



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de pavimento para el acceso al C. P. Viduque,
distrito de Catacaos, Piura**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Carlos Eduardo Silva Sube

Asesor:
Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas

Piura, octubre de 2025



Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Carlos Eduardo Silva Sube, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 74832317, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

“Diseño de pavimento para el acceso al C. P. Viduque, distrito de Catacaos, Piura”

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil.

El texto de mi trabajo final es original y no vulnera los derechos de terceros o, de ser el caso, derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para lo cual, he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas. Asimismo, el texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico; y que la investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

En caso de detectarse el incumplimiento de lo declarado asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

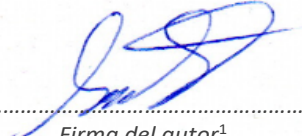
La asesoría del trabajo estuvo a cargo de los siguientes docentes de la Universidad de Piura:

- Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas, identificado con DNI: 02779955

Declaro (declaramos) que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin, revisado las fuentes de información señaladas por el autor, y en razón de mi (nuestra) experiencia como investigador(es), declaro (declaramos) que las ideas expuestas en el trabajo final alcanzan las condiciones de calidad, integridad y originalidad acorde a los objetivos institucionales y estándares en materia de investigación. Finalmente, no asumo (asumimos) responsabilidad por la posible vulneración de derechos de autor en el trabajo final referido, pues tal responsabilidad es exclusiva del autor.

Fecha: 12/08/2025.



.....
Firma del autor¹



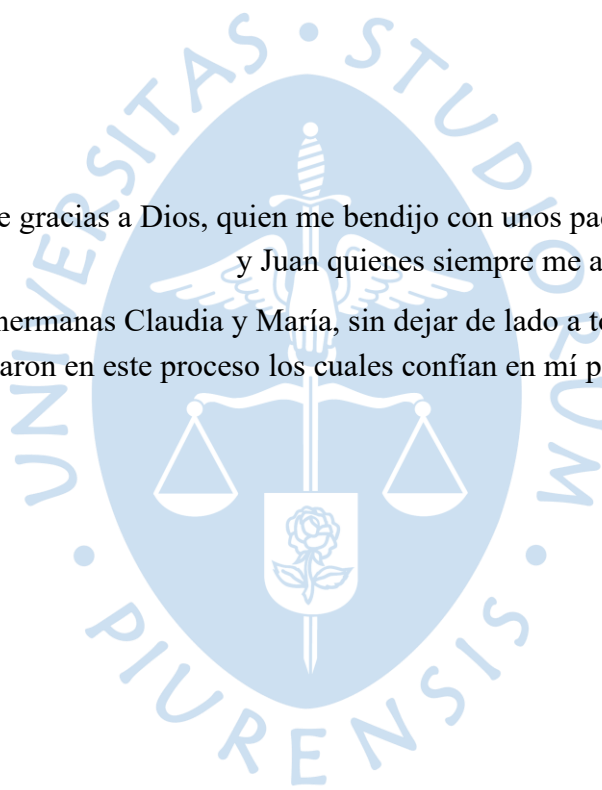
.....
Firma del asesor¹

¹ Firma idéntica al DNI. No se admite digital, salvo certificado.

Dedicatoria

Dedicar y darle gracias a Dios, quien me bendijo con unos padres maravillosos Sandra y Juan quienes siempre me apoyan en todo momento.

A mis hermanas Claudia y María, sin dejar de lado a toda mi familia y aquellas personas que me apoyaron en este proceso los cuales confían en mí para cumplir mis sueños y objetivos.





Agradecimientos

A mi asesor por su apoyo y paciencia.

Resumen

La presente tesis titulada “Diseño de pavimento para el acceso al C.P. Viduque, distrito de Catacaos, Piura” desarrolla el diseño de un pavimento rígido con el objetivo de mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular y drenaje pluvial de la zona. Se encuentra bajo un clima cálido y es susceptible a eventos climáticos inusuales, como el Fenómeno del Niño o el Ciclón Yaku, que deterioran significativamente la vía de acceso debido a la falta de una infraestructura vial adecuada.

Se empleó la metodología AASHTO 93 y el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). El estudio considera de manera integral cuatro aspectos importantes: la evaluación del tráfico vehicular, que dimensionó un flujo bajo pero significativo, lo que implica la implementación de un paquete estructural. Además, se ejecutaron estudios topográficos y geotécnicos que determinaron estratos de arenas limosas de baja plasticidad y limos inorgánicos con capacidad portante regularmente buena. Sin embargo, bajo condiciones de humedad, estos materiales pueden presentar fallas estructurales, como erosión. El estudio hidrológico estimó la precipitación anual para un periodo de retorno propuesto, de acuerdo con las especificaciones requeridas para el drenaje pluvial. Asimismo, se evaluó hidráulicamente el canal existente, confirmando su capacidad para manejar el flujo proyectado y fortaleciendo la sostenibilidad del diseño propuesto.

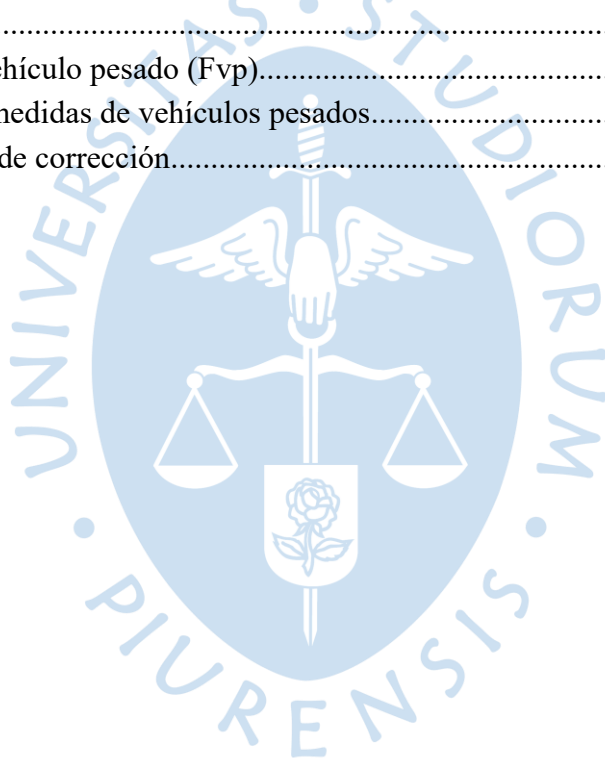
La verificación del espesor se realizó con el programa PAS5, contrastando resultados en hojas de cálculo Excel. La selección del pavimento rígido se justifica por su mayor resistencia a lluvias intensas y por optimizar la distribución de cargas, reduciendo deformaciones permanentes frente a los demás tipos de pavimentos.

La propuesta integra una solución técnica coherente con las condiciones reales del entorno, articulando diseño estructural y eficiencia hidráulica. Se concluye que este proyecto permitirá mejorar el acceso vehicular, fortalecer la resiliencia de la vía frente a eventos climáticos y garantizar una mayor durabilidad con menores necesidades de mantenimiento.

Tabla de contenido

Introducción	10
Capítulo 1 Marco teórico.....	11
1.1 Definición de pavimento	11
1.2 Tipos de pavimentos.....	11
1.2.1 Pavimentos flexibles	11
1.2.2 Pavimentos rígidos	12
1.3 Metodología de diseño para pavimentos rígidos	12
1.4 Criterios de diseño de pavimentos con metodología AASHTO 93 para pavimentos rígidos.....	13
1.4.1 Parámetros de diseño	13
1.4.2 Tráfico.....	14
1.4.3 Confiabilidad.....	17
1.4.4 Serviciabilidad	18
1.4.5 Suelo de fundación.....	19
1.4.6 Módulo de rotura y módulo elástico del concreto.....	21
1.4.7 Consideraciones de drenaje.....	22
1.4.8 Valor soporte J	24
Capítulo 2 Estudios preliminares	25
2.1 Descripción de la zona de estudio	25
2.2 Topografía de la zona de estudio.....	26
2.2.1 Metodología del estudio.....	26
2.2.2 Trabajos de campo	27
2.2.3 Panel fotográfico	27
2.3 Estudio de tráfico.....	28
2.4 Caracterización de la subrasante	37
2.4.1 Trabajo de campo.....	37
2.4.2 Trabajos de laboratorio	40
2.5 Hidrología.....	43
2.5.1 Recolección de información.....	43
2.5.2 Descripción de la cuenca.....	44
2.5.3 Hidrología de la cuenca.....	45
2.5.4 Efectos del Fenómeno del Niño en la costa norte del Perú.....	46
2.5.5 Información de precipitaciones máximas	46
2.6 Drenaje pluvial	47
2.6.1 Intensidad máxima	49
2.6.2 Caudal de diseño para cunetas	50
2.6.3 Dimensionamiento de cuneta	52
Capítulo 3 Diseño.....	56
3.1 Diseño de pavimento	56
3.1.1 Selección de parámetros.....	56
3.1.2 Determinación de espesor	61

3.1.3 Dimensionamiento y sellado de juntas.....	63
Conclusiones	67
Recomendaciones.....	68
Referencias.....	69
Apéndices.....	71
Apéndice A. Coteo vehicular	72
Apéndice B. Contenido de humedad.....	78
Apéndice C. Límites de consistencia.....	80
Apéndice D. Granulometría.....	83
Apéndice E. Determinación de CBR.....	87
Apéndice F. Ensayos químicos.....	92
Apéndice G. Plano topográfico	94
Apéndice H. Corte transversal de la estructura del pavimento rígido.....	97
Anexos.....	98
Anexo A. Factor vehículo pesado (Fvp).....	99
Anexo B. Pesos y medidas de vehículos pesados.....	106
Anexo C. Factores de corrección.....	107



Lista de tablas

Tabla 1	Factores de carril y distribución direccional	15
Tabla 2	Configuración de ejes (RS: rueda simple, RD: rueda doble)	16
Tabla 3	Ejemplo de equivalencia por eje y factor vehículo pesado	16
Tabla 4	Valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar normal (Z_r) para una sola etapa de 20 años según rango de tráfico	17
Tabla 5	Índice de serviciabilidad inicial (P_i), índice de serviciabilidad final (P_f), diferencial de serviciabilidad, según rango de tráfico	18
Tabla 6	CBR mínimos recomendados para subbase granular en pavimentos rígidos en relación con el tráfico	21
Tabla 7	Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico	22
Tabla 8	Valores recomendados de resistencia del concreto según tipo de pavimento	22
Tabla 9	Calidad del material para drenaje en la estructura del pavimento	23
Tabla 10	Coefficiente de drenaje de las capas granulares C_d	23
Tabla 11	Valores de coeficiente de transmisión de carga J	24
Tabla 12	Ubicación geográfica de los BM's	27
Tabla 13	Clasificación vehicular entre ligero y pesados	29
Tabla 14	Cálculo de IMDs y IMDA para vehículos ligeros	34
Tabla 15	Cálculo de IMDS y IMDA para vehículos pesados	35
Tabla 16	Cálculo de EE día-carril	35
Tabla 17	Tasa de crecimiento de vehículos pesados	36
Tabla 18	Número de EE	37
Tabla 19	Ubicación y profundidad de calicatas	38
Tabla 20	Tipo de muestra según Norma E.050	40
Tabla 21	Propiedades físicas y características de la distribución del tamaño de partícula de cada calicata	41
Tabla 22	Descripción de cada estrato	41
Tabla 23	Resultados del ensayo de valor soporte relativo	43
Tabla 24	Resultados de los ensayos químicos	43
Tabla 25	Descripción de estación meteorológica - pluviométrica San Miguel	46
Tabla 26	Precipitaciones acumuladas máximas de 24 horas	47
Tabla 27	Resultados para cada distribución	48
Tabla 28	Valores de precipitación en 24 horas y su ponderado	48
Tabla 29	Valores de riesgo	49
Tabla 30	Resumen de parámetros para caudal de diseño	52
Tabla 31	Calidad del material para drenaje en la estructura del pavimento	60
Tabla 32	Coefficiente de drenaje de las capas granulares C_d	60
Tabla 33	Dimensionamiento de losas de concreto	63
Tabla 34	Dimensiones para barras de amarre	64
Tabla 35	Dimensiones para caja de sellado	65

Lista de figuras

Figura 1	Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos	11
Figura 2	Estructura típica de un pavimento flexible	12
Figura 3	Estructura típica de un pavimento rígido.....	12
Figura 4	Gráfico estado de pavimento vs vida del pavimento	19
Figura 5	Estimaciones curvas de diseño CBR	20
Figura 6	Correlación CBR y módulo de reacción de la subrasante	20
Figura 7	Ubicación de la zona de estudio	25
Figura 8	Fotografía satelital de la zona de estudio.....	26
Figura 9	Representación de BM “A” o punto referencial	28
Figura 10	Toma de datos del BM “A” o ubicación referencial.....	28
Figura 11	Ubicación de los puntos de control.....	29
Figura 12	Variación vehicular jueves 08 de septiembre	31
Figura 13	Variación vehicular – sábado 10 de septiembre	32
Figura 14	Variación vehicular – martes 13 de septiembre.....	33
Figura 15	Ubicación de peajes próximos a la zona de estudio	34
Figura 16	Inicio de la exploración a través de calicatas.....	38
Figura 17	Culminación de calicatas	39
Figura 18	Perfil estratigráfico calicata 01	41
Figura 19	Perfil estratigráfico calicata 02	42
Figura 20	Perfil estratigráfico calicata 03	42
Figura 21	Demarcación de la cuenca Piura.....	45
Figura 22	Cálculo de precipitación-duración con HidroEsta.....	50
Figura 23	Ábaco para el cálculo de tiempo de concentración indicado por la Norma Española 3.2-IC	51
Figura 24	Cálculo de precipitación-duración con HidroEsta.....	52
Figura 25	Cálculo de dimensiones para propuesta de cuneta con el software Hcanales	52
Figura 26	Dimensiones del canal existente.....	53
Figura 27	Canal existente.....	54
Figura 28	Cálculo de caudal a partir de dimensiones del canal existente.....	54
Figura 29	Análisis granulométrico de subbase granular	58
Figura 30	Determinación de permeabilidad de suelos	59
Figura 31	Cálculo del factor tiempo.....	59
Figura 32	Cálculo del espesor del pavimento	62
Figura 33	Diseño mediante PAS5	62
Figura 34	Detalle en planta del dimensionamiento en juntas	64
Figura 35	Detalle típico para caja de sellado	66
Figura 36	Detalle construcción de junta transversal	66
Figura 37	Detalle construcción de junta longitudinal	66

Introducción

La infraestructura vial es un componente esencial para el desarrollo sostenible a nivel regional y nacional. En la región de Piura, particularmente en el distrito de Catacaos, persisten vías en mal estado debido al aumento del tráfico vehicular, diseños estructurales deficientes y los efectos recurrentes de fenómenos climáticos como el Fenómeno del Niño (2017) y el ciclón Yaku (2023). Esta situación no solo afecta la transitabilidad, también impacta negativamente en la calidad de vida de los habitantes.

Catacaos, por su ubicación geográfica, es altamente vulnerable a precipitaciones intensas y a eventos hidrometeorológicos extremos. Según un estudio del Consorcio Marinapecu (2020), más de 63,000 habitantes en zonas urbanas de Catacaos y Cura Mori viven en áreas expuestas a inundaciones frecuentes, lo que evidencia la urgente necesidad de contar con soluciones viales resistentes y duraderas.

El Centro Poblado Viduque, situado en la margen izquierda del río Piura, carece de una vía pavimentada adecuada, lo que complica la conectividad y las evacuaciones en caso de emergencia, caracterizado por su susceptibilidad a la erosión y deformaciones lo cual limita significativamente su funcionalidad. La interacción entre el tráfico y las condiciones climáticas generan la emisión de partículas en suspensión, lo que no solo afecta la visibilidad y la salud de la población, si no también contribuye al deterioro del entorno circundante.

En este contexto, la presente tesis propone el diseño de un pavimento rígido de 500 metros lineales que conecte al C.P. Viduque con la carretera Panamericana. Este diseño se desarrolla conforme a la metodología AASHTO 93, con apoyo del software PAS5 y la guía del MTC, y considera estudios de tráfico, condiciones del suelo y drenaje pluvial.

El trabajo se divide en tres capítulos: el primero presenta el marco teórico del diseño estructural; el segundo abarca los estudios preliminares como geotecnia, topografía e hidrología; y el tercero desarrolla el diseño del pavimento rígido, empleando parámetros de entrada validados por normativa y herramientas especializadas. Se determina el espesor óptimo de la losa y la subbase, considerando las condiciones locales del suelo, el volumen de tráfico proyectado y los factores ambientales predominantes.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1 Definición de pavimento

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) hace mención que el pavimento constituye una estructura compuesta por varios estratos que se encuentran sobre la subrasante del suelo.

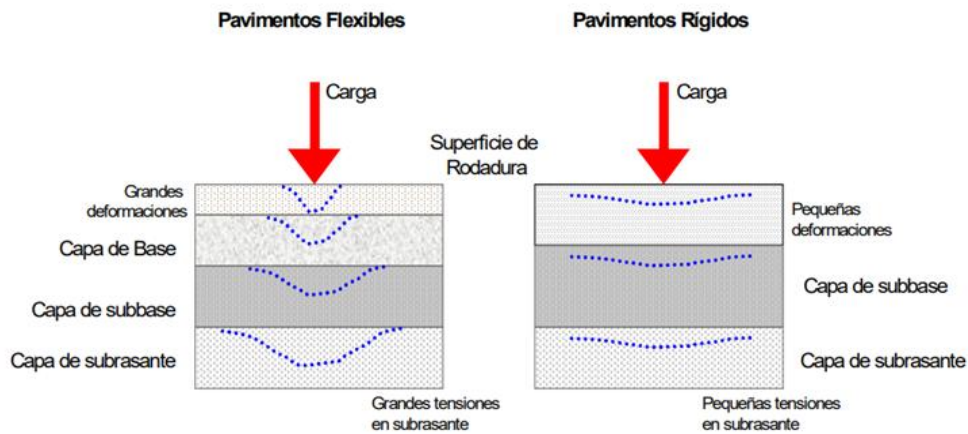
En su investigación Becerra (2013) concluye que todo pavimento es definido así, si solo cumple con las condiciones óptimas de confort y seguridad a los peatones, bienes y servicios y que estructuralmente se le solicita que tenga una transferencia y distribución eficiente de la carga vehicular combinada como del efecto ambiental consideradas en el diseño sin obtener fallas o deformaciones excesivas.

1.2 Tipos de pavimentos

Comúnmente, los pavimentos se clasifican de acuerdo con la manera en cómo responden a las cargas aplicadas en el paquete estructural. Dichas cargas se transforman en esfuerzos y deformaciones. En pavimentos flexibles, los esfuerzos se distribuyen a lo largo de las capas que lo conforman, mientras que en los pavimentos rígidos el mayor esfuerzo es captado por la losa de concreto en su mayoría. Este concepto se ilustra en la Figura 1.

Figura 1

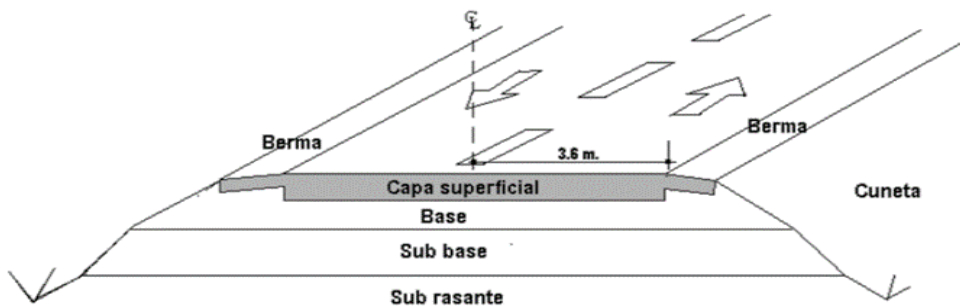
Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos



Nota. Tomado de Coronado (2002).

1.2.1 Pavimentos flexibles

Según las observaciones de Becerra (2013); la carpeta de rodadura posee una flexibilidad que permite a las cargas de tráfico distribuirse con poca eficiencia, lo que provoca añadir más capas granulares para así poder obtener una mayor eficiencia en la transmisión de cargas hacia el suelo de cimentación. Por tal motivo, se necesitan además de la sub-base, una capa granular de mejor calidad que denominada “base”. Podemos observar dicha estructura en la Figura 2. En temas de costos este tipo de estructura resulta más rentable por los materiales principalmente.

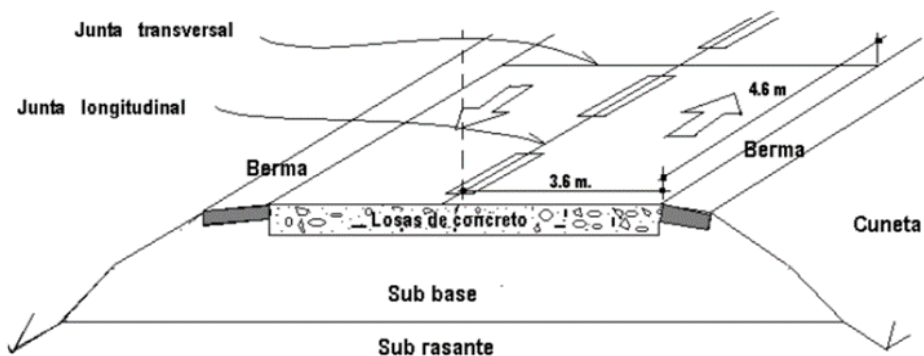
Figura 2*Estructura típica de un pavimento flexible*

Nota. Tomado de Ccasani & Ferro (2017).

1.2.2 Pavimentos rígidos

Este tipo de pavimento reciben el nombre por la capa de rodadura compuesta por la losa de concreto hidráulico sostenido por una subbase y propiamente de la subrasante, esta subbase interviene si las condiciones de la subrasante no cumplen los parámetros para sostener las cargas.

Becerra (2013) menciona que las cargas vehiculares se distribuyen en una forma más eficiente. Por ello requieren una estructura con menor número de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la subrasante. Ver Figura 3.

Figura 3*Estructura típica de un pavimento rígido*

Nota. Tomado de Ccasani & Ferro (2017).

1.3 Metodología de diseño para pavimentos rígidos

Según AASHTO (1993) la primera guía o metodología fue hecha en 1962 la cual fue evaluada y revisada por el subcomité en Diseño de Pavimentos y consultores y para 1993 se publica una nueva versión pero sin cambios con respecto al diseño de pavimentos rígidos, esta metodología está basada en los resultados de los ensayos del AASHTO Road Test realizados en Ottawa, Illinois entre los años 1958 y 1960, el cual cuenta con el concepto de serviciabilidad

esto hace prevalecer la calidad del paquete estructural así mismo relacionando el espesor de la losa, las cargas y tráfico para condiciones específicas de la zona.

El manual o guía proporcionado por el MTC presenta la metodología AASHTO 93, donde la calidad y serviciabilidad inicial de todo pavimento es de buen nivel. Sin embargo, a lo largo de su etapa de vida, esta irá disminuyendo exponencialmente. Por lo tanto, se establecen parámetros o condiciones mínimas para la etapa final de la estructura, también por esta razón el MTC en su guía añade métodos de rehabilitación y conservación para pavimentos.

1.4 Criterios de diseño de pavimentos con metodología AASHTO 93 para pavimentos rígidos

Según el manual vial proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el proceso iterativo se asumen espesores iniciales de la losa de concreto hasta alcanzar el equilibrio en la ecuación AASHTO 93. El espesor final del concreto calculado debe ser capaz de soportar un número determinado de cargas, evitando que el nivel de servicio se deteriore por debajo de lo estimado.

AASHTO 93 proporciona un conjunto de procedimientos, los cuales son utilizados no solo para el diseño sino también para la rehabilitación de pavimentos como rígidos y flexibles y superficies de agregados, cada uno de estos procedimientos mantienen un criterio de diseño: la serviciabilidad ligada a la seguridad y comodidad que se brinda al usuario que da uso a la vía.

1.4.1 Parámetros de diseño

La metodología AASHTO 93 para pavimentos rígidos utiliza la siguiente fórmula:

$$\log_{10} W_{8.2} = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \cdot 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_T) * \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 * D)^{0.75} - 1.132}{1.51 * J \left(0.09 * D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{E_c}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- $W_{8.2}$: Número de ejes equivalentes de 8.2 Ton.
- Z_R : Desviación normal estándar.
- S_0 : Error estándar combinado en la predicción del tráfico y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.
- D : Espesor del pavimento (mm).
- ΔPSI : Variación entre los índices de servicio inicial y final.
- P_T : Índice de serviciabilidad final.

- M_f : Resistencia media del concreto a flexión a los 28 días (Mpa).
- Cd: Coeficiente de drenaje
- J: Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.
- E_c : Módulo de elasticidad del concreto (Mpa).
- K: Módulo de reacción de la superficie (base, subbase y subrasante) en la que se apoya el pavimento (Mpa/m).

1.4.2 Tráfico

Desde la perspectiva de AASHTO, el tráfico vehicular abarca una diversidad de vehículos caracterizados por distintos pesos y cantidad de ejes. Con el propósito de efectuar cálculos precisos, se realiza una conversión de estos vehículos a una cantidad equivalente de ejes, establecida en 80 kN o 18 kips. De este momento en adelante, adoptaremos el término ESAL, que refiere a "*Equivalent Single Axle Load*" o "Carga de eje equivalente simple" en inglés. Esta magnitud se define mediante las siguientes dos fórmulas:

$$ESALs = N_{rep} EE_{8.2ton} = \sum [EE_{día-carril} * Fca * 365] \quad (Ec. 2)$$

$$EE_{día-carril} = IMDp_i * Fd * Fc * Fvp_i * Fp_i \quad (Ec. 3)$$

Donde:

- $N_{rep} EE_{8.2ton}$: Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2ton
- $EE_{día-carril}$: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para carril de diseño.
- $IMDp_i$: Índice medio diario según el tipo de vehículo pesado designado.
- Fd : Factor direccional, ver Tabla 10.
- Fc : Factor carril de diseño, ver Tabla 10.
- Fvp_i : Factor vehículo pesado del tipo designado.
- Fp : Factor presión de neumáticos.

En el manual de carreteras se definen tres (3) categorías en cuanto a tráfico y diseño se trata:

1. Caminos de bajo volumen que van de 150001 – 1000000 EE.
2. Caminos que van desde los 1000001 – 30000000 EE.
3. Con tránsito mayores a 30000000 EE, esta última categoría tendrá un alcance especial donde el ingeniero optará por otras alternativas de pavimento y demostrando el procedimiento.

De acuerdo con estas categorías el MTC elaboró el siguiente recuadro de valores para el factor carril y factor direccional. Ver Tabla 1.

Tabla 1

Factores de carril y distribución direccional

NUMERO DE CALZADAS	NUMERO DE SENTIDOS	NUMERO DE CARRILES POR SENTIDO	FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	FACTOR CARRIL (Fc)	FACTOR PONDERADO Fd x Fc PARA DISEÑO
1 CALZADA (PARA IMDa TOTAL DE LA CALZADA)	1 SENTIDO	1	1.00	1.00	1.00
	1 SENTIDO	2	1.00	0.80	0.80
	1 SENTIDO	3	1.00	0.60	0.60
	1 SENTIDO	4	1.00	0.50	0.50
	2 SENTIDOS	1	0.50	1.00	0.50
	2 SENTIDOS	2	0.50	0.80	0.40
2 CALZADAS CON SEPARADOR CENTRAL (PARA IMDa TOTAL DE DOS CALZADAS)	2 SENTIDOS	1	0.50	1.00	0.50
	2 SENTIDOS	2	0.50	0.80	0.40
	2 SENTIDOS	3	0.50	0.60	0.30
	2 SENTIDOS	4	0.50	0.50	0.25

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).







En el marco de la guía del MTC, respaldada por la guía hecha por AASHTO 93, se define a los Ejes Equivalentes como los "superhéroes" del pavimento. Estos factores encapsulan con precisión el impacto destructivo de diversas cargas vehiculares pesadas según sus configuraciones de ejes. Cada categoría de vehículo pesado se asocia con un conjunto específico de Ejes Equivalentes, los cuales representan la capacidad de causar daño. En resumen, los EE desempeñan un papel importante en la resistencia del pavimento, asegurando su funcionamiento ante cualquier carga que actúe en él y contribuyendo a la eficiencia en la gestación de infraestructuras viales. Dicha configuración se presenta en la Tabla 2.

Además, se utilizarán las siguientes relaciones para la conversión de EE mencionada con anterioridad. Ver Tabla 3.


Siguiendo con las definiciones de la guía; la medida promedio de los ejes equiparables por categoría de vehículo pesado a un autobús o un camión se obtiene dividiendo la suma total de EE de un tipo específico de vehículo pesado entre el número total de vehículos de ese tipo seleccionados. Los factores de EE se calculan utilizando las cargas reales por eje de los vehículos de gran tamaño registrados en el censo de cargas.

En el caso de las superficies afirmadas y los pavimentos rígidos, el factor de ajuste debido a la presión de los neumáticos se mantendrá en un valor constante de 1.0.

Tabla 2*Configuración de ejes (RS: rueda simple, RD: rueda doble)*

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).**Tabla 3***Ejemplo de equivalencia por eje y factor vehículo pesado*

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos								Long. Máxima (m)
C2									12.30
	$EE_{E1} = [P / 16]^4$	$EE_{E2} = [P / 0.2]^4$							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	10							
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple							
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble							Total Factor Camión C2
Peso	7	10							3.529
Factor E.E.	1.273	2.296							

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

1.4.3 Confiabilidad

El MTC lo incorpora con la finalidad de evaluar los elementos que interviene en una pavimentación, tales como los materiales, procesos constructivos y supervisión. En pocas palabras se podría decir que es un factor de seguridad, equivalente a aumentar en parte el flujo vehicular propuesto por para el diseño, direccionándolo en cálculos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas en el proceso de diseño.

Tal y como Cordo (2006) menciona en su investigación que la utilización de estos “factores de seguridad” puede ocasionar que el pavimento sea dimensionado de forma excesiva o insuficiente, dependiendo de la sensibilidad de los procedimientos de diseño y criterios que el encargado tome.

Aunque el ingeniero puede aplicar su criterio y experiencia, se deben considerar los lineamientos proporcionados por el MTC, como se detalla en la Tabla 4. Estos parámetros normativos sirven como base para la toma de decisiones en el diseño y evaluación de infraestructuras viales, asegurando una implementación alineada con estándares reconocidos en ingeniería civil, pero para un periodo de diseño determinado.

Tabla 4

Valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar normal (Zr) para una sola etapa de 20 años según rango de tráfico

TIPOS DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACION ESTANDAR NORMAL (ZR)
CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	TP0	100,000	150,000	65%	-0.385
	TP1	150,001	300,000	70%	-0.524
	TP2	300,001	500,000	75%	-0.674
	TP3	500,001	750,000	80%	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	80%	-0.842
RESTO DE CAMINOS	TP5	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	TP9	7,500,001	10,000,000	90%	-1.282
	TP10	10,000,001	12,500,000	90%	-1.282
	TP11	12,500,001	15,000,000	90%	-1.282
	TP12	15,000,001	20,000,000	90%	-1.282
	TP13	20,000,001	25,000,000	90%	-1.282
	TP14	25,000,001	30,000,000	90%	-1.282
	TP15	>30,000,000		95%	-1.645

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

Cabe señalar que valores presentados constituyen una proyección. Un mayor porcentaje de confiabilidad implica un incremento en los costos iniciales; no obstante, si usamos un valor menor a lo recomendado podría generar gastos adicionales en rehabilitación y mantenimiento.

1.4.4 Serviciabilidad

La Asociación Mexicana de ingeniería de vías terrestres (2016) conceptualiza este parámetro como el nivel de comodidad y seguridad que mantendrá el usuario sobre su vehículo mientras recorre la vía y la cual ira reduciendo gradualmente para esta disminución se establece un índice a la superficie del pavimento.

Conforme a las directrices de AASHTO, los pavimentos de concreto recién construidos o rehabilitados presentan un factor P_o (serviciabilidad original) recomendado de 4.5. En cuanto al P_t (índice de serviciabilidad terminal), su asignación se encuentra condicionada al volumen del flujo vehicular de la vía. Estos parámetros establecidos por AASHTO, son importantes en la evaluación y diseño de pavimentos, ya que proporcionan criterios técnicos para salvaguardar tanto la durabilidad como desempeño de las vías (ver Tabla 5).

Se anticipa que las deficiencias en las practicas ingenieriles y los controles de calidad que podrían manifestarse en la ejecución se consideren en el diseño, ajustando estos parámetros de serviciabilidad de acuerdo con la normativa.

Tabla 5

Índice de serviciabilidad inicial (P_i), índice de serviciabilidad final (P_t), diferencial de serviciabilidad, según rango de tráfico

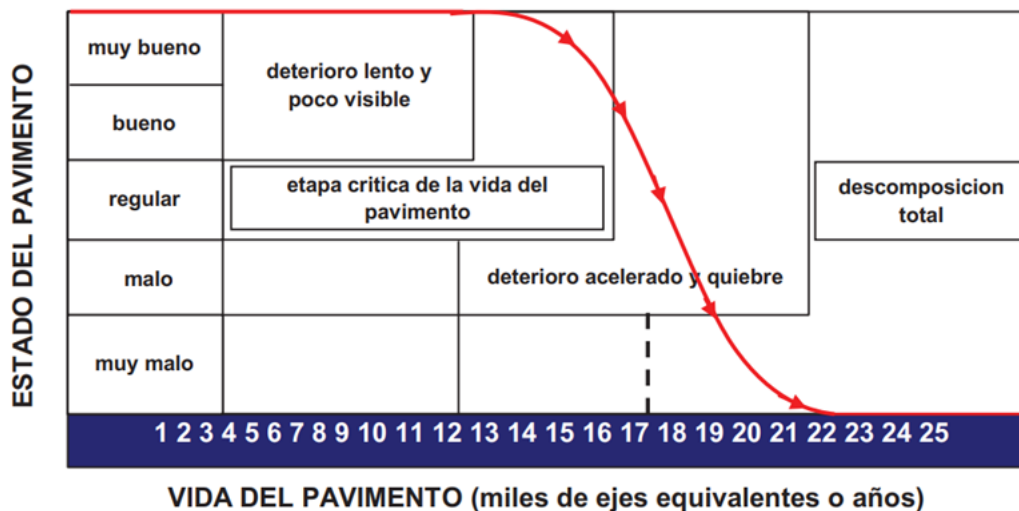
TIPOS DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P_i)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (P_t)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD
CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
RESTO DE CAMINOS	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10,000,001	12,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12,500,001	15,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15,000,001	20,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20,000,001	25,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25,000,001	30,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30,000,000	4.50	3.00	1.50

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

El MTC proporciona un gráfico que representa el estado en el que podría encontrarse el pavimento en distintas etapas de su vida útil. Sin embargo, este gráfico se basa en una previsión para una región específica. Esto implica que el estado real del pavimento estará influenciado por el daño causado tanto por las cargas vehiculares como por factores naturales. Es importante destacar que la durabilidad del pavimento se verá beneficiada si se mantiene un proceso constructivo de buena calidad y altos estándares como por ejemplo el control de calidad de materiales o mantener una estricta supervisión en campo como en laboratorio.

Figura 4

Gráfico estado de pavimento vs vida del pavimento



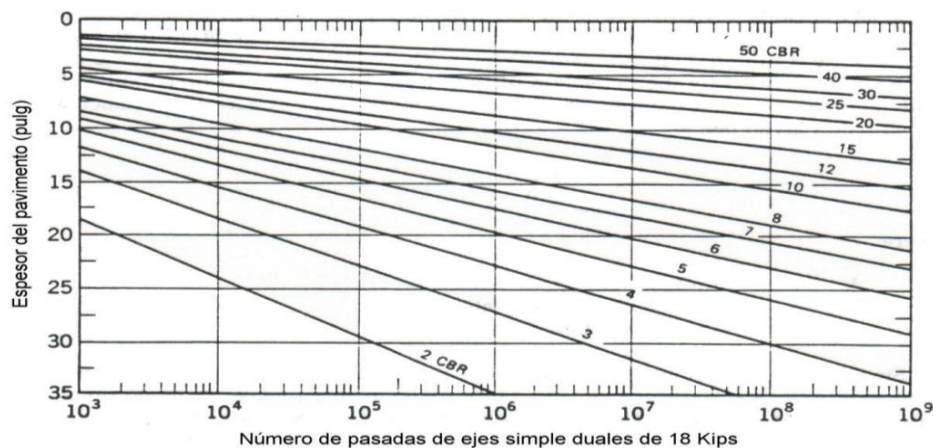
Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

1.4.5 Suelo de fundación

Según lo expuesto por Ramírez (2021), la subrasante o suelo de fundación del pavimento desempeña un papel fundamental en el proceso de diseño y, por ende, debe ser exhaustivamente caracterizada. Esto se lleva a cabo para determinar la calidad y el comportamiento del suelo ante cargas dinámicas. Por esta razón, la AASHTO, a través del método "CBR" (California Bearing Ratio), nos proporciona el valor de soporte de un suelo para el caso de pavimentos rígidos. Este ensayo es ampliamente utilizado debido a su fácil ejecución y a los datos que ofrece, los cuales muestran una buena correlación. Gracias a los diferentes ensayos y pruebas realizadas, se pudo estimar un gráfico (Figura 5) que muestra los espesores para un determinado CBR y número de ejes equivalentes. Sin embargo, es importante tener precaución al emplear estos valores, ya que las condiciones pueden diferir según la zona en la que fueron ensayados y puestos a prueba.

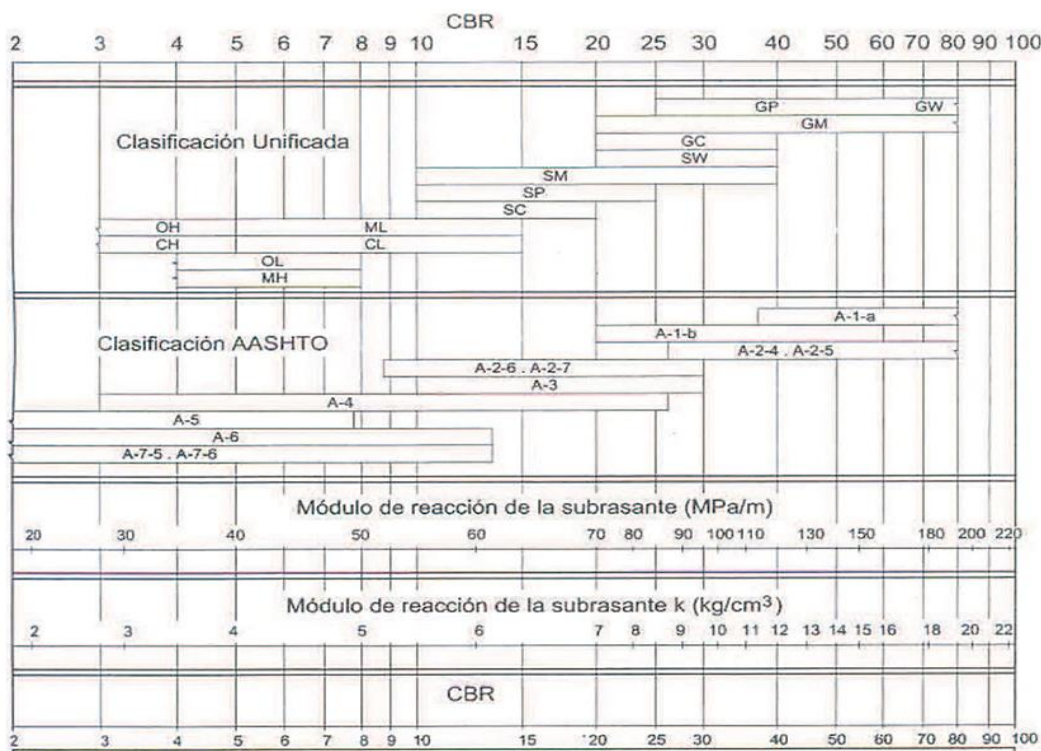
Siguiendo con la metodología y la normativa aplicable para pavimentos rígidos, se recurrió a correlaciones directas que simplificaron la determinación del módulo de reacción en función del CBR y la clasificación de suelos, conforme se detalla en la Figura 6. Esta estrategia permitió una evaluación más precisa de las propiedades del suelo y su influencia en el comportamiento estructural del pavimento, facilitando así la toma de decisiones en el diseño y la construcción de infraestructuras viales.

Figura 5
Estimaciones curvas de diseño CBR



Nota. AASHTO (1993).

Figura 6
Correlación CBR y módulo de reacción de la subrasante



Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

AASHTO llega a considerar como materiales adecuados para las capas de subrasante aquellos suelos que tengan un Índice de Soporte California (CBR) igual o superior al 6%. Sin embargo, si el CBR es menor (indicando una subrasante deficiente o inapropiada), se tomarán medidas como el uso de alguna base o subbase y si no se llegase a tener un soporte adecuado se aplicarían métodos para estabilizar los suelos. Para ello, se examinarán diversas alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, la

estabilización química de los suelos, el uso de geosintéticos u otros productos que estén al alcance. En presencia de una subbase granular o base granular de calidad superior a la subrasante, con el consiguiente incremento en el coeficiente de reacción de diseño, se procederá a la aplicación de la siguiente ecuación para el cálculo de un nuevo coeficiente, denominado "Coeficiente de reacción combinado".

$$K_c = \left[1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{0.5} \times K_0 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

- K_1 : Coeficiente de reacción de la subbase granular (kg/cm³).
- K_c : Coeficiente de reacción combinado (kg/cm³).
- K_0 : Coeficiente de reacción de la subrasante (kg/cm³).
- h : Espesor de la subbase granular.

Además, el MTC nos brinda valores mínimos recomendados de CBR para subbase granular. Ver Tabla 6.

Tabla 6

CBR mínimos recomendados para subbase granular en pavimentos rígidos en relación con el tráfico

TRAFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
PARA TRAFICO $\leq 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR MINIMO 40%
PARA TRAFICO $> 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR MINIMO 60%

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

1.4.6 Módulo de rotura y módulo elástico del concreto

El MTC recomienda la incorporación del módulo de rotura (MR) en la ecuación AASHTO 93. Esta sugerencia se deriva del hecho de que los pavimentos de concreto operan predominantemente bajo cargas de flexión. Además, el MTC señala que este ensayo está estandarizado por la norma ASTM C – 78. Asimismo, el MTC proporciona la Tabla 7, que detalla valores de resistencia del concreto en función del tráfico.

Tabla 7

Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5,000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5,000,000 EE ≥15,000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15,000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres (2016) Al igual que el MTC tienen valores recomendados, pero con relación al tipo de servicio que presentara la vía. Ver Tabla 8.

Tabla 8

Valores recomendados de resistencia del concreto según tipo de pavimento

TIPO DE PAVIMENTO	Mr RECOMENDADO	
	Kg/cm ²	PSI
AUTOPISTAS	48	682.7
CARRETERAS	48	682.7
ZONAS INDUSTRIALES	45	640.1
URBANAS PRINCIPALES	45	640.1
URBANAS SECUNDARIAS	42	597.4

Nota. Tomado de Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres A.C. (2016).

El módulo de elasticidad del concreto es un valor sustancial para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado AASHTO (1993) indica que es una propiedad fundamental para cualquier material de pavimentación o de subrasante, así mismo lo estima usando la siguiente correlación:

$$E = 57000x(f'c)^{0.5}, f'c \text{ en PSI} \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

- f'c: resistencia a la compresión del concreto hidráulico.

1.4.7 Consideraciones de drenaje

Para el MTC (2013a) la presencia de agua genera los siguientes problemas:

- Erosión del suelo.

- Ablandamiento de la subrasante, sustancialmente en momentos de congelamiento.
- Degradación del material de rodadura.
- Deformación y fisuración por pérdida de capacidad estructural.

Según lo establecido por la normativa de la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO), el agua se presenta como un factor de gran relevancia y consideración. Por esta razón, la fórmula proporcionada por dicha normativa incluye este parámetro. Sin embargo, para determinar este valor, AASHTO ofrece una tabla que permite evaluar la calidad del suelo. Esta evaluación es fundamental, ya que influye directamente en la interacción entre la losa y las capas subsuperficiales.

Tabla 9

Calidad del material para drenaje en la estructura del pavimento

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO DE REMOCION DEL AGUA
EXCELENTE	2 HORAS
BUENO	1 DÍA
REGULAR	1 SEMANA
POBRE	1 MES
MUY POBRE	NO DRENA

Nota. Tomado de AASHTO (1993).

EL MTC basado a la metodología usada ofrece un coeficiente de drenaje C_d que varía entre 0.70-1.25, el cual se correlaciona con el grado de exposición de la estructura a niveles de humedad próximos a saturación, como se muestra en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10

Coefficiente de drenaje de las capas granulares C_d

CALIDAD DE DRENAJE	% DEL TIEMPO EN EL QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACION			
	< 1%	1 A 5%	5 A 25%	> 25%
EXCELENTE	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
BUENO	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
REGULAR	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
POBRE	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.90
MUY POBRE	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

Es importante tener presente que la calidad del material y de la estructura dependerán también de las construcciones complementarias al pavimento. Las estructuras siguientes, tales como los drenajes longitudinales y transversales, los bordillos y cunetas, son consideradas para

la protección de las capas adyacentes a la losa de concreto. Su función principal es evitar la filtración de agua y así prevenir que dichas capas sufran algún tipo de erosión. Además, estas estructuras contribuyen a disminuir el aumento de este problema, evitando la pérdida del valor portante que mantienen las capas inferiores del pavimento.

1.4.8 Valor soporte *J*

Este parámetro sugiere a la estructura la eficiencia con la cual podrá distribuir las cargas aplicadas en toda el área de influencia que haga efecto en la losa. AASHTO menciona que el valor *J* para pavimentos de concreto, generalmente aumenta cuando las cargas del tráfico incrementan al mismo tiempo que la transferencia de carga en los agregados decrece con las repeticiones de carga.

Para el MTC el valor *J* es directamente proporcional al valor final del espesor de la losa de concreto, pero no se debe dejar de lado el tipo de estructura. En la Tabla 11 se establecen rangos.

Tabla 11

*Valores de coeficiente de transmisión de carga *J**

TIPO DE BERMA	GRANULAR O ASFALTICA		CONCRETO	
	DISPOSITIVOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA			
	SI	NO	SI	NO
VALORES <i>J</i>	3.2	3.2 - 2.8	2.8	3.8

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013a).

Capítulo 2

Estudios preliminares

2.1 Descripción de la zona de estudio

El tramo de estudio, correspondiente al ramal que conduce al Restaurante El Rancho, se localiza en el Bajo Piura, específicamente en el distrito de Catacaos, con coordenadas $5^{\circ}15'42''\text{S}$ y $80^{\circ}40'27''\text{O}$. Este corredor vial se origina a partir de la carretera Piura–Sechura, designada como la ruta nacional PE-1NK, y facilita el acceso al poblado de Viduque, ofreciendo una alternativa de conexión hacia el centro de Catacaos. Según lo señalado en la Figura 7, que proporciona una descripción detallada de su ubicación, se puede identificar claramente la configuración de este tramo.

Figura 7

Ubicación de la zona de estudio



Nota. Tomado de Google maps.

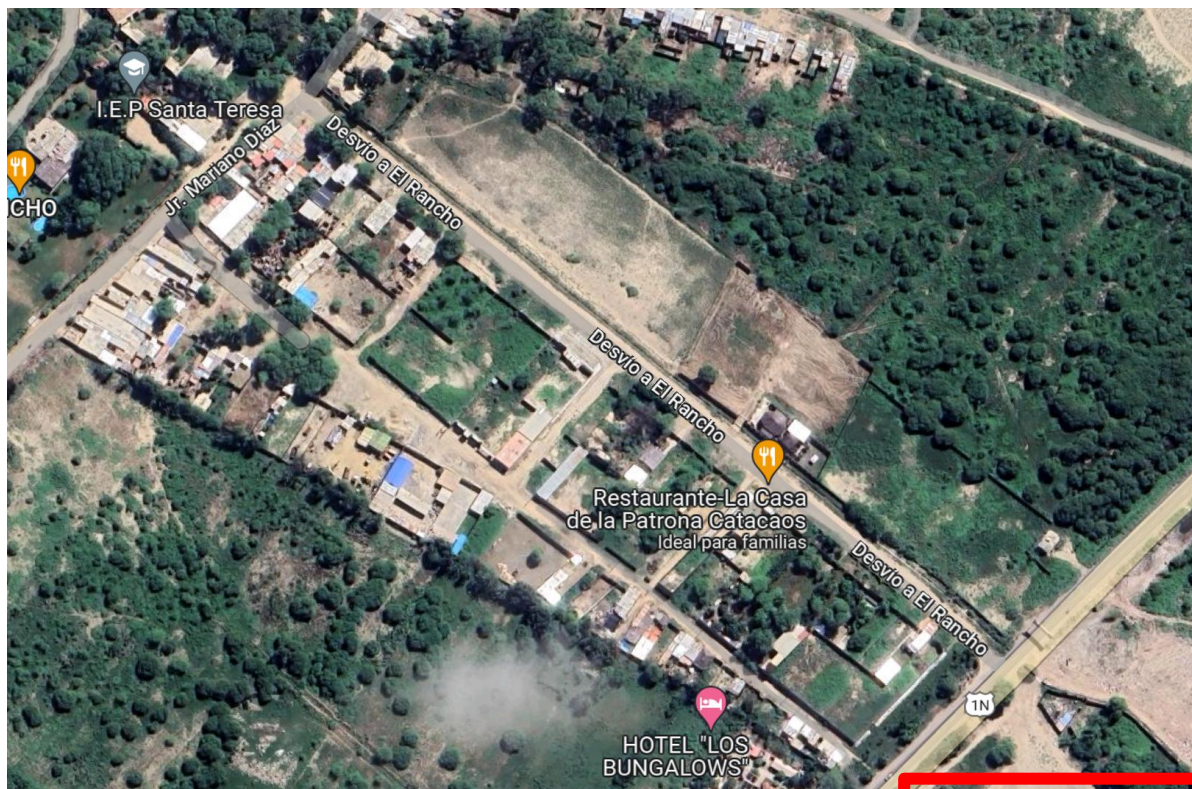
La sección de análisis abarca una longitud de 500 metros, manteniendo una topografía predominantemente plana a lo largo de su extensión. La zona circundante incluye áreas aluviales y dedicadas a la agricultura, y se extiende a lo largo del margen izquierdo del Río Piura. El clima es catalogado como árido, caracterizado por elevadas temperaturas que oscilan normalmente entre 16° y 35° , manteniendo un patrón cálido a lo largo del año.

Esta vía auxiliar ha sido utilizada para acceder no solo a áreas agrícolas sino también para ingresar directamente al centro de Catacaos, donde se evidencia no solo el empleo de vehículos motorizados, sino también de carretas tiradas por animales de carga, lo que resalta su importancia para los transeúntes. Desde un enfoque socioeconómico, la zona se encuentra en desarrollo, ya que a lo largo del tramo se observa infraestructuras tanto hidráulicas (un canal de

concreto) como urbanas (viviendas, colegios, clínicas, etc). Se han establecido edificaciones alrededor de este tramo, tales como viviendas, instituciones educativas, restaurantes y veredas, lo cual evidencia el crecimiento y la influencia que ha experimentado a lo largo del tiempo. Se puede consultar la Figura 8 para una vista satelital de la zona.

Figura 8

Fotografía satelital de la zona de estudio



Nota. Tomado de Google maps.

2.2 Topografía de la zona de estudio

2.2.1 Metodología del estudio

Se llevó a cabo un plan estratégico que consiste en establecer condiciones propicias para la ejecución de un levantamiento topográfico diseñado para satisfacer las demandas específicas del proyecto. En esta fase, se abordarán los requisitos técnicos, incluyendo equipos y materiales, que desempeñarán un papel crucial a lo largo del proceso de levantamiento, con el objetivo de garantizar la obtención de resultados precisos y alineados con los objetivos del proyecto ingenieril.

Sucesivamente se efectúa un reconocimiento que conlleva ir a la zona para establecer las condiciones y verificar lo que se había previsto en la fase anterior además si de ser necesario se adecuan o adicionan particularidades. En esta fase también se instaura o selecciona los puntos donde se trabajará.

2.2.2 Trabajos de campo

El levantamiento se ejecutó mediante coordenadas relativas debido a que no existe un punto de primer orden para enlazar el levantamiento; ya establecidos estos puntos se comenzó a realizar el trabajo de levantamiento siempre señalando estructuras como veredas, edificaciones, etc., el modo que se utilizó con la de Estación Total fue mediante compilación de puntos por coordenada, en la Tabla 12 apreciamos la ubicación de cada BM utilizado para el levantamiento topográfico, además del plano topográfico de la zona (Ver Apéndice G). En resumen:

Tabla 12
Ubicación geográfica de los BM's

BM	UBICACIÓN	ESTE (E)	NORTE (N)
BMA	COMPUERTA	537326.152	9418963.907
BMB	CANAL	537276.419	9419005.166
BMC	CANAL	537188.584	9419077.065
BMD	CANAL	537133.311	9419118.990
BME	CANAL	537051.900	9419186.132
BMF	COMPUERTA	536998.512	9419239.266

2.2.2.1 Equipos

- Estación total Leyca
- Trípode de soporte
- 3 prismas
- Wincha de 50 m
- Libreta campo
- Equipo de radio

2.2.2.2 Personal

- 01 topógrafo
- 03 asistentes

2.2.3 Panel fotográfico

Se muestra en las fotografías el punto referencial y la toma de datos en la Figura 9 y Figura 10.

Figura 9

Representación de BM "A" o punto referencial

**Figura 10**

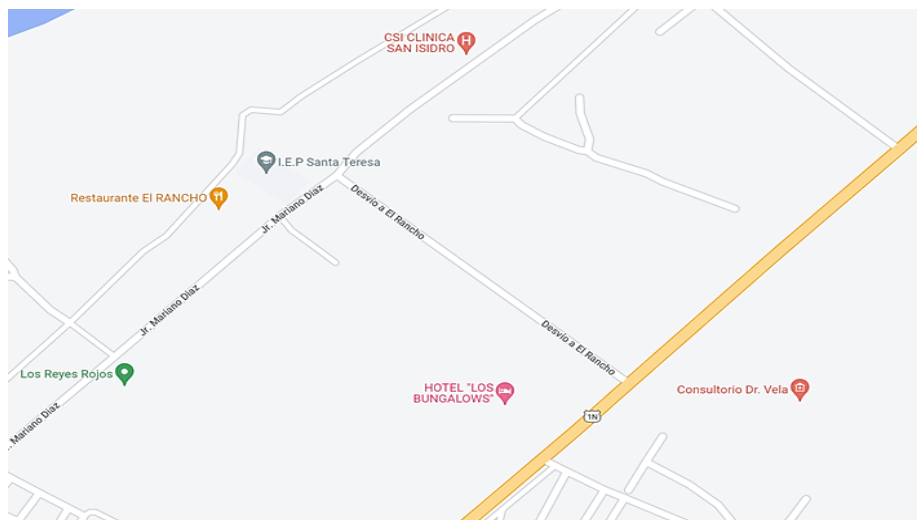
Toma de datos del BM "A" o ubicación referencial

**2.3 Estudio de tráfico**

El tráfico vehicular es el primer factor que tiene un impacto directo en la estructura del pavimento. Por lo tanto, se ha llevado a cabo un estudio de tráfico exhaustivo a lo largo de la zona de estudio, considerando las cargas que el pavimento debe soportar durante su vida útil proyectada.

El estudio se inició con el conteo vehicular, mediante la instalación de dos puntos de control estratégicamente ubicados. El primer punto se estableció en la entrada/salida del tramo a la carretera Piura-Catacaos, mientras que el otro se colocó en el cruce con la calle Mariano Díaz. Con el principal objetivo de recopilar datos representativos del flujo vehicular en la zona se propusieron esos puntos de control. Ver la Figura 11.













Figura 11
Ubicación de los puntos de control



Nota. Tomado de Google maps.

Los datos recopilados en el conteo se clasificaron según su categoría, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13
Clasificación vehicular entre ligero y pesados

VEHICULOS LIGERO	MOTOS	
	MOTO-TAXI	
	AUTO	
	STATION-WAGON	
	PICK UP	
	PANEL	
	COMBI RURAL	
	MICRO	
VEHICULOS PESADOS	BUS	
	CAMION	
	SEMI-TRAILER	
	TRAILER	

El jueves, sábado y martes se llevó a cabo el conteo, con una duración de 12 horas por día. Con el propósito de obtener datos confiables sobre el flujo vehicular en el tramo. La selección de los días y horarios para el conteo vehicular se estableció de acuerdo con otras investigaciones y en las características del acceso. Sin embargo, esta vía es importante en la transitabilidad vehicular de Catacaos.

Después de realizado el trabajo, se calcularon estos parámetros para el diseño: Índice medio diario de servicios (IMDS), Índice medio diario de autobuses (IMDA) y Ejes equivalentes (EE). Estos son básicos para el estudio y diseño de las infraestructuras viales al permitir un análisis más detallado del tráfico y su influencia en la planificación de futuras obras viales.

La información conseguida se almacenó en una hoja de cálculo para facilitar los cálculos. Se aprovechó para identificar los días y horas con mayor volumen de vehículos en la vía. Las Figura 12, Figura 13 y Figura 14 muestran gráficamente la evolución del tráfico consideran los puntos de control y los días elegidos para el estudio.

Procedemos a calcular el IMDA (Índice medio diario anual), que corresponde al número promedio de vehículos que pasan diariamente a lo largo de un año. El valor se calcula a partir de la siguiente formula:

$$IMDA = IMDS \times FC \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

$$IMDS = \frac{\text{Promedio diario de días laborales} * 5 + \text{día sábado o domingo} * 2}{7}$$

El factor de corrección (FC) se utiliza para corregir las condiciones dinámicas de carga que pueden verse afectadas por cambios climáticos, económicos y sociales. A través de los peajes, se dispone de datos que permiten ajustar a tales efectos. Esto contribuye a una estimación más realista del tránsito.

Según la Figura 15, la estación de peaje Bayóvar es la más cercana a la zona de estudio y asigna el factor de corrección de vehículos ligeros y pesados de 1.16 y 1.02 respectivamente.

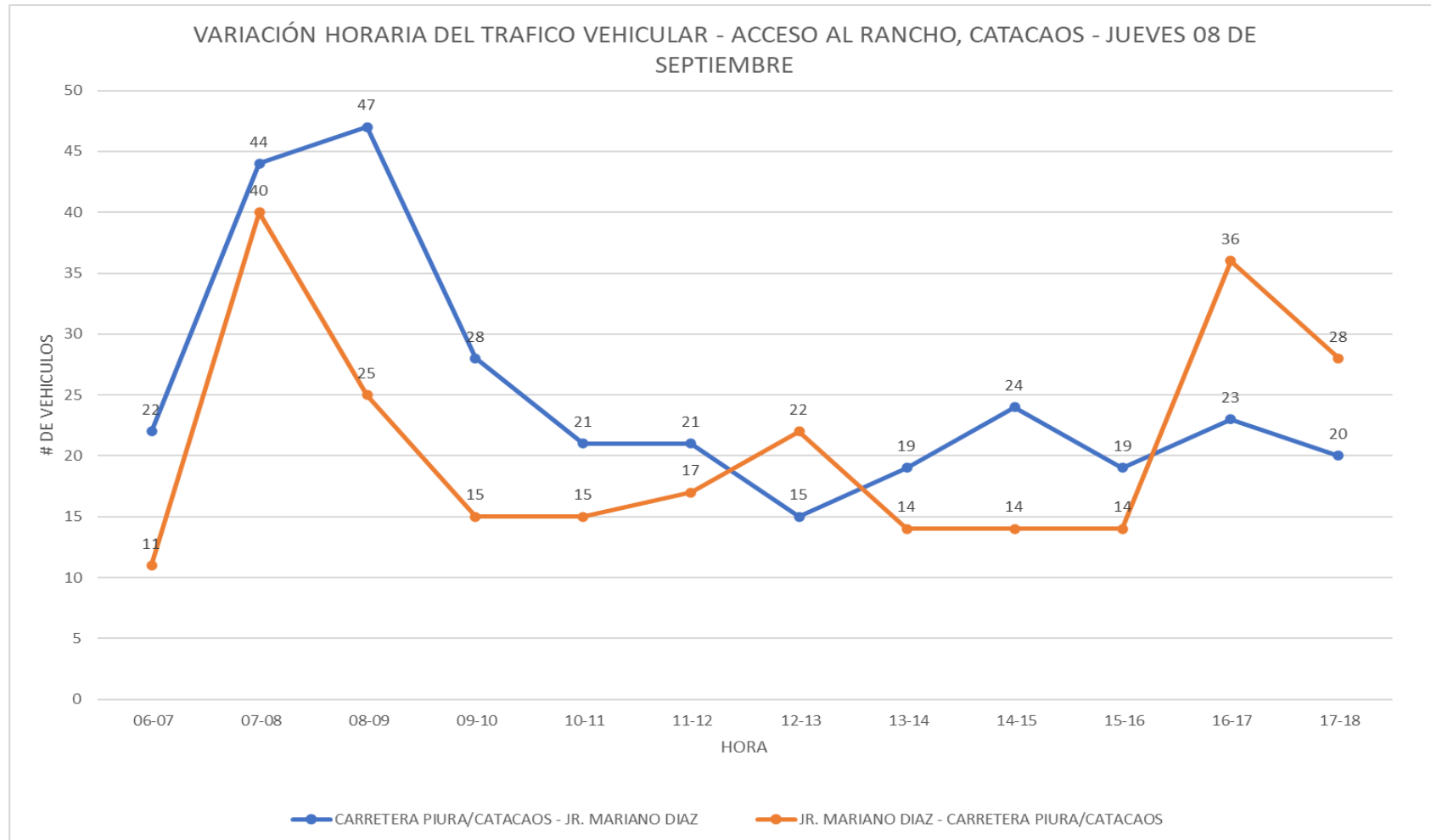
Figura 12*Variación vehicular jueves 08 de septiembre*

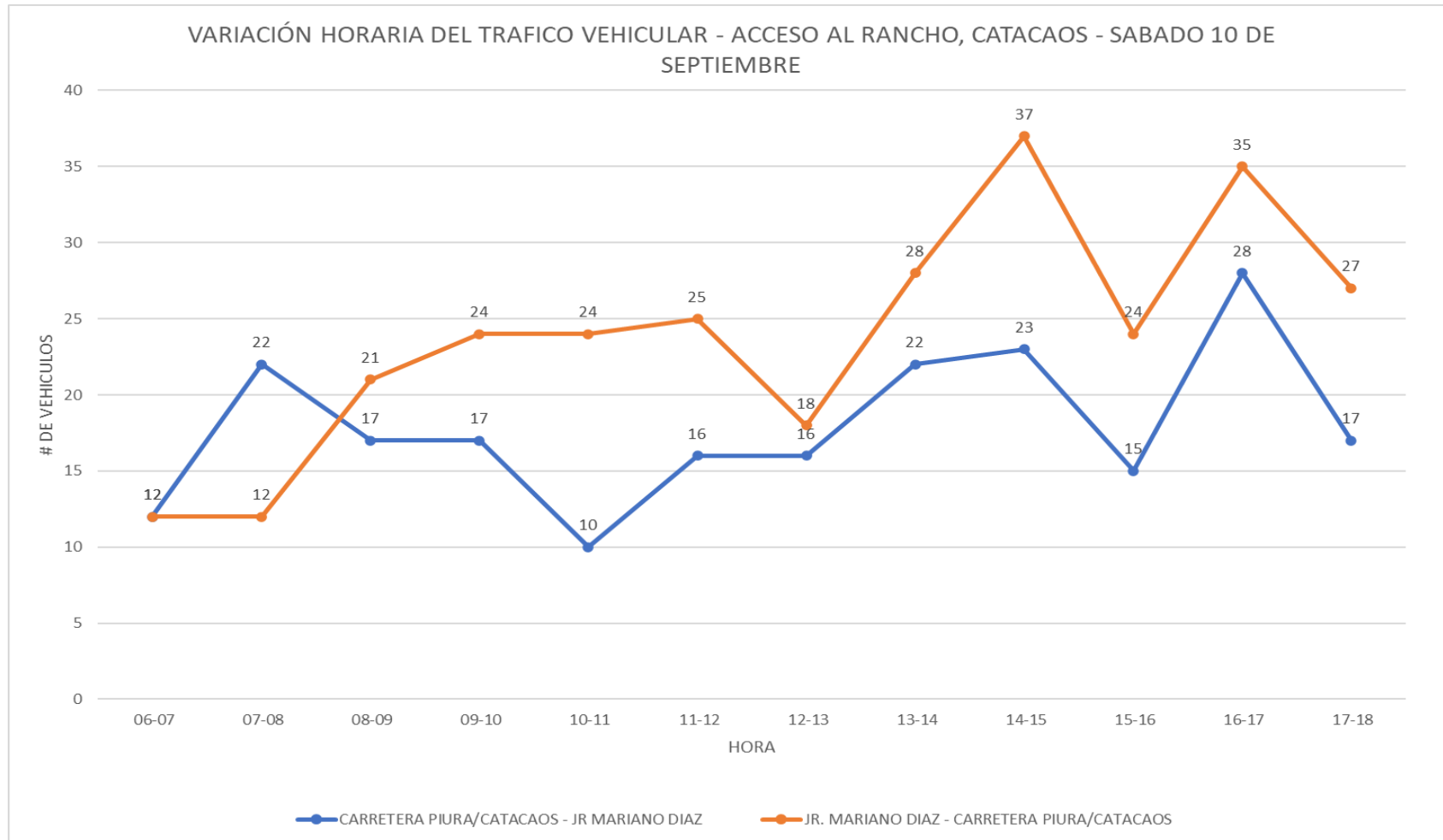
Figura 13*Variación vehicular – sábado 10 de septiembre*

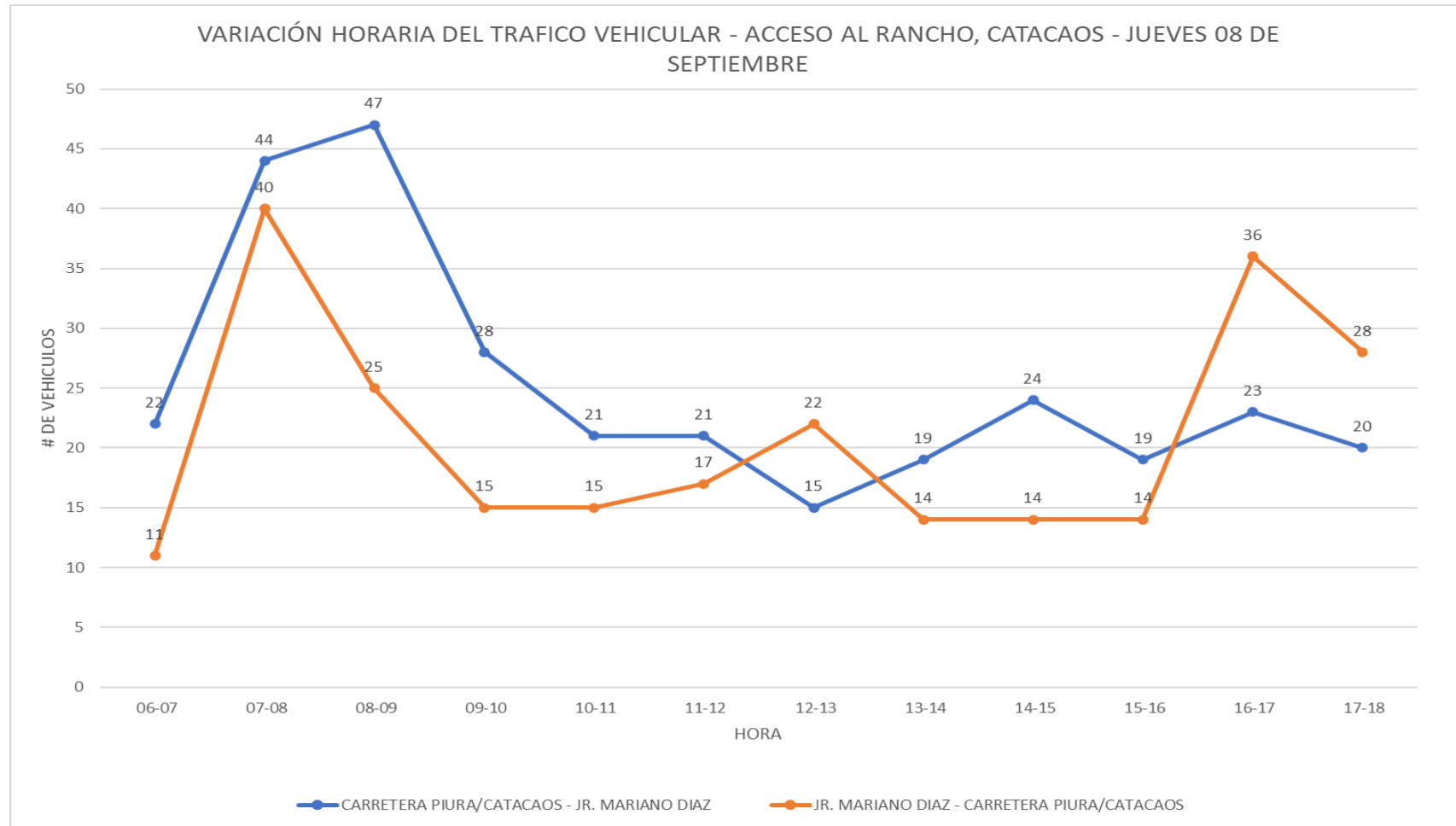
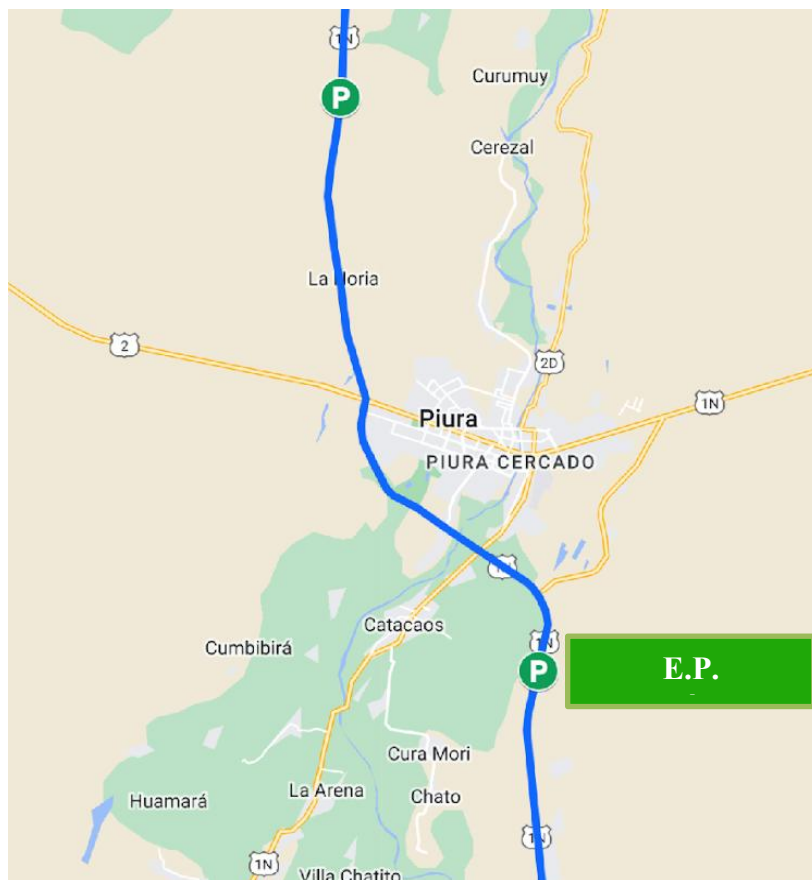
Figura 14*Variación vehicular – martes 13 de septiembre*

Figura 15

Ubicación de peajes próximos a la zona de estudio



E.P.

Nota. Tomado de Covisol S.A. (2018)

Posteriormente, se procede a la estimación del IMD y del IMDA para cada categoría de vehículo, en el momento en que se determinan los factores de corrección. La explicación detallada de estos cálculos se encuentra en las Tablas 14 y 15. Dichos índices son fundamentales para la evaluación del flujo vehicular, lo cual resulta imperativo para la mejora de la infraestructura vial.

Tabla 14

Cálculo de IMDs y IMDA para vehículos ligeros

DIA	MOTO	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		COMBI RURAL	MICRO
					PICK UP	PANEL		
MARTES	91	225	109	66	21	6	17	0
JUEVES	93	237	81	37	19	1	2	0
SABADO	94	196	79	26	20	0	1	2
IMDS	92.57	221.00	90.43	44.21	20.00	2.50	7.07	0.57
FC	1.1640	1.1640	1.1640	1.1640	1.1640	1.1640	1.1640	1.1640
IMDA	107.75	257.24	105.26	51.47	23.28	2.91	8.23	0.67

Tabla 15*Cálculo de IMDS y IMDA para vehículos pesados*

DIA	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLERS			
	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
MARTES	0	0	16	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
JUEVES	0	0	25	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SABADO	4	0	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMDS	1.14	0.00	18.36	4.64	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FC	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160
IMDA	1.16	0.00	18.65	4.72	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Una vez calculados los valores de IMDS e IMDA correspondientes, se inició con el procesamiento de datos de los Ejes equivalentes (EE). Los cuales representan una medida de deterioro o impacto generado por las distintas cargas asociadas a cada tipo de eje presente en los vehículos pesados sobre la estructura del pavimento. A partir de los datos recopilados y aplicando la fórmula correspondiente, se calculó los EE para cada día y carril, cuyos resultados se presentan en la Tabla 16. Estas evaluaciones técnicas son esenciales para determinar la capacidad de carga del pavimento y asegurar su adecuación a las condiciones específicas del tráfico en la zona de estudio.

Tabla 16*Cálculo de EE día-carril*

VEHICULOS		IMDA	Fd	Fc	Fvp	Fp	EE DIA-CARRIL
BUS	2E	1.16	0.50	1.00	4.61	1.00	2.68
	≥3E	0.00	0.50	1.00	3.62	1.00	0.00
CAMION	2E	18.65	0.50	1.00	4.61	1.00	42.97
	3E	4.72	0.50	1.00	4.73	1.00	11.16
	4E	0.36	0.50	1.00	4.96	1.00	0.90
SEMITRAYLER	2S1/2S2	0.00	0.50	1.00	8.07	1.00	0.00
	2S3	0.00	0.50	1.00	8.77	1.00	0.00
	3S1/3S2	0.00	0.50	1.00	8.19	1.00	0.00
	≥3S3	0.00	0.50	1.00	8.90	1.00	0.00
TRAYLERS	2T2	0.00	0.50	1.00	11.28	1.00	0.00
	2T3	0.00	0.50	1.00	11.40	1.00	0.00
	3T2	0.00	0.50	1.00	11.40	1.00	0.00
	≥3T3	0.00	0.50	1.00	11.52	1.00	0.00

Para finalizar, debemos realizar el cálculo del número de repeticiones en ejes equivalentes de 8.2tn, seguido del cálculo del Fca (Factor de crecimiento acumulado), se determina a través de la siguiente expresión:

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

- r: Tasa anual de crecimiento, correlacionada con el desarrollo socioeconómico que a su vez se relaciona con el crecimiento de vehículos públicos y la tasa de crecimiento poblacional. Este valor lo podemos encontrar en la Tabla 17.
- n: Periodo de diseño, para diseño tomaremos 20 años

Tabla 17

Tasa de crecimiento de vehículos pesados

TASA DE CRECIMIENTO DE VEHICULOS PESADOS	
	PBI
AMAZONAS	3.42%
ANCASH	1.05%
APURIMAC	6.65%
AREQUIPA	3.37%
AYACUCHO	3.60%
CAJAMARCA	1.29%
CUSCO	4.43%
HUANCAVELICA	2.33%
HUÁNUCO	3.85%
ICA	3.54%
JUNIN	3.90%
LA LIBERTAD	2.83%
LAMBAYEQUE	3.45%
CALLAO	2.41%
LIMA PROVINCIA	3.07%
LIMA	3.69%
LORETO	1.29%
MADRE DE DIOS	1.98%
MOQUEGUA	0.27%
PASCO	0.36%
PIURA	3.23%
PUNO	3.21%
SAN MARTIN	3.84%
TACNA	2.88%
TUMBES	2.60%
UCAYALI	3.77%

Nota. Tomado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013b)

Por lo tanto, Si $r=3.23\%$ y $n=20$ años:

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 27.52 \quad (\text{Ec. 8})$$

Una vez obtenido el factor de carga equivalente (Fca), es posible calcular el número de repeticiones en ejes equivalentes a 8.2 toneladas. Al recopilar y resumir los resultados anteriores, se puede observar la Tabla 18, la cual presenta de manera organizada la información relevante.

Tabla 18
Número de EE

VEHICULOS		EE DÍA-CARRIL	NN EE
BUS	2E	2.68	26867.64
	>=3E	0.00	0.00
CAMION	2E	42.97	431561.45
	3E	11.16	112067.72
	4E	0.90	9034.87
SEMITRAYLER	2S1/2S2	0.00	0.00
	2S3	0.00	0.00
	3S1/3S2	0.00	0.00
	>=3S3	0.00	0.00
TRAYLERS	2T2	0.00	0.00
	2T3	0.00	0.00
	3T2	0.00	0.00
	>=3T3	0.00	0.00
		TOTAL	0.58x10 ⁶

2.4 Caracterización de la subrasante

2.4.1 Trabajo de campo

El estudio se llevó a cabo mediante la realización de trabajos y ensayos de campo en tres calicatas, las cuales fueron excavadas a una profundidad de 1.50 metros, con el propósito de evaluar la idoneidad del suelo para fines de pavimentación. Además, se realizaron ensayos de laboratorio estándar y especiales para obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo. Estos análisis permitieron determinar el perfil estratigráfico del terreno y calcular el valor de soporte relativo (CBR) a nivel de subrasante, información crucial para el diseño y la construcción de pavimentos. (Ver Figura 16)

El programa seguido para los fines propuestos fue el siguiente:

- Reconocimiento del terreno.
- Ubicación y caracterización de los puntos de estudio.
- Ejecución de calicatas.

- Ensayos de laboratorio.
- Perfil estratigráfico.
- Valor de soporte relativo (CBR).
- Conclusiones.

Figura 16

Inicio de la exploración a través de calicatas



La ubicación de cada calicata se encuentra en la Tabla 19.

Tabla 19

Ubicación y profundidad de calicatas

CALICATA N°	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD (m)
01	LATITUD: -5.256566, LONGITUD: -80.663274	1.50
02	LATITUD: -5.255469, LONGITUD: -80.664671	1.50
03	LATITUD: -5.254327, LONGITUD: -80.666051	1.50

Figura 17
Culminación de calicatas



Finalizada la excavación hasta la profundidad establecida, se procedió con la toma de muestras representativas del suelo, tal como se observa en la Figura 17. Dichas muestras fueron analizadas en laboratorio donde se les realizó los siguientes ensayos: Análisis granulométrico, contenido de humedad y límites de consistencia, siguiendo las indicaciones establecidas por la Norma E.050, véase la Tabla 20. Estos ensayos permitieron conocer las características físicas del suelo. La caracterización resulto importante para orientar el diseño del paquete estructural de la vía proyectada, garantizado un enfoque técnico adecuado y adaptado a las condiciones reales.

Tabla 20*Tipo de muestra según Norma E.050*

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERISTICAS
MUESTRA INALTERADA EN BLOQUE (Mib)	NTP 399.151 SUELOS. PRACTICAS NORMALIZADAS PARA LA PREVENCIÓN Y TRANSPORTE DE SUELOS	BLOQUES	INALTERADA	DEBE MANTENER INALTERADAS LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL SUELO EN SU ESTADO NATURAL AL MOMENTO DEL MUESTREO (APLICABLE SOLAMENTE A SUELOS COHESIVOS, ROCAS BLANDAS O SUELOS GRANULARES FINOS SUFICIENTEMENTE CEMENTADOS PARA PERMITIR SU OBTENCIÓN)
MUESTRA INALTERADA EN TUBO DE PARED DELGADA (Mit)	NTP 339.169 SUELO. MUESTREO GOTECNICO DE SUELOS CON TUBO DE PARED DELGADA	TUBOS DE PARED DELGADA		
MUESTRA ALTERADA EN BOLSA DE PLASTICO (Mab)	NTP 339.151 SUELOS. PRACTICAS NORMALIZADAS PARA LA PRESERVACION Y TRANSPORTE DE SUELOS	CON BOLSAS DE PLASTICO	ALTERADA	DEBE MANTENER INALTERADA LA GRANULOMETRIA DEL SUELO EN SU ESTADO NATURAL AL MOMENTO DEL MUESTREO
MUESTRA ALTERADA PARA HUMEDAD EN LATA SELLADA (Mah)	NTP 339.151 SUELOS. PRACTICAS NORMALIZADAS PARA LA PRESERVACION Y TRANSPORTE DE SUELOS	EN LATA SELLADA		DEBE MANTENER INALTERADO EL CONTENIDO DE AGUA

Nota. Tomado de Instituto de la Construcción y Gerencia (2018)

2.4.2 Trabajos de laboratorio

Se efectuaron los ensayos de laboratorio, siguiendo las Normas Técnicas Peruanas y American Society Testing Materials (ASTM).

- Análisis granulométrico por tamizado (NTP 339.128 // ASTM D 422)
- Contenido de humedad natural (NTP 339.127 // ASTM D 2216)
- Límites de consistencia (NTP 339.129 // ASTM D 4318)
- Ensayo de proctor modificado (NTP 339.141 // ASTM D 1557)
- Valor relativo de soporte CBR (NTP 339.145 // ASTM D 1883)
- Clasificación según sistema unificado de clasificación de suelos SUCS (NTP 339.134 // ASTM D 2487)
- Ensayos químicos

Los resultados de los ensayos fueron resumidos en la Tabla 21 y Tabla 22, donde se detalló la denominación de cada calicata, la profundidad alcanzada, descripción del tipo del material, así como las propiedades físicas y las características de la distribución del tamaño de partículas del material encontrado en cada una. Estos datos proporcionaron una visión técnica profunda del perfil estratigráfico del terreno, lo que permitió una correcta evaluación para propósitos de pavimentación.

Tabla 21

Propiedades físicas y características de la distribución del tamaño de partícula de cada calicata

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CH (%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			DISTRIBUCION GRANULOMETRICA		
				LL (%)	LP (%)	IP (%)	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)
C-01	M-01	0.40 - 1.50	5.70	23	21	2	0.00	53.51	46.49
C-02	M-01	0.50 - 1.50	10.72	24	21	3	0.00	44.05	55.95
C-03	M-01	0.45 - 1.50	9.63	22	21	1	0.00	78.70	23.30

Tabla 22

Descripción de cada estrato

CALITA	DESCRIPCION
C-01	ARENA LIMOSA. MUESTRA COLOR MARRON OSCURO EN ESTADO SEMI COMPACTADO
C-02	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD. MUESTRA COLOR MARRON OSCURO EN ESTADO SEMI COMPACTADO
C-03	ARENA LIMOSA. MUESTRA COLOR GRISACEO EN ESTADO SEMI COMPACTADO

A continuación, se presenta el perfil estratigráfico, datos representativos de cada una de las calicatas realizadas en el estudio. Ver las Figura 18, Figura 19 y Figura 20 respectivamente.

Figura 18

Perfil estratigráfico calicata 01


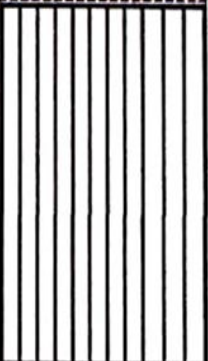
TIPO DE EXPLORACIÓN	PROF.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN
C I E O A B I E R T O	0.00	Relleno	Relleno		RELLENO
	1.00	M-01	Limo Inorganico de baja plasticidad. Muestra color marrón oscuro en estado semi compacto. Presenta 0.00% de grava y 44.05% de arena. Finos: 55.95% L.L. = 24 I.P. = 3 Presenta una Humedad Natural de 10.72%		ML / A-4(4)
	1.50				

Figura 19

Perfil estratigráfico calicata 02


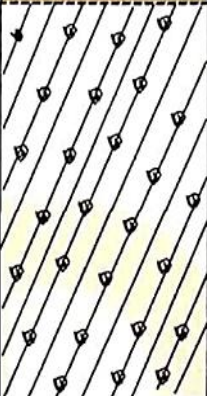
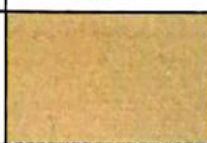
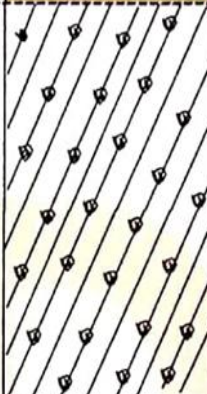
TIPO DE EXPLORACIÓN	PROF.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN
A C I E L O A B I E R T O	0.00	Relleno	Relleno		RELLENO
	0.45				
	1.00	M-01	Arena Limosa. Muestra color grisáceo en estado semi compacto. Presenta 0.00% de grava y 78.70% de arena. Finos: 21.30% L.L. = 22 I.P. = 1 Presenta una Humedad Natural de 9.63%		SM / A-2-4(0)
	1.50				

Figura 20

Perfil estratigráfico calicata 03

TIPO DE EXPLORACIÓN	PROF.	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CLASIFICACIÓN
A C I E L O A B I E R T O	0.00	Relleno	Relleno		RELLENO
	0.45				
	1.00	M-01	Arena Limosa. Muestra color grisáceo en estado semi compacto. Presenta 0.00% de grava y 78.70% de arena. Finos: 21.30% L.L. = 22 I.P. = 1 Presenta una Humedad Natural de 9.63%		SM / A-2-4(0)
	1.50				

En la Tabla 23 se encuentran los resultados de los ensayos Proctor Modificado y CBR, datos importantes para determinar la capacidad portante y comportamiento bajo cargas, claves para el dimensionamiento y diseño estructural del pavimento.

Tabla 23*Resultados del ensayo de valor soporte relativo*

TIPO DE SUELO	PROCTOR MODIFICADO		CBR		PROFUNDIDAD
	DENSIDAD SECA MAXIMA g/cm ³	CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD %	100%	95%	
SM / A-4(2)	1.809	12.26	26.8	15.6	C-01: 0.40 - 1.50m
ML / A-4(4)	1.866	12.32	24.6	19.6	C-02: 0.50 - 1.50m
SM / A-2-4(0)	1.767	12.38	21.3	15.7	C-03: 0.45 - 1.50m

Se procederá a determinar en qué condición se encuentra la subrasante, considerando los parámetros y criterios establecidos en el estudio de suelos. Según el Valor de CBR obtenido para el tipo de suelo (SM-ML), estamos en presencia de una subrasante Buena, ya que nos encontramos en el rango de 10% a 20%.

En cuanto a los ensayos químicos, se presenta una tabla de los resultados obtenidos para cada una de las calicatas realizadas. Ver Tabla 24.

Tabla 24*Resultados de los ensayos químicos*

ENSAYOS	CALICATA 01	CALICATA 02	CALICATA 03
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES	0.030%	0.080%	0.029%
CONTENIDO DE CLORUROS	0.028%	0.059%	0.012%
CONTENIDO DE SULFATOS	0.023%	0.019%	0.014%

Los resultados en los ensayos evidencian que los valores se encuentran por debajo de los límites establecidos por la normativa peruana. Esta condición sugiere que no existe un impacto significativo sobre los materiales que conformaran el paquete estructural como lo es la subbase y la losa de concreto. En consecuencia, se puede concluir que no será necesario considerar intervenciones adicionales de mejoramiento o reforzamiento en esta capa.

2.5 Hidrología

2.5.1 Recolección de información

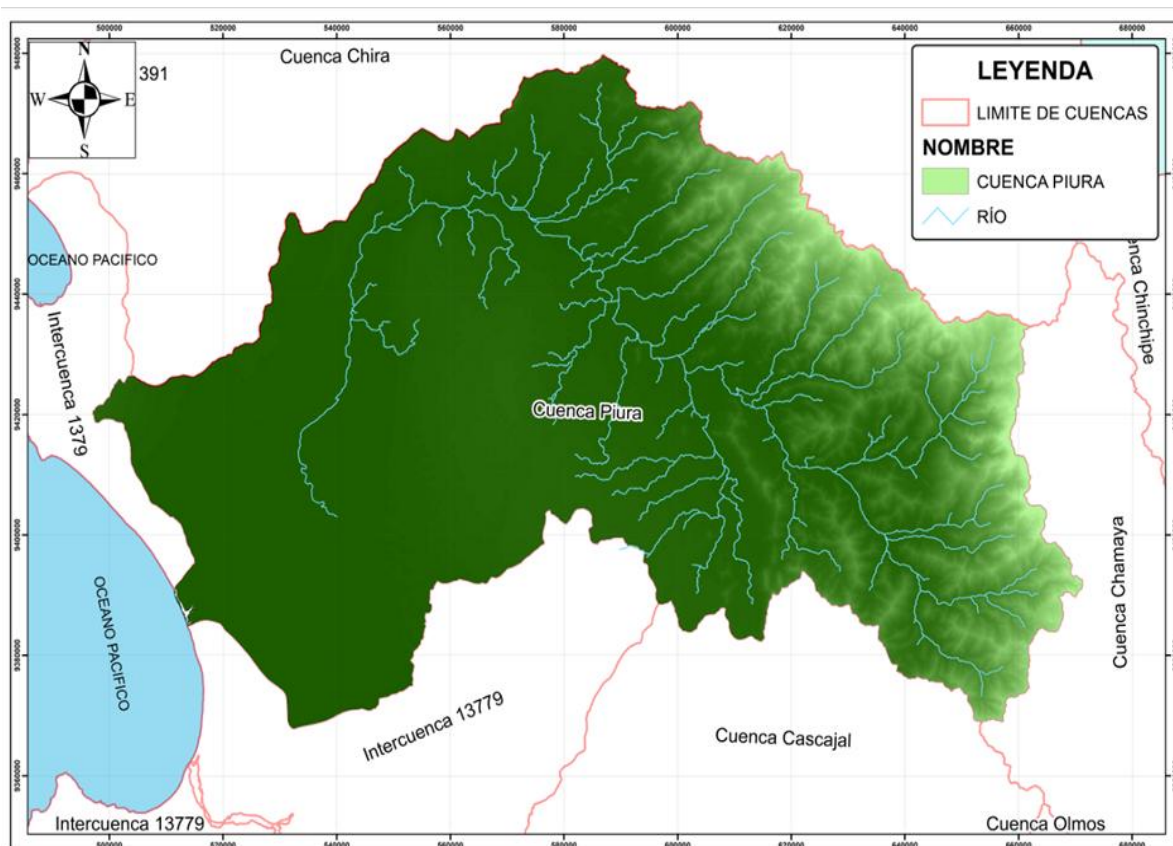
En este apartado, se presentan las fuentes de información utilizadas para el diseño del pavimento, destacando su importancia en el proceso. Las fuentes consultadas proporcionaron información sustancial, permitiendo a los ingenieros sustentar sus decisiones de maneras más fundamentadas. En términos generales, la calidad de los datos recolectados se considera adecuada para los objetivos planteados; no obstante, se resalta la importancia de disponer con datos actualizados, especialmente relacionada a las condiciones meteorológicas e hidrológicas, para asegurar la precisión y eficacia en el diseño de la estructura.

- Manual de hidrología, hidráulica y drenaje: Este manual proporcionó datos y metodologías cruciales para el manejo del agua en proyectos de pavimentación, como el cálculo de caudales, la estimación de la escorrentía y la selección de materiales adecuados drenajes. Su aporte es esencial para asegurar que la estructura mantenga un comportamiento hidráulico eficiente y confiable, ya que cuenta con sustento técnico, respaldo científico y experiencias prácticas en el diseño de pavimentos.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI): Se recopilaron datos meteorológicos e hidrológicos históricos, además de pronósticos climáticos. Esta información resulta crucial para prever condiciones que podrían influir en el desempeño de los pavimentos, como la ocurrencia de lluvias intensas o variaciones en el régimen de escorrentía. Si bien la información proporcionada por el instituto meteorológico es considerada confiable, en este caso se identificó que algunos datos no se encontraban actualizados. No obstante, se aplicaron métodos probabilísticos con el fin de mejorar la precisión y confiabilidad de los datos, mitigando el impacto de la posible inexactitud derivada de ya mencionada desactualización.
- Consorcio protección Marinapecu: Servicio de protección y rehabilitación ante Inundaciones a lo largo del Río Piura, específicamente en las zonas del Bajo Piura, donde brindó datos específicos sobre el riesgo de inundaciones en la región. Estos datos incluyeron análisis de las condiciones hidrológicas, topográficas y de uso del suelo, básicos para evaluar el riesgo de inundación como para desarrollar estrategias de mitigación. La calidad de la información obtenida es alta, dado que se fundamenta en estudios hechos específicamente para la localidad. Esto permitió una valoración precisa del riesgo como una adecuada planificación de las medidas de protección y rehabilitación, orientadas a minimizar el deterioro producto de las inundaciones.

2.5.2 Descripción de la cuenca

Se sitúa en el curso del río Piura, que tiene una altitud promedio de 21 m.s.n.m. en su inicio y alcanza los 3200 m.s.n.m. en su nacimiento. La longitud del tramo del río Piura seleccionado para el proyecto es de 8,428.75 m y abarca diversas localidades como Mariátegui-Zepita, Rinconada-Narihuala, Pedregal Chico, Pedregal Grande, Santa Rosa-San Ernesto, Chato, zona Mori del distrito de Catacaos y Cura Mori, ubicado en la zona conocida como Bajo Piura. La distancia desde la zona urbana hasta el río es de 20 metros, donde se han identificado puntos críticos que pueden provocar desbordamientos.

Desde el punto de vista hidrográfico, la cuenca del río Piura limita al norte con la cuenca del río Chira, al sur con la cuenca del río Cascajal y la intercuenca 13779, al este con la cuenca del río Chamaya y Chinchipe, y al oeste con el océano Pacífico y la intercuenca 1379. La cuenca del río Piura abarca una superficie total de 10,713.58 km², desde su desembocadura hasta su parte alta. La Figura 21 muestra el límite de la cuenca del río Piura con las cuencas vecinas.

Figura 21*Demarcación de la cuenca Piura*

Nota. Tomado de Consorcio Protección Marinapecu (2020)

2.5.3 Hidrología de la cuenca

La cuenca del río Piura tiene una gran importancia, ya que representa el punto de encuentro de múltiples factores de riesgo para una población vulnerable, especialmente durante el fenómeno de "El Niño". Estos factores de riesgo están estrechamente relacionados con la gestión del recurso hídrico en las áreas urbanas y en los centros industriales, así como con el uso del agua para riego en las tierras cultivadas. Este servicio es proporcionado por los habitantes, organizaciones de usuarios e instituciones que se encargan de la regulación y la normativa para el uso sostenible de este recurso.

2.5.3.1 Información pluviométrica. En el área de la cuenca del río Piura se han establecido 31 estaciones de monitoreo, compuestas por 10 estaciones meteorológicas y 21 estaciones pluviométricas. La mayoría de estas estaciones pluviométricas han estado en funcionamiento durante períodos de tiempo limitados.

Inicialmente, el Proyecto Especial Chira-Piura y la ex Región Agraria I (actualmente la Dirección Regional Agraria) se encargaron de la operación y el mantenimiento de las estaciones pluviométricas, pero actualmente son responsabilidad del SENAMHI y del Ministerio de Salud.

El Proyecto Especial Chira-Piura ha llevado a cabo el procesamiento de información relativa a las precipitaciones mensuales promedio. Como resultado de este análisis, se ha

identificado que las estaciones de Frías, Huarmaca y Chalaco han registrado las máximas precipitaciones, alcanzando valores de 1.055,4 mm, 912,8 mm y 893,4 mm, respectivamente. Por otro lado, las precipitaciones más bajas se han observado en San Miguel de Piura, Montegrande y Laguna Ramón, con valores de 47,8 mm, 38,3 mm y 13,6 mm, respectivamente. Estos datos han sido proporcionados por el consorcio mencionado anteriormente.

2.5.4 Efectos del Fenómeno del Niño en la costa norte del Perú

Durante el fenómeno de El Niño, el calentamiento anómalo de la temperatura superficial del mar altera drásticamente las condiciones atmosféricas en la costa peruana, disminuyendo la inversión de la temperatura y provocando fuertes lluvias que pueden causar inundaciones y graves daños a la infraestructura socioeconómica. Las tormentas tropicales también pueden formarse en la región debido al ascenso del aire cálido y húmedo.

Además de El Niño, los eventos climáticos regulares también pueden causar catástrofes en la región debido a la variabilidad climática. La gestión de riesgos es un tema importante debido al aumento de los fenómenos climáticos extremos (Consortio Protección MARINAPECU, 2020).

2.5.5 Información de precipitaciones máximas

La Estación Meteorológica y Pluviométrica más cercana a la zona de estudio es la siguiente las cuales tiene las siguientes características. Ver Tabla 25.

Tabla 25

Descripción de estación meteorológica - pluviométrica San Miguel

NOMBRE DE LA ESTACION	ENTIDAD OPERADORA	UBICACIÓN POLITICA			UBICACIÓN GEOGRAFICA		ALTITUD (msnm)	PERIODO DE REGISTRO
		DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LATITUD	LONGITUD		
SAN MIGUEL	SENAMHI	PIURA	PIURA	CATACOS	5°14'46"S	80°41'03"W	23	1973-2015

Nota. Tomado de SENAMHI (2023)

- **Precipitaciones acumuladas máximas**

La Tabla 26 presenta un registro histórico de precipitaciones acumuladas máximas en un período de 24 horas, obtenido a partir de los datos recopilados en la plataforma del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Esta información proporciona un análisis detallado de los eventos de precipitación máxima en un periodo de un día, contribuyendo así a la comprensión de patrones climáticos y a la evaluación de posibles impactos hidrológicos en la región.

Tabla 26*Precipitaciones acumuladas máximas de 24 horas*

AÑO	P. ACUM. MAX (mm)	AÑO	P. ACUM. MAX (mm)
1973	26.00	1995	3.20
1974	2.00	1996	4.50
1975	6.40	1997	37.20
1976	49.90	1998	81.90
1977	19.60	1999	10.80
1978	30.00	2000	10.00
1979	3.50	2001	77.40
1980	8.00	2002	68.00
1981	12.00	2003	5.50
1982	7.50	2004	5.20
1983	95.50	2005	6.00
1984	6.20	2006	11.70
1985	9.50	2007	3.30
1986	5.80	2008	36.80
1987	22.00	2009	12.90
1988	8.20	2010	30.10
1989	12.50	2011	7.00
1990	3.50	2012	14.70
1991	2.80	2013	25.70
1992	100.30	2014	5.60
1993	23.00	2015	28.80
1994	20.00		

Nota. Tomado de SENAMHI (2023)

2.6 Drenaje pluvial

Se llevó a cabo un análisis de frecuencias relativo a las precipitaciones máximas en un período de 24 horas, con el objetivo de estimar las precipitaciones para diversos periodos de retorno. Este análisis fue realizado mediante el empleo del software HidroEsta, el cual posibilita la creación de modelos probabilísticos, tanto discretos como continuos. El programa permite tener una aproximación precisa y probabilística de las condiciones climáticas extremas, lo que resulta ser fundamental para el diseño de infraestructuras hidráulicas, así como para la gestión del riesgo asociado a eventos climáticos extremos.

Una vez efectuados los cálculos con las distribuciones proporcionadas, se presentaron los resultados para diferentes periodos de retorno. Ver Tabla 27.

Se determinó que la distribución logarítmica Pearson III es la que mejor se ajusta a los datos, ya que presenta un valor de Δ Teórico (0.06441) mucho menor en comparación con las demás distribuciones. Este hallazgo confirma la elección de la distribución logarítmica Pearson III como la más apropiada para representar y ajustar los datos en consideración.

En base al expediente elaborado por COVISOL en el año 2018, se realizó un análisis detallado de la precipitación extrema correspondiente del tramo de estudio. Dicho enfoque se fundamentó en la metodología de ponderación de precipitaciones, tomando como referencia el estudio desarrollado a cabo por Hershfield D. M. en 1961. El objetivo principal es obtener una

estimación representativa de la precipitación máxima probable a partir de los registros de precipitaciones máximas diarias (24 horas). El estudio, respaldada por la investigación de Hargreaves en 1988, ha sido aplicada con éxito en la evaluación de lluvias extremas en diversas regiones, incluyendo África.

Tabla 27

Resultados para cada distribución

Tr (Años)	D. Normal	D. LogNormal2P	D. LogNormal3P	D. Gamma2P	D. Gamma3P	D. LogPearson III	D. Gumbel	D. LogGumbel
30	69.46	88.04	92.26	74.17	83.38	99.90	78.57	127.37
35	71.22	94.53	99.55	77.46	87.19	108.82	81.71	144.65
70	78.60	127.52	137.08	92.20	104.24	156.87	95.74	255.58
100	82.12	147.09	159.72	99.77	112.98	187.43	102.92	342.12
150	85.93	171.69	188.50	108.35	122.87	227.71	111.08	476.29
500	96.29	261.41	295.91	133.57	151.91	390.11	135.25	1269.50
Δ Teórico	0.21	0.08	0.07	0.14	0.18	0.06	0.19	0.10
Δ Tabular	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21

Hargreaves (1988) planteó el factor de corrección $R=1.13$ como una herramienta aplicable a nivel global, respaldando su validez para distintas regiones del mundo. En este contexto, se sugiere la aplicación de dicho factor en la zona de Catacaos, considerando la correlación establecida por Hershfield y corroborada por investigaciones posteriores. Esto aseguró un enfoque sólido para estimar la precipitación extrema, proporcionando resultados confiables y pertinentes para el análisis de suelos y pavimentos en el marco del presente diseño.

Con base en las consideraciones mostradas, se presenta a continuación la tabla con los valores obtenidos, los cuales representan la distribución estadística que mejor se ajusta al análisis. Los resultados se muestran en la Tabla 28 donde se establece la estimación de la precipitación máxima probable mediante la ponderación de precipitaciones máximas diarias (24 horas).

Tabla 28

Valores de precipitación en 24 horas y su ponderado

PERIODO DE RETORNO TR (años)	PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24h ESTACION SAN MIGUEL (mm)	PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24h PONDERADA (mm)
10	51.02	57.70
30	99.90	112.90
35	108.82	123.00
70	156.87	177.30
100	187.43	211.80
150	227.71	257.30
500	390.11	440.80

En el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2011) nos brinda la Tabla 29 para los diferentes periodos de retorno en cuanto a diseño de obras de drenaje y protección, para el estudio seleccionamos el periodo de retorno = 30 años (drenaje de la plataforma).

Tabla 29

Valores de riesgo

DESCRIPCIÓN	RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL (RECOMENDADO MANUAL DE HIDROLOGÍA)	PERIODO DE RETORNO
PUENTES	25%	40 años	150 años
ALCANTARILLAS (PASE DE QUEBRADAS IMPORTANTES Y BADENES)	30%	25 años	70 años
ALCANTARILLAS (ALIVIO Y PASE DE QUEBRADAS MENORES)	35%	15 años	35 años
DRENAJE DE PLATAFORMA	40%	15 años	30 años
SUBDRENES	40%	15 años	30 años
DEFENSAS RIBEREÑAS	25%	25 años	100 años

Nota. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicación (2011).

2.6.1 Intensidad máxima

Diaz Asencios y Espinoza Martinez (2020) indica que antes de estimar la intensidad máxima, a partir del modelo de Frenderich Bell, se determina la cantidad máxima de lluvia que puede ocurrir con base en el tiempo que suele pasar entre eventos extremos, la duración de la tormenta en minutos y la precipitación máxima registrada durante una hora, considerando un período de retorno de 10 años. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$P_t^T = (0.21 \ln(T) + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

- t= Duración en minutos
- T= Periodo de retorno en años
- P_t^T = Precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años
- P_{60}^{10} = Precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

En base al cálculo realizado hecho por COVISOL; este estimó la intensidad máxima a partir de Yance Tueros, dado que los datos a nuestra disposición representan el nivel máximo de lluvia acumulada en un lapso de 24 horas.

$$I = aP_{24}^b \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

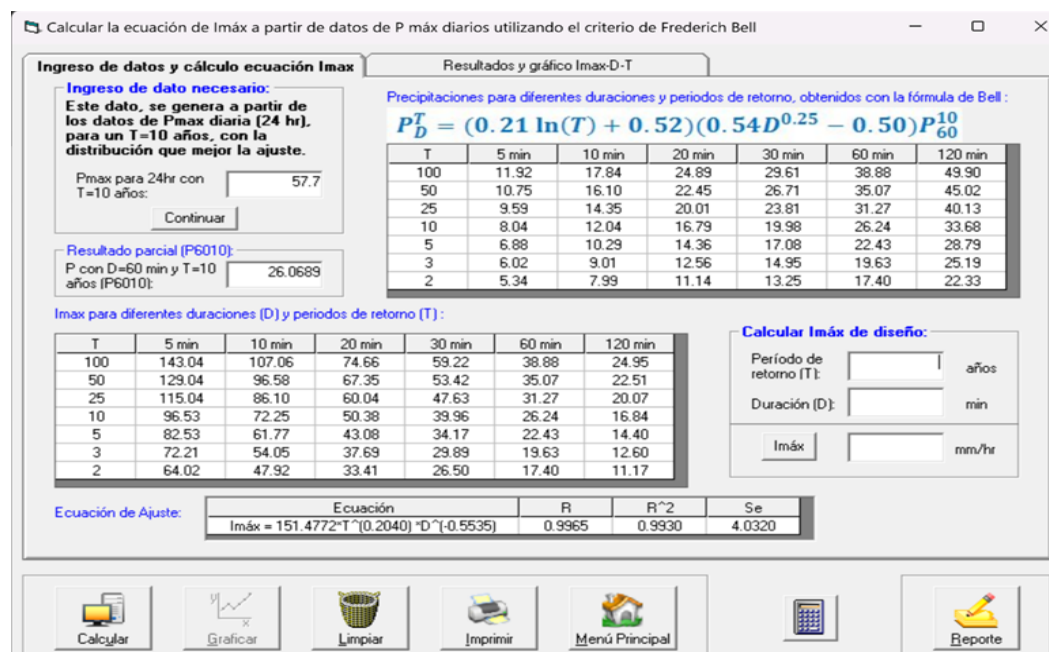
- I= Intensidad máxima en mm/h

- a, b= Parámetros; 0.4602, 0.876, respectivamente
- P_{24} = Precipitación máxima en 24 horas

Con los datos ya conocidos ejecutamos el cálculo a través del programa HidroEsta para determinar las precipitaciones en relación con los periodos de retorno para duraciones determinadas. Ver Figura 22.

Figura 22

Cálculo de precipitación-duración con HidroEsta



2.6.2 Caudal de diseño para cunetas

En el contexto del presente estudio, se recurre al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, específicamente empleando el método racional. Este enfoque se considera apropiado para cuencas de dimensiones reducidas, con áreas inferiores a 10 Km². La elección de este método se sustenta en su capacidad para proporcionar evaluaciones precisas y prácticas, especialmente cuando se dispone de datos reales relevantes.

Se deben tener en cuenta estas consideraciones:

- Coeficiente de escorrentía: De acuerdo con Diaz Asencios y Espinoza Martinez (2020) quien adopta el coeficiente a partir de la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano: $C = 0.89$
- Área de influencia: consta del ancho de vía (7 m) por la longitud del tramo (500 m) además del caudal de aporte de áreas colindantes (se considera un ancho de 15 metros aproximadamente).
- Pendiente longitudinal: DG-2018 (2018) precisa tener una pendiente mínima de 0.5%

- Peralte: Para este estudio utilizaremos un peralte hacia un extremo donde se ubica el canal para facilitar el diseño. DG-2018 (2018), indica un peralte mínimo de 2.0% .
- Tiempo de concentración: Mediante la fórmula de Kirpich obtenemos una $t_c = 18$ minutos. Debemos tener en cuenta si el recorrido de las aguas de las áreas colindantes fuese mayor a 30 m debemos realizar el cálculo de manera distinta así lo describe la investigación realizada por Diaz A. y Espinoza M. referenciado a la Norma Española la cual hace uso del siguiente ábaco (Figura 23).
- Para la intensidad utilizamos el software HidroEsta que nos aproxima el cálculo para un Periodo de Retorno de 30 años y una duración de 18 minutos. Ver Figura 24.
- A través de la Tabla 30, en resumen, podemos definir el caudal de diseño para el cual el canal deberá soportar para poder drenar las aguas pluviales durante su vida útil. Teniendo en cuenta que para definir el caudal se están considerando el aporte de dos zonas: la vía propia y el área colindante al canal la cual se ha considerado un ancho de 15 m teniendo en cuenta la influencia que recae al canal la cual se puede apreciar en el plano topográfico (ver apéndice G).

Debemos tener en cuenta que este valor obtenido puede ser afectado por la adición de otras cunetas o vías como podría ser la carretera Piura-Sechura por lo que el caudal de diseño definitivo podría variar y proporcionalmente a las dimensiones del canal.

Figura 23

Ábaco para el cálculo de tiempo de concentración indicado por la Norma Española 3.2-IC

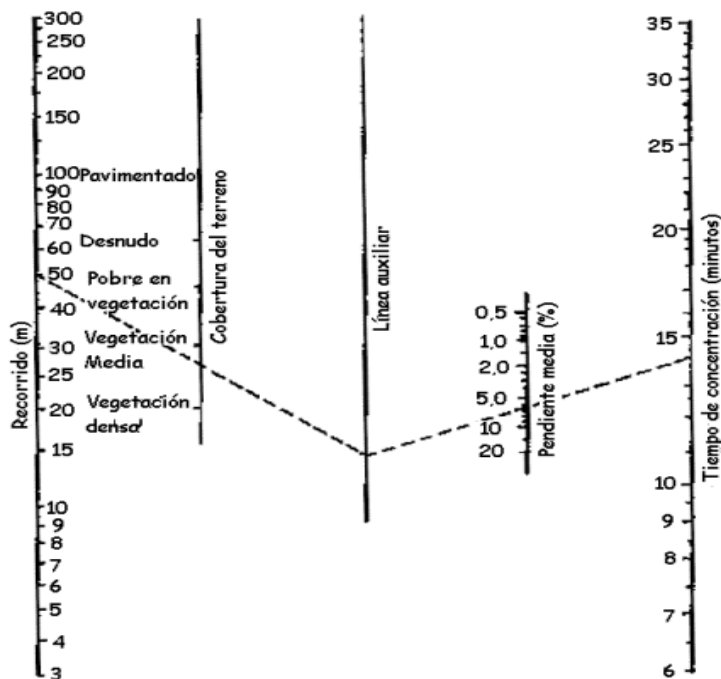


Figura 24

Cálculo de precipitación-duración con HidroEsta

Calcular Imáx de diseño:

Período de retorno (T): años

Duración (D): min

Imáx mm/hr

Tabla 30

Resumen de parámetros para caudal de diseño

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VÍA	ÁREA COLINDANTE	
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA		0.89	0.89	
ANCHO DE ÁREA TRIBUTARIA	M	7	15	
LONGITUD DE VÍA	M	500	500	
ÁREA	KM2	0.0035	0.0075	
I	MM/H	61.21	61.21	
CAUDAL DE DISEÑO	M3/S	0.05950972	0.113584337	0.17

2.6.3 Dimensionamiento de cuneta

A partir del caudal calculado, se procedió a determinar las dimensiones mediante el programa Hcanales. Ver la Figura 25.

Figura 25

Cálculo de dimensiones para propuesta de cuneta con el software Hcanales

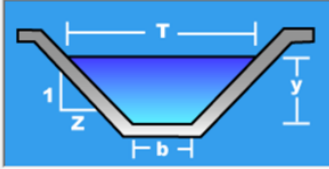
Datos:

Caudal (Q): m³/s

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante (y): m

Perímetro (p): m

Radio hidráulico (R): m

Velocidad (v): m/s

Energía específica (E): m-Kg/Kg

Ancho de solera (b): m

Área hidráulica (A): m²

Espejo de agua (T): m

Número de Froude (F):

Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Con el caudal de diseño de 0.17 m³/s obtenemos un canal con los siguientes parámetros:

- Tirante (y)= 0.26m
- Ancho de solera (b)= 0.22m
- Talud (z)= 1
- Rugosidad (n)= 0.0013
- Pendiente (s)= 0.005m/m

El análisis basado en los parámetros indicados, representados en la Figura 26, permite inferir que el flujo predominante en el sistema será de naturaleza supercrítica. Esta condición se caracteriza por elevados niveles de energía cinética y velocidad del flujo, lo que puede generar una mayor turbulencia.

La Figura 27 proporciona una visión detallada de las dimensiones actuales del canal. La evaluación de estas medidas permitirá obtener información relevante sobre la eficiencia del canal en el transporte de caudales específicos, teniendo en cuenta el flujo supercrítico previamente identificado. La consideración de estas medidas resulta esencial para la toma de decisiones respecto a posibles mejoras o ajustes en la infraestructura del canal con el fin de optimizar su rendimiento hidráulico.

Figura 26

Dimensiones del canal existente

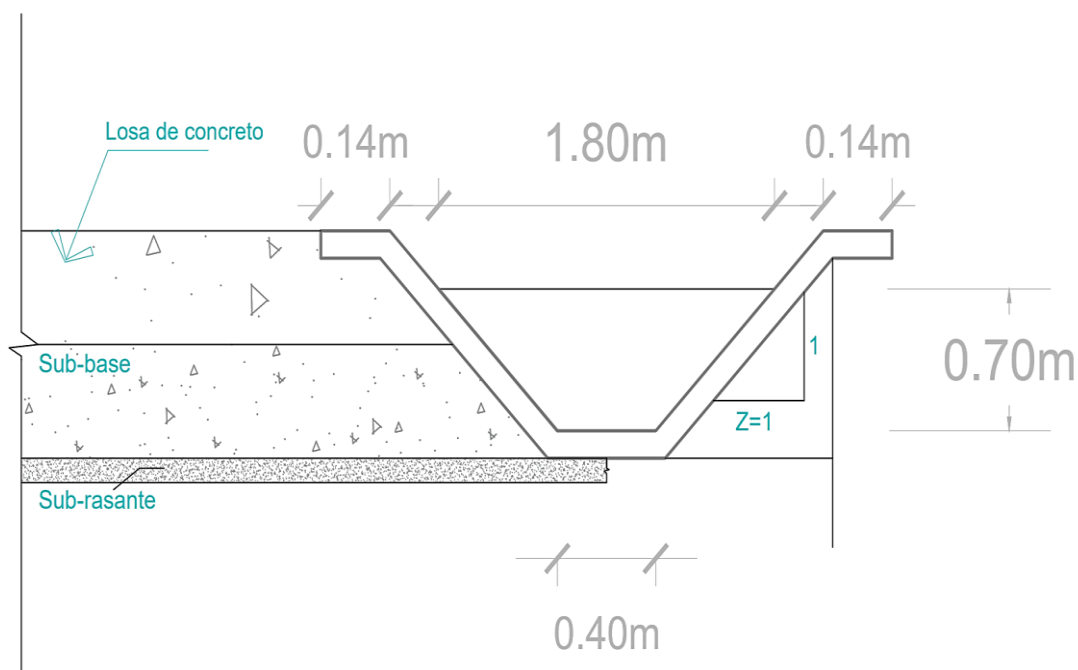


Figura 27
Canal existente



Con las medidas reales obtenidas, se procedió a ingresar la información para calcular y verificar si el canal existente es capaz de soportar el caudal correspondiente e identificar el tipo de flujo generado en función a sus dimensiones. Ver Figura 28.

Figura 28
Cálculo de caudal a partir de dimensiones del canal existente

Datos:			
Tirante (y):	<input type="text" value="0.7"/>	m	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.4"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>		
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.005"/>	m/m	

Resultados:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="1.9739"/>	m ³ /s	Velocidad (v): <input type="text" value="2.5635"/> m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.7700"/>	m ²	Perímetro (p): <input type="text" value="2.3799"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.3235"/>	m	Espejo de agua (T): <input type="text" value="1.8000"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.2514"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="1.0349"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Calculador

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

Se observa que el canal presenta la capacidad de conducir un caudal cercano a $2\text{m}^3/\text{s}$, valor mucho mayor al estimado. No obstante, aun considerando la posibilidad de que el caudal real generado por las precipitaciones sea superior al calculado, las dimensiones garantizan una adecuada evacuación de las aguas pluviales.



Capítulo 3

Diseño

3.1 Diseño de pavimento

El diseño fue desarrollado mediante la elaboración de una hoja de cálculo, lo que permitió un control detallado de cada parámetro y una comprensión clara del procedimiento seguido. Con el fin de verificar la confiabilidad de los resultados obtenidos, estos fueron contrastados con el software PAS5, empleado únicamente como herramienta de validación. De esta manera, se aseguró que los cálculos realizados mantuvieran consistencia y claridad, completando el análisis manual con la verificación del programa sin sustituir el método principal de desarrollo.

3.1.1 Selección de parámetros

3.1.1.1 Ejes equivalentes. El valor que se encuentra en el capítulo 2, en la sección correspondiente al estudio de tráfico, específicamente en la Tabla 18. Los datos consignados en dicha tabla resultaron determinantes para la caracterización vehicular, ya que permite identificar con precisión la magnitud del flujo y su impacto en la vía.

Cargas de tráfico vehicular (ESAL'S): $579\ 532EE = 0.580 \times 10^6 EE$

3.1.1.2 Confiabilidad y desviación estándar normal. Para el caso de caminos de bajo volumen de tráfico (TP3), el cual corresponde una confiabilidad del 80% y una desviación estándar de -0.841. Estos parámetros constituyen indicadores que reflejan precisión y fiabilidad adoptado en el diseño del pavimento.

3.1.1.3 Error estándar combinado. De acuerdo con la guía MTC (2013a), el rango recomendado por AASHTO 93 se encuentra entre $0.30 < So < 0.40$. No obstante la guía sugiere un valor de $So=0.35$, AASHTO (1993) recomienda ese valor para nuevas construcciones.

3.1.1.4 Serviciabilidad. Los valores específicos que determinan la capacidad de servicio del pavimento se muestran a continuación: $P_i = 4.10$, $P_t = 2.00$ y $\Delta PSI = 2.10$.

3.1.1.5 Módulo de rotura. Si bien existe una relación con el esfuerzo a tracción del concreto por flexión, $M_r = a(f'c)^{0.5}$, donde el valor de "a" varía entre 1.99 y 3.18, la guía del MTC recomienda un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para caminos de bajo volumen y para esta misma resistencia se estableció el M_r mínimo: $M_r = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3.92 \text{ Mpa} = 570 \text{ psi}$.

3.1.1.6 Módulo elástico del concreto. Estableciendo el valor de la resistencia del concreto con la siguiente fórmula podemos obtener $E = 57000(f'c)^{0.5}$, donde $f'c$ en PSI, por lo tanto: $E = 3601502.54 \text{ PSI} = 252594.57 \text{ kg/cm}^2 = 242771.95 \text{ Mpa}$.

3.1.1.7 Coeficiente de drenaje. Para la subbase ver Figura 29, Antes de emplear los coeficientes proporcionados por AASHTO, se procederá a efectuar cálculos propios de la metodología con el propósito de estimar el coeficiente C_d .

Para el cálculo de este parámetro haremos uso del método de aproximación del tiempo.

Consideramos los datos de la geometría de la vía y condiciones climáticas de la zona:

- S: Pendiente longitudinal: 0.5%.
- S_x : Pendiente transversal: 2.0%.
- W: Ancho permeable: 7m.
- h: Espesor de Subbase: 0.15m.

Ahora realizamos el cálculo de los siguientes parámetros; longitud resultante, la pendiente resultante y el factor pendiente:

- Longitud resultante (L_r): 7.22.
- Pendiente resultante (S_r): 0.021.
- Factor pendiente (S_1): 0.992.

En base al material seleccionado como subbase para el pavimento se identificaron los siguientes parámetros:

- Pasante 200: 10.1%.
- D10: 0.0%.
- Max. Densidad Seca: 2.035 gr/cm³.
- P_e : 2.65 gr/cm³.

Continuamos con los cálculos ahora toca hallar el valor de la porosidad efectiva (N_e):

Donde: $N_e = N_{m\acute{a}x} * C / 100$; $N_{m\acute{a}x} = 0.2321$ y $C = 10$, Por lo tanto: Porosidad efectiva (N_e) es igual a 0.0232 gr/cm³.

Con el ábaco de la Figura 30 podremos encontrar el valor de permeabilidad para el tipo de suelo.

El coeficiente de permeabilidad “k” resultó un valor de 8 pies/día lo que equivale a 2.44 m/día.

El ábaco que se muestra en la figura 31 y con el factor pendiente previamente hallado, podremos estimar el factor tiempo para una situación donde la saturación es al 50% el cual aproximamos a un valor de 0.25.

Figura 29
Análisis granulométrico de subbase granular

TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES GRADACION B		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		MIN. (%)	MAX. (%)	
3"	76.20							PESO INICIAL : 27701 g
2 1/2"	63.50							PORCION FINOS : 660 g
2"	50.80				100.0	100	100	% DE HUMEDAD : 0.9
1 1/2"	38.10	945.0	3.4	3.4	96.6			TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"
1"	25.40	3211.0	11.6	15.0	85.0	75	95	% DE GRAVA : 54.2
3/4"	19.05	2800.0	10.1	25.1	74.9			% DE ARENA : 35.7
1/2"	12.70	3461.0	12.5	37.6	62.4			% PASANTE Nº 200 : 10.1
3/8"	9.53	1520.0	5.5	43.1	56.9	40	75	L.L. : -
1/4"	6.35							L.P. : -
Nº 4	4.75	3064.0	11.1	54.2	45.8	30	60	I.P. : NP
Nº 8	2.36							M.F. : -
Nº 10	2.00	172.4	12.0	66.1	33.9	20	45	CLASIFIC. SUCS : GP-GM
Nº16	1.19							CLASIF. AASHTO : A-1-a (0)
Nº 20	0.85							D ₁₀ - C _u -
Nº 30	0.60							D ₃₀ 1.078 C _c -
Nº 40	0.42	140.8	9.8	75.9	24.1	15	30	D ₆₀ 11.201
Nº 50	0.30							OBSERVACIONES:
Nº 60	0.25							
Nº 80	0.18							
Nº 100	0.15							
Nº 140	0.11							
Nº 200	0.074	201.2	14.0	89.9	10.1	5	15	
BANDEJA		145.6	10.1	100.0				

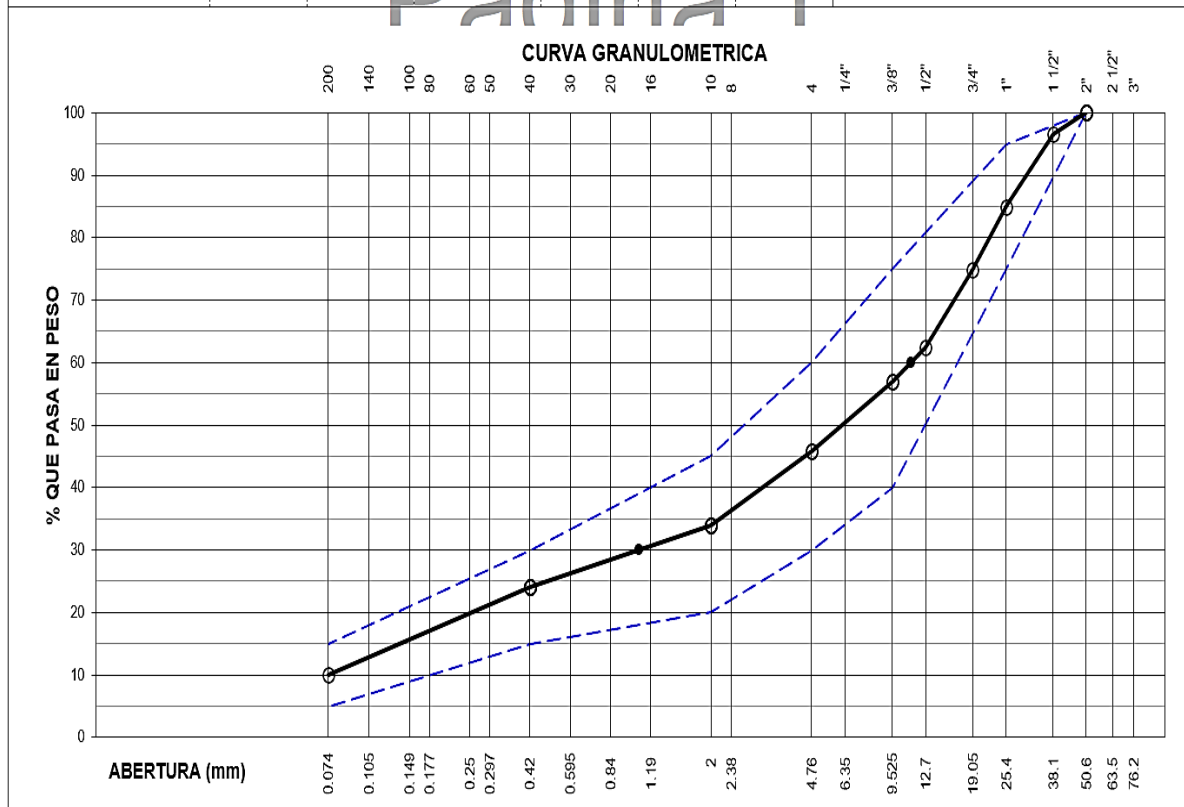
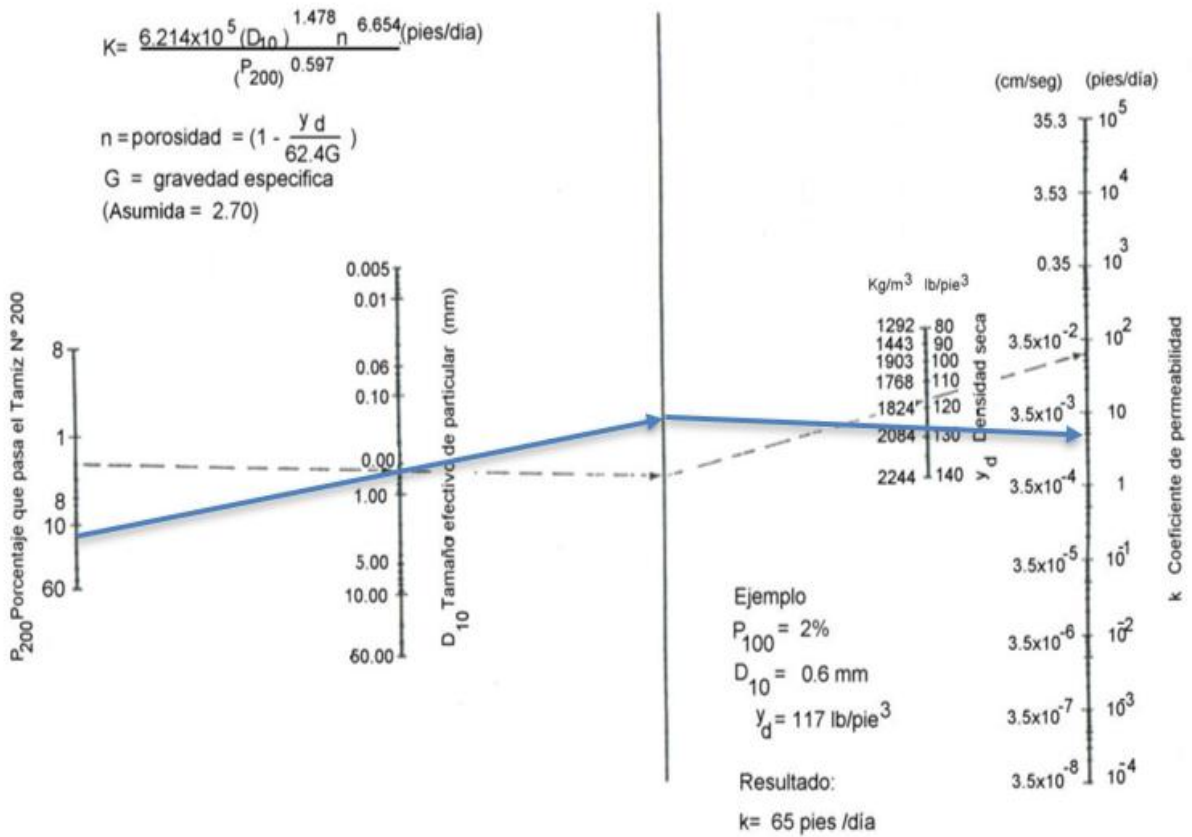


Figura 30

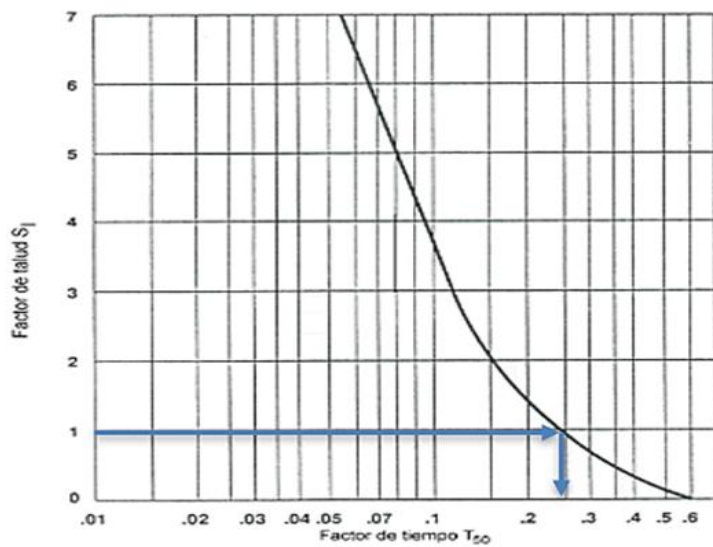
Determinación de permeabilidad de suelos



Nota. AASHTO (1993)

Figura 31

Cálculo del factor tiempo



Nota. AASHTO (1993)

Estimado el valor T50, calculamos el tiempo de drenaje el cual nos da un total aproximado de 19.81 horas lo que es menos de un día y para este tiempo clasificamos de acuerdo con la Tabla 31.

Tabla 31

Calidad del material para drenaje en la estructura del pavimento

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO DE REMOCION DEL AGUA
EXCELENTE	2 HORAS
BUENO	1 DÍA
REGULAR	1 SEMANA
POBRE	1 MES
MUY POBRE	NO DRENA

Previo a la selección del coeficiente de drenaje para el diseño, se calculó el porcentaje de tiempo en el cual el pavimento permanece expuesto a la saturación ya que con este parámetro podremos hacer uso de la Tabla 32.

Tabla 32

Coficiente de drenaje de las capas granulares Cd

CALIDAD DE DRENAJE	% DEL TIEMPO EN EL QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACION			
	< 1%	1 A 5%	5 A 25%	> 25%
EXCELENTE	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
BUENO	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
REGULAR	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
POBRE	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.90
MUY POBRE	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Nota. Tomado de MTC (2013a)

Considerando las condiciones climáticas específicas de Piura, donde no se presentan períodos de congelamiento y deshielo y las épocas de lluvia normalmente duran alrededor de 2 meses, se toma en cuenta el impacto potencial del cambio climático. En este sentido, se estipula que estos períodos de lluvia podrían extenderse de 3 a 4 meses debido a la variabilidad climática asociada al cambio en el clima. Es importante destacar que la región también está sujeta a inundaciones, lo que agrega un componente significativo a la planificación de pavimentos.

Para propósitos de diseño y evaluación de pavimentos, se establece un período conservador de 90 días para la consideración de la estacionalidad de lluvias. Este enfoque se basa en la premisa de que, aunque las precipitaciones no son continuas durante todo el período,

es necesario abordar la posibilidad de lluvias intermitentes y eventos pluviales intensos que podrían afectar la estabilidad y durabilidad de la infraestructura vial.

$$\text{Porcentaje de tiempo} = (0+90) * 100/365 = 24.66\%$$

A partir de la información de la Tabla 32, el suelo presenta un drenaje bueno y con un porcentaje de saturación menor a 25% pero mayor a 5% por lo que interpolando el parámetro $C_d = 1$.

3.1.1.8 Coeficiente de transferencia de carga. Para niveles de tráfico inferiores a 4,000,000EE, no resulta necesario emplear dispositivos de anclaje adicionales.

De acuerdo con la conclusión anterior, para el diseño el valor $J = 3.8$.

3.1.1.9 Módulo de reacción de las capas de apoyo. De acuerdo con la caracterización de la subrasante se obtuvo un CBR de 15.6%, para la subbase tenemos un valor CBR igual a 40% con estos valores calculamos el módulo de reacción con la correlación que encontramos en la Figura 6 y la fórmula descrita en la guía del MTC.

Se obtuvieron los valores de 6.8 kg/cm³ y 12 kg/cm³ respectivamente. Efectuando el cálculo para el módulo de reacción combinado:

$$K_c = 7.54 \text{ kg/cm}^3 = 73.91 \text{ Mpa/m}$$

3.1.2 Determinación de espesor

La implementación de la plantilla de cálculo facilitó la estructuración y organización de los datos, lo que permitió un análisis eficaz de la información recopilada. Este enfoque metodológico respaldó la toma de decisiones informadas en el diseño de pavimentos, garantizando la conformidad con los estándares establecidos por AASHTO 93 y el MTC para la zona en consideración. La Figura 32 proporcionó una representación visual de este proceso, ofreciendo una visión clara y precisa de la metodología empleada.

El espesor resultante fue de 168 mm, No obstante, para fines prácticos y constructivos, se optará por un espesor ligeramente mayor de 170 mm.

Figura 32
Cálculo del espesor del pavimento

UNIVERSIDAD DE PIURA		PROYECTO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO - METODOLOGIA AASHTO 93"
DATOS DEL PROYECTO		
UBICACIÓN: C.P VIDUQUE - ENTRADA AL REST. EL RANCHO HECHO POR: C.S.S FECHA: 10/02/2025		
ECUACION FUNDAMENTAL DE LA METODOLOGIA DE DISEÑO		
$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 \cdot 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \cdot 10^{0.07 \Delta PSI}}{(D + 25.4)^{1.6}}} + (4.22 - 0.32 P_i) + \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.5 L_c \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$		
VARIABLES DE DISEÑO		
Tráfico de diseño	EE	579532
Módulo de reacción combinado	Kc (Mpa/m)	73.91
Módulo de elasticidad del concreto	Ec (Mpa)	24771.95
Módulo de rotura del concreto	Mr (Mpa)	3.92
Serviciabilidad inicial	Pi	4.10
Serviciabilidad final	Pt	2.00
Variación de serviciabilidad	Δ PSI	2.10
Desviación estándar	So	0.35
Confiabledad	R	0.80
Desviación estándar normal	ZR	-0.84
Coefficiente de drenaje	Cd	1.00
Coefficiente de transmisión de carga j		3.80
RESULTADOS DEL DISEÑO		
Espesor de subbase	150 mm	
N18 Nominal	5.763	CONCRETO HIDRAULICO
N18 Cálculo	5.765	SUB BASE
Espesor de losa	168 mm	SUB RASANTE
		16.8 cm
		15.0 cm

Se verificó estos resultados del diseño con en el programa PAS5, que igualmente hace uso de la metodología AASHTO 93.

Se procedió a realizar el cálculo obteniendo un espesor de 6.49 pulgadas, lo que equivale a aproximadamente 165 mm. (Ver Figura 33).

Figura 33
Diseño mediante PAS5

Rigid Pavement Analysis	
Pavement Thickness	6.49
Design E 18's	579,532
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.35
Modulus of Rupture	570
Modulus of Elasticity	3,601,503
Load Transfer, J	3.80
Mod. Subgrade Reaction, k	273
Drainage Coefficient	1.00
Initial Serviceability	4.10
Terminal Serviceability	2.00
Solve For	
Pavement Thickness	6.49

UNITS
Inches

Verificado el cálculo, el espesor final de la losa de concreto es 17 cm con una subbase de 15 cm.

En el apéndice H se ilustraron las dimensiones y la configuración del paquete estructural, destacando la disposición y el espesor específico de cada capa que lo conforma. Esta representación gráfica permite evaluar con claridad la distribución y función de cada componente dentro del sistema estructural del pavimento.

3.1.3 Dimensionamiento y sellado de juntas

La losa de concreto tendrá un Largo = 3.5 m misma medida que tiene el ancho del carril esto a partir de la guía del MTC el cual sugiere mantener una relación menor a 1.25 entre el largo y ancho del carril. Si bien la Tabla 33 nos brinda dimensiones sugeridas, se tuvo en cuenta que una losa de dimensiones iguales, la distribución de esfuerzos será uniforme lo que mejora el desempeño estructural:

Tabla 33

Dimensionamiento de losas de concreto

ANCHO DE CARRIL (M) = ANCHO DE LOSA (M)	LONGITUD DE LOSA (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Nota. Tomado de MTC (2013a)

Las juntas transversales tanto de contracción como de construcción coincidirán @ 3.50 m, mientras que la junta longitudinal se ubica en medio de los carriles a 3.50 m a partir de cada uno de los extremos de la calzada el espesor de cada junta será de 3 mm (ancho de disco de corte) y una altura de un tercio del espesor (17 cm) que será de 6 cm.

Las barras de amarre según la Tabla 34, las dimensiones son las siguientes:

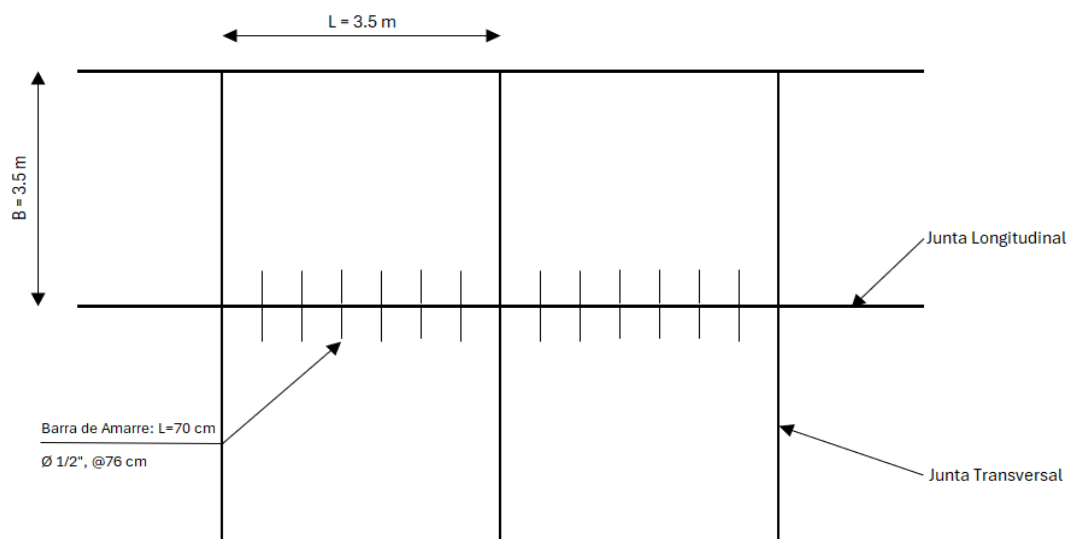
- Diámetro = 1.27 cm o ½ pulg
- Largo = 70 cm
- Cada 76 cm

Tabla 34*Dimensiones para barras de amarre*

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

Nota. Tomado de MTC (2013a)

El detalle visto en planta Figura 34 es el siguiente:

Figura 34*Detalle en planta del dimensionamiento en juntas*

El sellado está sujeto a las dimensiones del carril previamente dimensionadas como al tipo de zona en el cual se ubica el pavimento por lo cual el material seleccionado es un sellador líquido. Las dimensiones de la caja del sello o reservorio esta continuación:

$$\Delta L = L(\alpha\Delta T + \varepsilon) \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

- ΔL = movimiento de losa
- L = Longitud de losa
- α = Coeficiente de expansión termica del concreto
- ΔT = Gradiente térmico
- ε = Coeficiente de contracción del concreto

Entonces:

$$\Delta L = 3.5(3.3 * 10^{-6} * (25.2) + 0.0006) \quad (\text{Ec. 12})$$

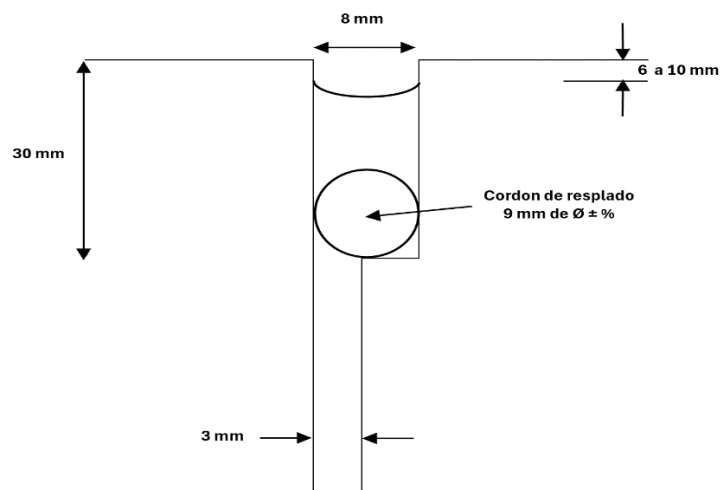
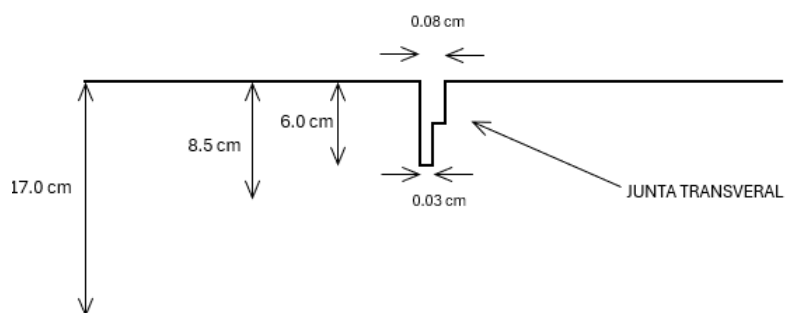
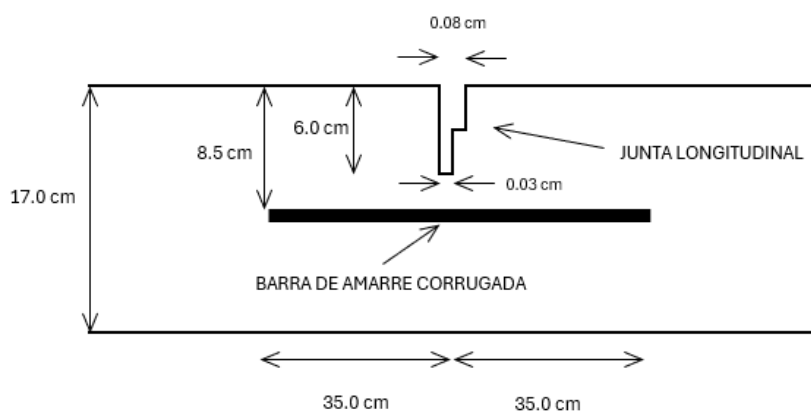
- $\Delta L = 2.40 \text{ mm}$

El gradiente térmico del vaciado para las losas de concreto será entre una temperatura máxima de 39° (máxima registrada) y una temperatura baja de 13.8° (temperatura más baja registrada) las cuales puede variar según la época del vaciado, especificaciones y año que se registren en el proyecto; el movimiento de losa es de 2.40 mm para este caso. En la Tabla 35 se muestran las dimensiones para la caja de sellado con valores recomendados por la guía MTC además de tomar los materiales que se utilizaran en la conformación del sellado.

Tabla 35
Dimensiones para caja de sellado

Parámetro	Valor recomendado
Ancho de la junta (W)	8 mm
Profundidad total	30 mm
Profundidad del sellador	10 mm
Espesor del material de respaldo (backer rod)	10 mm

De acuerdo con la Tabla 35 se realizó el detalle típico que se representa en la Figura 35, Figura 36 y Figura 37.

Figura 35*Detalle típico para caja de sellado***Figura 36***Detalle construcción de junta transversal***Figura 37***Detalle construcción de junta longitudinal*

Conclusiones

La evaluación del tráfico de diseño se calculó en base al IMD por tipo de Vehículo y tasa de crecimiento. Los resultados indican que, aunque el volumen vehicular es relativamente bajo, la presencia de vehículos pesados contribuye significativamente al valor total de EE, lo que resalta la necesidad de una infraestructura vial adecuada.

El estudio de mecánica de suelos permitió identificar un suelo predominante en los estratos registrados según SUCS arenas limosas con baja plasticidad y limo inorgánico con un valor soporte regularmente bueno, al contacto moderado de agua es propenso a inestabilidad, lo que puede comprometer su comportamiento a lo largo del tiempo.

La selección de una subbase granular de 15 cm (espesor mínimo para pavimentos rígidos), la cual cumple con los lineamientos del MTC, brindará una adecuada capacidad estructural y durabilidad al pavimento, ya que esta responde a las condiciones del suelo de fundación y a los parámetros obtenidos en los ensayos de CBR.

El espesor de concreto hidráulico contempla un espesor de 17 cm sin dowels o estructura armada debido al bajo volumen de tráfico pesado por lo cual la transferencia de cargas entre losas se dará por trabazón de agregados en el concreto.

Se ha verificado el diseño con metodología AASHTO 93 y con guía del Ministerio de Transporte y Comunicaciones mediante el programa PAS5 que concluye con el espesor dicho en el párrafo anterior mediante una hoja de cálculo (Excel).

La elección del pavimento rígido se justifica principalmente por su capacidad para soportar condiciones climáticas adversas, como inundaciones y lluvias intensas a diferencia del pavimento flexible, que presenta mayor vulnerabilidad a daños como baches y deformaciones al contacto frecuente con el agua, el pavimento rígido optimiza la distribución de cargas, brindando una mayor durabilidad estructural y resistencia al deterioro por agua. una mayor capacidad de carga y una mejor vida útil debido a la rigidez inherente de sus componentes, lo que lo convierte en una opción superior frente a las inclemencias del tiempo y el comportamiento del suelo.

Recomendaciones

Dado el tipo de suelo predominante (areno limoso y limos orgánicos), se sugiere realizar una adecuada preparación de la subrasante, incluyendo la compactación al 100% del Proctor Modificado y, de ser sugerido por el proyectista o consultor se realizaría una estabilización con cal o cemento en zonas más susceptibles para mejorar la capacidad soporte.

La subbase granular debe cumplir con las especificaciones y normas técnicas en cuanto a los ensayos competentes. El control de calidad debe ser continuo para asegurar la correcta colocación y compactación.

Control estricto en la ejecución del bombeo transversal pues es fundamental para garantizar el correcto escurrimiento de las aguas pluviales hacia el canal. Se debe supervisar con nivelación topográfica durante su ejecución, ya que una mala pendiente puede generar estancamiento de aguas.

Durante la construcción de la losa de concreto hidráulico de 17 cm, es importante respetar las juntas de contracción, construcción y dilatación, para evitar agrietamientos prematuros. Se sugiere el uso de curado eficiente mediante mantas húmedas o productos químicos para garantizar una hidratación uniforme

Para el sellado de juntas se debe asegurar que no solo sean de la mejor calidad y que cumplan con las especificaciones además se debe realizar una correcta aplicación e instalación y para finalizar un correcto curado para asegurar que un excelente comportamiento mecánico.

Se sugiere desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que incluya inspecciones regulares y medidas correctivas según sea necesario, especialmente después de eventos climáticos extremos. Esta planificación proactiva contribuirá a mantener la integridad y durabilidad del pavimento rígido en condiciones cambiantes.

Para futuros proyectos viales, se complementará con estudios de suelos adicionales en las distintas zonas donde se proyecte la construcción de pavimentos, esta medida permitirá unificar criterios de diseño. Evaluando la factibilidad de replicar el diseño actual a otros tramos o, en su defecto, establecer un diseño óptimo y homogéneo que responda adecuadamente a las condiciones geotécnicas locales, maximizando la eficiencia técnica y económica del proyecto a futuro.

Referencias

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide For Design of Pavement Structures*. Washington, D.C.
- Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres A.C. (2016). *Diseño de Pavimentos Rígidos*. Curso Regional de Geotecnia y Pavimentos, Querétaro.
- Becerra, M. (2013). *Comparación técnica-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión*. Lima.
- Ccasani, M., & Ferro, Y. (2017). *Evaluación y análisis de pavimentos en la ciudad de Abancay, para proponer una mejor alternativa estructural en el diseño de pavimentos*. Abancay.
- Consortio Protección MARINAPECU. (2020). *Creación del servicio de protección ante inundaciones de la ribera de la margen izquierda del río Piura en el tramo Mariátegui-Jr. Zepita. Tramo Rinconada, tramo Narihuala, tramo Pedregal Chico, tram. Piura*. Elaboración de expediente técnico y ejecución de obra, Consorcio Protección Marinapecu, Piura.
- Cordo, O. (2006). *Manual de diseño de pavimentos en base al metodo ASSHTO 93*. La Paz.
- Coronado, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento*. Guatemala: Secretaria de Integración Económica Centroamericana.
- COVISOL S.A. (2018). *Estudio definitivo de ingeniería de rehabilitación para la reconstrucción en los sectores afectados por el fenomeno "El Niño" en el tramo: Trujillo-Sullana de la autopista del Sol*.
- DG-2018, Manual de Carreteras. (2018). *Manual de Carreteras: DG-2018*. Lima.
- Diaz, E., & Espinoza, G. (2020). *Propuesta de diseño de pavimentos rígidos para subrasantes arenas limosas susceptibles a erosión en el proyecto vía de Evitamiento del Bajo Piura*. Lima.
- Hargreaves, G. (1988). Extreme Rainfall for Africa and Other Developing Areas,. *ASCE Library. Journal of irrigation an drainage engineering*, 114(2). [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1988\)114:2\(324\)](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1988)114:2(324))
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2018). *Norma Tecnica E.050 Suelos y Cimentaciones 2018*.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013b). *Unidad Gerencial de Operaciones y Pesajes - Pesos y Medidas Máximas Permitidas*.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2017). *Factores de correcciones para vehículos ligeros y pesados*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. LIMA.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013a). *Manual de carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", Sección: Suelos y Pavimentos*. Lima.

Ramírez, A. L. (2021). *Análisis de sensibilidad de los parámetros en la metodología de diseño estructural de pavimentos rígidos: método AASHTO 93*. Piura.

SENAMHI. (2023). Ministerio del Ambiente.



Apéndices



Carretera		ACCESO AL RANCHO																			Ubicación		DISTRITO DE CATACAOS					
Tramo																					Sentido		SALIDA (Jr Mariano Diaz a Carretera Piura-Catacaos)					
Cod Estación																					Dia		SABADO		Fecha		10-Set-22	
Estación																												
HORA	MOTO	MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		COMBI RURAL	MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLERS				TOTAL	PORC. %					
					PICK UP	PANEL			2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3							
06-07	1	6	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.18		
07-08	1	8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.18		
08-09	3	15	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	7.32		
09-10	5	13	1	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	8.36		
10-11	7	7	1	3	2	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	8.36		
11-12	4	11	3	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	8.71		
12-13	5	7	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.27		
13-14	4	13	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	9.76		
14-15	5	15	8	5	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	12.89		
15-16	6	12	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	8.36		
16-17	5	15	9	1	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	12.20		
17-18	3	14	6	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	9.41		

Apéndice B. Contenido de humedad



CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.127 / ASTM D 2216

Fecha de Recepción	: 16/08/2022	Orden de Servicio	: 212015
Fecha de Ensayo	: 18/08/2022	N° Informe	: 08112_1
Fecha de Emisión	: 18/07/2022		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE		
OBRA	DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. : VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL.	PROCEDENCIA	: CALICATA 01
UBICACIÓN	: DESVIÓ A EL RANCHO, UBICADO ENTRE LA : CARRETERA PIURA-CATACAOS Y LA CALLE MARIANO DIAZ, CATACAOS.		

RESULTADOS

CALICATA 01	MUESTRA	PESO HÚMEDO	PESO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
E-01	ARENA LIMOSA. MUESTRA COLOR MARRÓN OSCURO EN ESTADO SEMI COMPACTO.	678.0	641.0	5.77

CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.127 / ASTM D 2216

Fecha de Recepción	: 16/08/2022	Orden de Servicio	: 212015
Fecha de Ensayo	: 18/08/2022	N° Informe	: 08112_2
Fecha de Emisión	: 18/07/2022		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE		
OBRA	DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. : VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL.	PROCEDENCIA	: CALICATA 02
UBICACIÓN	: DESVIÓ A EL RANCHO, UBICADO ENTRE LA : CARRETERA PIURA-CATACAOS Y LA CALLE MARIANO DIAZ, CATACAOS.		

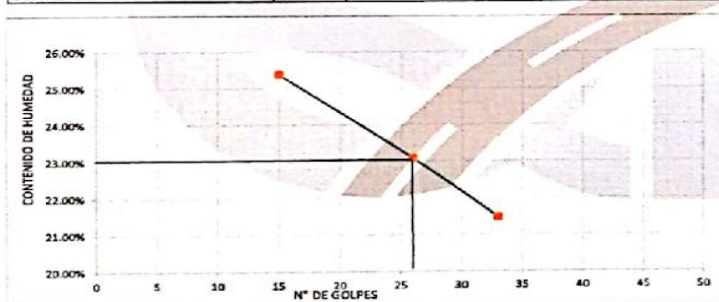
RESULTADOS

CALICATA 02	MUESTRA	PESO HÚMEDO	PESO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
E-01	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD. MUESTRA COLOR MARRÓN OSCURO EN ESTADO SEMI COMPACTO.	661.0	597.0	10.72

Apéndice C. Límites de consistencia

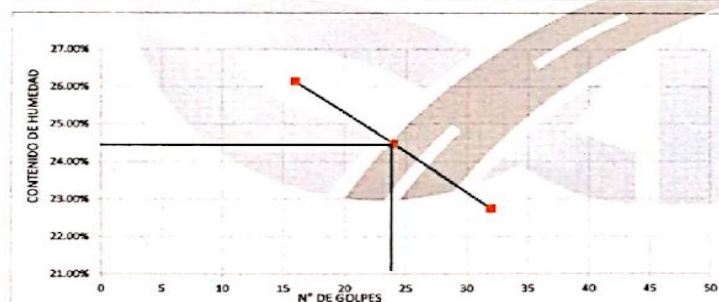


LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129 / ASTM D4318				
Fecha de Recepción	: 8/08/2022	Orden de Servicio	: 212015	
Fecha de Ensayo	: 16/08/2022	N° Informa	: 08116	
Fecha de Emisión	: 18/08/2022			
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE				
SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE			
OBRA	: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL	PROCEDENCIA	: CALICATA-01	
UBICACIÓN	: DESVIÓ A EL RANCHO, UBICADO ENTRE LA CARRETERA PIURA-CATACAOS Y LA CALLE MARIANO DIAZ, CATACAOS.			
INFORMACIÓN GENERAL				
	MUESTRA 1		MUESTRA 2	
N° Recipiente	: 21	N° Recipiente	: 3	
Peso de Recipiente (gr)	: 4.8	Peso de Recipiente (gr)	: 4.23	
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr)	: 10.94	P. recipiente + S. húmedo (gr)	: 10.32	
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr)	: 9.87	P. recipiente + S. Seco (gr)	: 9.25	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 21.10%	C.HUMEDAD (%)	: 21.31%	
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)				
N° Recipiente	-	I	II	III
N° de Golpes	-	30	2	8
Peso de Recipiente	gr	15	26	33
Peso de recipiente + Suelo húmedo	gr	10.1	9.8	11.5
Peso de recipiente + Suelo seco	gr	35.20	31.40	34.70
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	30.12	27.35	30.60
		25.37%	23.08%	21.47%



CONSTANTES DE SUELO	
LÍMITE LÍQUIDO :	23
LÍMITE PLÁSTICO :	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	2

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129 / ASTM D4318				
Fecha de Recepción	: 8/08/2022	Orden de Servicio	: 212015	
Fecha de Ensayo	: 16/08/2022	N° Informa	: 08117	
Fecha de Emisión	: 18/08/2022			
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE				
SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE			
OBRA	: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL	PROCEDENCIA	: CALICATA-02	
UBICACIÓN	: DESVIÓ A EL RANCHO, UBICADO ENTRE LA CARRETERA PIURA-CATACAOS Y LA CALLE MARIANO DIAZ, CATACAOS.			
INFORMACIÓN GENERAL				
	MUESTRA 1		MUESTRA 2	
N° Recipiente	: 4	N° Recipiente	: 7	
Peso de Recipiente (gr)	: 5.96	Peso de Recipiente (gr)	: 6.2	
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr)	: 11.03	P. recipiente + S. húmedo (gr)	: 12.24	
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr)	: 10.14	P. recipiente + S. Seco (gr)	: 11.19	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 21.29%	C.HUMEDAD (%)	: 21.04%	
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)				
N° Recipiente	-	I	II	III
N° de Golpes	-	5	11	15
Peso de Recipiente	gr	16	24	32
Peso de recipiente + Suelo húmedo	gr	9.4	10.3	10.9
Peso de recipiente + Suelo seco	gr	37.83	36.75	36.66
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	31.94	31.55	31.89
		26.13%	24.47%	22.73%



CONSTANTES DE SUELO	
LÍMITE LÍQUIDO :	24
LÍMITE PLÁSTICO :	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	3

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
NTP 339.129 / ASTM D4318

Fecha de Recepción	: 8/08/2022	Orden de Servicio	: 212015
Fecha de Ensayo	: 16/08/2022	N° Informe	: 08118
Fecha de Emisión	: 18/08/2022		

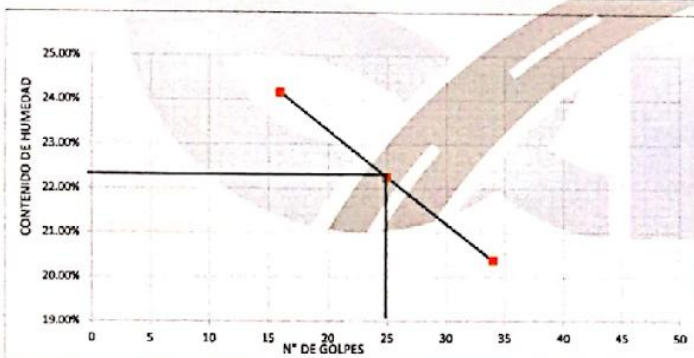
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE		
OBRA	: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL	PROCEDENCIA	: CALICATA-03
UBICACIÓN	: DESVIÓ A EL RANCHO, UBICADO ENTRE LA CARRETERA PIURA-CATACAOS Y LA CALLE MARIANO DIAZ, CATACAOS.		

INFORMACIÓN GENERAL

	MUESTRA 1	MUESTRA 2
N° Recipiente	: 9	N° Recipiente : 12
Peso de Recipiente (gr)	: 4.13	Peso de Recipiente (gr) : 4.52
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr)	: 10.18	P. recipiente + S. húmedo (gr) : 10.59
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr)	: 9.13	P. recipiente + S. Seco (gr) : 9.53
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 21.00%	C.HUMEDAD (%) : 21.16%

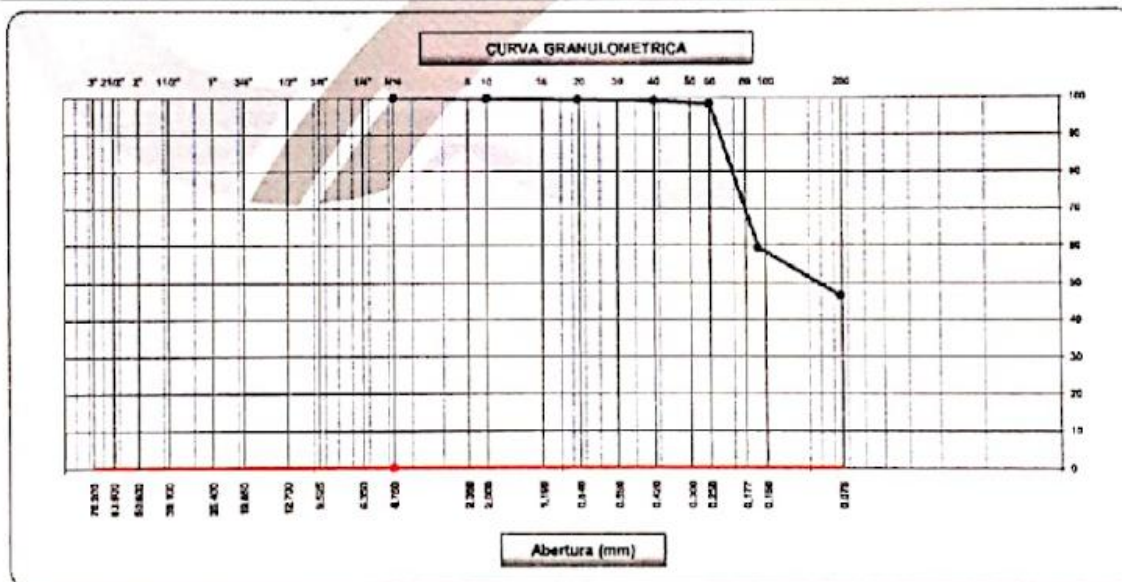
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)		I	II	III
N° Recipiente	-	14	16	17
N° de Galpes	-	16	25	34
Peso de Recipiente	gr	8.75	9.6	10.87
Peso de recipiente + Suelo húmedo	gr	34.39	34.11	33.80
Peso de recipiente + Suelo Seco	gr	29.40	29.65	29.92
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	24.16%	22.24%	20.37%



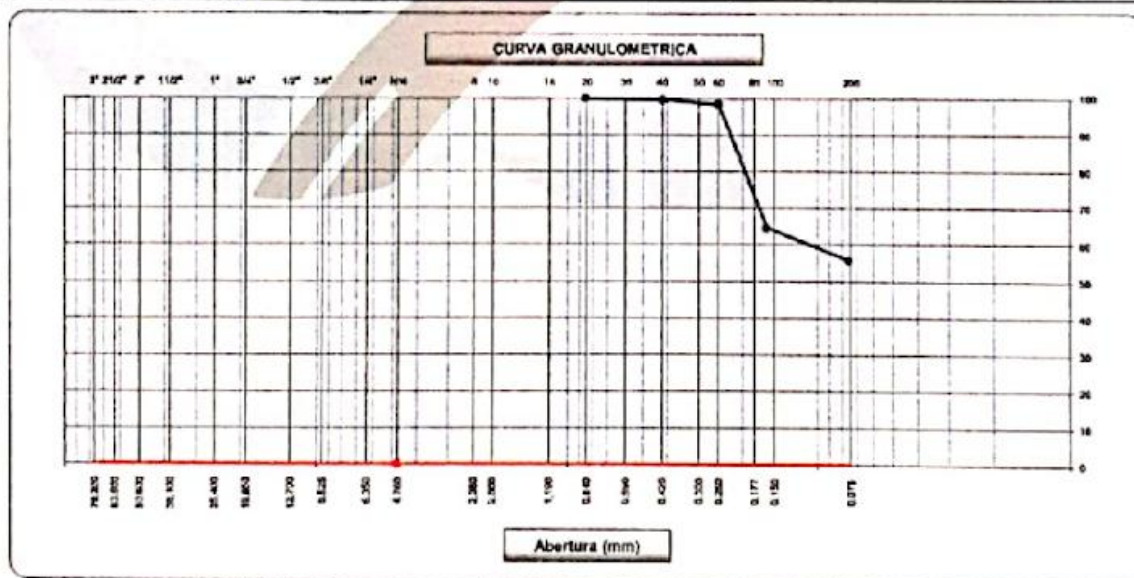
CONSTANTES DE SUELO	
LÍMITE LÍQUIDO :	22
LÍMITE PLÁSTICO :	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	1

Apéndice D. Granulometría

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS NTP 400.012/ASTMD422							
Fecha de Recepción : 8/08/2022				Orden de Servicio : 212015			
Fecha de Ensayo : 15/08/2022				N° Informe : 06113			
Fecha de Emisión : 18/08/2022							
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE							
SOLICITANTE : CARLOS EDUARDO SILVA SUBE							
OBRA : DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA - TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.							
PROCEDENCIA : CALICATA 01							
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>641.0</u>
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lawar (gr) _____
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Máximo <u>N° 4</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <u>N° 10</u>
1"	25.400						Grava (%) <u>0.0</u>
3/4"	19.000						Arena (%) <u>53.51</u>
1/2"	12.700						Fines (%) <u>46.49</u>
3/8"	9.520						Modulo de Finesa (%) _____
1/4"	6.350						3. Clasificación
N° 4	4.750				100.0		Límite Líquido (%) <u>23</u>
N° 8	2.360						Límite Plástico (%) <u>21</u>
N° 10	2.000	1.00	0.2	0.2	99.8		Índice de Plasticidad (%) <u>2</u>
N° 15	1.190						Clasificación SUCS <u>SM</u>
N° 20	0.850	2.09	0.3	0.5	99.5		Clasificación AASHTO <u>A-1(2)</u>
N° 30	0.600						Observaciones:
N° 40	0.420	2.00	0.3	0.6	99.2		ARENA LIMOSA. MUESTRA COLOR MARRÓN OSCURO EN ESTADO SEMI COMPACTO.
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	6.00	0.9	1.7	98.3		
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	250.09	38.0	40.7	59.3		
N° 200	0.075	82.09	12.8	53.5	46.5		
Pasante		298.00	46.5	100.0			



ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS NTP 400.012/ASTM D422							
Fecha de Recepción	: 18/02/2022	Orden de Servicio	: 212015				
Fecha de Ensayo	: 15/02/2022	N° Informe	: 08114				
Fecha de Emisión	: 18/02/2022						
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE							
SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE						
OBRAS	: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS : PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.						
PROCEDENCIA	: CALICATA 02						
Tamices ASTM	Abertura [mm]	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Materiales sin Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>597.0</u>
3"	76.200						Peso Fracción Fina Para Lawer (g) _____
2 1/2"	63.500						2. Características
2"	50.800						Tamaño Máximo <u>N° 20</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <u>N° 40</u>
1"	25.400						Grava (%) <u>0.0</u>
3/4"	19.000						Arena (%) <u>44.05</u>
1/2"	12.700						Finos (%) <u>55.95</u>
3/8"	9.520						Modulo de Finos (%) _____
1/4"	6.350						3. Clasificación
N° 4	4.750						Límite Líquido (%) <u>24</u>
N° 8	2.360						Límite Plástico (%) <u>21</u>
N° 10	2.000						Índice de Plasticidad (%) <u>3</u>
N° 18	1.180						Clasificación SUCS <u>ML</u>
N° 20	0.850				100.0		Clasificación AASHTO <u>A-4 (I)</u>
N° 30	0.600						Observaciones:
N° 40	0.420	3.90	0.5	0.5	99.5		LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD. MUESTRA COLOR MARRÓN OSCURO EN ESTADO SEMI COMPACTO.
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	7.90	1.2	1.7	98.3		
N° 80	0.180						
N° 140	0.100	207.60	33.8	35.6	64.5		
N° 200	0.075	51.80	8.5	44.1	56.0		
Pasante		324.80	56.0	100.0			



ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS
NTP 408.012/ASTM D422

Fecha de Recepción : 06/06/2022	Orden de Servicio : 212015
Fecha de Ensayo : 15/06/2022	N° Informe : 06115
Fecha de Emisión : 15/06/2022	

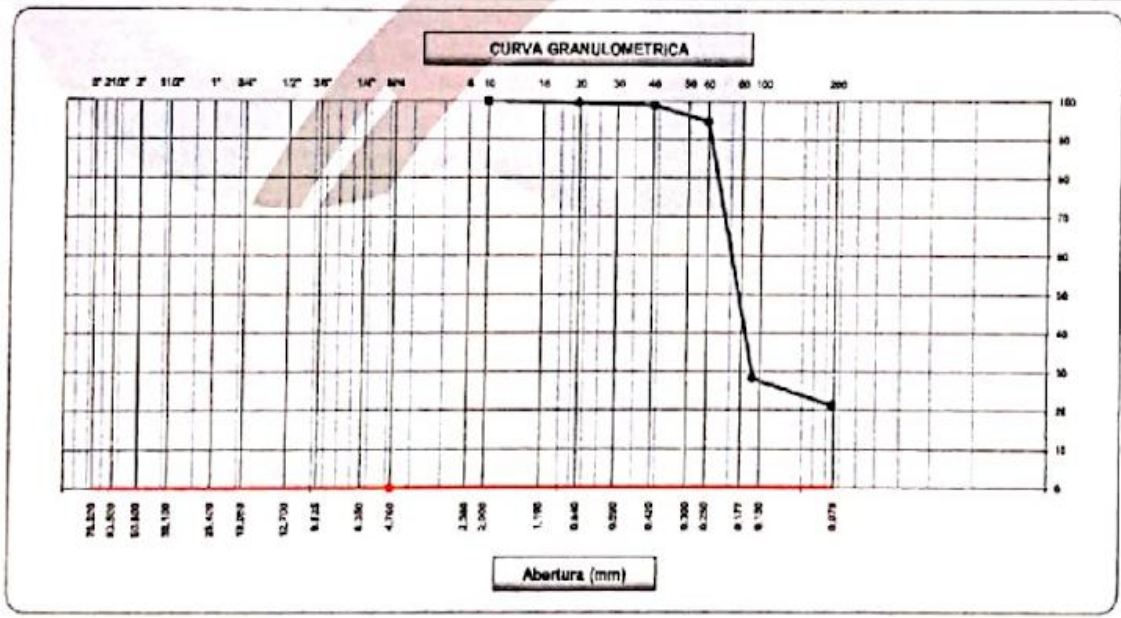
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE : CARLOS EDUARDO SILVA SUBE

OBRA : DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA - TESIS
 PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.

PROCEDENCIA : CALICATA 03

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Natural sin Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Paso de Materia:
4"	101.600						Peso Inicial Total (g) 737.0
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Leve (gr)
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Máximo N° 20
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal N° 40
1"	25.400						Grava (%) 0.0
3/4"	19.000						Arina (%) 78.73
1/2"	12.700						Finos (%) 21.29
3/8"	9.520						Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación
N° 4	4.750						Límite Líquido (%) 32
N° 8	2.360						Límite Plástico (%) 21
N° 10	2.000				100.0		Índice de Plasticidad (%) 1
N° 16	1.190						Clasificación SUCS SM
N° 20	0.850	4.00	0.5	0.5	99.5		Clasificación AASHTO A-2.4 (0)
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	5.00	0.7	1.2	98.8		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250	31.00	4.2	5.4	94.6		
N° 80	0.180						Observaciones:
N° 140	0.100	489.00	66.4	71.8	28.2		ARENA LIMOSA. MUESTRA COLOR GRISACEO EN ESTADO SEMI COMPACTO.
N° 200	0.075	51.00	6.9	78.7	21.3		
Presente		157.00	21.3	100.0			



Apéndice E. Determinación de CBR





**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
NTP 339.145 / ASTM D1883**

Fecha de Recepción	: 8/08/2022	Orden de Servicio:	212015
Fecha de Ensayo	: 26/08/2022	N° Informe	: 08121
Fecha de Emisión	: 27/08/2022		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE
OBRA	: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL.
PROCEDENCIA	: CALICATA 01

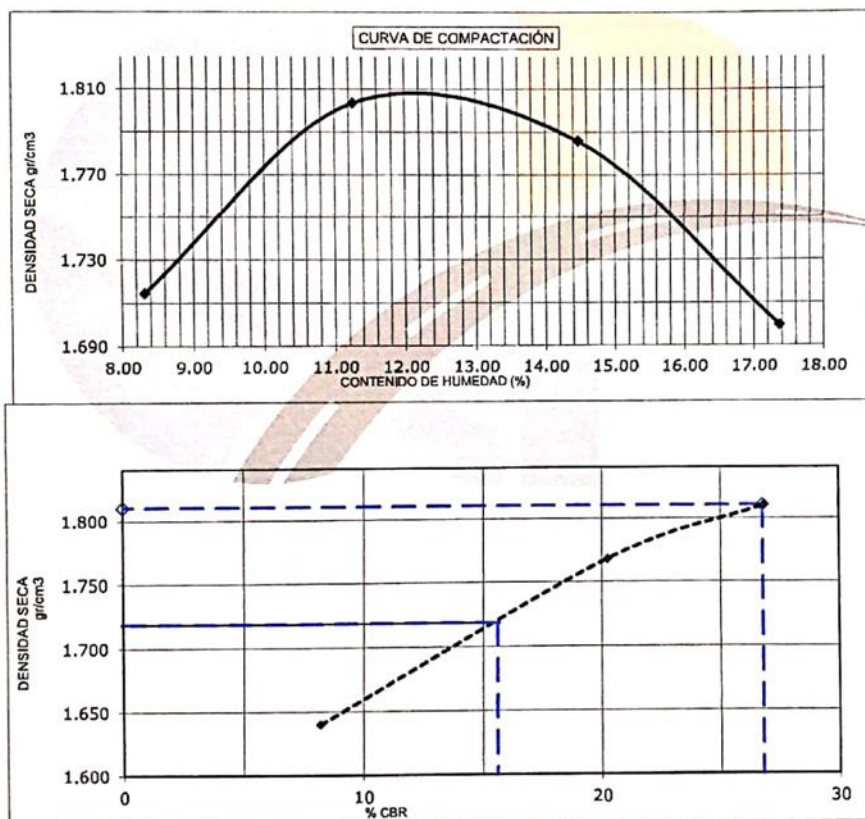
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D698 / NTP 339.141

Maxima Densidad Seca	1.809	g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	12.26	%

ENSAYO CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm3)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S	CBR %
1	10	8.2	1.640		01	100.00	26.80
2	25	20.2	1.768		01	95.00	15.60
3	56	26.8	1.810				



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Fecha de Recepción	: 8/08/2022	Orden de Servicio:	212015
Fecha de Ensayo	: 25/08/2022	N° Informe	: 08120
Fecha de Emisión	: 27/08/2022		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE
OBRA	: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL.
PROCEDENCIA	: CALICATA 02

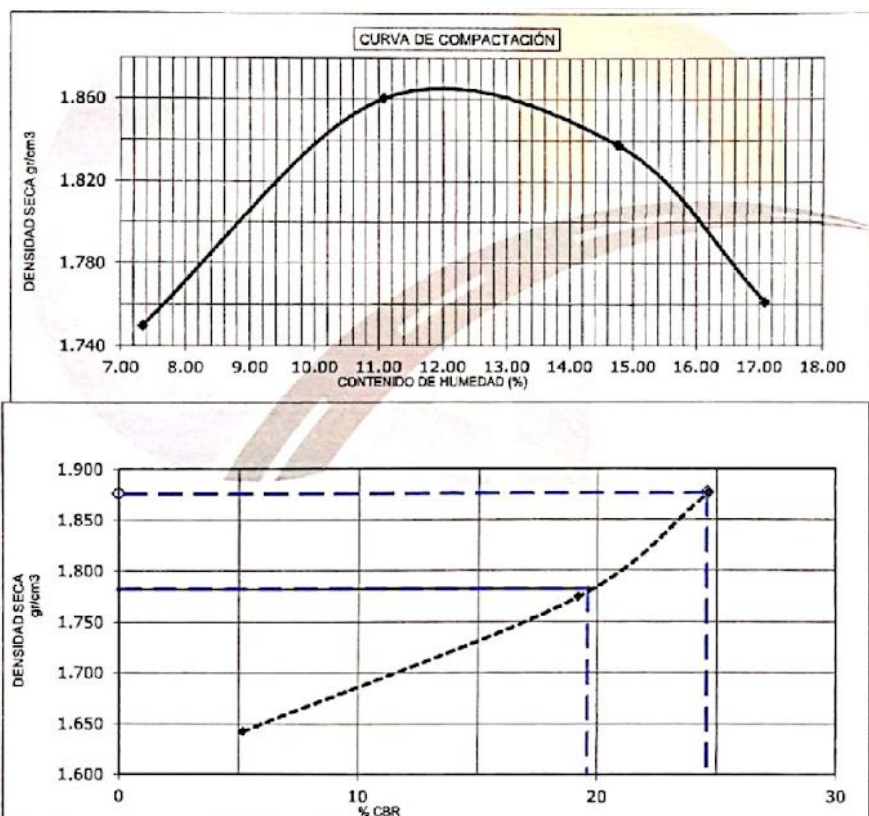
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D698 / NTP 339.141

Maxima Densidad Seca	1.866	g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	12.23	%

ENSAYO CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S	CBR %
1	10	5.2	1.643		01	100.00	24.60
2	25	19.2	1.774		01	95.00	19.60
3	56	24.6	1.876				



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Fecha de Recepción	: 8/08/2022	Orden de Servicio:	212015
Fecha de Ensayo	: 22/08/2022	N° Informe	: 08119
Fecha de Emisión	: 24/08/2022		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CARLOS EDUARDO SILVA SUBE
OBRA	: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL ACCESO AL C.P. VIDUQUE, DISTRITO DE CATACAOS, PIURA – TESIS PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL.
PROCEDENCIA	: CALICATA 03

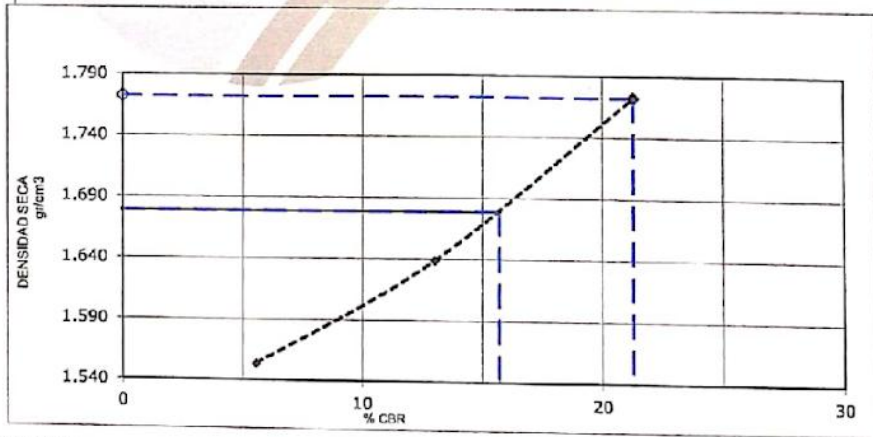
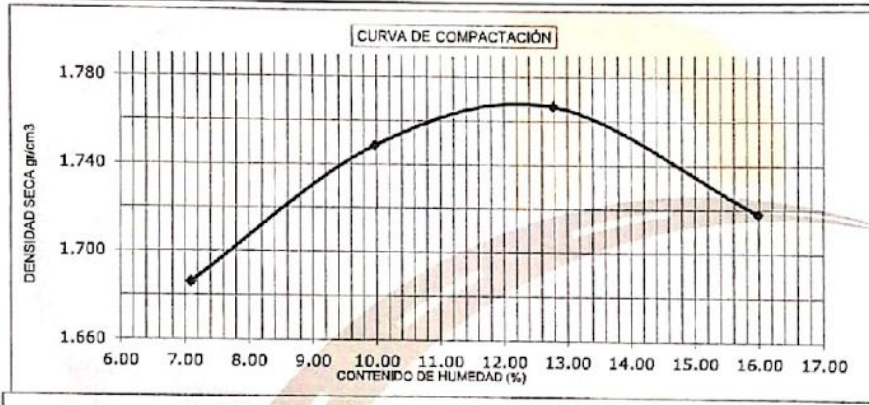
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D698 / NTP 339.141

Maxima Densidad Seca	1.767	g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	12.38	%

ENSAYO CBR

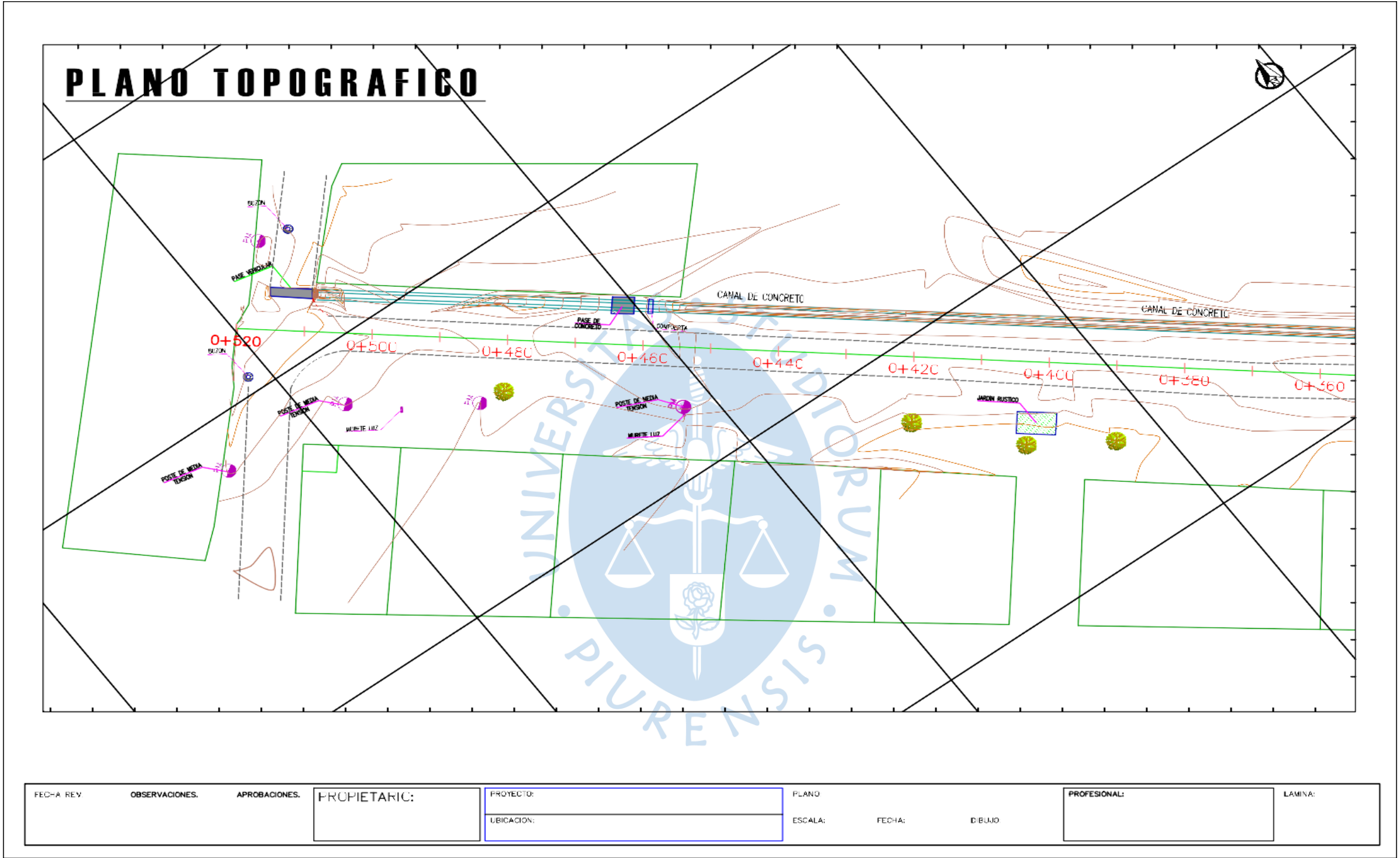
Especlmen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S	CBR %
1	10	5.6	1.553		01	100.00	21.30
2	25	13.0	1.638		01	95.00	15.70
3	56	21.3	1.772				



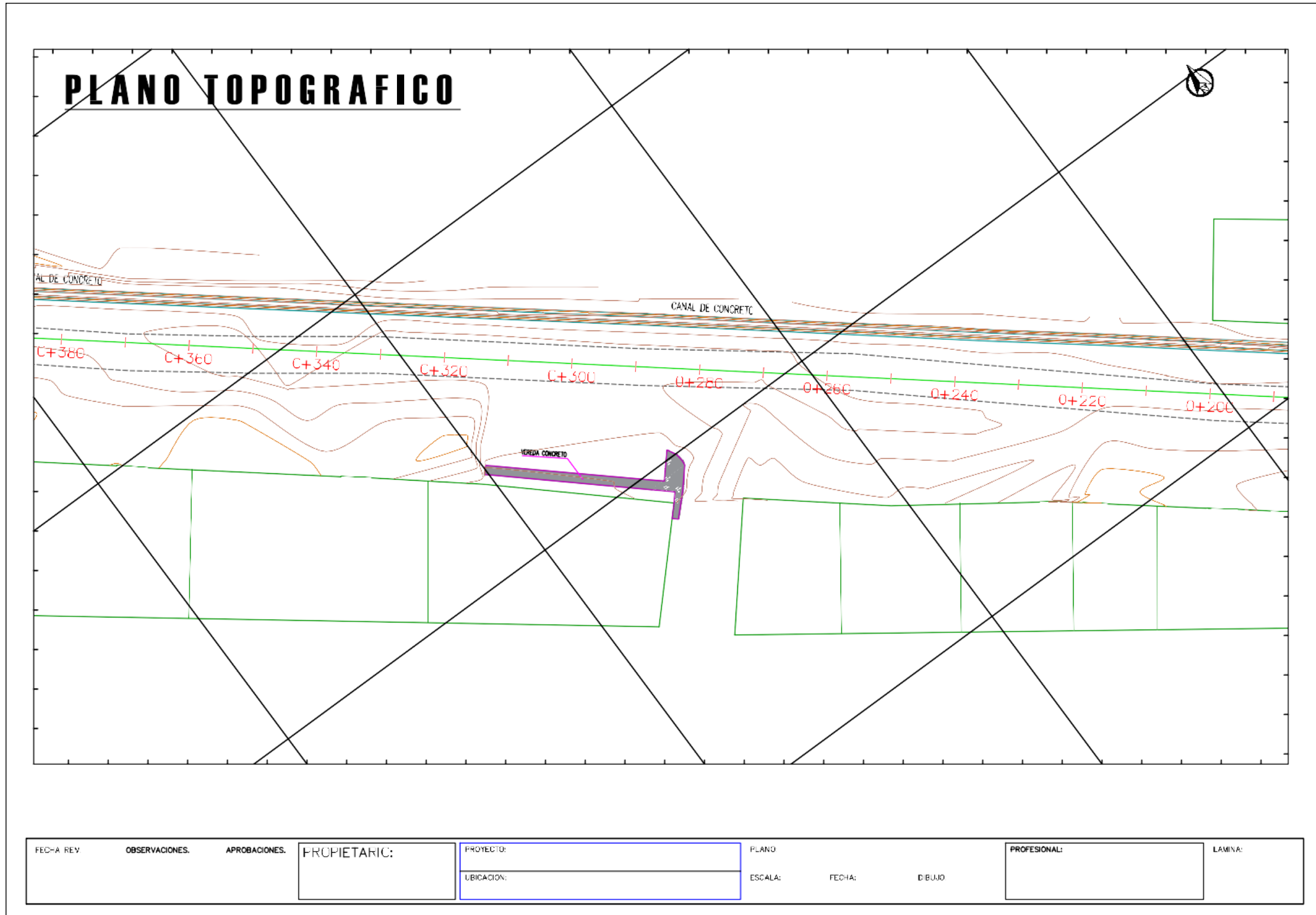
Apéndice F. Ensayos químicos

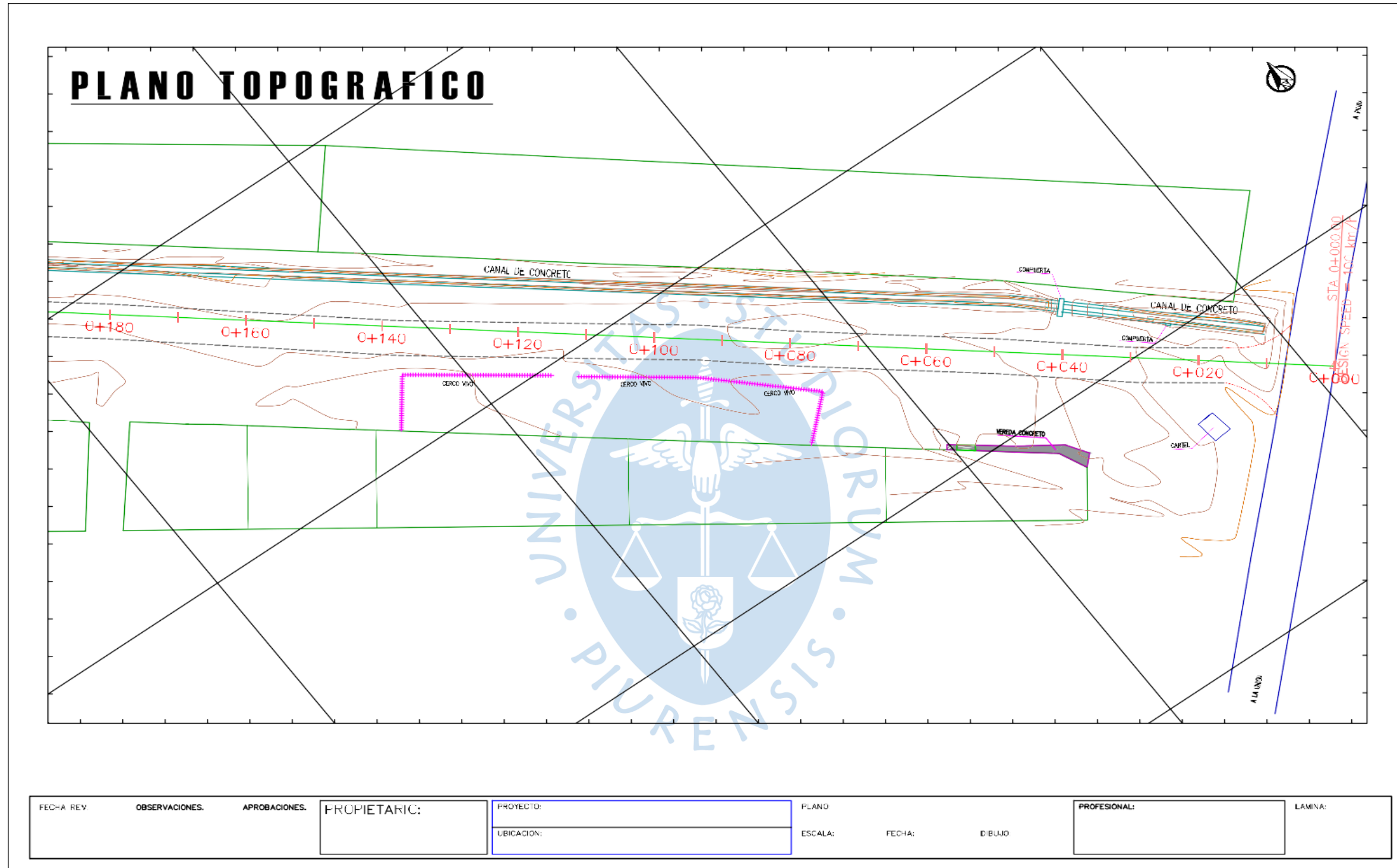


Apéndice G. Plano topográfico

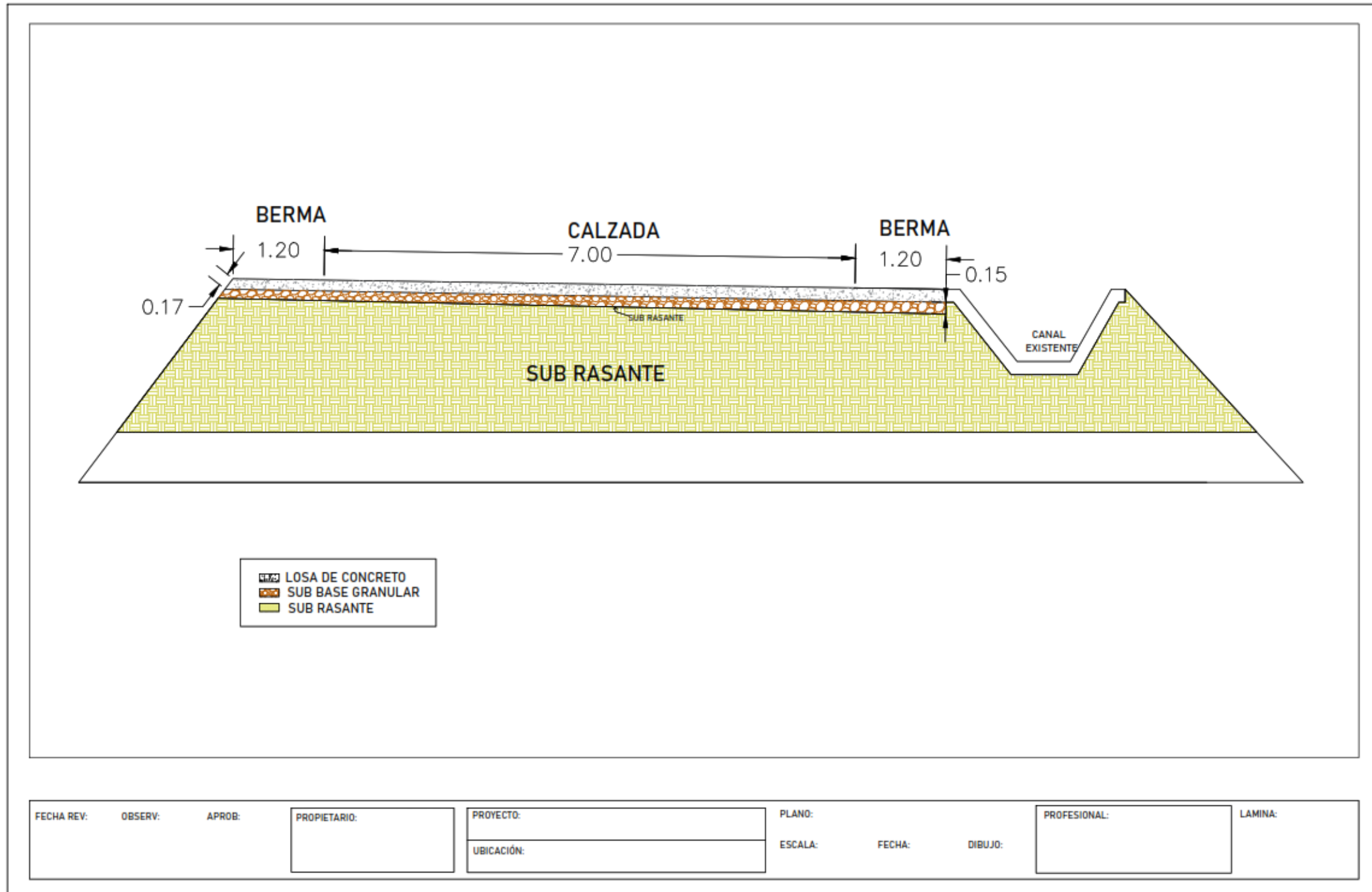


FECHA REV.	OBSERVACIONES.	APROBACIONES.	PROPIETARIO:	PROYECTO:	PLANO:	PROFESIONAL:	LAMINA:
				UBICACION:	ESCALA:	FECHA:	DIBUJO:





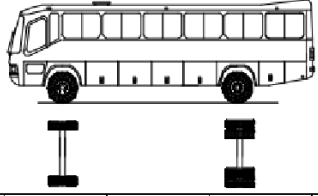
Apéndice H. Corte transversal de la estructura del pavimento rígido



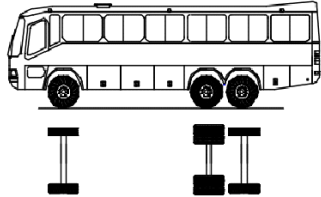
Anexos



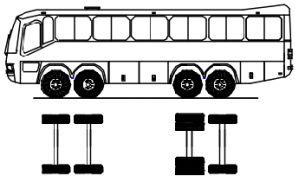
Anexo A. Factor vehículo pesado (Fvp)

Fvp - BUS B2								
Peso bruto del vehículo	18 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
B2								13.20
	EEs1	EEs2						
	[P/6.6]^4.0	[P/8.2]^4.0						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	--	--	--	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	--	--	--	--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Simple	--	--	--	--	--	--
Tipos de rueda	Rueda simple	Rueda doble	--	--	--	--	--	--
Peso	7	11	--	--	--	--	--	--
Factor E.E	1.265	3.238	--	--	--	--	--	--
								Total (Fvp) Vehículo B2
								4.5037

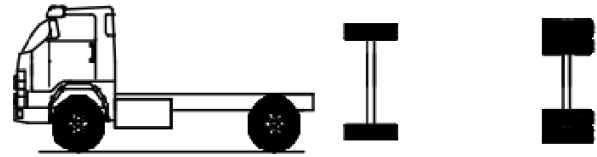
Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - BUS B3-1								
Peso bruto del vehículo	23 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
B3-1								14.00
	EEs1	EEta1						
	[P/6.6]^4.0	[P/14.8]^4.0						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	9	7	--	--	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	16		--	--	--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Tandem		--	--	--	--	--
Tipos de rueda	Rueda simple	1 Eje Rueda Doble + 1 Eje Rueda Simple		--	--	--	--	--
Peso	7	16		--	--	--	--	--
Factor E.E	1.265	1.366		--	--	--	--	--
								Total (Fvp) Vehículo B3 - 1
								2.6313

Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - BUS B4 - 1								
Peso bruto del vehículo	23 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
B4 - 1								14.00
	EEs1	EEta1						
	$[P/6.6]^{4.0}$	$[P/14.8]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	9	7	--	--	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	16		--	--	--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Tandem		--	--	--	--	--
Tipos de rueda	Rueda simple	1 Eje Rueda Doble + 1 Eje Rueda Simple		--	--	--	--	--
Peso	7	16		--	--	--	--	--
Factor E.E	1.265	1.366		--	--	--	--	--
								Total (Fvp) Vehículo B4 - 1
								2.6313

Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - CAMIÓN C2								
Peso bruto del vehículo	18 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
C2								12.30
	EEs1	EEta						
	$[P/6.6]^{4.0}$	$[P/8.2]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	--	--	--	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	--	--	--	--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Simple		--	--	--	--	--
Tipos de rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	--	--	--	--	--	--
Peso	7	11		--	--	--	--	--
Factor E.E	1.265	3.238		--	--	--	--	--
								Total (Fvp) Vehículo C2
								4.5037

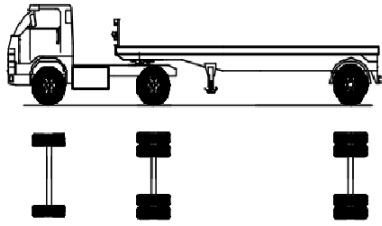
Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - CAMIÓN C3								
Peso bruto del vehículo	25 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
C3								13.20
	EEs1	EEta						
	$[P/6.6]^{4.0}$	$[P/15.1]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	9	9	--	--	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	18		--	--	--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Tandem		--	--	--	--	--
Tipos de rueda	Rueda Simple	2 Ejes de Ruedas Dobles		--	--	--	--	--
Peso	7	18		--	--	--	--	--
Factor E.E	1.265	2.019		--	--	--	--	--
								Total (Fvp) Vehículo C3
								3.2846

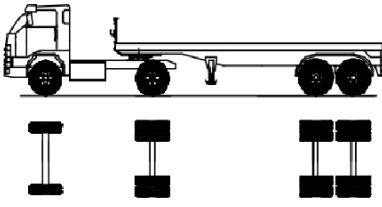
Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - CAMIÓN C4								
Peso bruto del vehículo	30 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
C4								13.20
	EEs1	EEtr1						
	$[P/6.6]^{4.0}$	$[P/20.7]^{3.9}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	7	8	8	--	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	23		--	--	--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Tridem		--	--	--	--	--
Tipos de rueda	Rueda Simple	2 Ejes de Ruedas Dobles + 1 Eje de Ruedas Simple		--	--	--	--	--
Peso	7	23		--	--	--	--	--
Factor E.E	1.265	1.508		--	--	--	--	--
								Total (Fvp) Vehículo C4
								2.7736

Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - SEMI TRAILER T2S1									
Peso bruto del vehículo	30 ton								
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)	
T2S1								20.50	
	EEs1	EEs2	EEs2						
	[P/6.6]^4.0	[P/8.2]^4	[P/8.2]^4						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	11	--	--	--	--	--	
Carga según Censo de cargas (ton)	7			--	--	--	--	--	
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Simple	--	--	--	--	--	
Tipos de rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	Rueda Doble	--	--	--	--	--	
Peso	7	11	11		--	--	--	--	
Factor E.E	1.265	3.238	3.238		--	--	--	--	
								Total {Fvp} Vehículo T2S1	
								7.7419	

Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - SEMI TRAILER T2S2									
Peso bruto del vehículo	36 ton								
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)	
T2S2								20.50	
	EEs1	EEs2	EEta2						
	[P/6.6]^4.0	[P/8.2]^4	[P/15.1]^4						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	9	9	--	--	--	--	
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	18		--	--	--	--	
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Tandem		--	--	--	--	
Tipos de rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	2 Ejes de Rueda Doble		--	--	--	--	
Peso	7	11	18		--	--	--	--	
Factor E.E	1.265	3.238	2.019		--	--	--	--	
								Total {Fvp} Vehículo T2S2	
								6.5229	

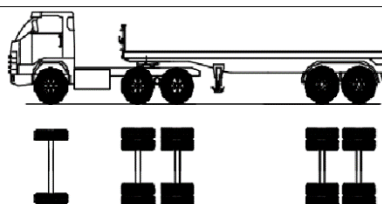
Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - SEMI TRAILER T2S3									
Peso bruto del vehículo	36 ton								
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)	
T2S3								20.50	
	EEs1	EEs2	EEtr2						
	[P/6.6]^4.0	[P/8.2]^4	[P/21.8]^3.9						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	9	8	8	--	--	--	
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	25			--	--	--	
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Tridem			--	--	--	
Tipos de rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	3 Ejes de Rueda Doble			--	--	--	Total (Fvp) Vehículo T2S3
Peso	7	11	25			--	--	--	6.2097
Factor E.E	1.265	3.238	1.706			--	--	--	

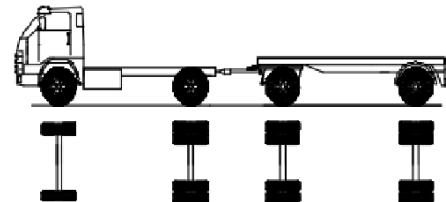
Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - SEMI TRAILER T3S1								
Peso bruto del vehículo	36 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
T3S1								20.50
	EEs1	EEta2		EEs2				
	[P/6.6]^4.0	[P/15.1]^4		[P/8.2]^4				
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	9	9	11	--	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	18		11	--	--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Simple	--	--	--	--
Tipos de rueda	Rueda Simple	2 Ejes de Rueda Doble		Rueda Doble	--	--	--	Total (Fvp) Vehículo T3S1
Peso	7	18		11	--	--	--	6.5229
Factor E.E	1.265	2.019		3.238	--	--	--	

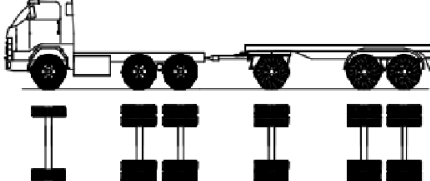
Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - SEMI TRAILER T3S2								
Peso bruto del vehículo	43 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
T3S2								20.50
	EEs1	EEta2		EEta2				
	[P/6.6]^4.0	[P/15.1]^4		[P/15.1]^4				
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	9	9	9	9	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	18		18		--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Tandem		--	--	--
Tipos de rueda	Rueda Simple	2 Ejes de Rueda Doble		2 Ejes de Rueda Doble		--	--	--
Peso	7	18		18		--	--	--
Factor E.E	1.265	2.019		2.019		--	--	--
								Total (Fvp) Vehículo T3S2 5.3038

Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - TRAILER C2R2								
Peso bruto del vehículo	40 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo							Long. Max (m)
C2R2								23.00
	EEs1	EEs2	EEs2	EEs2				
	[P/6.6]^4.0	[P/8.2]^4	[P/8.2]^4	[P/8.2]^4				
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	11	11	--	--	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	11	11	11	--	--	--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Simple	Eje Simple	--	--	--	--
Tipos de rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	Rueda Doble	Rueda Doble	--	--	--	--
Peso	7	11	11	11	--	--	--	--
Factor E.E	1.265	3.238	3.238	3.238	--	--	--	--
								Total (Fvp) Vehículo C2R2 10.9802

Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Fvp - TRAILER C3R3								
Peso bruto del vehículo	48 ton							
Configuración vehicular	Descripción gráfica del vehículo						Long. Max (m)	
C3R3							23.00	
	EEs1	EEta2		EEs2	EEta2			
	$[P/6.6]^4 \cdot 0$	$[P/15.1]^4$		$[P/8.2]^4$	$[P/15.1]^4$			
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga según Censo de cargas (ton)	7	9	9	11	9	9	--	--
Carga según Censo de cargas (ton)	7	18		11	18		--	--
Tipos de eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Simple	Eje Tandem		--	--
Tipos de rueda	Rueda Simple	2 Ejes de Ruedas Dobles		Rueda Doble	2 Ejes de Ruedas Dobles		--	--
Peso	7	18		11	18		--	--
Factor E.E	1.265	2.019		3.238	2.019		--	--
								Total (Fvp) Vehículo C3R3
								8.5421

Nota. MTC, Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (2013a)

Anexo B. Pesos y medidas de vehículos pesados



UNIDAD GERENCIAL DE OPERACIONES PESAJES
ANEXO IV: PESOS Y MEDIDAS
PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS



DECRET O SUPREMO N° 058-2003-MTC y MODIFICATORIAS VIGENTES

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								TABLA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Unitario	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Máx. (t)	Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Unitario	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Máx. (t)
				1ª	2ª	3ª	4ª						1ª	2ª	3ª	4ª	
C2		12.20	3	11	—	—	—	18	S14		12.20	3	18	—	—	—	32
C2RB1		20.50	3	11	11	—	—	28	S14 RB1		20.50	3	18	11	—	—	43
C2RE2		20.50	3	11	18	—	—	36	S14 RE2		20.50	3	18	18	—	—	42 ¹⁵
C2R2		23.00	3	11	11	11	—	40	S14 R2		23.00	3	18	11	11	—	42 ¹⁵
C2R3		23.00	3	11	11	18	—	42	S14 R3		23.00	3	18	11	18	—	42 ¹⁵
C3		12.20	3	18	—	—	—	25	S14 R4		23.00	3	18	18	18	—	42 ¹⁵
C3R2		23.00	3	18	11	11	—	42	T2S1		20.50	3	11	11	—	—	28
C3R3		23.00	3	18	11	18	—	42 ¹⁵	T2S2		20.50	3	11	18	—	—	36
C3R4		23.00	3	18	18	18	—	42 ¹⁵	T2 S2 2		20.50	3	11	11	11	—	40
C3RB1		20.50	3	18	11	—	—	36	T2S3		20.50	3	11	25	—	—	43
C3RE2		20.50	3	18	18	—	—	43	T2 S2 3		20.50	3	11	11 ¹⁴	18	—	42
C4		12.20	3	23 ¹¹	—	—	—	30	T3 S1		20.50	3	18	11	—	—	36
C4RB1		20.50	3	23 ¹¹	11	—	—	41	T3S2		20.50	3	18	18	—	—	43
C4RE2		20.50	3	23 ¹¹	18	—	—	48	T3 S2 2		20.50	3	18	11	11	—	42
C4R2		23.00	3	23 ¹¹	11	11	—	42 ¹⁵	T3S3		20.50	3	18	25	—	—	42 ¹⁵
C4R3		23.00	3	23 ¹¹	11	18	—	42 ¹⁵	T3 S2 3		20.50	3	18	11 ¹⁴	18	—	42 ¹⁵
E2		12.20	3	11	—	—	—	18	T3S2 S2		23.00	3	18	18	18	—	42 ¹⁵
E2-1		14.00	3	18	—	—	—	25	T3 S2 2 S2 2		23.00	3	18	11+11 ¹⁴	11+11 ¹⁴	—	42 ¹⁵
E4-1		15.00	7+2 ¹⁴	18	—	—	—	30	T3 S2 S1 S2		23.00	3	18	18	11	18	42 ¹⁵
E4-1		18.30	3	11	7	—	—	25	T3 S2 S1 S2 2		23.00	3	18	11+11 ¹⁴	11	11+11 ¹⁴	42 ¹⁵

11: Conjunto de ejes con un eje direccional
 12: Vehículos con modalidad de distribución de peso por ejes
 13: Conjunto de ejes separados compuesto por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas no supera a 2.80 m

14: Eje direccional
 15: Carga máxima para conjunto de ejes direccional compuesto por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas no supera a 1.75 m

Nota. MTC, Unidad Gerencial de Operaciones y Pesajes, (2013b)

Anexo C. Factores de corrección

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)													FORMATO N° 1.1 A	
N°	Peaje	Enem	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc	Licenc
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.9863	1.1161	1.0973	1.1694	1.1945	0.9490	0.8773	0.9306	1.0294	1.0292	0.9845	1.0000
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0663	1.1913	1.0449	0.9979	0.9363	0.9917	0.9468	1.0069	1.0155	1.0712	0.9127	1.0000
3	AMBO	0.7922	0.8411	0.9697	0.7549	0.7355	0.7323	0.7479	0.9820	1.0329	0.9842	0.9966	0.9935	1.0000
4	ATICO	0.9946	0.7376	0.8776	1.0169	1.1538	1.1764	0.9711	0.9983	1.0821	1.0845	1.1558	0.9021	1.0000
5	AYAVIRI	0.9919	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9446	0.9109	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000
6	CANAYA	0.9335	0.4934	1.0509	1.2963	1.3886	1.3961	1.2546	1.2279	1.3076	1.2658	1.2303	0.9494	1.0000
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0258	0.9914	1.0000
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.9877	0.9853	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000
9	CASARACHA	1.1441	1.1824	1.2629	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8811	1.0508	0.9739	1.1465	0.9656	1.0000
10	CATAC	1.0992	1.0939	1.2634	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1469	0.9747	1.0000
11	CCASACACHA	1.0321	1.0892	1.1950	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9193	0.9830	0.9959	0.9734	0.9738	1.0000
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9886	1.0633	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	1.0000
13	CHALHUAPUQUO	1.1904	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7987	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000
14	CHICANA	0.9991	0.9396	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9388	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	1.0000
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	1.0000
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0909	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9815	0.9207	1.2832	0.9829	1.0000
17	CHULLUCANAS	1.0210	1.0829	1.1563	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150	0.9843	0.9479	0.9145	0.7902	1.0000
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9166	1.1930	1.0736	1.0224	1.0271	0.9071	0.9195	1.0802	0.8860	1.0664	0.6548	1.0000
19	CORCONA	1.1146	1.1981	1.2623	1.0206	0.9749	1.0336	0.7796	0.8795	1.0065	0.9892	1.1933	0.9889	1.0000
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8946	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9844	1.1644	0.9986	1.0861	0.6673	1.0000
21	CUCULI	0.9988	1.0300	1.1242	1.1174	1.1070	1.0545	0.9574	0.9196	0.9449	0.9671	0.9672	1.0219	1.0000
22	DESIVO OLIVOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1000	1.1451	1.0896	0.9427	0.8716	0.9819	0.9582	1.0093	0.7176	1.0000
23	DESIVO TALARIA	0.9998	0.9761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9466	0.9925	1.1193	1.0280	1.0962	0.9201	1.0000
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0959	1.0613	1.0717	1.1269	1.1019	0.9998	1.0938	1.0772	1.0791	0.9290	1.0000
25	EL PARMISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012	0.9723	1.1060	1.0310	1.0829	0.7531	1.0000
26	FORTALEZA	0.9191	0.8273	1.0190	1.0163	1.1492	1.1935	0.8765	1.0001	1.1607	1.0754	1.1540	0.6529	1.0000
27	HUACRAPUQUO	0.9894	0.9256	0.9519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8789	0.9407	0.9845	0.9710	1.1928	0.9270	1.0000
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1980	0.9634	0.9689	1.1330	1.0542	1.1498	0.6719	1.0000
29	ICA	0.9992	0.9816	1.0711	1.1066	1.1329	0.9323	0.9800	0.9800	1.0931	0.9755	1.1795	0.9886	1.0000
30	ILAVE	1.0094	0.9790	0.9766	1.0121	1.1366	1.1946	0.9693	0.7799	1.0459	1.0629	1.1372	0.9967	1.0000
31	ILO	0.9298	0.9229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0040	0.9904	1.0440	1.0342	0.9332	1.0000
32	JHUAY - CHINCHA	0.9933	0.8732	0.9116	0.9075	1.1200	1.1926	0.9289	0.9822	1.1421	1.0239	1.0528	0.4477	1.0000
33	LONALARGA BAJA	1.0542	1.2375	1.3705	1.1376	1.0325	0.8263	0.8919	0.9051	0.8919	0.8919	1.0319	0.7335	1.0000
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.1012	1.1445	0.8265	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000
35	MACUSANI	1.0451	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9492	0.9492	1.0228	0.9617	1.0240	0.7989	1.0000
36	MARCONA	0.9662	0.9961	0.9852	1.0888	1.0993	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7899	1.0000
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.0793	1.1755	1.6687	1.1688	1.4242	1.5839	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5209	1.0000
39	MOCHE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9998	0.9054	1.0213	1.0119	1.0013	0.6805	1.0000
40	MONTALVO	0.9040	0.8791	1.0473	1.0354	1.0354	1.1059	1.0488	1.0071	1.0540	1.0687	1.0353	0.9310	1.0000
41	MORROPPE	0.9319	0.9111	1.1244	1.1424	1.1751	1.1751	0.9926	0.9687	1.0820	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000
42	MUYO ANBA	1.0930	1.0889	0.9813	1.0651	1.0169	0.9738	0.9495	0.9373	0.9761	0.9702	0.9991	0.9039	1.0000
43	NAZCA	0.9961	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1095	1.1596	0.9319	0.9369	1.1954	1.0141	1.0390	0.6963	1.0000
45	PACRA	1.0292	1.0522	0.9639	1.0714	1.0791	0.9941	0.9429	0.9429	1.0190	0.9999	1.0593	0.9694	1.0000
46	PANA	0.8338	0.9899	0.9853	1.0894	1.1366	1.1292	1.0983	1.0805	1.0934	1.0469	1.0315	0.7241	1.0000
47	PAMPACHULLAR	1.0470	0.9406	1.0911	1.0796	1.1541	1.1507	0.9423	0.7993	1.0277	1.0224	0.9477	0.9316	1.0000
48	PAMPACHULLAR	0.9882	1.0290	1.1279	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.9289	1.0000
49	PAMPACHULLAR	0.9676	0.9979	1.0839	1.0299	1.0990	1.0882	0.8872	0.9069	0.9396	0.9119	0.9069	0.9363	1.0000
50	PATAHUASI	1.0937	0.9424	1.1933	1.0874	1.1075	1.1136	0.9016	0.7993	1.0965	0.9749	1.0193	0.9250	1.0000
51	PEDRO RUIZ	0.9740	1.0297	1.1043	1.1140	1.1162	1.0422	0.9404	0.9089	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000
52	PICHIRHUA	1.0438	1.1094	1.1999	1.0572	1.0324	1.0552	0.9096	0.9779	0.9794	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000
53	PURIA SULLANA	1.1032	1.0809	1.1790	1.0877	1.0536	1.0475	0.9696	0.9492	0.9953	0.9479	0.9449	0.7254	1.0000
54	PLANCHON	1.0522	1.0822	1.0719	1.0640	1.0996	1.0147	0.9340	0.9113	0.9516	0.9379	1.0479	0.7584	1.0000
55	POMAHUACA	0.9923	0.9975	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.9282	0.8496	0.9821	0.9880	1.0078	0.7033	1.0000
56	PONGO	1.0394	1.0969	1.0606	1.0898	1.0567	1.0029	0.9926	0.9141	0.9729	0.9669	0.9965	0.9065	1.0000
57	POZO REDONDO	0.9235	0.9302	1.0219	1.0622	1.1022	1.0699	1.0395	1.0493	1.1939	1.0396	1.0552	0.9472	1.0000
58	PUNTA PERDIDA	0.9946	0.9010	1.1249	1.1259	1.1531	1.1051	0.9094	0.9874	1.1654	1.0552	1.2693	1.0739	1.0000
59	QUILLA	1.1371	1.1893	1.2501	1.0385	1.0169	1.0572	0.8120	0.8670	0.9550	0.9894	1.1196	0.9197	1.0000
60	RUNICHACA	1.0728	0.9406	1.0247	0.9578	1.2202	1.1942	0.8757	0.8975	1.0348	1.0713	1.1703	0.9111	1.0000
61	SAN ANTON								1.1261	1.0559	0.9635	1.0337	0.9809	1.0000
62	SAN GABRIEL	1.0500	0.9916	1.0793	1.0904	1.1222	1.0994	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9679	0.9195	1.0000
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0395	1.1195	1.1298	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1541	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7803	1.0670	1.0127	1.0654	0.9429	1.0000
65	SAYLLA	1.0247	0.9869	1.1332	1.0835	1.0834	1.0630	0.9814	0.9125	0.9189	0.9852	0.9878	0.9300	1.0000
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0992	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000
67	SICUYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0853	1.1303	1.1529	0.9101	0.7811	1.0878	1.0595	1.1853	1.0300	1.0000
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9936	1.0904	1.0721	1.0417	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0294	0.9394	1.0000
69	TAMBORANDE	0.9319	0.9295	1.0447	1.1059	1.0969	1.0611	1.0482	1.0482	1.0252	0.9899	0.9612	0.9933	1.0000
70	TOMASIRI	0.9957	0.9170	1.0642	1.0853	1.1029	1.0929	1.0370	0.9804	0.9003	1.0377	1.0434	0.7759	1.0000
71	TUNAN	1.0782	1.0995	1.1034	1.1010	1.0405	1.0399	0.8695	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9909	1.0000
72	TUNAN PROGRESO	1.0447	1.0849	1.0987	1.0254	1.0172	0.9588	0.9387	0.9874	0.9874	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000
73	UTCUBAMBA	1.2619	1.0314	1.0961	1.0957	1.0951	1.0235	0.9403	0.9896	0.9387				

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

FORMATO N° 1.1 B

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9576	0.9655	0.9434	0.9429	0.9922	1.0000
2	AGUAS CLARAS	1.0487	1.0164	0.9941	1.0020	0.9878	0.9922	0.9840	0.9587	0.9619	1.0000	1.0043	0.9920	1.0000
3	ANZO	0.7967	0.7869	0.8185	0.7782	0.7345	0.7905	0.7890	0.8485	1.0000	0.9572	0.9482	0.9447	1.0000
4	ATICO	1.0402	0.996	1.0236	1.0470	1.0392	1.0366	1.0288	0.9982	0.9928	0.9573	0.9315	0.9458	1.0000
5	AYAUPI	1.0371	1.0051	1.0055	1.0531	1.0511	1.0318	0.9884	0.9501	0.9355	0.9466	0.9465	0.9553	1.0000
6	CHAMANA	0.9700	0.9902	1.0410	1.0731	1.0804	1.0953	1.0792	1.0099	1.0099	0.9349	0.9786	0.9323	1.0000
7	CHICAS	1.0400	0.9988	1.0151	1.0432	1.0594	1.0391	1.0044	0.9924	1.0019	0.9571	0.9433	0.9583	1.0000
8	CHIRACOTO	1.0493	1.0165	1.0079	1.0445	1.0743	1.0541	0.9992	0.9044	0.9575	0.9453	0.9765	0.9133	1.0000
9	CASARACHA	1.1123	1.0419	1.1121	0.9789	0.9965	0.9732	0.9872	0.9687	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000
10	CATAC	1.0338	1.0007	1.1906	1.0736	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	1.0000
11	CCASACANCHA	1.0895	1.0920	1.0914	1.0774	1.0216	0.9846	0.9688	0.9586	0.9552	0.9508	0.9188	0.7873	1.0000
12	CHACAPALPA	1.1263	0.9972	0.9986	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9926	0.9340	0.9286	0.9523	1.0257	1.0000
13	CHALHUAPUQUO	1.0741	1.0988	1.0914	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9569	0.9455	0.9488	0.9948	1.0000
14	CHICANA	0.9742	0.9585	1.0271	1.0739	1.0586	1.0428	1.0427	0.9888	0.9995	0.9814	0.9459	0.7564	1.0000
15	CHILCA	0.9401	0.9731	1.1202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9979	0.9991	0.9830	0.9674	0.9073	1.0000
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0334	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9885	0.9731	0.9188	1.2400	0.9237	1.0000
17	CHULUCANAS	1.0042	0.9705	1.1344	1.1530	1.0939	1.0464	1.0225	0.9536	0.9603	0.9185	0.8930	0.7996	1.0000
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9368	1.1245	1.1008	0.9763	1.0322	1.0508	0.9837	0.9375	0.9181	0.9037	0.9150	1.0000
19	CORCONA	1.1221	1.0934	1.1031	0.9536	0.9648	0.9736	0.9759	0.9653	0.9769	0.9720	1.0900	0.9581	1.0000
20	CRUCE B AYO VAR	0.9825	0.9617	1.0163	1.0654	1.0473	1.0368	0.9976	0.9976	1.0155	0.9779	0.9314	0.7892	1.0000
21	CUCULI	0.9544	1.0499	1.1822	1.1610	1.0791	0.9728	0.9835	0.9222	0.9034	0.9419	0.9400	1.0895	1.0000
22	DESVIDOLOS	1.0070	1.0554	1.0907	1.0597	1.0920	1.0192	0.9877	0.9187	0.9394	0.9597	0.9510	0.9440	1.0000
23	DESVIDOTALARA	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196	1.0096	0.9882	1.0080	0.9340	0.9643	0.9586	1.0000
24	EL FISCAL	0.9793	0.9154	1.0193	1.0391	1.1024	1.0633	1.0320	1.0256	0.9910	0.9728	0.9728	0.9304	1.0000
25	EL PABLAZO	1.0199	0.9909	1.0364	1.0501	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785	0.9858	0.9754	0.9582	0.9049	1.0000
26	FORT ALEZA	1.0095	0.9646	1.0095	1.0378	1.0432	1.0527	1.0371	0.9982	0.9989	0.9807	0.9610	0.7830	1.0000
27	HUACAPUQUO	0.8800	0.9011	0.8423	0.7849	1.1603	1.0254	0.9226	0.9778	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000
28	HUAYAY	1.0826	1.0429	1.1191	1.1596	1.1478	1.0300	0.9837	0.9487	0.9638	0.9478	0.9288	0.7750	1.0000
29	ICA	0.9822	0.9444	1.0316	1.0471	1.0636	1.0587	1.0384	0.9804	0.9489	0.9332	1.0246	0.8853	1.0000
30	ILAVE	1.0287	0.9493	0.9900	1.0108	1.0332	1.0505	1.0763	0.9865	1.0774	1.0696	1.1077	1.0765	1.0000
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0795	0.9887	1.0028	1.0483	1.0189	1.0030	0.9588	0.9630	0.9476	0.8449	1.0000
32	JHUAY-CHINCHA	1.0299	0.9973	1.0399	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9626	0.9677	0.9563	0.9380	0.8681	1.0000
33	LOMA LARGA RAJA	0.9849	1.0081	1.2082	1.2064	1.1264	1.0810	0.9625	0.9904	0.9475	0.9315	0.9058	0.7844	1.0000
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0483	1.0496	0.9991	1.0416	0.9823	0.9305	0.9768	0.9344	0.9505	1.0360	1.0000
35	MACUSANI	1.0622	0.9557	1.0809	1.0272	1.1200	1.0280	1.2211	0.9430	0.9189	0.9216	0.9320	0.8424	1.0000
36	MARCONA	1.0211	0.9917	0.9389	1.0037	1.061	1.0222	1.0444	0.9595	1.0682	0.9689	0.9682	0.9165	1.0000
37	MATARANI	0.9789	0.8951	1.0200	1.0680	1.0796	1.0200	1.0076	1.0346	0.9779	0.9387	0.8761	0.9384	1.0000
38	MENDOCUCHO	1.0802	1.0710	1.1233	1.0326	0.9878	0.9628	0.9467	0.9549	1.0081	0.9082	0.7510	0.8243	1.0000
39	MOCHE	0.9599	0.9980	1.0960	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9950	0.9950	0.9541	0.9485	0.8739	1.0000
40	MONTAÑO	0.9749	0.9489	1.0166	1.0380	1.0138	1.0364	1.0793	1.0412	1.0186	0.9300	0.9686	0.8286	1.0000
41	MORROPPE	0.9853	0.9582	1.0100	1.0690	1.0412	1.0481	1.0383	1.0115	1.0140	0.9728	0.9444	0.7973	1.0000
42	NOYO BANBA	1.0844	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9930	0.9871	0.9599	0.9630	0.9324	0.9764	0.9706	1.0000
43	NUCA	1.0512	1.0102	1.0329	1.0329	1.0387	1.0279	0.9878	0.9794	0.9595	0.9286	0.9286	1.0810	1.0000
44	PACANGUILLA	0.9744	0.9487	1.0880	1.0641	1.0495	1.0536	1.0223	0.9901	0.9839	0.9811	0.9523	0.8040	1.0000
45	PACRA	1.0888	1.0277	1.0319	1.0367	1.0279	0.9696	0.9510	0.9694	0.9504	0.9933	1.0005	1.0000	1.0000
46	PATA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.1043	1.0823	1.1406	1.0573	0.9480	0.9038	0.8388	0.7955	1.0000
47	PAMPA CUELLAR	1.1278	1.1060	1.0743	1.0196	1.1381	1.0196	0.9853	0.9486	0.9484	0.8780	0.8946	0.8184	1.0000
48	PAMPA GALERA	1.0993	1.0946	1.0887	1.0554	1.0345	1.0078	0.9802	0.9332	0.9554	0.9447	0.9377	0.9104	1.0000
49	PAMPANRCA	1.0892	1.0541	1.0681	1.0606	1.0664	1.0201	0.9838	0.9473	0.7723	0.7828	0.7751	0.8073	1.0000
50	PATATE	1.0942	1.0620	1.0935	1.0743	1.0716	1.0642	1.0134	0.9308	0.9448	0.9382	0.9088	0.7907	1.0000
51	PEDRO RUIZ	1.0895	1.0270	1.0141	1.0435	1.0911	0.9897	1.0013	0.9512	0.9635	0.9802	0.9788	0.8808	1.0000
52	PICHIRHUA	1.0749	1.0717	1.0821	1.0738	1.0482	1.0267	0.9878	0.9372	0.9326	0.9480	0.9215	0.7813	1.0000
53	PIURA SULLANA	1.0777	1.0635	1.1211	1.0607	1.0386	1.0120	1.0189	0.9693	0.9893	0.9711	0.9363	0.7840	1.0000
54	PLANCON	1.3488	1.2774	1.1203	1.2187	1.0782	1.0400	0.9561	0.8946	0.8533	0.8878	0.9470	0.7937	1.0000
55	POMAHUACA	1.0821	1.0911	1.0826	1.0828	1.0577	1.0278	0.9851	0.9091	0.9596	0.9688	0.9436	0.8043	1.0000
56	PONGO	1.1382	1.0876	1.0772	1.0246	0.9888	0.9782	0.9396	0.9093	0.8267	0.9780	0.9737	0.9432	1.0000
57	POZO REDONDO	1.0865	0.9947	1.0212	1.0323	1.0463	1.0444	0.9866	0.9978	1.0416	1.0080	0.9479	0.9953	1.0000
58	PUNTA PERDIDA	1.1241	1.1208	1.0721	1.0308	1.0388	1.1524	0.9881	0.9410	0.9228	0.9690	0.9105	0.9502	1.0000
59	QUILLI	1.1812	1.0951	1.0904	0.9231	0.9335	0.9738	0.9523	0.9508	0.9766	0.9979	1.1238	0.9787	1.0000
60	RUMICHACA	1.0919	1.0768	1.0299	1.0188	1.0400	0.9998	0.9651	0.9211	0.9717	0.9617	1.0142	1.0086	1.0000
61	SAN ANTON	1.0987	1.0330	1.1783	1.1125	1.1375	1.0887	1.2293	0.9882	0.9511	0.8426	0.9370	0.8556	1.0000
62	SAN GABAN	1.4946	1.3693	1.3441	1.2280	1.1586	1.0388	0.9617	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7406	1.0000
63	SAN LORENZO	1.0400	1.0248	1.0963	1.0801	1.0723	1.0987	1.0265	0.9240	0.9396	0.9085	0.9206	0.7987	1.0000
64	SAYLLA	1.0865	1.0234	1.0782	1.0621	1.0384	1.0338	0.9836	0.9486	0.9489	0.9527	0.9402	0.9677	1.0000
65	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0200	1.0047	1.0391	1.0400	1.0344	1.0190	1.0079	0.9944	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000
66	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0496	1.0932	1.1979	1.1370	1.0882	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000
67	SOAPS	1.0865	1.0107	1.0067	1.0133	1.0501	0.9940	0.9781	0.9551	0.9811	0.9563	1.0190	0.9775	1.0000
68	TAMBORINDE	0.9811	0.7330	1.1320	1.6600	1.4240	1.2833	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000
69	TOMASARI	0.9787	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9399	0.9986	0.9386	1.0000
70	TUNAN	1.0867	1.0863	1.0946	1.0642	0.9824	0.9388	0.9359	0.9286	0.9760	0.9685	1.0221	1.0081	1.0000
71	UNION PROGRESO	1.1480	1.1283	1.0889	1.0535	1.0144	1.0245	0.9767	0.9184	0.9079	0.8712	0.8732	0.7971	1.0000
72	UTCUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0382	1.0183	0.9780	0.9674	0.9210	0.9488	0.9731	0.8745	0.8352	1.0000
73	VARIANTE DE PASAMAYO	0.9887	0.9310	0.9776	1.0407	1.0175	0.9842	1.0007	0.9627	1.0236				