48	0.93
18	2008	Marzo	11.00	12.43	1.09
19	2009	Enero	4.40	4.97	0.70

20	2010	Febrero	10.60	11.98	1.08
21	2011	Abril	8.20	9.27	0.97
22	2012	Marzo	15.40	17.40	1.24
23	2013	Marzo	9.70	10.96	1.04
24	2014	Setiembre	7.60	8.59	0.93
25	2015	Marzo	13.50	15.26	1.18
26	2016	Febrero	0.29	0.33	-0.48
27	2017	Marzo	29.80	33.67	1.53
28	2018	Abril	2.30	2.60	0.41
29	2019	Marzo	10.40	11.75	1.07
30	2020	Marzo	7.10	8.02	0.90
			$\mu =$	10.73	0.73
			$\sigma =$	12.80	0.82
			c.a. =	3.47	-3.36
			k =		3.47
			n =	30	

Fuente: Propia.

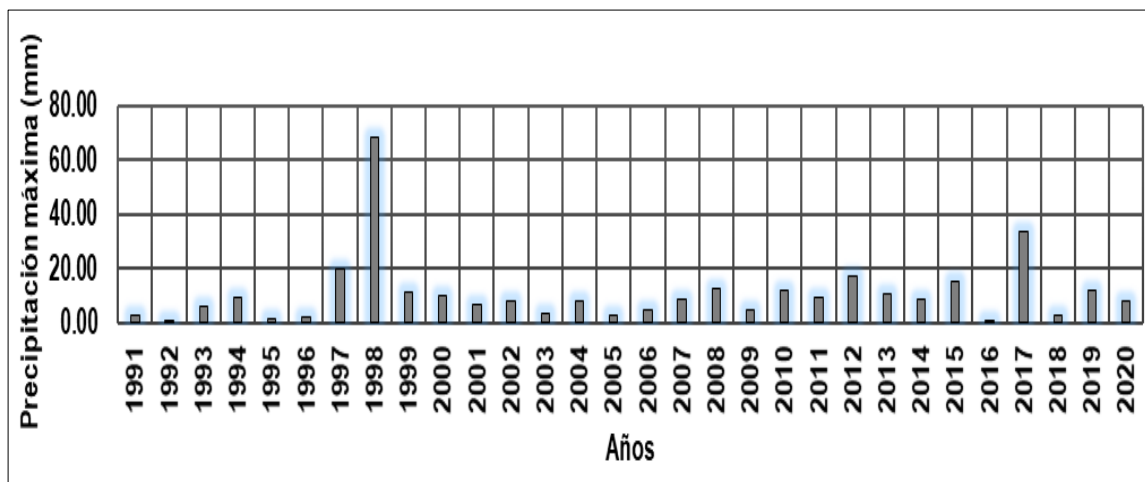


Figura 18. Hietograma de lluvia máxima en 24 horas (Pmáx24h) de la Estación "Reque", período 1991 - 2020.

Fuente: Propia.

En el hietograma se observa el cambio de la lluvia en función del tiempo, así se evidencia que el cambio de la lluvia máxima se da en 1998, con una lectura de 60.40 mm de un registro de datos de 30 años.

4.5.2. Análisis de frecuencias

Para tormentas menores a 03 h se utiliza la metodología de Dick Peschke, cuya fórmula es:

$$P_d = P_{24h} * \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \dots \dots \dots (13)$$

Donde, P_d es la precipitación total (mm); d la duración en minutos; y P_{24h} la precipitación máxima en 24 horas (mm).

4.5.3. Hidrología estadística

Las precipitaciones máximas a definir son datos aleatorios donde su comportamiento está en función a una ley de probabilidades.

El análisis de frecuencia se fundamenta en las diversas funciones de distribución de probabilidad, ante ello, se ha definido la función de distribución Gumbel por ser una de las más utilizadas en hidrología.

Tabla 16. Resumen de los resultados de la prueba de bondad de ajuste "SMIRNOV - KOLMOGOROV"

Duración de intensidad (min)	5	10	30	60	120	150	200	220
Weibull ($\Delta_{c\text{máx}}$)	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184

Fuente: Propia.

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{N}} \dots \dots \dots (14)$$

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{30}}$$

$$\Delta_0 = 0.2483 > 0.184$$

Realizando una comparativa de los datos del cuadro ($\Delta_{C_{\text{máx}}}$) con Δ_0 , obtenemos que $\Delta_{C_{\text{máx}}} < \Delta_0$, entonces los datos se ajustan a la teoría de Gumbel.

Tabla 17. *Parámetros de la prueba de bondad de ajuste "SMIRNOV - KOLMOGOROV"*

Parámetro	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min	150 min	200 min	220 min
	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.
Promedio	31.25	18.58	8.15	4.85	2.88	2.44	1.96	1.83
Desviación estándar	37.29	22.17	9.73	5.78	3.44	2.91	2.34	2.18
α	29.07	17.29	7.58	4.51	2.68	2.27	1.83	1.70
u	14.47	8.60	3.77	2.24	1.33	1.13	0.91	0.85

Fuente: Propia.

4.5.4. Curvas de intensidad - duración - frecuencia (IDF)

Como la información tratada se ajusta al Modelo Gumbel se empleó la siguiente ecuación para calcular las intensidades:

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}} \dots \dots \dots (15)$$

$$F_{(x)} = P(X < x) = 1 - \frac{1}{T} \dots \dots \dots (16)$$

Despejando "x".

$$x = u - \alpha \left(\text{Ln} \left(-\text{Ln} \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right) \dots \dots \dots (17)$$

Donde, T es periodo de retorno; μ , α los datos de la Distribución de Gumbel.

Tabla 18. Intensidades para diferentes Tr calculados por Gumbel

		INTENSIDADES							
		Tiempo en minutos							
Tr (Años)	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min	150 min	200 min	220 min	
6 años	63.95	38.02	16.68	9.92	5.90	4.99	4.02	3.74	
8 años	73.00	43.41	19.04	11.32	6.73	5.70	4.59	4.27	
10 años	79.89	47.50	20.84	12.39	7.37	6.23	5.02	4.68	
15 años	92.20	54.82	24.05	14.30	8.50	7.19	5.80	5.40	
20 años	100.82	59.95	26.30	15.64	9.30	7.87	6.34	5.90	
30 años	112.86	67.11	29.44	17.50	10.41	8.80	7.10	6.61	

Fuente: Propia.

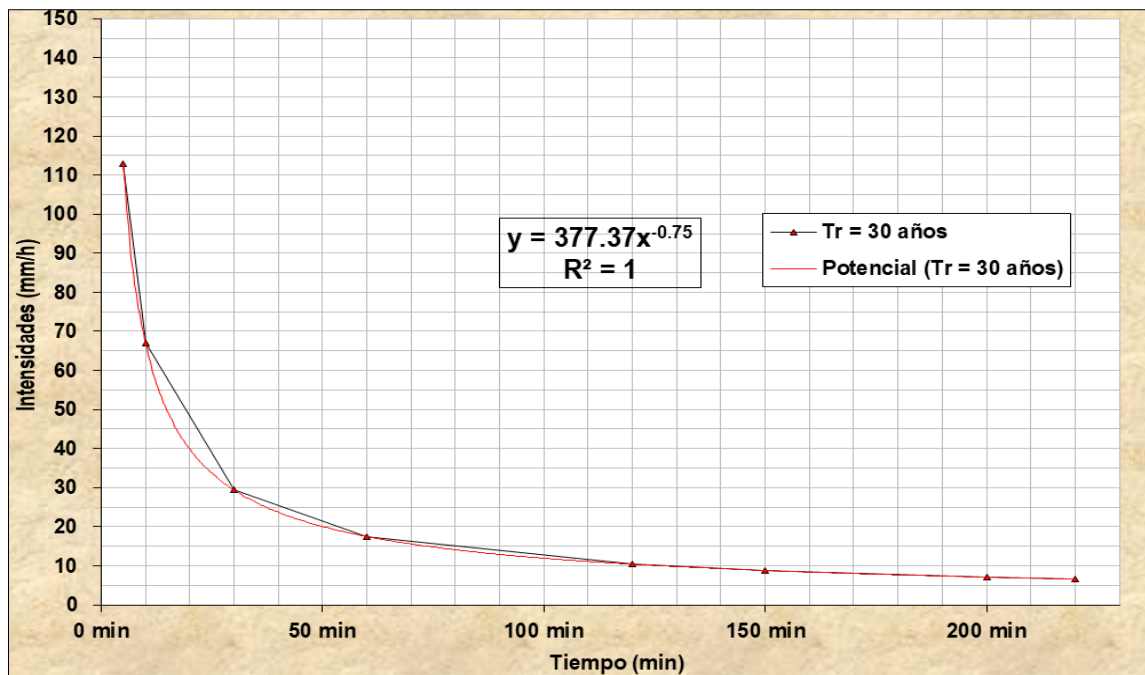


Figura 19. Curvas de IDF para un periodo de retorno $Tr = 30$ años.

Fuente: Propia.

4.5.5. Diseño hidráulico de las cunetas

4.5.5.1. Riesgo de falla

Es la posibilidad de que la crecida para la cual se diseña la obra de arte sea superada en el transcurso de "N" años.

$$R = P(X \geq x \text{ al menos una vez en } N \text{ años}) = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \dots \dots \dots (18)$$

Donde, T es el período de retorno; N es el número de años; P (X ≥ x) es la probabilidad de excedencia.

4.5.5.2. Período de retorno (Tr)

La intensidad de los caudales son función directa del Tr, el que a su vez está en función de la importancia de la estructura de arte y de la vida útil de ésta. Es así que en función a la **Tabla 43** en el presente estudio se adoptará un Tr de 30 años.

4.5.5.3. Vida útil (n)

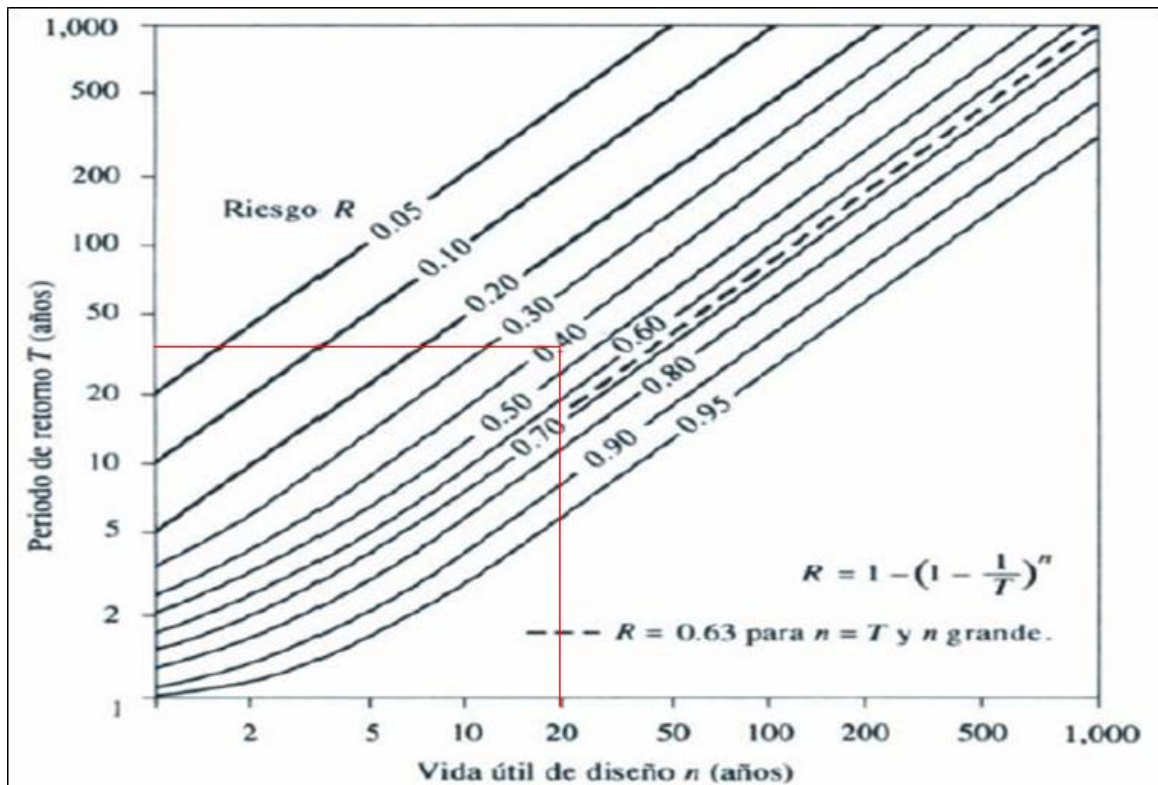


Figura 20. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil de la obra.

Fuente: Hidrología Aplicada. Ven te Chow, 1994.

De la gráfica anterior, con $T_r = 30$ años y tomando un riesgo $R = 40\%$, se define un n de 20 años, entendiéndose que durante y después de dicho tiempo se deberá efectuar un mantenimiento del drenaje.

A continuación, se muestra un resumen sobre los riesgos a los que estaría expuesto el drenaje de la carretera para diferentes T_r y un n de 20 años ($n = 20$ años).

Tabla 19. Riesgo de falla para diferentes períodos de retorno (T_r) y vida útil (n)

T_r	n	R
6 años	20	0.97
8 años	20	0.93
10 años	20	0.88
15 años	20	0.75
20 años	20	0.64
30 años	20	0.49

Fuente: Propia.

4.5.5.4. Tiempo de concentración T_c) y tiempo de rezago (T_r)

Tabla 20. Riesgo de falla para diversos T_r y n

N°	Áreas aportantes	Área (Km ²)	Cota máx. m.s.n.m	Cota mín. m.s.n.m	Δh (m)	Longitud de la vía principal (m)	Pendiente (m/m)	C
01	Margen Izquierda de la carretera "Larán-San Pablo".	0.16	39.25	27.81	11.44	5840.00	0.0020	0.50
02	Margen Derecha de la carretera "Larán-San Pablo".	0.16	39.25	27.81	11.44	5840.00	0.0020	0.50

Fuente: Propia.

Tabla 21. Tiempo de concentración en horas y minutos para la zona de estudio

Fórmulas	Margen Izquierda		Margen Derecha	
	Tc (h)	Tc (min)	Tc (h)	Tc (min)
<i>Kirpich (1940)</i>	2.84	170.65	2.84	170.65
<i>Departamento of Public Works (1995)</i>	2.85	170.85	2.85	170.85
<i>Viparelli (1961, 1963)</i>	1.62	97.33	1.62	97.33
Promedio	2.44	146.28	2.44	146.28

Fuente: Propia.

4.5.5.5. Caudal de diseño por el método Racional

El método puede ser empleado a pequeñas cuencas, aproximadamente si no excede a 13.00 km².

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6} \dots \dots \dots (19)$$

Donde, Q es el caudal máximo; C es el coeficiente de escorrentía; I es la intensidad máxima de la lluvia; y A es el área de influencia del proyecto.

De acuerdo a la **Tabla 44** en el presente estudio se tomará un C igual a 0.50, considerando que se está en una zona agrícola constituida por suelos franco arcillo limosos.

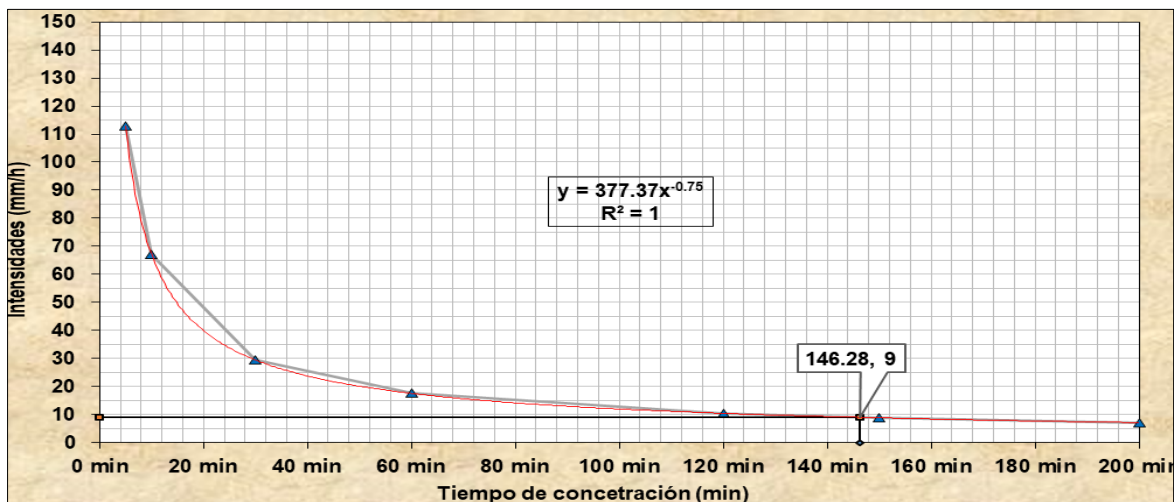


Figura 21. Curva IDF para el diseño de las cunetas.

Fuente: Propia.

Aplicando el método racional se obtiene el Q de diseño para las cunetas de la carretera "Larán-San Pablo".

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6} = \frac{0.50 * 9.00 \frac{mm}{h} * 0.16 km^2}{3.6} = 0.20 m^3/s$$

4.5.5.6. Caudal de diseño por el método Racional

Las cunetas son zanjas longitudinales abiertas en el terreno, ubicadas a ambas o a un lado de la vía, con el fin de tomar, conducir y evacuar los caudales superficiales.

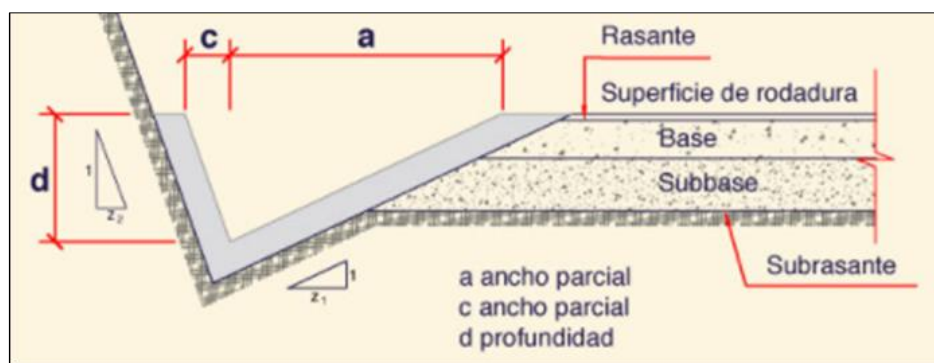


Figura 22. Sección transversal de cunetas.

Fuente: <http://ponce.sdsu.edu/cunetaenlinea.php>.

La pendiente del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z1) estará en función del volumen de diseño de la vía, de la velocidad y del IMDA (veh/día); de acuerdo a lo señalado en el cuadro siguiente.

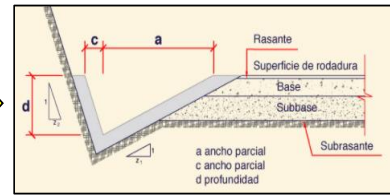
Tabla 22. Inclinaciones máximas del talud (V:H) interior de la cuneta

Velocidad vehicular de diseño (km/h)	Índice Medio Diario Anual (IMDA) (Número de vehículos por día).	
	≤ 750	> 750
< 70	2 : 1*	3 : 1
	3 : 1	3 : 1
> 70	3 : 1	4 : 1

Fuente: Manual de diseño (DG-2018).

4.5.5.7. Diseño hidráulico de la cuneta de la margen izquierda

DATOS DE ENTRADA:	CÁLCULOS INTERMEDIOS:	RESULTADOS:
Selección:	Unidades: Métricas	Profundidad $d = 0.336$ m
Unidades métricas	Aceleración de la gravedad $g: 9.81$ m s ⁻²	Ancho parcial $a = 1.007$ m
Unidades U.S.A.	Constante $k: 1$	Ancho parcial $c = 0.336$ m
Caudal $Q:$	Perímetro mojado $P: 1.536$ m	
0.20 m ³ s ⁻¹	Ancho de la superficie libre $T: 1.342$ m	
Pendiente del lado $Z_1:$	Área de flujo $A: 0.23$ m ²	
3.00	Radio hidráulico $R: 0.147$ m	
Pendiente del lado $Z_2:$	Profundidad hidráulica $D: 0.168$ m	
1.00	Tirante normal $y_n: 0.336$ m	
Pendiente de fondo $S:$	Velocidad media $V_n: 0.888$ m s ⁻¹	
0.0020	Número de Froude $F_n: 0.692$	
Coefficiente de Manning $n:$		
0.014		



Fuente: <http://ponce.sdsu.edu/cunetaenlinea.php>

Talud:

$$Z = 0.50 * (z_1 + z_2) = 0.50 * (3.00 + 1.00)$$

$$Z = 2$$

Área:

$$A = y * (z * y) = 0.336 \text{ m} * (2.00 * 0.336 \text{ m})$$

$$A = 0.23 \text{ m}^2$$

Perímetro:

$$P = y * (1 + z_1^2)^{1/2} + y * (1 + z_2^2)^{1/2} = 0.336 \text{ m} * (1 + (3)^2)^{1/2} + 0.336 \text{ m} * (1 + (1.0)^2)^{1/2}$$

$$P = 1.54 \text{ m}$$

Espejo de agua:

$$T = 2 * z * y = 2 * 2.00 * 0.336 \text{ m}$$

$$T = 1.34 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.23 \text{ m}^2}{1.54 \text{ m}}$$

$$R = 0.15 \text{ m}$$

$$D = \frac{A}{T} = \frac{0.23 \text{ m}^2}{1.34 \text{ m}}$$

$$D = 0.17 \text{ m}$$

Caudal de diseño:

$$Q = \left(\frac{1}{n} \right) * A * R^{2/3} * S^{1/2} = \left(\frac{1}{0.014} \right) * 0.23 \text{ m}^2 * (0.15 \text{ m})^{2/3} * (0.0020 \text{ m/m})^{1/2}$$

$$Q = 0.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de diseño:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.20 \text{ m}^3/\text{s}}{0.23 \text{ m}^2}$$

$$V = 0.88 \text{ m/s}$$

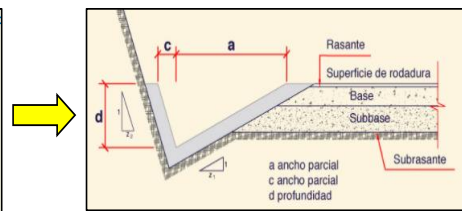
Número de Froude:

$$F = \frac{V}{(g * D)^{1/2}} = \frac{0.88 \text{ m/s}}{(9.81 \text{ m/s}^2 * 0.17 \text{ m})^{1/2}}$$

$$F = 0.69$$

4.5.5.8. Diseño hidráulico de la cuneta de la margen derecha

DATOS DE ENTRADA:	CÁLCULOS INTERMEDIOS:	RESULTADOS:
Selección: Unidades métricas Unidades U.S.A.	Unidades: Métricas	Profundidad $d = 0.336 \text{ m}$
Caudal Q: 0.20 $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$	Aceleración de la gravedad $g: 9.81 \text{ m s}^{-2}$	Ancho parcial $a = 1.007 \text{ m}$
Pendiente del lado z_1 : 3.00	Constante $k: 1$	Ancho parcial $c = 0.336 \text{ m}$
Pendiente del lado z_2 : 1.00	Perímetro mojado $P: 1.536 \text{ m}$	
Pendiente de fondo S : 0.0020	Ancho de la superficie libre $T: 1.342 \text{ m}$	
Coefficiente de Manning n : 0.014	Área de flujo $A: 0.23 \text{ m}^2$	
	Radio hidráulico $R: 0.147 \text{ m}$	
	Profundidad hidráulica $D: 0.168 \text{ m}$	
	Tirante normal $y_n: 0.336 \text{ m}$	
	Velocidad media $V_n: 0.888 \text{ m s}^{-1}$	
	Número de Froude $F_n: 0.692$	



Fuente: <http://ponce.sdsu.edu/cunetaenlinea.php>

Talud:

$$Z = 0.50 * (z_1 + z_2) = 0.50 * (3.00 + 1.00)$$

$$Z = 2$$

Área:

$$A = y * (z * y) = 0.336 \text{ m} * (2.00 * 0.336 \text{ m})$$

$$A = 0.23 \text{ m}^2$$

Perímetro:

$$P = y * (1 + z_1^2)^{1/2} + y * (1 + z_2^2)^{1/2} = 0.336 \text{ m} * (1 + (3)^2)^{1/2} + 0.336 \text{ m} * (1 + (1.0)^2)^{1/2}$$

$$P = 1.54 \text{ m}$$

Espejo de agua:

$$T = 2 * z * y = 2 * 2.00 * 0.336 \text{ m}$$

$$T = 1.34 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.23 \text{ m}^2}{1.54 \text{ m}}$$

$$R = 0.15 \text{ m}$$

$$D = \frac{A}{T} = \frac{0.23 \text{ m}^2}{1.34 \text{ m}}$$

$$D = 0.17 \text{ m}$$

Caudal de diseño:

$$Q = \left(\frac{1}{n} \right) * A * R^{2/3} * S^{1/2} = \left(\frac{1}{0.014} \right) * 0.23 \text{ m}^2 * (0.15 \text{ m})^{2/3} * (0.0020 \text{ m/m})^{1/2}$$

$$Q = 0.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de diseño:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.20 \text{ m}^3/\text{s}}{0.23 \text{ m}^2}$$

$$V = 0.88 \text{ m/s}$$

Número de Froude:

$$F = \frac{V}{(g * D)^{1/2}} = \frac{0.88 \text{ m/s}}{(9.81 \text{ m/s}^2 * 0.17 \text{ m})^{1/2}}$$

$$F = 0.69$$

4.5.6. Diseño hidráulico de las alcantarillas

Tabla 23. Parámetros para el cálculo del T_c de las áreas de influencia de las alcantarillas

N°	Áreas aportantes	Área (Km ²)	Cota máx. m.s.n.m	Cota mín. m.s.n.m	Δh (m)	L. de canal aguas arriba y debajo de alcantarillas (m)	Pendiente (m/m)	C
01	Alcantarilla N° 01: Km. 0 + 010.00	0.07	38.00	37.00	1.00	843.00	0.0012	0.50
02	Alcantarilla N° 02: Km. 2 + 820.00	0.03	30.70	29.70	1.00	357.00	0.0028	0.50
03	Alcantarilla N° 03: Km. 4 + 120.00	0.03	29.10	28.10	1.00	509.00	0.0020	0.50

Fuente: Propia.

Tabla 24. T_c en horas para el área de influencia de las alcantarillas

Fórmulas	Alcantarilla N° 01: Km. 0 + 010.00		Alcantarilla N° 02: Km. 2 + 820.00		Alcantarilla N° 03: Km. 4 + 120.00	
	T_c (h)	T_c (min)	T_c (h)	T_c (min)	T_c (h)	T_c (min)
<i>Kirpich (1940)</i>	0.78	46.64	0.29	17.29	0.43	26.04
<i>Departamento of Public Works (1995)</i>	0.78	46.69	0.29	17.31	0.43	26.07
<i>Viparelli (1961, 1963)</i>	0.23	14.05	0.10	5.95	0.14	8.48
Promedio	0.60	35.79	0.23	13.52	0.34	20.20

Fuente: Propia.

Este dato se calcula en función de las curvas IDF, ingresando con una duración igual al T_c y con un T_r de 30 años, que es lo sugerido en el Manual de Hidrología del MTC.

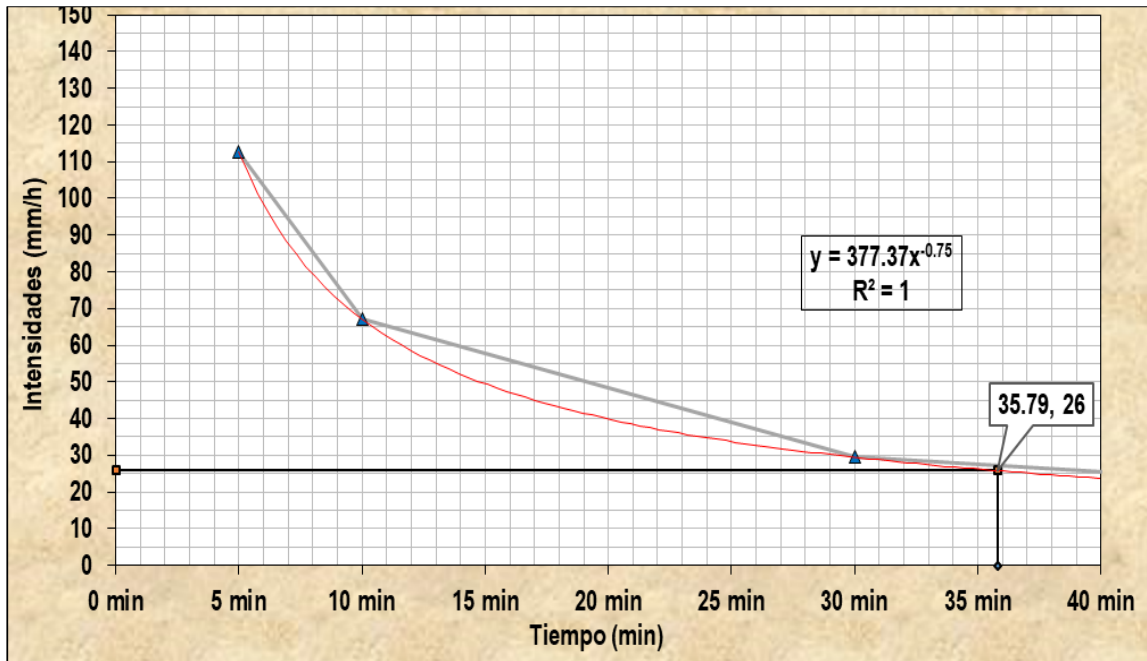


Figura 23. Curva IDF para el diseño de la alcantarilla 1.

Fuente: Propia.

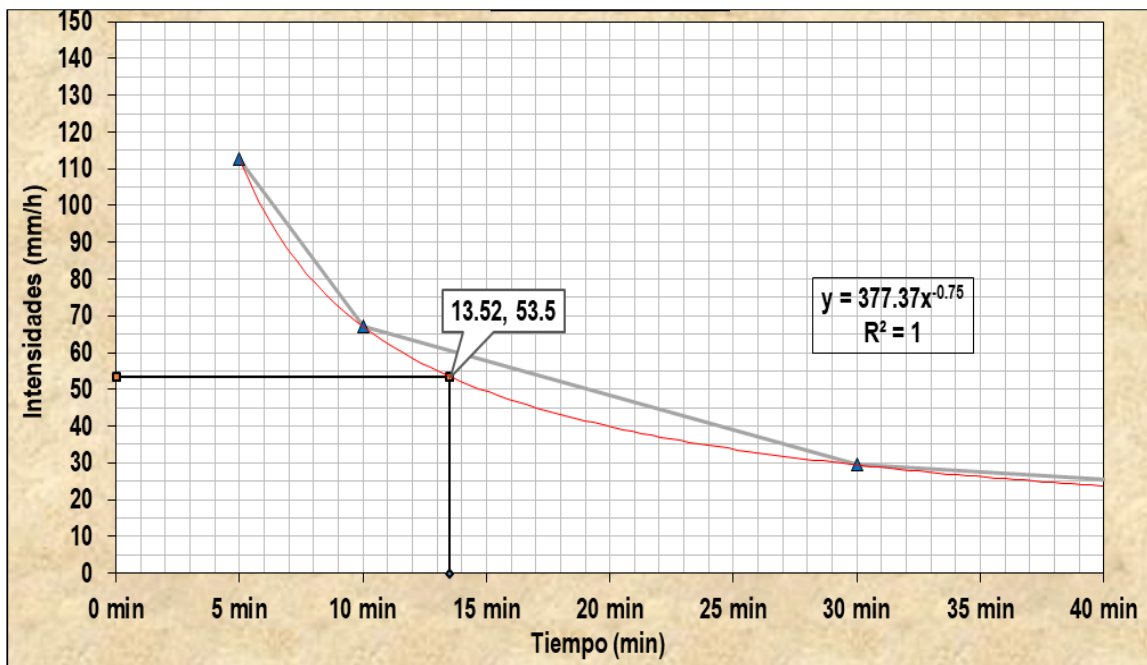


Figura 24. Curva IDF para el diseño de la alcantarilla 2.

Fuente: Propia.

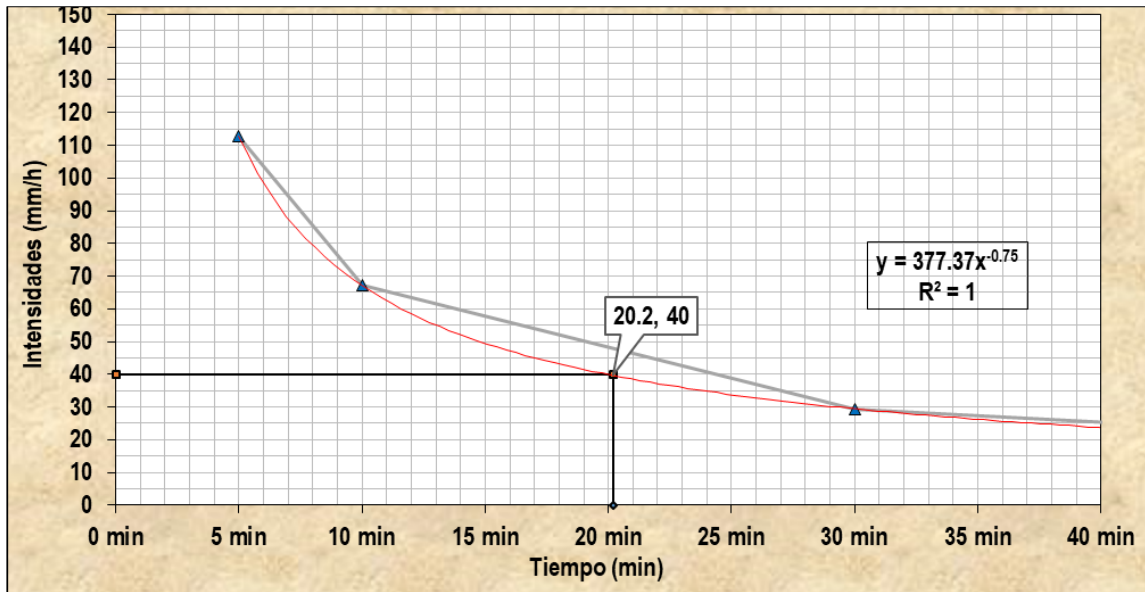


Figura 25. Curva IDF para el diseño de la alcantarilla 3.

Fuente: Propia.

4.5.6.1. Caudales de diseño (Q) de las alcantarillas

Mediante la ecuación del teorema racional se calcula el Q de diseño para la alcantarilla N° 01 ubicada en el km. 0 + 010.00 de la vía "Larán-San Pablo".

$$Q_{ALC-1} = \frac{C * I * A}{3.6} = \frac{0.50 * 26.00 \frac{mm}{h} * 0.07 km^2}{3.6} = 0.27 m^3/s$$

Mediante la ecuación del teorema racional se obtiene el Q de diseño para la alcantarilla N° 02 ubicada en el km. 2 + 820.00 de la vía "Larán-San Pablo".

$$Q_{ALC-2} = \frac{C * I * A}{3.6} = \frac{0.50 * 53.50 \frac{mm}{h} * 0.03 km^2}{3.6} = 0.22 m^3/s$$

Mediante la ecuación del teorema racional se obtiene el Q de diseño para la alcantarilla N° 03 ubicada en el km. 4 + 120.00 de la vía "Larán-San Pablo".

$$Q_{ALC-3} = \frac{C * I * A}{3.6} = \frac{0.50 * 40.00 \frac{mm}{h} * 0.03 km^2}{3.6} = 0.16 m^3/s$$

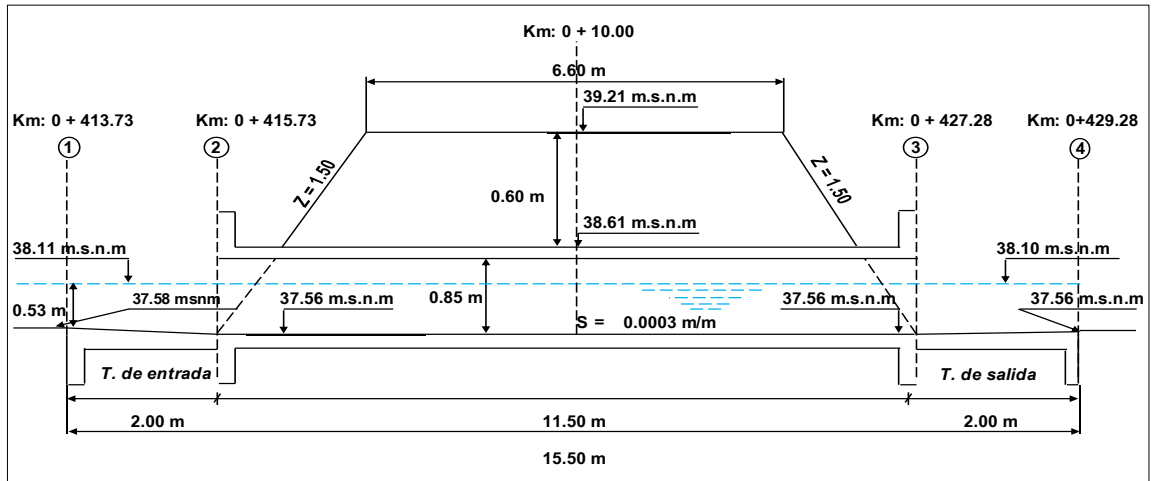


Figura 26. Esquema hidráulico final de la alcantarilla N° 01 que cruza a la carretera a la altura del km. 0 + 010.00.

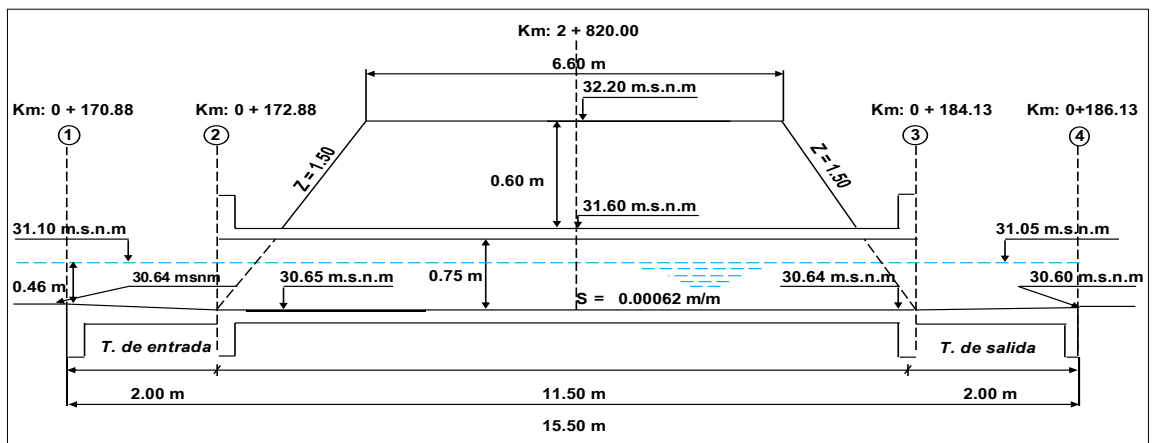


Figura 27. Esquema hidráulico final de la alcantarilla N° 02 que cruza a la carretera a la altura del km. 2 + 820.00.

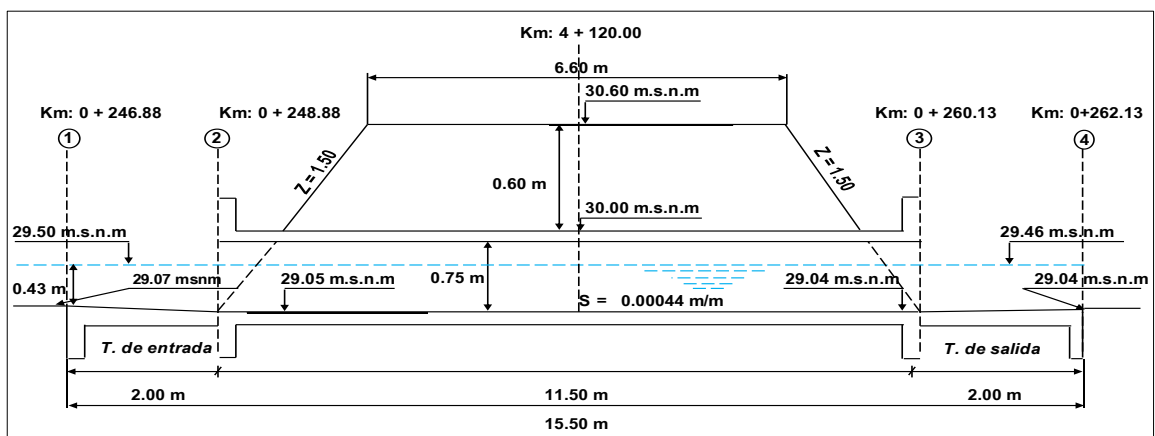


Figura 28. Esquema hidráulico final de la alcantarilla N° 03 que cruza a la carretera a la altura del km. 4 + 120.00.

Fuente: Propia.

4.6. Diseño del pavimento

4.6.1. Número de ejes equivalentes

Se realizó el cálculo del número de ejes equivalentes (EE) en función al IMDA proyectado al 2025, así se obtuvo:

Tabla 25. Cálculo del número de ejes equivalentes (EE)

TIPO DE VEHÍCULO			IMDa 2025	TIPO DE EJE	#RUE DAS	CARGA A EJE (tn)	TIPO EE (8.2 tn)	EE (8.2 tn) FLEXIBLE	EE * IMDa FLEXIBLE
VEHÍCULO LIVIANO	AUTO	1 EJE	66	SIMPLE	2	1	EE _{S1}	0.000527	0.035
		2 EJE	66	SIMPLE	2	1	EE _{S1}	0.000527	0.035
	S. WAGON	1 EJE	41	SIMPLE	2	1	EE _{S1}	0.000527	0.022
		2 EJE	41	SIMPLE	2	1	EE _{S1}	0.000527	0.022
	PICK UP	1 EJE	45	SIMPLE	2	1	EE _{S1}	0.000527	0.024
		2 EJE	45	SIMPLE	2	1	EE _{S1}	0.000527	0.024
CAMIONES	2E	1 EJE	56	SIMPLE	2	7	EE _{S1}	1.265367	70.263
		2 EJE	56	SIMPLE	4	11	EE _{S2}	3.238287	179.815
	3E	1 EJE	35	SIMPLE	2	7	EE _{S1}	1.265367	44.087
		2 EJE	35	TANDEM	8	18	EE _{TA2}	2.019213	70.352

Fuente: Propia.

4.6.2. Factores de distribución direccional (Fd) y de carril (Fc)

Siendo la carretera "Larán-San Pablo" de una sola calzada, con 2 sentidos y 1 carril por sentido, el Fd y Fc son 0.50 y 1.00 respectivamente.

4.6.3. ESALs (Equivalent Standar Axle Load – Carga Estándar por Eje Equivalente)

Considerando un n del pavimento de 20 años, una tasa de crecimiento de 3.45% para vehículos pesados (región Lambayeque), se obtuvo un factor de crecimiento acumulado de 28.13. Los parámetros anteriores junto al factor direccional (Fd) de 0.50 y al factor carril (Fc) de 1.00 permitió calcular la Carga Estándar por Eje Equivalente (ESALs) igual a 1872278, el cual lo califica como un tráfico T_{P6}, es decir está entre 1500001 y 3000000 de Ejes Equivalentes.

Tabla 26. Cálculo de los ESALs (Equivalent Standar Axle Load)

Tiempo (años) de vida útil del pavimento	Pd	20 años
Factor de crecimiento acumulado "Fca" de vehículos pesados Fca =	$(1+r)^{Pd} - 1$ r	Fca 28.13
Nº de calzadas / sentido / carril por sentido	1 calzada/2 sentido/1 carril	
Factor direccional	Fd	0.50
Factor de carril	Fc	1.00
Número de EE (ejes equivalentes) (ESALs)		
#EE (8.2 tn) = $365 * \sum(EE * IMDa) * Fca * Fd * Fc$	ESALs para pav. flexible	1872278

Fuente: Propia.

4.6.4. CRB de subrasante

Como se indicó en el punto "Valor CBR de la subrasante", el CBR promedio de las 13 calicatas arrojó que la subrasante cumple las características de la categoría "POBRE", con un valor promedio de 4.91%, valor que está entre 3% y 6%.

4.6.5. Nivel de Confiabilidad (R) y Desviación Estándar (ZR)

R para una sola etapa de diseño de 20 años según rango de tráfico (T_{P6} 1872278), el nivel de confiabilidad con el que se diseñó la carretera "Larán – San Pablo" fue del 85%. Asimismo, para dicha confiabilidad la desviación estándar es de -1.036.

4.6.6. Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi), índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)

En función al ESALs calculado (T_{P6} 1872278), Pi fue de 4.00, el índice de Serviciabilidad Final fue de 2.50 y el diferencial de Serviciabilidad (ΔPSI) para dichos valores fue de 1.50.

4.6.7. Coeficientes estructurales de las capas del pavimento a_n

El coeficiente a_1 seleccionado fue de 0.170/cm, toda vez que es una capa superficial sugerida para todas las clases de tráfico. Respecto a la capa a_2 para la base, se eligió la capa de 0.052/cm, una capa de base sugerida para tráfico ≤ 10000000 EE. En esa misma línea para a_3 se eligió la capa de subbase sugerida para tráfico ≤ 15000000 EE, es decir 0.047/cm.

4.6.8. Calidad del drenaje

En función al estudio de mecánica de suelos realizado se determinó que la calidad del drenaje para la base era del tipo “Bueno”, con un tiempo de demora para la evacuación de 1 día, asimismo, para la subbase el tiempo de demora para la evacuación fue del tipo “Regular”, con un tiempo de demora para la evacuación de 1 semana.

Tabla 27. Resumen de los parámetros de diseño del pavimento flexible

Variables	Símbolo	Valor
Carga de tráfico vehicular	ESAL(W_{18})	1872278
Suelo Sub Rasante	CBR (%)	4.91
	S ₁ : POBRE	
Módulo de resiliencia de la Sub Rasante Mr (psi) = 2555 * CBR ^{0.64}	Mr	7074.29
Tipo de tráfico	T_p	TP6
Número de etapas c/u a 10-20 años de diseño	n	1
Nivel de confiabilidad	R %	85%
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal	ZR	-1.036
Desviación estándar combinado (S_o)	S_o	0.45
Índice de servicialidad inicial según rango de tráfico	P_i	4.00
Índice de servicialidad final según rango de tráfico	P_t	2.50
Diferencialidad de servicialidad según rango de tráfico	ΔPSI	1.50

Fuente: Propia.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07 \dots \dots \dots (22)$$

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3 \dots \dots \dots (23)$$

		Cumple igualdad	
SN	3.884	6.272	6.272

Tabla 28. *Parámetros de diseño de las capas del pavimento flexible*

Capa superficial (a ₁)	Base (a ₂)	Sub base (a ₃)	
Carpeta asfáltica en caliente, módulo 2965 Mpa (430000 PSI) a 20 °C (68 °F)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	
Capa superficial recomendado para todos los tipos de tráfico.	Capa de Base recomendada para tráfico ≤ 10000000 EE.	Capa de subbase recomendada para tráfico ≤ 15000000 EE.	
0.170 /cm	0.052 /cm	0.047 /cm	
	Drenaje en la base (m ₂)	Drenaje en la Sub base (m ₃)	
	1 día	Buena	1 semana
	2	1.06	2
		Regular	0.88

Fuente: Propia.

Finalmente, SNR > SN, es decir, 4.178 > 3.884, lo cual hizo que cumpla el diseño.

SNR	4.178	SN	3.884
CUMPLE EL DISEÑO			

El diseño del pavimento flexible de la carretera “Larán – San Pablo” arrojó que la carpeta asfáltica tendría un espesor de 7.50 cm, la base un espesor de 30.00 cm y la subbase un espesor de 30.00 cm, tal como se presenta a continuación.

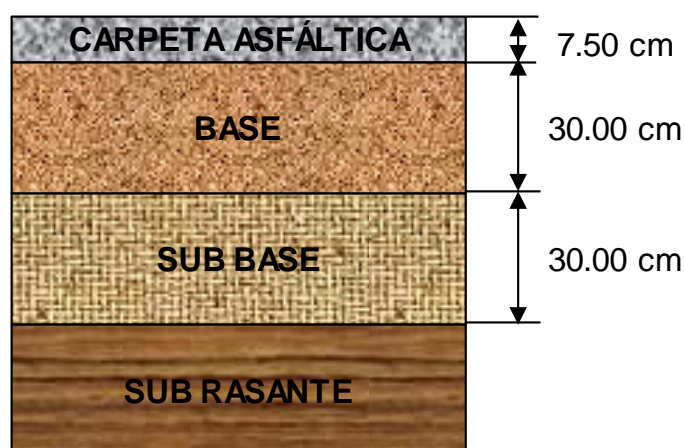


Figura 29. Esquema de la estructura del pavimento de la vía “Larán – San Pablo”.

Fuente: Propia.

V. DISCUSIÓN

Objetivo 1: Determinar el IMDA para el diseño geométrico a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo.

Se concuerda con lo referido por (Correa Valderrama, 2017) y (Khair, Mohamed, Mohammad, Farouk, & Elhadi Ahmed, 2018), quienes definen a una **carretera** como una infraestructura construida para apoyar el movimiento de vehículos que se desplazan de un lugar a otro para diferentes propósitos, como brindar accesibilidad entre zonas rurales y urbanas, lo que a su vez contribuye con la disminución de la indigencia y el desarrollo socioeconómico general.

Respecto a la **clasificación de carreteras**, según (Awwad, 2021) se podría citar a dos tipos, según la demanda vehicular, donde las vías se clasifican de acuerdo al Índice Medio Diario Anual (IMDA); y de acuerdo a la orografía preeminente de la superficie sobre la que se realiza el trazo de la vía. En ese sentido, el IMDA de la carretera en diseño fue 243 veh/día, de los cuales 152 serían vehículos ligeros y 90 vehículos pesados.

Objetivo 2: Realizar el diseño geométrico horizontal y vertical de la vía Larán – San Pablo, en función a la normativa vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (DG – 2018).

En esa misma línea, como parte del objetivo del **diseño geométrico de la carretera**, se concuerda con (Donnell, Kersavage, & Zineddin, 2018) y (Luin & Petelin, 2017) quienes señalan que todo diseño de una vía gira entorno a los **vehículos de diseño**, toda vez que se debe seleccionar el tamaño adecuado de acuerdo a los diferentes usos, dimensiones y características de operación. Son los tipos de vehículos los que determinan el ancho del carril y bermas; la distancia entre ejes determina el ancho y radios mínimos internos y externos de los carriles; así como la relación de peso bruto total con la potencia, que se relacionan con la pendiente admisible.

Respecto a la **velocidad de diseño** también denominada velocidad directriz, es un dato importante que define algunas de las características geométricas de la nueva carretera durante el proyecto. Dicha velocidad será la máxima con la que se podrá conducir con tranquilidad y confort en la vía, rigiéndose además por el

criterio de seguridad vial tal como lo refiere (Vázquez Méndez, Casal, & Santamarina, 2018).

Respecto a la **velocidad de marcha** se comparte lo referido por (Liu, et al., 2021), quienes indican que es la relación de la distancia recorrida entre el tiempo en el cual se desarrolló dicho movimiento de acuerdo a las condiciones de tránsito, el tipo de vía y los elementos de control. Se recomienda que la velocidad de marcha sea menor a la de diseño.

Se suscribe lo referido por (Narvaez, 2017) quien indica que la **distancia de visibilidad** es otro de los parámetros de diseño a tener en cuenta. Esta hace referencia a la longitud visible que tiene el conductor por delante, la misma que le permita realizar alguna maniobra tal como detenerse en algún lugar de la vía, adelantarse o visibilizar algún cruce con otra carretera. En esa misma línea, se comparte lo referido por (Oliverio Martínez, 2017) quien respecto a la **distancia de visibilidad de parada**, refiere que es la mínima necesaria para que se detenga la unidad vehicular antes que alcance un objeto estacionado en su recorrido.

Finalmente, se concuerda con (Virsis, Paeglitis, & Zarins, 2020), quienes como parte del **diseño geométrico**, el **alineamiento horizontal**, también denominado “diseño en planta”, refieren que está conformado por curvas circulares y alineamientos rectos. Las **curvas circulares** son arcos de circunferencia de 1 solo radio que enlazan dos tangentes continuas, constituyendo la proyección horizontal de las curvas. En esa misma línea, los radios mínimos (R_{\min}) son las longitudes que pueden seguirse con la velocidad de diseño (V), la tasa de peralte máximo (P_{\max}) y el coeficiente de fricción máximo (f_{\max}) relacionado a V .

Objetivo 3: Diseñar la estructura del pavimento de la vía Larán – San Pablo, ubicada en la provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

Respecto al objetivo del diseño del pavimento, se concuerda con (Virsis, Paeglitis, & Zarins, 2020) quienes indican que al tenerse suelos de baja capacidad portante, el espesor de las capas puede variar, en ese sentido, para el presente diseño de la carretera Larán – San Pablo al tenerse suelos areno-arcillosos, y en función al diseño efectuado, los espesores del pavimento variaron, siendo la superficie asfáltica de 7.50 cm y la base y sub base de 30.00 cm respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

Toda carretera permite la accesibilidad e interconexión entre zonas rurales y urbanas, contribuyendo además con la disminución de la indigencia y el desarrollo socioeconómico de las diferentes ciudades del Perú y del mundo.

Para la elaboración de la presente investigación, se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos y tesis relacionados con la temática del diseño geométrico de carreteras, así se identificaron parámetros de diseño como: (1) la clasificación de la carretera, (2) vehículos de diseño, (3) velocidad de diseño, (4) velocidad de marcha y (5) distancia de visibilidad. Respecto a la clasificación de la vía, es indispensable definirlo inicialmente, toda vez que en base a esta se direccionan los parámetros geométricos subsiguientes. Asimismo, son los vehículos sobre los que gira todo diseño geométrico, toda vez que se debe seleccionar el tamaño adecuado, en función a los diferentes usos, dimensiones y características de operación. Respecto a la velocidad de diseño es otro parámetro importante que define ciertas características geométricas de la vía durante el anteproyecto.

Como parte de la realización de todo diseño geométrico, se debe definir el alineamiento horizontal (en planta), el alineamiento vertical (perfil longitudinal) y secciones transversales. Para ello se deberán diseñar tramos tangentes, curvas circulares, sobrecanchos, pendientes, curvas verticales, bombeo, ancho de calzada, peralte, bermas, camino de vigilancia. Asimismo, lo anterior debería ir acompañado con su respectiva señalización vial, a saber, señalización vertical con indicaciones preventivas, informativas, reglamentarias; y considerando además elementos de seguridad como guardavías. Finalmente, los planos obtenidos como parte del diseño geométrico deberán comprender como mínimo, el alineamiento horizontal (planta), el perfil longitudinal, secciones transversales, tablas de movimiento de tierras y la respectiva señalización que contribuya con la seguridad vial durante el tránsito por la vía, tanto para pasajeros, conductores y peatones.

Toda carretera tiene características propias que la hacen diferente a las demás, por lo que los parámetros que se adopten, aparte de ser definidos con criterio, deberán de ser de uso exclusivo para la vía en diseño.

VII. RECOMENDACIONES

Como parte de todo diseño geométrico de una carretera, y en función al diseño efectuado en la presente investigación, se recomienda considerar lo siguiente:

Reconocimiento del área de estudio, para lo cual se deberá realizar visitas técnicas de campo con el objeto de conocer e identificar con mayor detalle la carretera en diseño, así como puntos estratégicos a lo largo de ésta.

Realizar un estudio de tráfico, a partir del conteo de unidades vehiculares que circulan diariamente por la vía, para ello se deberá elegir un punto estratégico, como una unidad de peaje. Indicar además que es válido comparar nuestros registros con el de las unidades de peaje a cargo de las instituciones de transporte, ello claro si éstas existieran en algún punto de la carretera en diseño.

Realizar un levantamiento topográfico de la vía, en base al cual se desarrollará el diseño geométrico de la carretera. Este procedimiento se realiza en campo con equipos como drones, estaciones totales, miras, jalones, winchas, entre otros, con los cuales se podrán tomar registros de coordenadas, cotas, longitudes, niveles, entre otros, a lo largo de la vía, almacenándolos en memorias para luego trabajarlos en hojas de cálculo.

De manera similar a lo antes descrito, se deberá realizar estudios básicos como el de mecánica de suelos, que permitan definir el tipo de terreno sobre los que se va a construir la vía, y a partir de ahí definir parámetros como el de los taludes. Asimismo, se deberá realizar un estudio hidrológico que contribuya con el diseño del drenaje y obras de arte ubicadas a lo largo de la carretera, para ello en campo se deberá realizar un inventariado de obras existentes como pontones, cunetas, alcantarillas, badenes, sifones, canales, entre otros.

En función al trabajo de gabinete y de campo líneas arriba descrito, se deberá definir los parámetros iniciales del diseño geométrico, tales como el tipo de carretera, unidades vehiculares de diseño, velocidad de diseño, velocidad de marcha, distancia de visibilidad (parada, adelantamiento).

Contemplar en todo diseño geométrico la seguridad vial, a partir de la señalización horizontal y vertical de la carretera en diseño.

REFERENCIAS

- Akmal Zulkipli, M., & NizamTahar, K. (2018). Multirotor UAV-Based Photogrammetric Mapping for Road Design. *International Journal of Optics*, 2018. doi:<https://doi.org/10.1155/2018/1871058>
- Aleman Vásquez, H., Juárez Reyes, F., & Nerio Aguilar, J. (2015). Propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final col. Quezaltepeque-Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras. (*Tesis de Pregrado*). Universidad De El Salvador, El Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7856/1/Tesis%20Dise%C3%B1o%20Geometrico%20de%20Camino%20Vecinal%20Monta%C3%B1oso.pdf>
- Alvarado Peralta, W., & Martínez Cárdenas, L. (2017). Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera Chancos – Vicos – Wíash según criterios de seguridad y economía. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/622668>
- Álvarez, P., Fernández, M., Gordaliza, A., Mansilla, A., & Molinero, A. (2020). Geometric road design factors affecting the risk of urban run-off crashes. A case-control study. *PLoS ONE*, 15(6), 15. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234564>
- Asadi Bagloee, S., Sarvi, M., Patriksson, M., & Asadi, M. (2018). Optimization for Roads' Construction: Selection, Prioritization, and Scheduling. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 33, 833-848. doi:<https://doi.org/10.1111/mice.12370>
- Babapour, R., Naghdi, R., Ghajar, I., & Ghodsi, R. (2018). New strategies for estimation of cut and fill areas in road design with different ground cross-section offsets. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(2), 178-187. doi:<https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1338748>

- Berg, C., Deichmann, U., Liu, Y., & Selod, H. (2017). Transport Policies and Development. *The Journal of Development Studies*, 53(4), 465-480. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/00220388.2016.1199857>
- Bill, W. (2015). Top 10 roads. *Roads & Bridges*.
- Bing, X., Wei, Q., Lu, J., Li, C., & Zhang, Y. (2018). Sustainable Highway Design: Disentangling the Effects of Geometric-Related and Traffic-Related Factors on Urban Highway Traffic Emissions. *Hindawi Advances in Civil Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2018/7514612>
- Chakraborty, S., Barua, P., Bhattachajee, S., & Mazumdar, S. (2018). Road classification based energy efficient design and its validation for Indian roads. *Light & Engineering*, 26(2), 110-121.
- Correa Valderrama, E. (2017). The role of Tertiary Roads in the construction of a new country. *Revista de Ingeniería*(45), 64-71. doi:<https://doi.org/10.16924/revinge.45.9>
- Dai, Z., & Zhou, H. (2018). Environmental Art Design of Highway Tunnel under Road Landscape Stress. *Ekoloji*, 28(108), 717-722.
- Delzo Cuyubamba, F. (2018). Propuesta de diseño geométrico y señalización del tramo 5 de la red vial vecinal empalme ruta AN-111 – Tingo Chico, provincias de Huamalíes y Dos de Mayo, departamento de Huánuco. (*Tesis de Pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12616/D_ELZO_CUYUBAMBA_PROPUESTA_DISE%c3%91O_GEOMETRICO_TESIS.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Donnell, E., Kersavage, K., & Zineddin, A. (2018). Self-Enforcing Roadways. *Public Roads*, 82(3), 4-7.
- Forbes, G. (2020). Visual Grouping and Its Application to Road Design and Traffic Control. *Transactions on Transport Sciences*, 11(1), 55-64. doi:<https://doi.org/10.5507/tots.2019.003>

- Gupta, A., Kumar, P., & Rastogi, R. (2015). Mechanistic–empirical approach for design of low volume pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 16(9), 797-808. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2014.960999>
- Huaripata Carmona, J. (2018). Evaluación del diseño geométrico de la carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito tramo C.P. el tambo – C.P. Laguna Santa Úrsula con respecto al Manual de Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de tránsito-MTC. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1984/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jiang, W., Yuan, D., Sha, A., Huang, Y., Shan, J., & Li, P. (2021). Design of a Novel Road Pavement Using Steel and Plastics to Enhance Performance, Durability and Construction Efficiency. *Materials*, 14(482). doi:<https://doi.org/10.3390/ma14030482>
- Jonghak, L., Jai Sung, C., Hyejung, H., & Taekwan, Y. (2019). A method for the estimation of greenhouse gas emissions based on road geometric design and its application to South Korea. *International Journal of Sustainable Transportation*, 13(1), 65–80. doi:<https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1437487>
- Jun, H., & Ming, H. (2019). Can anthropologists contribute to road construction? Insights from southwest China. *Journal of International Development*, 31, 679–686. doi:<https://doi.org/10.1002/jid.3431>
- Kang, Y., & Ferris, J. (2018). Performance Margin for Geometric Road Design. *SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst.*, 11(4). doi:<https://doi.org/10.4271/06-11-04-0022>
- Khair, K., Mohamed, Z., Mohammad, R., Farouk, H., & Elhadi Ahmed, M. (2018). A Management Framework to Reduce Delays in Road Construction Projects in Sudan. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43, 1925–1940. doi:<https://doi.org/10.1007/s13369-017-2806-6>

- Kozlov, V. (2016). The deflected mode of multi coherent prismatic constructive elements of bridge constructions. *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture*, 41-50.
- Krayushkina, K., Khimerik, T., Pershakov, V., & Bieliatynskiy, A. (2018). Use of slag materials in road construction. *Proceedings of the National Aviation University*, 4(77), 88-93. doi:<https://doi.org/10.18372/2306-1472.77.13502>
- Li, Q., Wang, K., Qiu, S., Zhang, Z., & Moravec, M. (2015). Development of simplified traffic loading for secondary road pavement design. *International Journal of Pavement Engineering*, 16(2), 97–104. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2014.926446>
- Li, Y., & Xing, S. (2018). Maintenance decision-making model for highway construction project. *Advances in Transportation Studies an international Journal*, 3, 11-16. doi:<https://doi.org/10.4399/97888255216652>
- Liu, A., Cao, L., Han, Y., Gao, S., Li, X., & Zhao, W. (2021). Design of a low-power road monitoring system for smart cities based on Wireless Sensor Network. *Advances in Transportation Studies: an international Journal Section B*, 53, 183-196. doi:<https://doi.org/10.4399/979128041434212>
- Liu, M., Agarwal, J., & Blockley, D. (2016). Vulnerability of road networks. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 33(2), 147-175. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/10286608.2016.1148142>
- Luin, B., & Petelin, S. (2017). Impact of road geometry on vehicle energy consumption. *Transport Problems Problemy Transportu*, 12(2), 77-87. doi:<https://doi.org/10.20858/tp.2017.12.2.8>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2017). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: Fondo Editorial de la Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/300718/d161133_opt.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG - 2018)*. Lima: Ministerio de Transportes y

Comunicaciones (MTC). Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

- Monnet, D., Hare, W., & Lucet, Y. (2020). Fast feasibility check of the multi-material vertical alignment problem in road design. *Computational Optimization and Applications*, 75, 515–536. doi:<https://doi.org/10.1007/s10589-019-00160-3>
- Narvaez, L. (2017). Tertiary roads: engine of rural economic development. *Revista de Ingeniería*(45), 80-87.
- Okwadha, G., & Nyingi, P. (2016). Effectiveness of rice husk ash in stabilizing Kenyan red coffee soil for road subgrades construction. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13, 2731-2734. doi:<https://doi.org/10.1007/s13762-016-1092-2>
- Oliverio Martínez, E. (2017). A Maintenance and Improvement Plan for Tertiary Roads. *Revista de Ingeniería*, 45, 52-57.
- Raheel, M., Khan, R., Khan, A., Khan, M., Ali, I., Alam, B., & Wali, B. (2018). Impact of axle overload, asphalt pavement thickness and subgrade modulus on load equivalency factor using modified ESALs equation. *Civil & Environmental Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1528044>
- Samodurova, T., & Tuong, N. (2016). Database for flexible pavements design in the Republic of Viet Nam. *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture*, 2(30), 38-45.
- Senturk, N., Ozturk, T., Inan, M., & Bilici, E. (2018). Investigation of environmental damages caused by excavated materials at forest road construction in the Mediterranean Region of Turkey. *Environmental damages at forest road construction*, 16(4), 4029-4038. doi:http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1604_40294038
- Šeporaitis, M., & Vorobjovas, V. (2019). Kelio trasos horizontaliųjų kreivių įtaka transporto srauto greičiui. *Environmental engineering Aplinkos inžinerija*, 11, 1-7. doi:<https://doi.org/10.3846/mla.2019.10590>

- Šeporaitis, M., Vorobjovas, V., & Vaitkus, A. (2020). Evaluation of horizontal curve radius effect on driving speed in two lane rural road. Pilot Study. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 15(4), 252-270. doi:<https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.503>
- Tiwari, G. (2018). Infrastructure designs and traffic safety: the road to vision zero. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 25(3), 237-238. doi:<https://doi.org/10.1080/17457300.2018.1486505>
- Tonin, R. (2016). Quiet Road Pavements: Design and Measurement—State of the Art. *Acoustics Australia*, 44, 235-247. doi:<https://doi.org/10.1007/s40857-016-0066-3>
- Vázquez Méndez, M. E., Casal, G., & Santamarina, D. (2018). A 3D Model for Optimizing Infrastructure Costs in Road Design. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 33, 423–439. doi:<https://doi.org/10.1111/mice.12350>
- Virsis, E., Paeglitis, A., & Zarins, A. (2020). Road Design on low bearing capacity soils. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 15(3), 19–33. doi:<https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.481>
- Wang, P. (2016). Ecological Landscape Road Design. *Agricultural Science & Technology*, 17(8), 1917-1920.
- Zahid Ikram, M., & Zahir Faridi, M. (2017). Road Development and Poverty Alleviation: the Case Study of Southern Punjab. *Pakistan Journal of social Sciences (PJSS)*, 37(1), 255-272.
- Zaninovich, D. (2017). Regional roads and the need for shared management. *Revista de Ingeniería*(45), 72-79.
- Zhao, W., Su, W., Li, L., Zhang, Y., & Li, B. (2020). Optimization design of the road unit in a hydronic snow melting system with porous snow. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 141, 1509-1517. doi:<https://doi.org/10.1007/s10973-020-09689-6>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de la variable.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Diseño geométrico de la vía Larán – San Pablo.	Comprende una serie de labores desde los estudios preliminares de campo, la selección de la ruta, la determinación de los parámetros geométricos, el diseño del alineamiento horizontal y vertical, los cuales tiene como efecto la geometría total, los movimientos de tierra, para finalmente tener una vía con todos los elementos de seguridad vial y señalización (Huaripata Carmona, 2018).	La realización del diseño geométrico consistió en definir el alineamiento en planta, el perfil longitudinal y secciones transversales. Se diseñaron los tramos tangentes, curvas circulares, sobrecanchos, pendientes, curvas verticales, bombeo, ancho de calzada, peralte, bermas, camino de vigilancia. Se realizó la señalización vial a partir de realizar una señalización vertical, con señales preventivas, informativas, reglamentarias; y considerando además elementos de seguridad como guardavías. Los planos del diseño geométrico y de señalización se trabajaron con el software CIVIL 3D, los cuales comprendieron el alineamiento en planta, el perfil, secciones transversales, tablas de movimiento de tierras y los planos de señalización y seguridad vial.	Geometría horizontal.	- Velocidad (Km/h). - Radio (m). - L. de transición (m). - L. tangente (m). - L. de curva (m). - Sobrecancho (m). - Peralte (m).	De razón.
			Geometría vertical.	- Pendiente (%). - Curva vertical convexa. - Curva vertical cóncava.	De razón.
			Sección transversal.	- Bombeo (%). - A. de calzada (m). - A. de berma (m).	De razón.
			Señalización.	- Señales reglamentarias. - Señales preventivas. - Señales informativas. - Color y forma de señales. - Ubicación de señales. - Guardavías.	Nominal
			Diseño del pavimento.	- Periodo de diseño. - Tipo de tráfico. - Espesor del pavimento. - ESAL (Equivalent Single Axle L).	De razón.
			Estudio de mecánica de suelos.	- Granulometría. - Humedad, densidad. - CBR (California Bearing Ratio). - Límites de Atterberg.	De razón.

Fuente: Propia.

Anexo 2: Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores
<p>Problema general: ¿De qué manera se mejorará las condiciones de servicio actuales de la vía Larán – San Pablo?</p>	<p>Objetivo general: Realizar el diseño geométrico de 5.84 km a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo, ubicada en el centro poblado de San Pablo, distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, región Lambayeque.</p>	<p>Hipótesis general: El diseño geométrico de la vía Larán – San Pablo permitirá mejorar significativamente las condiciones de servicio actuales de la vía, bajo los criterios de seguridad, viabilidad económica, confort, visibilidad y sostenibilidad.</p>	VI	Geometría horizontal.	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad (Km/h). - Radio (m). - L. de transición (m). - L. tangente (m). - L. de curva (m). - Sobreancho (m). - Peralte (m).
<p>Problemas específicos a) ¿De qué manera influye el IMDA para el diseño geométrico a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo?</p> <p>b) ¿De qué manera realizará el diseño geométrico horizontal y vertical de la vía Larán – San Pablo?</p> <p>c) ¿De qué manera diseñar la estructura del pavimento de la vía Larán – San Pablo, ubicada en la provincia de Chiclayo, región Lambayeque?</p>	<p>Objetivos específicos: a) Determinar el IMDA para el diseño geométrico a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo. b) Realizar el diseño geométrico horizontal y vertical de la vía Larán – San Pablo, en función a la normativa vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (DG – 2018). c) Diseñar la estructura del pavimento de la vía Larán – San Pablo, ubicada en la provincia de Chiclayo, región Lambayeque.</p>	<p>Hipótesis específicas: a) El IMDA influye significativamente en el diseño geométrico a nivel de asfaltado de la vía Larán – San Pablo corresponde a b) La aplicación de la normativa del MTC (DG – 2018) permitirá realizar significativamente el diseño geométrico horizontal y vertical de la vía Larán – San Pablo. c) La aplicación del manual de suelos y pavimentos de MTC permitirá diseñar significativamente la estructura del pavimento de la vía Larán-San Pablo.</p>	Diseño geométrico de la vía Larán – San Pablo.	Geometría vertical.	<ul style="list-style-type: none"> - Pendiente (%). - Curva vertical convexa. - Curva vertical cóncava.
				Sección transversal.	<ul style="list-style-type: none"> - Bombeo (%). - A. de calzada (m). - A. de berma (m).
				Señalización.	<ul style="list-style-type: none"> - Señales reglamentarias. - Señales preventivas. - Señales informativas. - Color y forma de señales. - Ubicación de señales. - Guardavías.
				Diseño del pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> - Periodo de diseño. - Tipo de tráfico. - Espesor del pavimento. - Ejes equivalentes.
				Estudio de mecánica de suelos.	<ul style="list-style-type: none"> - Granulometría. - Humedad, densidad. - California Bearing Ratio. - Límites de Atterberg.

Fuente: Propia.

Anexo 3: Parámetros de diseño geométrico de la carretera según la DG-2018.

Tabla 29. Vías de acuerdo a su demanda y función

		IMDA (veh/día)	Separador central mínimo	Carriles	Ancho mínimo de carril	Plazolet a de cruce
Autopista	Clase I	> 6000	6.00 m	2 o más	3.60 m	--
	Clase II	4001 - 6000	6.00 m	2	3.60 m	--
Carretera	Clase I	2001 - 4000	--	2	3.60 m	--
	Clase II	400 - 2000	--	2	3.60 m	--
	Clase III	< 400	--	2	3.00 m	--
Trocha carrozable		< 200	--	1	4.00 m	@ 500 m

Fuente: Adoptado de (Alvarado Peralta & Martínez Cárdenas, 2017).

Tabla 30. Clasificación según la orografía preeminente de la superficie

		Tipo	Pendiente Transversal %	Pendiente longitudinal %	Movimiento de tierra
Terreno	Plano	1	≤ 10	< 3	Mínimo
	Ondulado	2	11 - 50	3 - 6	Moderado
	Accidentado	3	51 - 100	6 - 8	Moderado
	Escarpado	4	> 100	> 8	Máximo

Fuente: Adoptado de (Alvarado Peralta & Martínez Cárdenas, 2017).

Tabla 31. Datos esenciales de acuerdo al vehículo de diseño

Tipo de vehículo	Alto total (m)	Ancho total (m)	Vuelo lateral (m)	Ancho de ejes (m)	Largo total (m)	Vuelo delantero (m)	Separación de ejes (m)	Vuelo trasero (m)	Radio mínimo rueda exterior (m)
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	15.80	0.90	3.40	1.50	17.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70

Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1.00

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 32. Velocidad de diseño de una carretera de acuerdo a su orografía y demanda

Clasificación	Orografía	Velocidad en un tramo homogéneo VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de 1 ^{era} clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de 2 ^{da} clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de 1 ^{era} clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de 2 ^{da} clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de 3 ^{era} clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 33. Velocidades de marcha de acuerdo a la velocidad de diseño (km)

Velocidad de diseño (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Velocidad media de marcha	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117
Rango de velocidad media	25.5 @ 28.5	34.0 @ 38.0	42.5 @ 38.0	51.0 @ 47.5	59.5 @ 66.5	68.0 @ 76.0	76.5 @ 85.5	85.5 @ 95.0	93.5 @ 104.5	102.0 @ 114.0	110.5 @ 123.5

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 34. Distancia de visibilidad de parada con inclinación (m)

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

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 35. Longitudes de tramos en tangente (m)

V (km/h)	L. mínimos(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

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 36. *Fricción transversal máxima en curvas*

Velocidad de diseño (km/h)	f_{máx}
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 37. *Longitud de transición de peralte*

Velocidad de diseño (km/h)	Valor de peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 38. Pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6000				6000 - 4001				4000 - 2001				2000 - 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	
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		
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																			

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 39. Anchos mínimos (m) de calzada en tangente

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6000				6000 - 4001				4000 - 2001				2000 - 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																			6.00	6.00
40 km/h																6.60	6.60	6.60	6.00	
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h		7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20		6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

La **berma** paralela a la calzada tiene la finalidad de dar mayor seguridad en la vía, donde su ancho se basa en el tipo de vía, topografía y velocidades (Asadi Bagloee, Sarvi, Patriksson, & Asadi, 2018).

Tabla 40. Ancho de berma (m)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6000				6000 - 4001				4000 - 2001				2000 - 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																			0.50	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	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	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	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		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	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																			

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 41. Bombeo de la calzada

Tipo de superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento asfáltico	2	2.5
Tratamiento	2.5	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5	3.0 - 4.0

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 42. Anchos mínimos de derecho de vía

Clasificación	Ancho mínimo (m)
Autopista clase I	40
Autopista clase II	30
Carretera clase I	25
Carretera clase II	20
Carretera clase III	16

Fuente: Adoptado de (MTC, 2018).

Tabla 43. Guía para la selección de períodos de retorno

N°	Tipo de proyecto o obra	Período de retorno (años)
01	Drenaje urbano y rural [bajo riesgo] (hasta 100 ha).	5 a 10
02	Drenaje rural [mediano riesgo] (más de 100 ha)	10 a 25
03	Drenaje urbano [mediano riesgo] (más de 100 ha)	25 a 50
04	Drenaje vial (mediano riesgo)	25 a 50
05	Aliviadero principal (presas)	25 a 100
06	Drenaje vial (alto riesgo)	50 a 100
07	Diques longitudinales [mediano riesgo]	50 a 100
08	Drenaje urbano [alto riesgo] (más de 1000 ha)	50 a 100
09	Desarrollo de zona de inundación	100
10	Diseño de puentes (pilares)	100 a 500
11	Diques longitudinales [alto riesgo]	200 a 1000
12	Aliviadero de emergencia (presas)	100 a 10000
13	Hidrograma de borde libre [para una presa de clase (c)]	10000 (PMP)

Fuente: Ph.D. Victor Ponce, 2019

(http://ponce.sdsu.edu/periodos_de_retorno_articulo.html).

Tabla 44. Valores del coeficiente de escorrentía (C)

Tipo de vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Franco arenoso	Franco arcillo limosa, franco limosa	Arcillosa
Forestal	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.15	0.35	0.55
	10 - 30	0.20	0.40	0.60
Terrenos cultivados	0 - 5	0.30	0.50	0.60
	5 - 10	0.40	0.60	0.70
	10 - 30	0.50	0.70	0.80

Fuente: Manual de Conservación del suelo y del agua, Chapingo, México, 1977.

Anexo 4: Instrumentos de recolección de datos.

Instrumento para el conteo del Índice Medio Diario de unidades vehiculares.



RESUMEN CALCULO IMD

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA	CARRETERA LARÁN - SAN PABLO.			
SENTIDO	LARÁN	E ←	SAN PABLO	S →
UBICACIÓN	PROVINCIA DE CHICLAYO, REGIÓN LAMBAYEQUE.			

ESTACION	ESTACIONES DE CONTEO			
CODIGO DE LA ESTACION				
SEMANA	DEL LUNES	20	09	2,021
	AL DOMINGO	26	09	2,021

TIPO DE VEHICULOS		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTALES	
ESTACION CONTEO	SENTIDO																				TOTAL POR SENTIDO	TOTAL DIARIO
PARTICIÓN LARÁN	E																					
	S																					
	AMBOS																					
PARTICIÓN SAN PABLO	E																					
	S																					
	AMBOS																					
IMDA TOTAL	E																					
	S																					
	AMBOS																					
	AMBOS																					

Nota: Elaborado por el investigador.

***Anexo 5: Calibración y certificación
de los equipos del laboratorio donde
se realizaron los ensayos.***

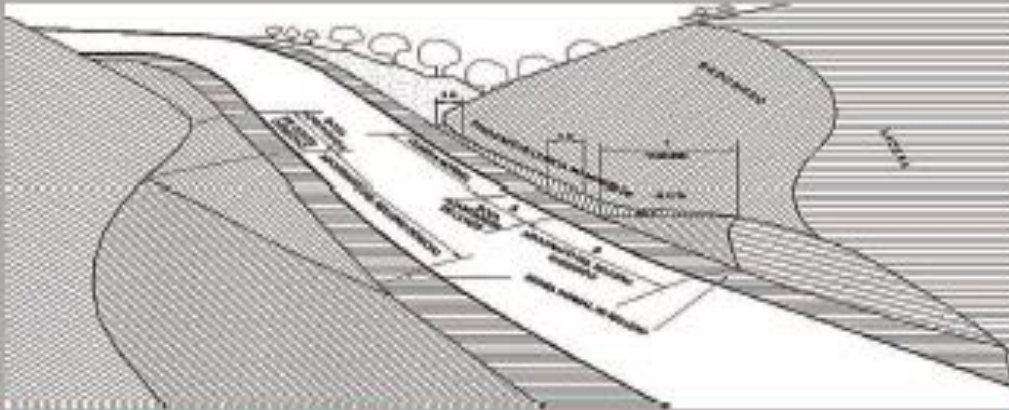
Anexo 6: *Certificado de funcionamiento (Covid-19).*

Anexo 7: Normatividad empleada.



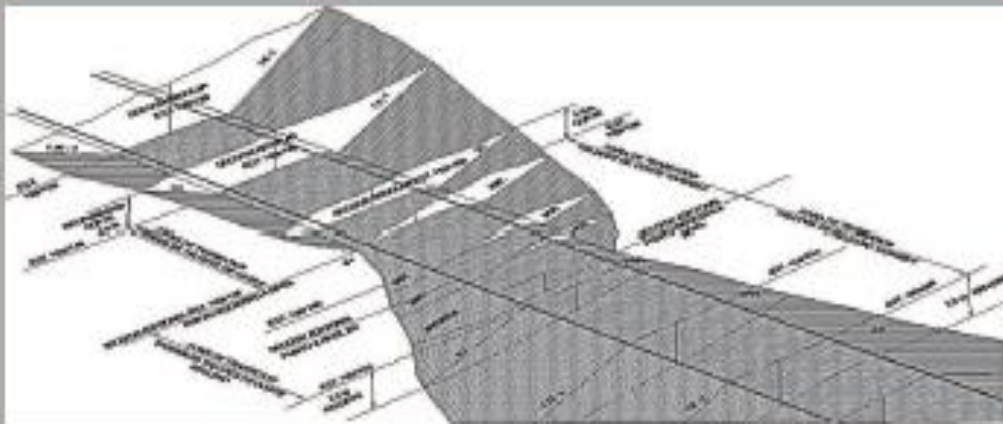
PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones



DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES

**MANUAL DE CARRETERAS:
DISEÑO GEOMÉTRICO
DG – 2018**



2018



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS

SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

SECCIÓN
SUELOS Y
PAVIMENTOS





PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles



“MANUAL DE CARRETERAS”

SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS

R.D. N° 10-2014-MTC/14



VERSION ABRIL DE 2014

Anexo 8: *Estudios y memorias de cálculo.*

Anexo 9: *Presupuesto del proyecto.*

Anexo 10: *Panel fotográfico.*

