

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES



**DISEÑO DE UN PUENTE VEHICULAR PARA MEJORAR EL TRANSPORTE
PÚBLICO INTERPROVINCIAL SOBRE EL RIO TAMBO, CAMATA
MOQUEGUA 2025**

TESIS

Presentada por:

Bach. Roger Anahua Machaca

ORCID: 0009-0003-1256-8760

Asesor:

Dr. Samuel Huaquisto Cáceres

ORCID: 0000-0002-9294-6359

**Para obtener el grado académico de:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES**

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES

Tesis

“DISEÑO DE UN PUENTE VEHICULAR PARA MEJORAR EL
TRANSPORTE PÚBLICO INTERPROVINCIAL SOBRE EL RIO TAMBO,
CAMATA MOQUEGUA 2025”

Presentada por:

Bach. Roger Anahua Machaca

Tesis sustentada y aprobada el 05 de mayo de 2026; ante el siguiente jurado
examinador:

PRESIDENTE: Dr. Anibal Juan Espinoza Aranciaga

SECRETARIO: Dr. Pedro Valerio Maquera Cruz

VOCAL: Mtro. Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juárez

ASESOR: Dr. Samuel Huaquisto Cáceres

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo ROGER ANAHUA MACHACA, en calidad de: Tesista de la Maestría/
Doctorado MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN
TRANSPORTES, de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna,
identificado (a) con DNI 01326539.

Soy autor (a) de la tesis titulada:

DISEÑO DE UN PUENTE VEHICULAR PARA MEJORAR EL TRANSPORTE
PÚBLICO INTERPROVINCIAL SOBRE EL RIO TAMBO, CAMATA
MOQUEGUA 2025, con asesor: Dr. Samuel Huaquisto Cáceres.

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN TRANSPORTES, y
que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un
grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado
anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto
al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara
02 % de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde
exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización
respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información
presentada es real y soy conocedor (a) de las sanciones penales en caso de infringir

las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

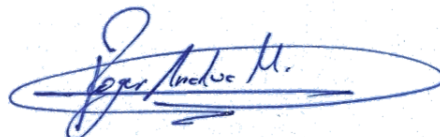
Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna, 05 de mayo del 2026.

Nombres y apellidos: ROGER ANAHUA MACHACA

DNI: 01326539



DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él, he logrado concluir, a mis padres Simón y María, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una excelente persona, a mis hermanos y sobrinos por sus palabras y su compañía, a mi esposa Ema por sus palabras y su confianza, por su amor y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, a mi hija Daniela por ser mi inspiración y fortaleza, a mis hijos Alexandra y Harold aunque no estén físicamente con nosotros, se desde el cielo siempre me cuidan y me guían para que todo salga bien, y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por enseñarme a serenarme frente a la lucha y los obstáculos y proseguir en la culminación de mis metas trazadas.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida y por su apoyo constante incluso en los momentos de mayor incertidumbre. A mi esposa Ema y a mi hija Daniela, por las jornadas de estudio y por recordarme siempre la importancia de la perseverancia. Sin su motivación, este logro no sería posible.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1 Problema principal.....	17
1.2.2 Problemas secundarios	17
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.4 OBJETIVOS.....	20
1.4.1 Objetivo general	20
1.4.2 Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.....	22
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	22
2.2 NORMATIVA VIGENTE	29
2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS	30
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA	36
3.1.1 Tipo de investigación.....	36
3.1.2 Nivel de investigación.....	36
3.1.3 Justificación del enfoque aplicado	37
3.2 DISEÑO DEL PROYECTO	37
3.2.1 Etapas del proyecto	37
3.2.2 Herramientas y/o software utilizado	38
3.3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y FACTIBILIDAD.....	38
3.3.1 Análisis topográfico.....	38
3.3.2 Análisis geológico y geotécnico	40
3.3.3 Análisis hidrológico	43
3.3.4 Análisis de tráfico	45
3.3.5 Análisis estructural	47
3.4 PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN.....	51
3.4.1 Cronograma de actividades.....	51
3.4.2 Asignación de recursos	51
3.4.3 Costos y financiamiento.....	52
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1 DESARROLLO DEL PROYECTO Y VALIDACIÓN DEL DISEÑO	54

4.1.1	Análisis Topográfico	55
4.1.2	Análisis Geológico–Geotécnico.....	57
4.1.3	Análisis hidrológico e hidráulico.....	69
4.1.4	Análisis de Tráfico	74
4.1.5	Análisis y Diseño Estructural.....	82
4.2	ANÁLISIS DE IMPACTO, BENEFICIOS Y COMPARACIÓN CON CASOS SIMILARES	98
4.2.1	Análisis del impacto técnico social, económico y ambiental	98
4.2.2	Beneficios técnicos, económicos, sociales y científicos.....	99
4.2.3	Comparación con casos similares	100
4.3	LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MEJORAS IDENTIFICADAS	101
4.3.1	Limitaciones geográficas, exploratorias, normativas, ambiental, plazos y costo. 101	
4.3.2	Ausencia de ensayos especiales.....	102
4.3.3	Profundidad limitada de exploración.....	102
4.3.4	Cobertura espacial reducida.....	103
4.3.5	Mejoras identificadas	103
4.4	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y SU IMPLEMENTACIÓN	103
4.4.1	Descripción de la solución estructural propuesta	103
4.4.2	Criterios de implementación constructiva.....	104
4.4.3	Viabilidad técnica y operativa.....	104
4.4.4	Sostenibilidad y proyección futura	105
4.5	EVALUACIÓN DE COSTOS, SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO	105
4.5.1	Evaluación de costos e inversión	105
4.5.2	Sostenibilidad del proyecto.....	106
4.5.3	Mantenimiento y sostenibilidad operativa	107
4.5.4	Viabilidad técnica operativa y de gestión.....	107
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
	REFERENCIAS	112
	APÉNDICE.....	115
	ANEXOS.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estados límites y factores utilizados en el proyecto puente Camata.	49
Tabla 2 Cronograma de actividades de investigación.....	51
Tabla 3 Presupuesto del desarrollo de investigación.	52
Tabla 4 Resultados de la clasificación SUCS y AASHTO de los puntos de muestreo del proyecto puente Camata.	59
Tabla 5 Resultados de la Capacidad de soporte de los suelos muestreados del proyecto puente Camata.	60
Tabla 6 Parámetros físicos de sondaje del proyecto puente Camata.	61
Tabla 7 Parámetros de esfuerzo cortante proyecto puente Camata.	62
Tabla 8 Resistencia a la comprensión simple de roca.....	62
Tabla 9 Resistencia a la comprensión simple del suelo.....	63
Tabla 10 Profundidad y dimensiones de la cimentación del estribo izquierdo P01	63
Tabla 11 Estribo izquierdo P-01.....	64
Tabla 12 Profundidad y dimensiones de la cimentación del estribo izquierdo P02	64
Tabla 13 Profundidad y dimensiones de la cimentación del pilar derecho P03.....	65
Tabla 14 Profundidad y dimensiones de la cimentación del pilar derecho P04.....	66
Tabla 15 Factores sísmicos de diseño.....	68
Tabla 16 Cálculo del caudal de retorno por periodo para el proyecto puente Camata.	70
Tabla 17 Determinación del galibo del puente Camata.....	73
Tabla 18 Determinación de la socavación total para elementos de apoyo del puente Camata. ...	73
Tabla 19 Resultado del IMDA de la estación 1.	75
Tabla 20 Resultado del IMDA de la estación 2.	75
Tabla 21 Proyección del IMDA de la estación 1.	77
Tabla 22 Proyección del IMDA de la estación 2.	78
Tabla 23 Cálculo de Ejes Equivalentes de la estación 1.....	79
Tabla 24 Cálculo de Ejes Equivalentes de la estación 2.....	79
Tabla 25 Consideraciones de diseño del pavimento.	80
Tabla 26 Probabilidad de excedencia y periodos de retorno.	83
Tabla 27 Aceleraciones sísmicas según período de retorno.....	83
Tabla 28 Parámetros sísmicos de diseño del basamento rocoso.	84
Tabla 29 Parámetros sísmicos de diseño de sitio.	84
Tabla 30 Parámetros sísmicos para un periodo de retorno de 1000 años.....	85
Tabla 31 Parámetros sísmicos para un periodo de retorno de 2475 años.....	85
Tabla 32 Características estructurales para el análisis y diseño del puente.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de los BM de control para el proyecto puente Camata.....	39
Figura 2 Plan de Vuelo para la recolección de topografía con UVA.....	40
Figura 3 Mapa geología de influencia directa del proyecto puente Camata.....	41
Figura 4 Identificación visual de las unidades litoestratigráficas.....	41
Figura 5 Puntos de toma de muestras geotécnicas del proyecto puente Camata.....	42
Figura 6 Criterios de clasificación para suelos granulares SUCS.....	43
Figura 7 Criterios de clasificación de suelos AASTHO.....	43
Figura 8 Delimitación de microcuenca para el proyecto puente Camata.....	44
Figura 9 Formato de encuestas de origen y destino para pasajeros.....	46
Figura 10 Vista en planta y elevación del proyecto puente camata.....	48
Figura 11 Camión de diseño HL-93.....	49
Figura 12 Modelo estructural del proyecto puente Camata.....	50
Figura 13 Ubicación del puente camata.....	54
Figura 14 Alineamiento con curvas de nivel del proyecto puente Camata.....	56
Figura 15 Imagen DEM del vuelo UVA del proyecto puente Camata.....	57
Figura 16 Curvas de nivel producto del levantamiento Drone del proyecto puente Camata.....	57
Figura 17 Perfil estratigráfico geológico del proyecto puente Camata.....	58
Figura 18 Registro de temperaturas de la estación ichuña.....	69
Figura 19 Precipitación acumulada mensual del proyecto puente Camata.....	70
Figura 20 Determinación del ancho hidráulico del puente.....	71
Figura 21 Proyección 3D del puente Camata en el río Tambo.....	72
Figura 22 Definición del Galibo mediante el cálculo del NAME.....	72
Figura 23 Diseño geométrico de la vía en planta y elevación.....	81
Figura 24 Modelo estructural del puente Camata.....	87
Figura 25 Diagrama de momentos de cargas permanentes (DC).....	88
Figura 26 Diagrama de momentos de cargas superpuestas (DW).....	89
Figura 27 Diagrama de momentos de carga de postensado (TG).....	90
Figura 28 Diagrama de momentos de cargas vivas y de impacto (LL+IM).....	91
Figura 29 Diagrama de corte de cargas permanentes (DC).....	92
Figura 30 Diagrama de corte de cargas superpuestas (DW).....	93
Figura 31 Diagrama de corte de cargas de postensado (TG).....	94
Figura 32 Diagrama de corte de cargas vivas y de impacto (LL+IM).....	95
Figura 33 Diseño de Vigas postensadas del puente Camata.....	96
Figura 34 Cálculo de cables tensores.....	97
Figura 35 Diseño por corte de la viga T.....	97

ÍNDICE DE APÉNDICES

<i>Apéndice 1. Matriz de consistencia</i>	115
---	-----

RESUMEN

La ausencia de un puente vehicular permanente sobre el río Tambo, en el centro poblado de Camata (Moquegua), genera aislamiento estacional, limita la conectividad interprovincial entre Yunga y Ubinas y afecta el transporte público, el comercio agropecuario y el acceso a servicios básicos. Frente a esta problemática, el objetivo general fue diseñar un puente vehicular para el transporte público interprovincial al año 2025, integrando estudios topográficos, geológico-geotécnicos, hidrológicos y de tráfico como base del diseño estructural. La investigación fue de tipo explicativa, nivel aplicado y enfoque cuantitativo. Se realizó levantamiento topográfico georreferenciado con generación de curvas de nivel cada 0.25 m; exploración geotécnica mediante calicatas y ensayos de laboratorio (SUCS, AASHTO, CBR y resistencia a compresión); modelamiento hidrológico e hidráulico con delimitación de una cuenca de 4 017 km²; y análisis de tráfico con conteos continuos en dos estaciones. Los resultados determinaron un IMDA proyectado total de 38 veh/día (21 veh/día estación 1 y 17 veh/día estación 2). El puente diseñado presenta tres tramos con longitud total de 101.45 m (33.85 m + 34.15 m + 33.85 m), ancho de calzada de 5.20 m y sobrecarga HL-93. Se concluye que el diseño propuesto cumple criterios normativos del MTC y AASHTO LRFD 2024, garantiza estabilidad hidráulica y estructural, y mejora la conectividad interprovincial permanente, constituyendo una solución técnica viable y sostenible para el desarrollo regional.

PALABRAS CLAVES: Análisis geotécnico, análisis hidrológico, diseño estructural, puente vehicular, transporte interprovincial.

ABSTRACT

The absence of a permanent vehicular bridge over the Tambo River, in the town of Camata (Moquegua), causes seasonal isolation, limits interprovincial connectivity between Yunga and Ubinas, and negatively affects public transportation, agricultural trade, and access to essential services. In response to this issue, the main objective of this study was to design a vehicular bridge for interprovincial public transportation by 2025, integrating topographic, geotechnical, hydrological, and traffic studies as the basis for structural design. The research was explanatory in nature, applied in level, and quantitative in approach. A georeferenced topographic survey was conducted, generating contour lines at 0.25 m intervals. Geotechnical exploration included test pits and laboratory testing (SUCS classification, AASHTO classification, CBR, and compressive strength tests). Hydrological and hydraulic modeling was performed considering a watershed area of 4,017 km². Traffic analysis was carried out through continuous vehicle counts at two stations. The projected AADT (Annual Average Daily Traffic) reached a total of 38 vehicles/day (21 vehicles/day at station 1 and 17 vehicles/day at station 2). The proposed bridge consists of three spans with a total length of 101.45 m (33.85 m + 34.15 m + 33.85 m), a roadway width of 5.20 m, and HL-93 design loading. It is concluded that the proposed design complies with MTC and AASHTO LRFD 2024 standards, ensures hydraulic and structural stability, and significantly improves permanent interprovincial connectivity, representing a technically feasible and sustainable solution for regional development.

KEYWORDS: Geotechnical analysis, hydrological analysis, structural design, vehicular bridge, interprovincial transportation.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial constituye uno de los principales ejes del desarrollo territorial, al permitir la articulación económica, social y productiva entre regiones. En contextos geográficos complejos como el sur del Perú, donde predominan zonas montañosas y ríos de régimen variable, la ausencia de infraestructuras resilientes genera limitaciones significativas en la conectividad interprovincial. En este escenario, los puentes vehiculares no solo cumplen una función estructural, sino que representan elementos estratégicos para garantizar la movilidad permanente, reducir brechas territoriales y fortalecer la competitividad regional.

En la región Moquegua, específicamente en el centro poblado de Camata, el río Tambo constituye una barrera natural que interrumpe la continuidad vial entre las provincias de Yunga y Ubinas, afectando la conexión con las ciudades de Moquegua y Arequipa. Durante temporadas de lluvias, el incremento del caudal genera aislamiento temporal de la población, restringiendo el acceso a servicios básicos como salud y educación, además de limitar el comercio de productos agropecuarios y el transporte interprovincial. Esta situación evidencia la necesidad de una solución técnica integral que considere las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de tráfico propias del entorno.

El presente estudio aborda esta problemática mediante el diseño de un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua. La investigación adopta un enfoque aplicado de carácter cuantitativo, integrando estudios técnicos especializados: topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos y de tráfico, como base para la propuesta estructural. De esta manera, el diseño no se concibe únicamente como un ejercicio de cálculo estructural, sino como una respuesta integral orientada a mejorar la conectividad vial, la seguridad del tránsito y la resiliencia frente a eventos climáticos extremos.

Asimismo, la investigación incorpora criterios de sostenibilidad, viabilidad técnica y operativa, evaluación económica y análisis de impacto social y ambiental, alineándose con los principios de desarrollo sostenible y con las políticas nacionales de infraestructura vial. En este sentido, el proyecto no solo busca garantizar la estabilidad estructural del puente, sino también asegurar su funcionalidad a largo plazo dentro del sistema de transporte interprovincial.

La tesis se encuentra estructurada de la siguiente manera:

- **Capítulo I: El Problema**, donde se presenta el planteamiento, formulación, justificación y objetivos de la investigación, delimitando el alcance del estudio y su relevancia territorial.
- **Capítulo II: Marco Referencial**, que incluye los antecedentes del problema, la normativa vigente aplicable al diseño de puentes y la definición de conceptos técnicos fundamentales que sustentan la investigación.
- **Capítulo III: Metodología y Diseño del Proyecto**, en el cual se describe el tipo y nivel de investigación, el diseño metodológico adoptado, las etapas del proyecto, las herramientas empleadas y la evaluación técnica de factibilidad a través del análisis topográfico, geológico–geotécnico, hidrológico, de tráfico y estructural.
- **Capítulo IV: Resultados y Discusión**, donde se presentan los resultados obtenidos del desarrollo del proyecto, la validación del diseño propuesto, el análisis de impacto y beneficios, las limitaciones identificadas, la descripción de la solución estructural y la evaluación de costos, sostenibilidad y viabilidad a largo plazo.
- **Conclusiones y Recomendaciones**, derivadas del análisis integral realizado, orientadas a fortalecer la toma de decisiones en materia de infraestructura vial interprovincial y a promover futuras investigaciones en el ámbito del transporte y la ingeniería de puentes en contextos geográficos similares.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, la infraestructura vial y los sistemas de transporte interprovincial constituyen un pilar esencial para la conectividad, la competitividad económica y la cohesión territorial. Diversos países enfrentan retos estructurales y ambientales vinculados con el deterioro de carreteras y puentes, la falta de mantenimiento y la exposición creciente a eventos climáticos extremos (Avila et al., 2023). Según el Diaz et al. (2025), cerca del 40 % de la infraestructura vial en América Latina presenta condiciones de vulnerabilidad estructural debido a deficiencias en el diseño y la gestión del mantenimiento. De manera similar, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Weikrt Bicalho, 2021), advierte que la inversión pública en transporte ha disminuido en la última década, afectando la resiliencia de las redes de movilidad y generando riesgos económicos y sociales.

En el contexto latinoamericano, el deterioro de los puentes vehiculares ha adquirido una relevancia creciente. Investigaciones recientes destacan que la mayoría de los colapsos parciales o totales se deben a la falta de monitoreo estructural y a la ausencia de estrategias de mantenimiento preventivo (Corporación Andina de Fomento (CAF), 2023). Estos eventos no solo implican pérdidas humanas y económicas, sino también interrupciones en cadenas logísticas esenciales para el comercio interregional. En consecuencia, la planificación y el diseño de infraestructuras resilientes se han convertido en prioridades estratégicas para el desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático (Inter American Development Bank (BID), 2021).

En el caso del Perú, la infraestructura vial enfrenta desafíos críticos derivados de su compleja geografía, caracterizada por la coexistencia de zonas montañosas, valles y una costa árida. Esta heterogeneidad demanda soluciones de ingeniería específicas y sostenibles. El transporte público interprovincial cumple un papel integrador clave en la reducción de brechas sociales y en la movilidad entre regiones (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF), 2003). Sin embargo, la carencia de mantenimiento estructural y de inspecciones periódicas sigue siendo uno de los principales factores de vulnerabilidad. Según el Programa Nacional de Puentes (ProPuentes), de los 1 112 puentes definitivos y 805 modulares existentes, al menos 75 presentan riesgo de colapso por deficiencias sísmicas y deterioro avanzado (DGCF, 2003; Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2025).

A nivel regional, el sur del Perú muestra una fuerte dependencia de infraestructuras viales en estado deficiente, especialmente en zonas de alta actividad económica (Fernández et al., 2020). En la región Moquegua, el crecimiento de los sectores minero y agropecuario ha incrementado la demanda de transporte interprovincial. Sin embargo, la ausencia de un puente vehicular adecuado sobre el río Tambo ha generado un cuello de botella en la movilidad de personas y mercancías, limitando la productividad regional y la competitividad territorial (Gobierno Regional de Moquegua (GORE Moquegua), 2022; Valdivia, 2015).

En el centro poblado de Camata, la falta de un puente vehicular permanente afecta directamente la conectividad interprovincial, en especial entre las provincias de Yunga y Ubinas, y las ciudades de Moquegua y Arequipa. Durante las épocas de lluvias intensas, el incremento del caudal del río Tambo provoca el aislamiento temporal de la población, dificultando el acceso a salud, educación y mercados locales (DGCF, 2017; Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2024). Este aislamiento restringe el comercio de productos agropecuarios, limita la movilidad laboral y profundiza la exclusión territorial (CAF, 2023; Weikrt, 2021).

Asimismo, la vulnerabilidad del puente peatonal existente, junto con la falta de infraestructura vial resiliente, compromete la seguridad de los usuarios y la continuidad de las actividades económicas regionales. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2021), las estructuras viales en regiones rurales deben incorporar diseños sostenibles que consideren las condiciones sísmicas, hidrológicas y geotécnicas específicas, así como el uso de materiales de bajo impacto ambiental. En este sentido, la implementación de un nuevo puente vehicular en el río Tambo requiere un diseño estructural optimizado, basado en estudios topográficos, geológicos, hidrológicos e hidráulicos actualizados (CAF, 2023; Rodriguez, 2021).

Por consiguiente, la problemática central radica en la ausencia de un diseño estructural integral que integre las variables topográficas, geológicas, hidrológicas y de tráfico propias del río Tambo en Camata, Moquegua. Esta carencia limita la posibilidad de construir una infraestructura eficiente, segura y duradera, que garantice la movilidad interprovincial, promueva la seguridad vial y contribuya al desarrollo sostenible regional. El vacío de investigación se encuentra en la falta de modelos de diseño estructural contextualizados al entorno geográfico del sur peruano, que incorporen criterios de sostenibilidad y resiliencia climática (CAF, 2023; BID, 2021; Weikrt Bicalho, 2021).

En consecuencia, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema principal

¿De qué manera puede diseñarse un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, al año 2025?

1.2.2 Problemas secundarios

- ¿Qué resultados se obtienen del estudio topográfico necesario para el diseño de un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?
- ¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas del área de estudio que deben considerarse en el diseño del puente vehicular sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?
- ¿Qué condiciones hidrológicas influyen en el diseño del puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?
- ¿Cuál es el comportamiento del flujo vehicular interprovincial proyectado que debe tomarse en cuenta en el diseño del puente vehicular sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?
- ¿Qué características estructurales debe presentar la propuesta de diseño del puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El actual sistema de transporte interprovincial en la zona de Camata – Moquegua, enfrenta serias limitaciones en la conectividad, accesibilidad y seguridad para el traslado de las personas. La falta de un puente adecuado limita a las comunidades del lugar a tener acceso a servicios esenciales como educación, salud, comercio y administración pública lo que agudiza la desigualdad territorial entre zonas urbanas y rurales, afectando principalmente a poblaciones vulnerables. Por tanto, es importante su implementación bajo un diseño adecuado.

Desde el punto de vista económico, la ausencia de un puente vial adecuado sobre el río Tambo limita la logística y eleva los costos de transporte, afectando negativamente el comercio local e interprovincial. Los productos agrícolas, pecuarios y artesanales de las regiones colindantes enfrentan dificultades para acceder a mercados más amplios, lo que reduce su competitividad y oportunidades de crecimiento. En ese sentido, la construcción

del puente representa una inversión estratégica que estimula la economía regional, generando empleo directo durante su ejecución y empleo indirecto a través del incremento del dinamismo comercial y turístico.

Ambientalmente, la construcción de un puente vehicular sobre el río Tambo, con un enfoque sostenible, representa una oportunidad para proteger el entorno natural. Actualmente, los cruces improvisados generan erosión, contaminación y afectan la vida del ecosistema fluvial. Un diseño responsable que respete las dinámicas del río y minimice el impacto en zonas sensibles no solo reducirá estos daños, sino que también contribuirá a disminuir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes al acortar las rutas de transporte. Por tanto, esta investigación promueve un desarrollo sostenible del lugar, alineado con los objetivos de sostenibilidad y adaptación al cambio climático. La investigación es importante porque contribuye a lograr el ODS 11 ciudades y comunidades sostenibles, a fin de promover el desarrollo de comunidades y ciudades más seguras para todos con gestión y administración eficaz que incluya mecanismos de mejora de las vías del lugar. En ese sentido los resultados de la investigación generarán un impacto positivo en el lugar de estudio.

Técnicamente, la infraestructura a construirse, permitirá salvar el obstáculo del río Tambo, para conectar el C.P. de Camata con la capital del distrito y el distrito de Yunga, se realizara el estudio de tráfico para cuantificar la necesidad del puente y evaluar el impacto en la fluidez vial, diseño estructural se realizaran los cálculos para determinar la resistencia de los materiales, ante las cargas de tráfico y factores ambientales y socialmente habrá conectividad y movilidad mejorando el flujo de personas y mercancías, para el desarrollo económico al facilitar el transporte, se impulsa la actividad comercial y la economía en general, generar ingresos al crear rutas más eficientes para la producción, seguridad y protección reduciendo el riesgo de accidentes, accesos a servicios como salud y educación, resiliencia ante emergencias permitirá la circulación durante todo el año y en caso de desastres

naturales como inundaciones, evitando el aislamiento y facilitando la ayuda en emergencias.

La construcción de un puente vehicular sobre el río Tambo, con un enfoque sostenible, representa una oportunidad para proteger el entorno natural. Actualmente, los cruces improvisados generan erosión, contaminación y afectan la vida del ecosistema fluvial. Un diseño responsable que respete las dinámicas del río y minimice el impacto en zonas sensibles no solo reducirá estos daños, sino que también contribuirá a disminuir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes al acortar las rutas de transporte. Por tanto, esta investigación promueve un desarrollo sostenible del lugar, alineado con los objetivos de sostenibilidad y adaptación al cambio climático.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata Moquegua 2025

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar los estudios topográficos para el diseño un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata Moquegua 2025
- Analizar las características geológicas y geotécnicas para el diseño un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata, Moquegua 2025
- Realizar el análisis de los estudios hidrológicos para el diseño un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata, Moquegua 2025
- Analizar el estudio de tráfico para el diseño un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata, Moquegua 2025

- Proponer un diseño estructural para un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata, Moquegua 2025

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Alpírez, (2020) en su tesis el objetivo principal fue diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Cuesta Chiquita y un tramo de puente vehicular para la aldea San José el Rosario, en Cuilapa. Las variables del estudio incluyen la eficiencia del sistema de alcantarillado en la recolección y conducción de aguas residuales, y la capacidad estructural del puente vehicular para soportar cargas. La población está compuesta por los habitantes de ambos lugares, sin especificarse una muestra experimental. La metodología empleada incluyó cálculos hidráulicos y estructurales utilizando software como CSI Bridge y SAP 2000, siguiendo normativas internacionales. Los resultados evidencian diseños funcionales y eficientes para ambos proyectos. En conclusión, estos diseños mejorarán la calidad de vida de los habitantes y optimizarán el acceso vehicular.

Chen et al., (2024) tuvo como objetivo desarrollar un método efectivo para evaluar el daño por fatiga en un puente ferrocarril-carretera mediante datos dinámicos de un sistema de monitoreo estructural (SHM). Las variables analizadas fueron las cargas de tráfico (trenes y vehículos de seis ejes), las respuestas dinámicas (frecuencias, aceleraciones, deformaciones) y el daño por fatiga estimado. La población correspondió a los elementos estructurales del puente Jiujiang Yangtze River y la muestra estuvo representada por sus componentes críticos (suspenders, cordones H, anillo del arco), seleccionados según vulnerabilidad estructural; el diseño fue no experimental, basado en modelación numérica y datos SHM. El procedimiento metodológico incluyó análisis modal operacional, construcción y actualización de un modelo de elementos finitos, obtención de esfuerzos mediante sensores (acelerómetros,

extensómetros) y aplicación de un modelo Corten-Dolan mejorado con espectros de carga multivel. Los resultados mostraron que el suspender corto en H presentó la mayor acumulación de daño y que las cargas vehiculares de seis ejes incrementan significativamente la fatiga. La conclusión principal indica que el método propuesto mejora la precisión del pronóstico de vida útil y permite identificar elementos altamente vulnerables para su gestión estructural.

Puentes, (2022) en su tesis “Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco 2024”, las variables que se incluyen son estudiadas incluyen el tipo de superestructura, las características geométricas del puente (como el ancho de calzada y la luz del puente), y los materiales de construcción (acero y concreto). La población estuvo conformada por el puente existente en el distrito, y la muestra fue representada por dicho puente. El procedimiento metodológico se basó en el uso del software SAP2000 v14 para el análisis estructural y la optimización del diseño. Los resultados indicaron que la optimización de la distribución de acero y el tipo de losa mejoraron significativamente la seguridad y durabilidad del puente. En conclusión, el diseño propuesto ofrece una solución eficiente para mejorar la funcionalidad estructural y la movilidad vial en la zona.

Sanz & Castro, (2022), tuvieron como objetivo formular el presupuesto y la programación para la construcción de un puente vehicular y sus obras complementarias en Villavieja, Huila. Las variables analizadas fueron los costos directos por actividad, los rendimientos de maquinaria, la cantidad y tipo de materiales, y la programación temporal, consideradas variables específicas de gestión de obra. La población corresponde a todas las actividades necesarias para la construcción del puente, y la muestra se estructuró mediante los capítulos de obra (preliminares, excavación, concretos, acero, vigas metálicas, barandas y acabados), seleccionados según su impacto en el costo total. El procedimiento metodológico consistió en la elaboración de Análisis de Precios

Unitarios, medición de cantidades de obra, especificación de equipos (retroexcavadoras, vibrocompactadores, grúas, motobombas), y cálculo de materiales (acero, concreto, geotextil, tubería), además de la programación con Microsoft Project. Los resultados mostraron un presupuesto final cercano a diez mil millones de pesos, destacando que las vigas metálicas y los concretos representan los mayores costos. Se concluye que el proyecto es técnica y económicamente viable, siempre que se ejecute conforme a los rendimientos y secuencias programadas.

Galarza et al. (2024) en su artículo tuvo como objetivo evaluar estructuralmente el puente sobre el río Vite en la costa ecuatoriana. Las variables analizadas fueron la capacidad resistente de los elementos, el índice de capacidad (RF), las solicitaciones por cargas muertas y vivas, y los efectos sísmicos, consideradas como variables específicas del desempeño estructural. La población estuvo conformada por todos los elementos del puente, mientras que la muestra se definió en función de los componentes críticos: vigas, losas, diafragmas, pilas y estribos. El procedimiento metodológico aplicó la metodología LRFR, combinando inspección visual, revisión de planos estructurales, modelación analítica mediante software, y evaluación bajo combinaciones de carga estática y sísmica. Los resultados evidenciaron que varios elementos, especialmente vigas, pilas y estribos, no cumplen los niveles de resistencia establecidos, alcanzando factores de capacidad menores a uno. En conclusión, el puente no satisface las demandas actuales y requiere reforzamiento para garantizar seguridad y operatividad.

Mansour et al., (2024) en su estudio desarrolla un Sistema de Soporte a Decisiones (DSS) para optimizar la configuración de la superestructura de los puentes de autopistas, con el objetivo de lograr una construcción rentable. El estudio se enfoca en cuatro variables principales: tipo de viga, continuidad de la viga, materiales de construcción y métodos de construcción. La población está compuesta por proyectos de puentes de autopistas, con datos recolectados de estudios de caso en Egipto. La metodología incluye el diseño de 2880

configuraciones de superestructura utilizando el software CSI-BRIDGE, analizando costos directos, tiempos de construcción y costos totales. Los principales resultados muestran que el DSS puede ayudar a seleccionar la configuración de puente más rentable según diferentes criterios. La conclusión destaca el potencial del DSS para reducir tanto los costos como los tiempos de construcción, con una clara preferencia por métodos de construcción más rápidos en los proyectos recientes de puentes en Egipto.

Siwowski et al., (2019) en su artículo “Design and field evaluation of a hybrid FRP composite–Lightweight concrete road bridge”, estudiaron el desempeño estructural de un puente híbrido FRP–concreto liviano construido en Rzeszów, Polonia. Las variables analizadas fueron la rigidez, resistencia, distribución transversal de carga, acción compuesta y comportamiento dinámico del sistema híbrido. La población correspondió a puentes carreteros con sistemas FRP–concreto y la muestra fue un puente prototipo de 21 m de luz sometido a pruebas estáticas y dinámicas. El procedimiento metodológico incluyó modelación por elementos finitos, instrumentación con galgas extensométricas, acelerómetros y medición de deflexiones mediante métodos geodésicos, utilizando camiones de carga como equipamiento principal de ensayo. Entre los resultados, se evidenció que el modelo numérico predijo adecuadamente el comportamiento flexional y que las deformaciones medidas estuvieron muy por debajo de la capacidad última, confirmando amplios márgenes de seguridad. En conclusión, los autores demostraron que el sistema híbrido FRP–concreto cumple satisfactoriamente con los requisitos de servicio y resistencia, validando su aplicación en puentes vehiculares y sugiriendo su potencial para futuros diseños más eficientes.

Hernández, (2024) la tesis se centra en analizar cómo esta metodología influye en la optimización del diseño, la construcción y el mantenimiento de puentes. Las variables que trabaja son la eficiencia en tiempo y costos, la calidad del diseño estructural y la gestión del ciclo de vida del puente. La población está compuesta por los proyectos de puentes en Colombia y la muestra corresponde

al estudio de caso del puente curvo en la Av. Cra 68 con Av. Cll 26, seleccionado por su implementación parcial de BIM. El procedimiento metodológico combina revisión documental, análisis técnico, diagnóstico del uso de CAD/BIM y modelación BrIM, empleando software especializado, datos normativos y levantamiento de información del caso de estudio. Los resultados evidencian que BrIM reduce interferencias, mejora la coordinación, disminuye tiempos y errores y permite una planificación más precisa. Se concluye que la metodología BrIM representa una herramienta eficaz para elevar la productividad y seguridad en los proyectos de puentes, siempre que se implemente con capacitación adecuada y alineación normativa.

Caicedo & Mencias, (2025) desarrolla un estudio titulado Diseño de un Puente Vehicular sobre el "Rio Anzu" en la vía El Rosal-Simón Bolívar, Parroquia Fátima, Cantón Pastaza Provincia de Pastaza, Utilizando la Normativa AASHTON LRFD 2020. Las variables son la transitabilidad vehicular y el mejoramiento del servicio vial. La población estuvo conformada por los usuarios de la vía, seleccionándose como muestra a transportistas, pobladores y responsables locales mediante encuestas. El procedimiento metodológico se basó en un enfoque cuantitativo no experimental, aplicando fichas de observación, encuestas estructuradas y análisis comparativo de las condiciones viales antes y después de la obra. Los resultados muestran que la construcción del puente incrementó significativamente la fluidez vehicular, redujo tiempos de viaje y mejoró la conectividad entre comunidades. La conclusión principal indica que el puente T'utura Sapi genera un impacto positivo directo en la transitabilidad, fortaleciendo la economía y la accesibilidad regional.

Rueda, (2024) desarrolla el diseño de un puente peatonal en estructura mixta en la Av. Alejo Lascano, orientado a mejorar la seguridad peatonal y la movilidad vehicular. La investigación aborda como variables las propiedades geotécnicas del suelo, la movilidad peatonal-vehicular y el diseño estructural. La población corresponde al flujo de tránsito de la avenida, y la muestra se obtiene de aforos peatonales y vehiculares realizados durante cinco días. El

procedimiento metodológico incluye ensayos de suelos (granulometría, humedad, límites de consistencia), levantamiento topográfico con estación total y modelación estructural mediante software especializado. Los resultados muestran que el suelo es apto para la cimentación propuesta y que existe un flujo crítico de peatones y vehículos que evidencia la necesidad del puente. Se concluye que el diseño planteado aporta una solución segura y eficiente para el cruce peatonal y mejora la fluidez vehicular en la zona.

Lopez & Rosas, (2022) presentan un estudio sobre los beneficios de la construcción del puente Rocotales en la transitabilidad vehicular y el impacto ambiental en el distrito de Kosñipata. Las variables analizadas son la transitabilidad vehicular y la percepción del impacto ambiental. La población estuvo conformada por 5735 habitantes y la muestra fue de 397 pobladores seleccionados mediante encuesta estructurada. El procedimiento metodológico se basó en un enfoque cuantitativo con diseño no experimental longitudinal, empleando análisis documental, entrevistas y encuestas como instrumentos para evaluar percepción, afectaciones viales y condiciones ambientales. Los resultados evidencian que más del 58% de pobladores apoyan la construcción del puente, mientras que más del 59% considera que mejora la transitabilidad, y más del 71% reconoce beneficios socioeconómicos asociados. La conclusión principal establece que existe una relación directa entre la construcción del puente y la mejora del servicio vehicular, demostrando beneficios económicos, sociales y ambientales para la población.

Gertzson, (2025) plantea como objetivo evaluar el impacto del Puente Galvis Tarazona en la mejora de la transitabilidad vehicular y las condiciones socioeconómicas del distrito de San Diego. Las variables del estudio son la transitabilidad vehicular y el impacto social percibido por los usuarios. La población estuvo conformada por residentes y conductores del distrito, seleccionándose una muestra mediante encuestas dirigidas a usuarios frecuentes del puente. El procedimiento metodológico se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo no experimental, empleando encuestas estructuradas,

observación del flujo vehicular y medición comparativa de tiempos de desplazamiento. Los resultados indican que el puente redujo la congestión, mejoró la fluidez del tránsito y fortaleció la conexión interna del distrito. La conclusión principal señala que la infraestructura genera beneficios directos en la movilidad y promueve un incremento en la actividad económica local.

Guillen, (2021) este estudio tiene como objetivo principal el análisis y diseño estructural de un puente tipo viga losa de 18 metros de luz, ubicado sobre el río Chumbao, con el fin de mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en el distrito de Andahuaylas. Se emplearon métodos como el análisis de cargas dinámicas y estáticas, utilizando los softwares CSI Bridge y SAP 2000 para obtener momentos flectores, cortantes y deflexiones. La población de estudio se centró en los puentes viga losa de la región Apurímac, con la muestra tomada del puente Anccohuayllo. El procedimiento metodológico incluyó la recopilación de datos hidrológicos y geotécnicos existentes, junto con el dimensionamiento de la superestructura y subestructura. Los resultados mostraron que el diseño estructural propuesto es adecuado para soportar las cargas y mejorar significativamente la transitabilidad en la zona. La principal conclusión es que el puente Anccohuayllo será una infraestructura clave para reducir la congestión vehicular y peatonal en la región.

Farroñan, (2023) el objetivo de este estudio fue diseñar la estructura de un puente vehicular para mejorar la accesibilidad entre los sectores Monte Verde y San Luis, en el distrito de Mórrope, Lambayeque. Las variables consideradas fueron el tráfico vehicular, las características topográficas del terreno, y las condiciones hidrológicas del área. La población abarca a los residentes de Monte Verde y San Luis, y las empresas agroexportadoras cercanas. El procedimiento metodológico incluyó levantamientos topográficos con tecnología avanzada como drones y estación total, y el uso de software como Civil 3D y SAP 2000 para el análisis estructural. Los resultados indicaron dos alternativas de diseño, evaluando su eficiencia, seguridad y costos. En

conclusión, el diseño propuesto ofrece una solución eficiente para mejorar la conectividad y seguridad vial en la zona.

García, (2024) en la tesis “Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán – Huánuco – 2024”. Las variables estudiadas incluyen el tipo de superestructura, la distribución del acero, las dimensiones geométricas del puente, y las propiedades del concreto y acero. La población estuvo compuesta por los tres puentes existentes sobre el río Huancachupa, y se utilizó un diseño no experimental con una muestra no probabilística seleccionada de un puente específico en condiciones operativas. El procedimiento metodológico incluyó el análisis estructural con SAP2000 y la recolección de datos mediante observación directa y encuestas. Los resultados mostraron que la optimización mejora la seguridad y la fluidez del tráfico. En conclusión, se propone una mejora significativa en el comportamiento estructural, lo que garantiza una mayor durabilidad y funcionalidad del puente.

2.2 NORMATIVA VIGENTE

Las normas aplicables para la elaboración de expedientes técnicos de puentes en Perú son establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), destacando el Manual de Carreteras: Puentes (RD N° 19-2018-MTC14), que rige todos los aspectos de diseño, construcción y especificaciones. Este manual se complementa con otras normativas técnicas generales como las del diseño geométrico (RD N° 03-2018-MTC 14), suelos, geología, geotecnia y pavimentos (RD N° 10-2014-MTC14), y la de hidrología, hidráulica y drenaje (RD N° 20-2011-MTC14) y especificaciones técnicas generales para construcción (RD N° 22-2013-MTC/14), así mismo algunas directivas, como la Directiva N° 005-2005-MTC/14 sobre funciones de supervisión en obras de infraestructura vial, también son aplicables. Ley de Contrataciones del Estado (Ley N° 30225): Rige el proceso de contratación para la elaboración del expediente técnico, su aprobación y supervisión.

La norma AASHTO LRFD (Bridge Design Specifications) publicada el 2024, establece especificaciones para el diseño de puentes basado en el diseño de factores de carga y resistencia LRFD (Load and Resistance Factor Design), cuyo contenido fundamental presenta criterios estructurales (concreto, acero, madera, compuestos), cargas (vehiculares, sísmicas, térmicas, de viento, de impacto), diseño de cimentaciones, estribos, pilas, tableros, conexiones, etc. Su uso se ha difundido a nivel mundial y de Latinoamérica.

Otras normas internacionales son los Eurocódigos. EN 1992-2 específicamente para puentes de hormigón, que cubre aspectos como resistencia, capacidad de servicio, durabilidad y resistencia al fuego. EN 1993-2 para el diseño de puentes de acero. EN 1998 utilizado para garantizar la integridad y funcionalidad de los puentes ante sismos. EN 1991 considera cargas y acciones como la de tráfico que deben considerarse en el diseño de puentes.

2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS

- **Conectividad vial interprovincial:**

La conectividad vial interprovincial se refiere a cómo un sistema de carreteras une distintas provincias dentro de una región o país, facilitando el paso de vehículos y personas. Un puente vehicular sobre el río Tambo es esencial para mejorar esta conexión, permitiendo que los vehículos de transporte público interprovincial viajen entre provincias cercanas, como Moquegua y otras áreas del sur del Perú. Esta mejora haría más eficiente el sistema de transporte, acortando los tiempos de viaje y facilitando el acceso a recursos y servicios (Zapata, 2025).

- **Impacto socioeconómico de la infraestructura:**

El impacto socioeconómico de la infraestructura es clave para entender cómo los proyectos de construcción afectan a las comunidades y a la economía de la zona. Por un lado, mejorar las infraestructuras viales, como un puente vehicular, facilita el transporte de personas y productos, bajando los costos y aumentando la eficiencia económica. Esto beneficia al comercio

y facilita el acceso a mercados y servicios en áreas urbanas y rurales. Un puente entre provincias también ayuda a conectar diferentes zonas, lo que favorece el intercambio cultural y la creación de nuevas oportunidades laborales en sectores como el turismo y la agricultura (Sepúlveda, 2024). Por otro lado, la construcción de infraestructuras genera empleo, tanto en la fase de construcción como en el futuro. La creación de trabajos directos en la obra, la contratación de proveedores locales y el impulso de industrias como la producción de materiales de construcción mejora la economía local. Sin embargo, también se deben considerar posibles efectos negativos, como el desplazamiento de personas o la afectación de los ecosistemas, que deben manejarse adecuadamente para que los beneficios sean duraderos y justos para todos (Cajo et al., 2024).

- **Infraestructura resiliente:**

Una infraestructura resiliente es aquella que está diseñada para aguantar condiciones difíciles y los desafíos del entorno, como inundaciones, terremotos o el paso del tiempo, sin perder su funcionamiento. En el caso de un puente vehicular sobre el río Tambo, la resiliencia es esencial, ya que la zona es sísmica y el caudal del río puede variar. El puente debe ser capaz de soportar el tráfico de vehículos y resistir fenómenos climáticos y naturales, asegurando su durabilidad y seguridad a largo plazo (Sepúlveda, 2024).

- **Diseño de puente de múltiples fases:**

El diseño de un puente en varias fases significa construirlo paso a paso, dividiendo el proyecto en etapas que cubren áreas como la planificación, la estructura, la seguridad y cómo el puente se conecta con las carreteras existentes. Este método asegura que cada etapa se revise y mejore según las nuevas tecnologías y las condiciones del lugar. En el caso del puente sobre el río Tambo, esto podría incluir primero un puente temporal, seguido de la construcción final que cumpla con todos los requisitos de seguridad y eficiencia (Huaraca, 2024).

- **Puente de estructura mixta (acero y hormigón):**

Los Puentes de estructura mixta, utiliza las propiedades de dos materiales fuertes para hacer la estructura más eficiente y duradera. El acero se emplea en las partes que necesitan flexibilidad y resistencia a la tracción, como los cables o las vigas principales, mientras que el hormigón se usa en las áreas que soportan presión, como las bases y pilares. Esta combinación reduce el peso del puente sin perder resistencia, lo que hace que sea más económico y tenga mayor capacidad para soportar cargas (Rojas & Fernández, 2024).

Los puentes con estructura mixta son ideales para proyectos grandes, ya que se adaptan bien a distintos tipos de terreno y condiciones climáticas. En áreas sísmicas o con climas extremos, el acero ofrece la flexibilidad necesaria para resistir movimientos o vientos fuertes, mientras que el hormigón aporta estabilidad y durabilidad contra la corrosión y el desgaste. Además, este diseño facilita el mantenimiento, ya que las reparaciones pueden centrarse en el material que lo necesita, extendiendo la vida útil del puente (Acevedo, 2021).

- **Puente colgante:**

Un puente colgante es un tipo de puente que usa cables tensados para sostener su plataforma. Estos cables se fijan en torres altas situadas en ambos extremos del río o valle que el puente cruza. Son ideales para distancias largas donde otros puentes, como los de viga o arco, no pueden usarse porque no podrían soportar el peso o la distancia sin más soportes. Además, los puentes colgantes son flexibles y pueden resistir fuerzas naturales como viento o terremotos. Su diseño facilita el paso de vehículos, especialmente en terrenos difíciles o ríos grandes. Aunque su construcción es cara, los puentes colgantes son una solución duradera para superar grandes desafíos geográficos (Rueda, 2024).

- **Sostenibilidad en el diseño de infraestructuras:**

La sostenibilidad en el diseño de infraestructuras significa crear proyectos que reduzcan el impacto al medio ambiente, aprovechen mejor los recursos

naturales y mejoren la calidad de vida de las personas a largo plazo (Villaruel, 2024).

Un diseño sostenible debe usar materiales que tengan poco impacto ambiental, que sean resistentes y reciclables, ayudando a reducir las emisiones de carbono. Además, debe incorporar tecnologías que ayuden a ahorrar energía, como sistemas de energía renovable o soluciones que mejoren la eficiencia energética. También es importante que la infraestructura, como un puente vehicular, sea fuerte ante fenómenos naturales y pueda adaptarse a cambios en el clima, como lluvias intensas o terremotos. Esto asegura que el puente dure más tiempo, requiera menos reparaciones y siga siendo útil en el futuro. De esta manera, un diseño sostenible no solo ayuda al medio ambiente, sino que también reduce los costos y hace que las comunidades sean más fuertes frente a los desafíos del futuro (Santiago, 2022).

- **Accesibilidad y seguridad vial:**

La accesibilidad vial en el diseño de puentes implica garantizar que el puente sea fácil de usar para todos los vehículos, desde autos pequeños hasta camiones de gran tonelaje, sin que haya dificultades en el acceso o el tránsito. Esto incluye el diseño de rampas adecuadas, señalización clara y una distribución eficiente de carriles que permita un flujo constante de tráfico. Además, es crucial que el puente se adapte a las necesidades de la comunidad local, incluyendo accesos para transporte público y para personas con movilidad reducida (Rojas & Fernández, 2024).

Por otro lado, la seguridad vial se enfoca en reducir los riesgos de accidentes y asegurar que los usuarios del puente estén protegidos. El diseño debe incluir barreras de seguridad, iluminación adecuada y señales de advertencia para condiciones especiales, como fuertes vientos o lluvias. Además, el puente debe ser capaz de soportar cargas pesadas y resistir condiciones climáticas extremas, minimizando el riesgo de fallos estructurales que puedan poner en peligro a los conductores y peatones (Santiago, 2022).

- **Evaluación de la capacidad de carga del puente:**

La evaluación de la capacidad de carga del puente es fundamental para saber cuánto peso puede soportar de manera segura sin que la estructura se dañe. Este análisis toma en cuenta el tipo de materiales usados, el diseño del puente, las condiciones del terreno y las cargas que puede recibir, como vehículos pesados, cambios climáticos o terremotos. Los ingenieros realizan cálculos y simulaciones para asegurarse de que el puente pueda manejar el tráfico durante su vida útil. También se considera el aumento de vehículos o nuevos tipos de transporte en el futuro. Además, se evalúa cómo se comportará el puente en condiciones extremas, como tormentas o inundaciones. El objetivo es garantizar que el puente sea seguro no solo al principio, sino durante todo el tiempo, minimizando riesgos y reduciendo costos de mantenimiento (Delgado, 2023).

- **Cálculo de vida útil y mantenimiento del puente:**

El cálculo de la vida útil de un puente es esencial para determinar cuántos años puede funcionar de manera segura antes de que sea necesario realizar reparaciones importantes o reemplazarlo. Este cálculo tiene en cuenta factores como los materiales utilizados, las condiciones climáticas de la zona, el tipo de tráfico que soportará y las cargas a las que estará expuesto a lo largo del tiempo. Los ingenieros estructurales realizan modelos y simulaciones para predecir el desgaste de la estructura, considerando la fatiga de los materiales, la corrosión y otros factores que puedan reducir su durabilidad. Un cálculo preciso de la vida útil permite planificar su mantenimiento y asegurar su funcionamiento a largo plazo (Valencia, 2024).

El mantenimiento del puente es clave para prolongar su vida útil y garantizar su seguridad. El mantenimiento incluye inspecciones regulares, reparación de grietas o fisuras, limpieza de desechos acumulados y revisión de elementos estructurales como cables, vigas y bases. Además, deben considerarse las intervenciones necesarias para adaptarse a cambios en el tráfico o el entorno, como el aumento de vehículos pesados o las

modificaciones por fenómenos naturales como inundaciones o terremotos. Un programa de mantenimiento adecuado ayuda a identificar problemas a tiempo, evitando fallos graves y costosos, y asegurando que el puente siga siendo funcional y seguro durante su vida útil (Bellido, 2024).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo explicativa y de enfoque cuantitativo, ya que busca determinar y fundamentar técnicamente la relación causa–efecto entre las variables topográficas, geológicas, geotécnicas, hidrológicas y de tráfico, y el comportamiento estructural del puente vehicular propuesto sobre el río Tambo en Camata, Moquegua. Según Hernández Sampieri (2018), los estudios explicativos tienen como finalidad identificar las causas de los fenómenos y establecer relaciones entre variables, mientras que el enfoque cuantitativo se basa en la medición objetiva y el análisis numérico de datos. En ese sentido, el diseño estructural se sustenta en cálculos matemáticos, modelación estructural y aplicación de factores de carga y resistencia conforme a la normativa de la American Association of State Highway and Transportation Officials (2024), permitiendo garantizar seguridad, funcionalidad y durabilidad de la infraestructura mediante parámetros verificables y medibles.

3.1.2 Nivel de investigación

La investigación se enmarca en el nivel aplicado, ya que emplea conocimientos técnicos de ingeniería civil para dar solución a un problema real y específico: el diseño de un puente vehicular sobre el río Tambo en Camata, Moquegua. De acuerdo con Hernández Sampieri (2018), la investigación aplicada busca resolver situaciones prácticas mediante la utilización de teorías y métodos existentes. En este caso, se aplican criterios normativos como los establecidos por la American Association of State Highway and Transportation Officials (2024) para desarrollar una propuesta estructural técnica, viable y orientada a mejorar la conectividad y seguridad vial en la zona de estudio.

3.1.3 Justificación del enfoque aplicado

La investigación se justifica dentro del enfoque aplicado porque utiliza conocimientos técnicos y normativos existentes para resolver un problema real de infraestructura vial en Camata, Moquegua. De acuerdo con Hernández Sampieri (2018), este enfoque se orienta a la solución práctica de situaciones concretas mediante la aplicación de teorías y métodos previamente desarrollados. En este caso, se emplean criterios de diseño estructural y normativas como las de la American Association of State Highway and Transportation Officials (2024) para proponer un puente vehicular técnicamente viable que mejore la conectividad y seguridad vial en la zona.

3.2 DISEÑO DEL PROYECTO

3.2.1 Etapas del proyecto

El proyecto se desarrolló en cinco etapas técnicas secuenciales.

- La primera etapa correspondió al estudio topográfico, donde se realizó el levantamiento planialtimétrico georreferenciado del área de emplazamiento, obteniéndose curvas de nivel, perfiles longitudinales y secciones transversales necesarias para definir la ubicación, rasante y geometría preliminar del puente.
- La segunda etapa comprendió el estudio geológico y geotécnico, el cual incluyó exploraciones de campo, calicatas, perforaciones y ensayos de laboratorio para determinar la capacidad portante del suelo, parámetros de resistencia y el tipo de cimentación adecuada.
- La tercera etapa consistió en el estudio hidrológico e hidráulico, orientado a determinar el caudal de diseño con el periodo de retorno establecido, el análisis de socavación y la verificación de la altura libre y estabilidad hidráulica de la estructura.
- La cuarta etapa correspondió al estudio de tráfico, mediante aforos vehiculares y la proyección del Índice Medio Diario Anual (IMDA),

con el fin de establecer las cargas de diseño y dimensiones de la sección vial.

- La quinta etapa integró los estudios básicos en el diseño estructural del puente, aplicando el Manual de Carreteras: Puentes del MTC y las especificaciones de la American Association of State Highway and Transportation Officials (2024), garantizando la seguridad, funcionalidad y durabilidad de la infraestructura propuesta.

3.2.2 Herramientas y/o software utilizado

Para el desarrollo del proyecto se emplearon herramientas especializadas de acuerdo con cada estudio técnico. En el estudio topográfico se utilizó AutoCAD Civil 3D y software de fotogrametría para el modelado digital del terreno. En el análisis hidrológico e hidráulico se aplicaron HEC-HMS y HEC-RAS para la estimación de caudales y evaluación del comportamiento del río. El estudio de tráfico incorporó herramientas de simulación como VISSIM para la proyección del IMDA. Finalmente, el diseño estructural del puente se realizó mediante CSI Bridge y SAP2000, aplicando los criterios establecidos en el Manual de Carreteras: Puentes del MTC y las especificaciones de la American Association of State Highway and Transportation Officials (2024), garantizando precisión en el análisis y dimensionamiento estructural.

3.3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y FACTIBILIDAD

3.3.1 Análisis topográfico

El análisis topográfico se desarrolló mediante una metodología estructurada en cinco fases: planificación técnica, establecimiento de control geodésico, levantamiento topográfico terrestre, levantamiento fotogramétrico y procesamiento en gabinete.

En la fase de planificación se definió el área de intervención, se revisó la información cartográfica disponible y se elaboró el plan de trabajo de

campo, estableciendo logística, equipos y personal requerido para garantizar precisión y cobertura adecuada del levantamiento.

Figura 1

Ubicación de los BM de control para el proyecto puente Camata



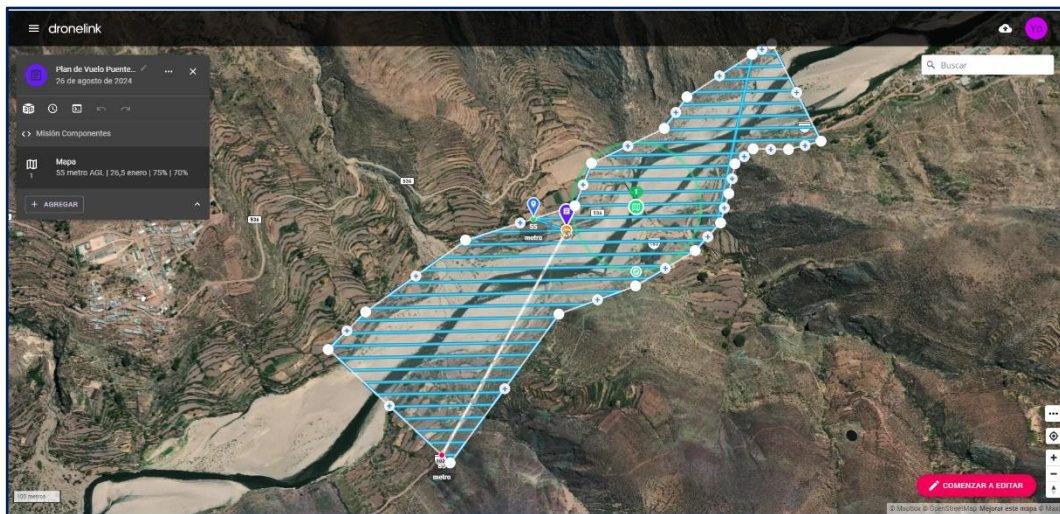
La fase de control geodésico comprendió la monumentación y georreferenciación de un punto geodésico de orden C y cinco Benchmarks (BM), referenciados al sistema UTM – WGS84 zona 19S mediante receptores GNSS de doble frecuencia. Se realizó el postproceso diferencial para asegurar precisión centimétrica en coordenadas planimétricas y altimétricas.

El levantamiento topográfico terrestre se ejecutó con estación total de precisión angular de 2", aplicando el método de radiación desde puntos de control establecidos. Se realizaron lecturas de distancias inclinadas, ángulos horizontales y verticales, registrando altura de instrumento y altura de prisma para la determinación de coordenadas y cotas. El control horizontal se efectuó mediante poligonal cerrada con vistas atrás, mientras que el control vertical se determinó a partir de las diferencias de nivel obtenidas durante el estacionamiento sucesivo del equipo.

Paralelamente, se desarrolló el levantamiento fotogramétrico mediante UAV, aplicando planificación de vuelo con definición de altura, velocidad, traslape longitudinal y transversal. Se colocaron puntos de fotocontrol terrestre previamente georreferenciados para asegurar la correcta aerotriangulación.

Figura 2

Plan de Vuelo para la recolección de topografía con UVA



En gabinete se efectuó el procesamiento y ajuste de datos topográficos, incluyendo corrección de coordenadas mediante puntos de control, generación de nube de puntos, modelo digital de elevaciones (MDE) y curvas de nivel con equidistancia de 0.25 m.

3.3.2 Análisis geológico y geotécnico

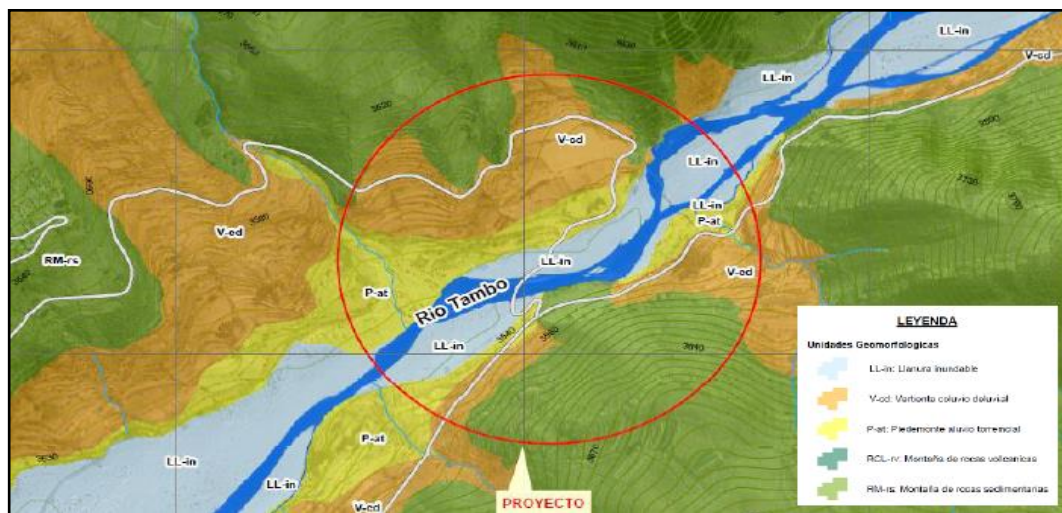
El análisis geológico y geotécnico se desarrolló mediante una metodología estructurada en cuatro fases: revisión de información secundaria, reconocimiento geológico de campo, exploración geotécnica directa y ensayos de laboratorio.

En la fase inicial se realizó la recopilación y análisis de cartografía geológica oficial, estudios previos del área y mapas regionales a escala 1:50 000, con

la finalidad de establecer el marco litoestratigráfico y geomorfológico preliminar del emplazamiento.

Figura 3

Mapa geología de influencia directa del proyecto puente Camata.



En la fase de reconocimiento geológico se efectuó inspección superficial del terreno en ambas márgenes del río, identificación de unidades geomorfológicas, evaluación de estabilidad de taludes y registro fotográfico de evidencias de dinámica fluvial.

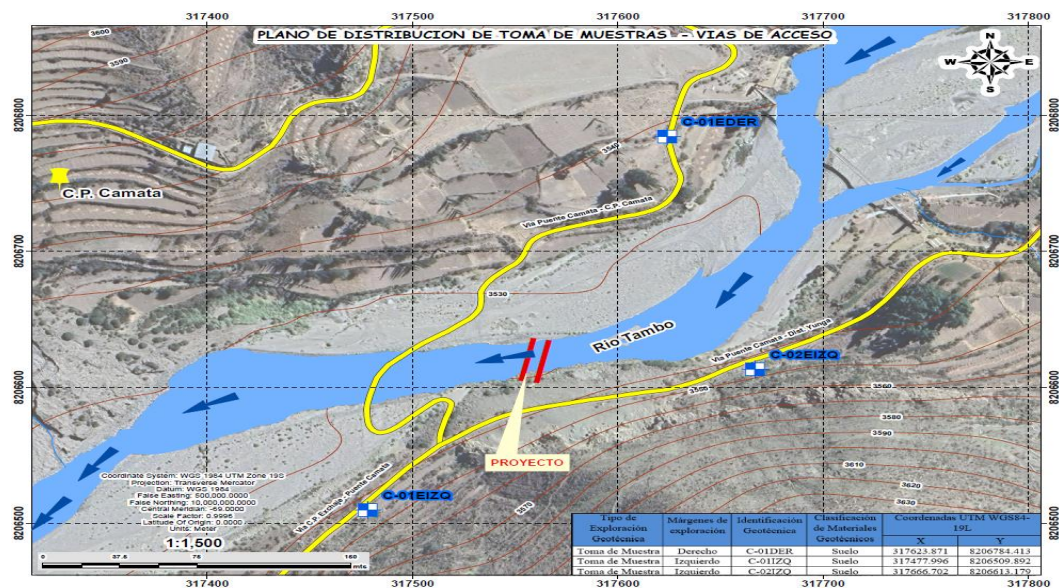
Figura 4

Identificación visual de las unidades litoestratigráficas.



La fase de exploración geotécnica comprendió la ejecución de calicatas en los puntos proyectados de cimentación, alcanzando las profundidades establecidas en el Manual de Puentes del MTC. Durante la excavación se realizó el registro estratigráfico manual–visual, descripción de textura, color, humedad y compacidad del material, así como la extracción de muestras representativas para laboratorio.

Figura 5
Puntos de toma de muestras geotécnicas del proyecto puente Camata.



La fase de laboratorio se desarrolló conforme al Manual de Ensayos de Materiales (EM-2016), normas ASTM y AASHTO. Se ejecutaron ensayos de análisis granulométrico, límites de consistencia, Proctor Modificado y CBR.

Figura 6
Criterios de clasificación para suelos granulares SUCS

DIVISIONES MAYORES			SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES	
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	Gravas Limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningún fino	$C_u > 4$ $1 < C_c < 3$	
		Gravas pobremente gradadas (mezcla grave arena, poco o ningún fino)	GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grave arena, poco o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para GW	
		Gravas limosas, mezcla grave-arena-limo	GM	Gravas limosas, mezcla grave-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $Ip < 4$	A los límites tales si están sobre la línea A con $4 < Ip < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
		Gravas arcillosas, mezcla grave-arena-arcillosas	GC	Gravas arcillosas, mezcla grave-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A o $Ip > 7$	
	Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, poco o ningún fino	$C_u > 6$ $1 < C_c < 3$	
		Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, poco o ningún fino	SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, poco o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas limosas mezcla de arena-limo	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $Ip < 4$	si el material está en la zona sombreada con $4 < Ip < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A o $Ip > 7$	
Suelos de grano fino (mas del 50 % del material para el tamiz No. 200)	Limos y arcillas (límite líquido w _L < 50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy fina, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Más del 12% - GM, GC, SM, SC De 5 a 12% - cas de frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras			
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	Limos y arcillas (límite líquido w _L > 50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o distórmicos, suelos elásticos			
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
	Suelos altamente orgánicos	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
		PI	Turba o otros suelos altamente orgánicos			

Figura 7
Criterios de clasificación de suelos AASTHO

CLASIFICACIÓN GENERAL		MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)							MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (MAS DEL 35% DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)				
CLASIFICACIÓN DE GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz													
No 10	38.8	50 max		51 min									
No 40	20.8	30 max	50 max										
No 200	8.1	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No 40													
Límite líquido	17												
Índice plástico	NP	6 max	6 max	N.P.	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	41 min 11 min
Índice de Grupo	0	0		0	0		4 max		8 max	10 max	16 max	20 max	20 max

3.3.3 Análisis hidrológico

El análisis hidrológico e hidráulico se desarrolló mediante una metodología estructurada en cinco etapas: delimitación de cuenca, análisis pluviométrico, modelamiento hidrológico, modelamiento hidráulico y evaluación de socavación.

En la primera etapa se realizó la delimitación de la cuenca hidrográfica que aporta escorrentía al punto de emplazamiento del puente, utilizando modelos digitales de elevación y cartografía base para determinar parámetros morfométricos como área, pendiente media, longitud del cauce principal y tiempo de concentración.

Figura 8
Delimitación de microcuenca para el proyecto puente Camata.



En la segunda etapa se recopiló y depuró información pluviométrica histórica de estaciones representativas. Se efectuó el análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno, aplicando distribuciones de probabilidad adecuadas para estimar lluvias de diseño.

En la tercera etapa se desarrolló el modelamiento hidrológico mediante el software HEC-HMS. Se definieron subcuencas, método de pérdidas por infiltración, transformación lluvia–escorrentía y parámetros hidrológicos como tiempo de concentración y coeficientes de escorrentía. Se generaron hidrogramas sintéticos para periodos de retorno establecidos, determinándose los caudales máximos de diseño. En la cuarta etapa se realizó el modelamiento hidráulico del cauce mediante HEC-RAS. Se incorporaron secciones transversales del río obtenidas del levantamiento topográfico, coeficientes de rugosidad de Manning y condiciones de borde aguas arriba y aguas abajo. Se evaluaron perfiles longitudinales de flujo, tirantes hidráulicos y velocidades del agua bajo condición de caudal máximo. En la quinta etapa se efectuó la evaluación de socavación, considerando socavación general del cauce y socavación local en estribos. Se aplicaron formulaciones empíricas reconocidas para estimar profundidad de erosión en función de velocidad, tirante y características del material del lecho. Se verificó que la profundidad de cimentación proyectada superara la cota de socavación estimada, garantizando estabilidad estructural frente a eventos extremos.

3.3.4 Análisis de tráfico

El análisis de tráfico se desarrolló mediante una metodología compuesta por etapas de campo y gabinete, orientadas a determinar la demanda actual, la composición vehicular y la proyección del tránsito para el diseño vial del puente. En la etapa de campo se establecieron dos estaciones de conteo ubicadas en puntos estratégicos del área de influencia. Se realizaron conteos continuos durante siete días consecutivos en cada estación, en régimen horario, con clasificación direccional y por tipo de vehículo. El registro incluyó vehículos ligeros, camionetas, combis, buses y camiones, diferenciando número de ejes en vehículos pesados.

vehículo, agrupando zonas homogéneas para identificar patrones de movilidad.

Para la determinación del tránsito medio se calculó el Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Índice Medio Diario Anual (IMDA), aplicando factores de corrección estacional (FCE) diferenciados para vehículos ligeros y pesados, Se empleó la siguiente relación matemática:

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FCE}$$

donde:

IMDS = Índice Medio Diario Semanal de la muestra vehicular
FCE = Factor de Corrección Estacional

Para la proyección del tránsito se utilizó el modelo de crecimiento compuesto:

$$T_n = T_0(1 + r)^n$$

donde:

T_0 = tránsito actual
 r = tasa anual de crecimiento
 n = año de proyección

Las tasas de crecimiento adoptadas fueron diferenciadas para vehículos ligeros y pesados según registros regionales. Finalmente, con base en la composición vehicular y el tipo más desfavorable identificado en el aforo, se definió el vehículo de diseño conforme a la normativa DG-2018 y reglamento de pesos y dimensiones.

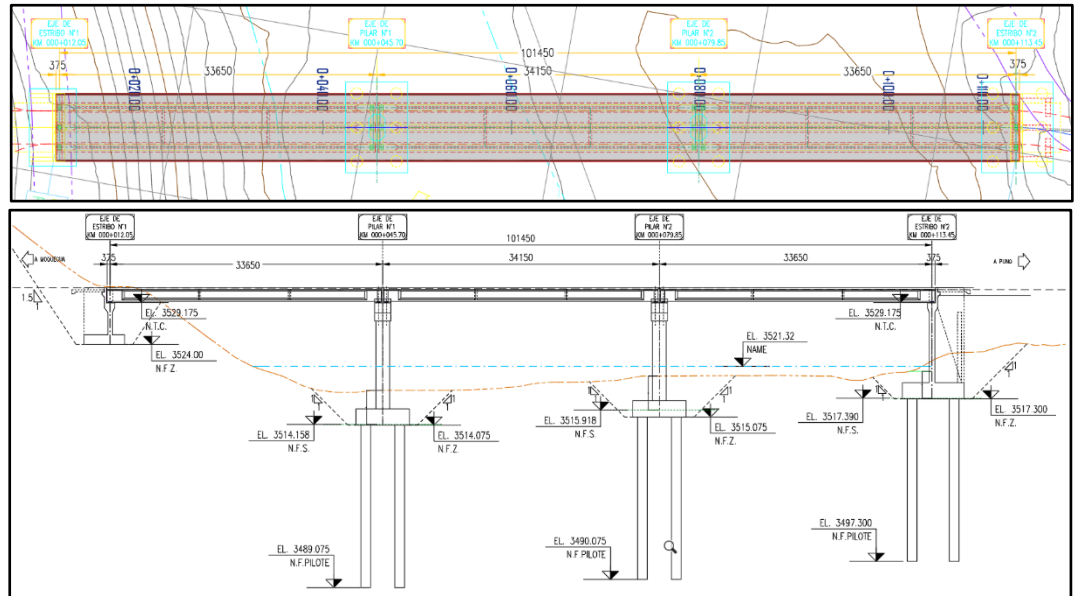
3.3.5 Análisis estructural

El análisis estructural se desarrolló bajo el enfoque de Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD), mediante una metodología secuencial que

comprendió predimensionamiento, determinación de acciones, modelamiento estructural, análisis por combinaciones de carga y diseño por estados límite.

Figura 10

Vista en planta y elevación del proyecto puente camata.



En la primera etapa se efectuó el predimensionamiento de la superestructura, definiendo el sistema estructural tipo viga–losa postensada, número de vigas principales, separación entre ejes, espesor de losa, altura de vigas y disposición de diafragmas. Este dimensionamiento preliminar se realizó considerando la luz estructural y criterios de esbeltez y rigidez.

En la segunda etapa se identificaron y cuantificaron las cargas actuantes sobre la estructura. Se consideraron cargas permanentes (peso propio de vigas, losa y elementos accesorios), cargas variables vehiculares, incremento dinámico, efectos térmicos, acciones sísmicas y fuerzas derivadas del postensado. Se definieron las combinaciones de carga correspondientes a estados límite de Servicio, Resistencia y Evento Extremo.

Figura 11
Camión de diseño HL-93.

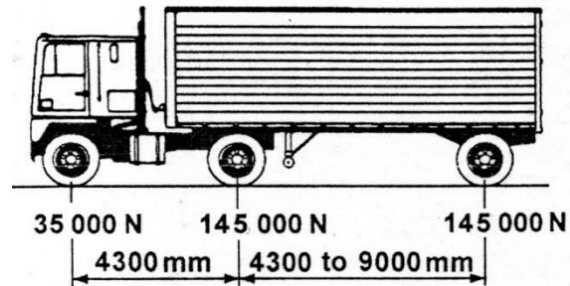
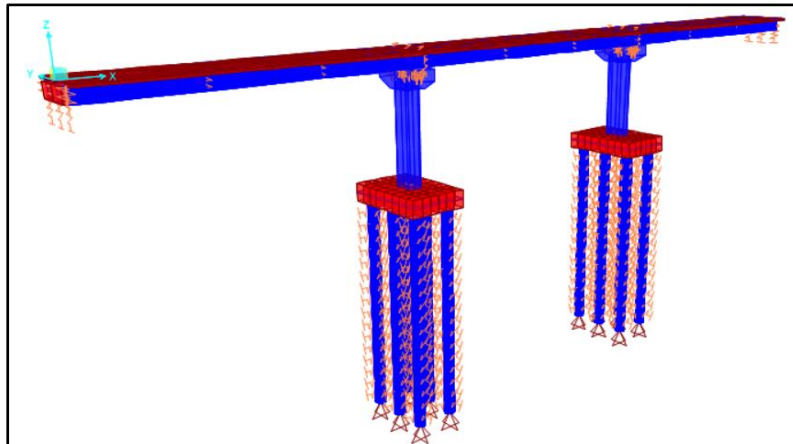


Tabla 1
Estados límites y factores utilizados en el proyecto puente Camata.

E. Límite	DC	DW	LL+IM	LS	PL	EH	EV	FR	BR	EQ
Resistencia I-a	1.25	1.50	1.75	1.75	1.75	1.50	1.35	1.00	1.75	0.00
Resistencia I-a	0.90	0.65	1.75	1.75	1.75	1.50	1.00	1.00	1.75	0.00
Resistencia I-a	1.25	1.50	1.35	1.35	1.35	1.50	1.35	1.00	1.35	0.00
Resistencia I-a	0.90	0.65	1.35	1.35	1.35	1.50	1.00	1.00	1.35	0.00
Resistencia IV	0.90	0.65	0.00	0.00	0.00	1.50	1.00	1.00	0.00	0.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Evento Extremo I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Evento Extremo I-a	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00

En la tercera etapa se desarrolló el modelamiento estructural tridimensional mediante software especializado. Las vigas fueron representadas como elementos tipo frame, la losa y diafragmas como elementos tipo shell, y los tendones de postensado como elementos tipo tendón, incorporando su trayectoria parabólica y pérdidas asociadas al sistema de preesfuerzo.

Figura 12
Modelo estructural del proyecto puente Camata.



En la cuarta etapa se ejecutó el análisis estructural bajo las combinaciones definidas, obteniendo diagramas de momentos flectores, fuerzas cortantes, fuerzas axiales y deformaciones. Para la evaluación sísmica se incorporó el espectro de respuesta correspondiente a la zona del proyecto, analizando el comportamiento en dirección longitudinal y transversal.

En la quinta etapa se desarrolló el diseño por estados límite. En estado límite de servicio se verificaron tensiones en el concreto antes y después de pérdidas de preesfuerzo. En estado límite de resistencia se evaluó la capacidad última a flexión y corte.

Para flexión se empleó la expresión general:

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Para corte:

$$V_n = V_c + V_s$$

aplicando los factores de reducción de resistencia correspondientes.

Finalmente, en la subestructura se evaluaron estribos y elementos de apoyo, verificando estabilidad estructural, transmisión de cargas hacia la

cimentación y compatibilidad con los parámetros geotécnicos previamente determinados.

3.4 PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN

3.4.1 Cronograma de actividades

El cronograma de actividades de la investigación se desarrolló en el periodo 2025–2026, organizado en cuatro fases: planificación, autorización, ejecución del proyecto y redacción final. Las actividades se distribuyeron de manera secuencial, permitiendo asegurar coherencia metodológica y cumplimiento de plazos académicos.

Tabla 2
Cronograma de actividades de investigación.

Nº	Actividades.	Tiempo (meses) 2025-2026						
		O	N	D	E	F	M	A
1.	Planificación del plan de investigación.							
1.1	Planteamiento del problema.	X						
1.2	Marco teórico.	X						
1.3	Diseño metodológico.	X						
1.4	Presentación del plan de investigación.	X						
2.	Autorización de ejecución.							
2.1	Presentación a Dirección de Investigación de la EPG.	X						
2.2	Aprobación.		X					
3.	Ejecución del proyecto de investigación.							
3.1	Preparación de instrumentos.		X					
3.2	Validación de instrumentos.		X					
3.3	Selección de muestras.			X				
3.4	Toma de datos de campos.			X				
3.5	Toma de datos de laboratorio.			X				
3.6	Sistematización y organización de datos.				X			
3.7	Análisis e interpretación de datos.					X		
4.	Redacción de la tesis.							
4.1	Redacción del informe.					X	X	
4.2	Redacción del artículo de investigación.						X	
4.3	Conclusiones y sugerencias.						X	
4.4	Sustentación							X

3.4.2 Asignación de recursos

La ejecución del proyecto de investigación requirió la asignación de recursos humanos, materiales y logísticos, necesarios para el desarrollo de actividades técnicas, análisis de información y redacción final del informe.

En cuanto a recursos humanos, se contó con personal de apoyo durante seis meses y un diseñador durante cuatro meses, responsables de la sistematización de información técnica, elaboración de gráficos y apoyo en la estructuración del documento final.

Respecto a los recursos materiales, se emplearon insumos de oficina (papel, tinta, folders, USB), equipos tecnológicos (computadora portátil, impresora y cámara fotográfica) y material bibliográfico físico y digital. Asimismo, se consideraron servicios de internet, ensayos de laboratorio, alquiler de camioneta para trabajo de campo, impresión de planos y alquiler de equipos menores.

Esta asignación permitió garantizar la ejecución técnica del estudio conforme al diseño metodológico establecido.

3.4.3 Costos y financiamiento

Los costos de ejecución de la investigación fueron estimados a precios reales, considerando personal, materiales, servicios y otros gastos operativos. El monto total ascendió a: S/ **28,353.00**

Tabla 3
Presupuesto del desarrollo de investigación.

Rubro	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Precio sub total
1. Personal				
-Personal de apoyo	Mes	06	360.00	2160.00
-Diseñador	Mes	04	1000.00	4000.00
2. Material y Equipo				
-Lapiceros.	Und.	12	2.00	24.00
-Papel bond 80g. A4.	Millar	02	26.00	52.00
-Folder.	Und.	24	0.50	12.00
-Tinta de impresora.	Und.	01	240.00	240.00
-Fotocopiado de hojas.	Ciento	04	10.00	40.00
-USB (16 GB).	Und	01	40.00	40.00
-Computadora portátil.	Und.	01	4500.00	4500.00
-Impresora A-4.	Und.	01	800.00	800.00
-Cámara fotográfica.	Und.	01	500.00	500.00
-Textos.	Und.	06	80.00	480.00
-Artículos digitales.	Und.	05	105.00	525.00
3. Servicios				
-Internet. (mensual)	Mes	06	50.00	300.00
-Ensayos de laboratorio	Glb.	20	240.00	4800.00
	Día	15	400.00	6000.00

-Alquiler de camioneta Pick cup (campo)				
-Impresión informe (Planos)	Und.	06	100.00	600.00
-Refrigerio.	Glb.	01	600.00	600.00
-Alquiler de equipos menores	Día.	30	70.00	2100.00
-Tipeo del informe.	Und.	01	80.00	80.00
4. Otros				
-Pasajes y refrigerios en ciudad	Glb.	01	500.00	500.00
Total S/.				28,353.00

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESARROLLO DEL PROYECTO Y VALIDACIÓN DEL DISEÑO

Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza en la región Moquegua, específicamente en la provincia de General Sánchez Cerro y el distrito de Ubinas, teniendo como ámbito directo de intervención a la localidad de Camata. De acuerdo con la definición del eje del puente y acceso, el puente Camata se ubica sobre el río Tambo, con un ancho de cauce promedio de 80 m. Su emplazamiento geográfico se sitúa aproximadamente a 3 590 m s. n. m., dentro del sistema de coordenadas UTM, con una posición de 317 525.85 m E y 8 206 628.00 m S, lo que permite definir con precisión el área de influencia y las condiciones territoriales relevantes para el desarrollo de las actividades proyectadas.

Figura 13
Ubicación del puente camata



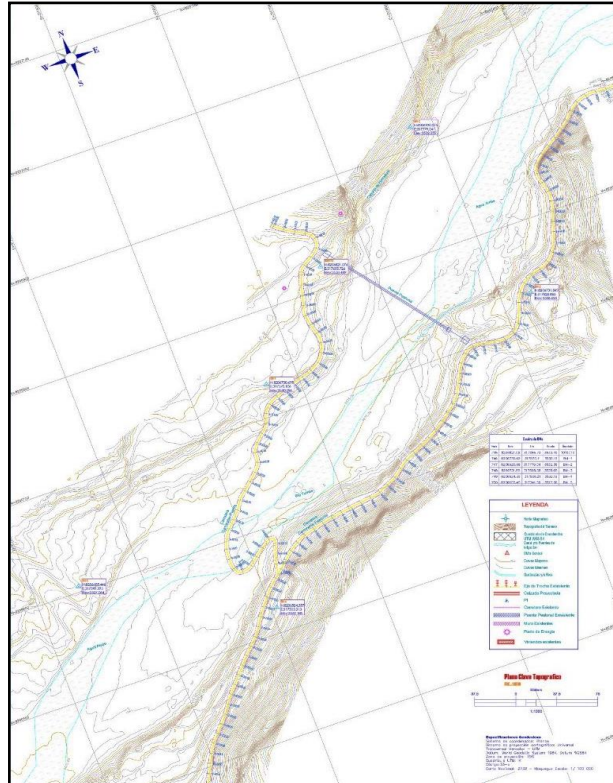
El puente vehicular Camata ha sido proyectado como una estructura de tipo viga-losa continua postensada, diseñada para establecer una conexión eficiente entre la carretera departamental MO-103 y la carretera vecinal MO-536, cruzando el río Tambo en los distritos de Ubinas y Yunga. Esta estructura forma parte de una infraestructura crítica que responde a exigencias geográficas, hidráulicas, geotécnicas y funcionales, las cuales han sido consideradas en detalle durante su diseño estructural.

4.1.1 Análisis Topográfico

El levantamiento topográfico permitió definir la configuración geométrica real del área de emplazamiento del puente. A partir del procesamiento planialtimétrico se determinó el eje definitivo del proyecto, estableciendo sus coordenadas en el sistema UTM WGS84 Zona 19S. La información obtenida permitió ubicar con precisión los puntos de apoyo estructural y garantizar la alineación recta del eje proyectado.

Figura 14

Alineamiento con curvas de nivel del proyecto puente Camata.



Las secciones transversales levantadas en el tramo de intervención permitieron medir el ancho físico del cauce en el punto de emplazamiento. El ancho natural medido entre márgenes estables fue de aproximadamente 80.00 m, valor obtenido directamente del levantamiento planialtimétrico. Asimismo, se identificaron taludes laterales con pendientes diferenciadas y variación en la configuración del lecho, información que fue utilizada para definir la posición de los estribos fuera del cauce activo.

El Modelo Digital de Elevación generado a partir del levantamiento permitió representar tridimensionalmente el terreno en el área de influencia inmediata. La resolución obtenida permitió generar curvas de nivel con equidistancia de 0.25 m, garantizando precisión en la definición de la rasante estructural y los accesos proyectados.

Figura 15
 Imagen DEM del vuelo UVA del proyecto puente Camata

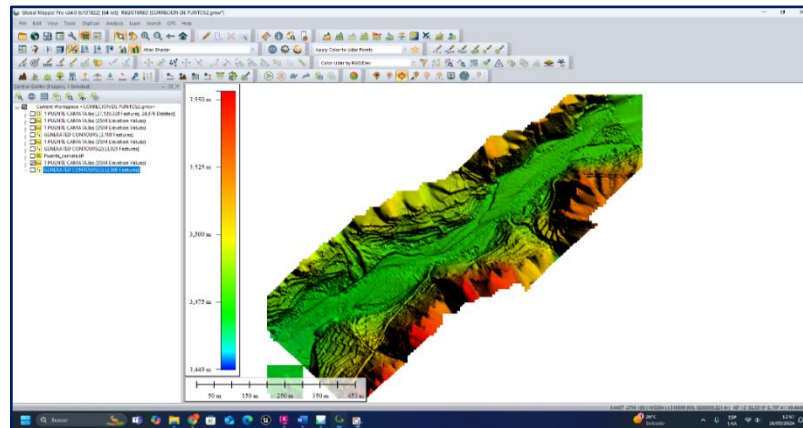
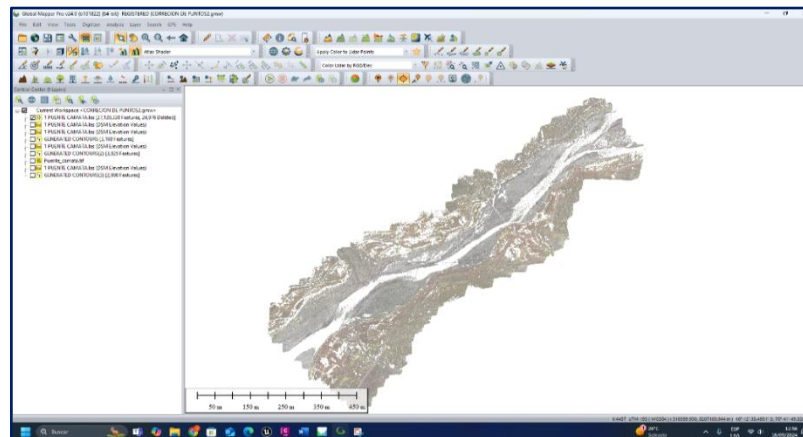


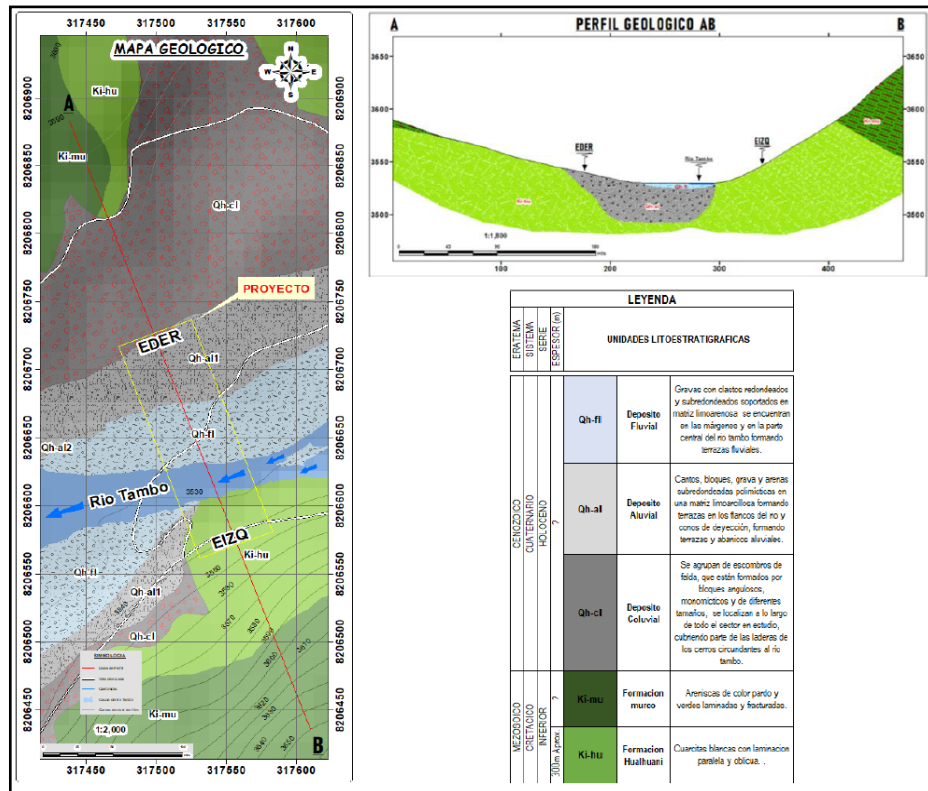
Figura 16
 Curvas de nivel producto del levantamiento Drone del proyecto puente Camata.



4.1.2 Análisis Geológico–Geotécnico

El reconocimiento geológico del área de emplazamiento permitió identificar que el terreno de fundación está conformado predominantemente por depósitos aluviales cuaternarios, constituidos por gravas con contenido de arena y finos variables. La evaluación superficial evidenció un cauce activo con materiales transportados y márgenes relativamente estables en el tramo seleccionado para el emplazamiento del puente.

Figura 17
Perfil estratigráfico geológico del proyecto puente Camata.



Las exploraciones mediante calicatas permitieron definir el perfil estratigráfico en ambos estribos. En el estribo derecho se identificó un material clasificado como GP (grava pobremente gradada), mientras que en el estribo izquierdo se registraron suelos tipo SC–SM y GC–GM según el sistema SUCS. Estos materiales presentan comportamiento granular predominante con contenido variable de finos.

Tabla 4

Resultados de la clasificación SUCS y AASHTO de los puntos de muestreo del proyecto puente Camata.

Calicata	Margen	Prof. (m)	Muestra	Estrato desde (m)	Estrato hasta (m)	N°4 (g)	N°10 (g)	N°40 (g)	N°200 (g)	LL	LP (%)	IP (%)	Humedad (%)	AASHTO	SUCS	Descripción
C-01DER	Derecha	1.70	Mab01	0.20	1.70	593.0	118.0	223.0	130.0	46.7	45.1	1.6	4.67	A-1-a (0)	GP	Grava pobremente gradada con arena
C-01IZQ	Izquierda	1.50	Mab01	0.20	1.50	202.0	42.0	112.0	129.0	24.9	19.2	5.8	3.38	A-2-4 (0)	SC-SM	Arena limo arcillosa con grava
C-02IZQ	Izquierda	1.50	Mab02	0.20	1.50	458.0	88.0	174.0	108.0	26.1	19.6	6.5	3.24	A-2-4 (0)	GC- GM	Grava limosa con arena

Los ensayos de laboratorio evidenciaron valores de CBR al 95 % de la máxima densidad seca comprendidos entre 11 % y 21 %, indicando capacidad de soporte adecuada para subrasante y condiciones favorables para la implantación estructural. No se registró presencia de nivel freático durante las excavaciones exploratorias.

Tabla 5

Resultados de la Capacidad de soporte de los suelos muestreados del proyecto puente Camata.

Calicata	Muestra	% Grava	% IP	% de humedad	Máxima densidad (g/cm ³)	Humedad óptima (%)	CBR (95%)
C-01DER	Mab01	50.4	1.6	4.67	2.11	6.84	21.40
C-01IZQ	Mab01	32.2	5.8	3.38	2.09	8.42	11.90
C-02IZQ	Mab02	49.2	6.5	3.24	2.19	7.22	15.90

El análisis sísmico del terreno permitió clasificar el perfil como tipo S2, correspondiente a suelos medianamente rígidos. Esta clasificación fue considerada para la definición de los parámetros sísmicos empleados en el análisis estructural. Asimismo, se estableció que la capacidad portante aumenta con la profundidad debido al mayor grado de compacidad de los estratos inferiores.

Con las muestras extraídas de campo para el laboratorio, se pudo hallar los parámetros físicos de los sondajes, donde los resultados muestran:

Tabla 6*Parámetros físicos de sondaje del proyecto puente Camata.*

Ubicación	Código	Profundidad	Contenido de Humedad %	Gravas %	Arenas %	Finos %	LL %	LP %	IP %	AASTHO	SUCS	Peso Volumetrico g/cm ³	Gravedad específica
PC-01	M-01	8.40-14.90	ROCA	ROCA	ROCA	ROCA	ROCA	ROCA	ROCA	ROCA	ROCA	-	ROCA
PC-02	M-01	0 - 8.20	5.7	42.5	51.3	6.1	-	NP	NP	A-1-a(0)	SP-SM	-	2.70
PC-02	M-02	8.20 - 16.00	28.5	0.0	95.0	5.0	NP	NP	NP	A-3(0)	SP	1.93	2.64
PC-02	M-03	16.00 - 20.30	74.4	0.00	17.1	82.9	35	26	9	A-4(7)	SM	1.91	2.64
PC-03	M-02	5.00-11.40	18.8	0.00	62.4	37.6	-	NP	NP	A-4(0)	SM	1.75	2.66
PC-03	M-03	11.40-21.70	30.7	0.00	10.6	86.4	32.0	25.0	7.0	A-4(6)	SM	1.88	2.64
PC-04	M-02	5.50-12.60	25.2	0.00	64.1	35.9	-	NP	NP	A-4(0)	SM	1.79	2.64
PC-04	M-03	12.60-15.80	29.6	0.00	12.1	87.9	36	26	10	A-4(9)	SM	1.84	2.63
CC-01	M-01	3.00	1.6	36.5	58.1	5.5	25.0	17.0	8.0	A-2-4(0)	SW-SC	-	-
CC-02	M-01	3.00	1.4	57.3	42.0	0.7	-	NP	NP	A-1-a(0)	GP	-	2.70
CC-03	M-01	3.00	1.9	49.6	47.5	2.9	-	NP	NP	A-1-a(0)	GP	-	2.69
CC-04	M-01	3.00	2.7	49.4	47.5	3.2	-	NP	NP	A-1-a(0)	GP	-	2.68

Tabla 7*Parámetros de esfuerzo cortante proyecto puente Camata.*

Ubicación	Código	Profundidad	Clasificación SUCS	cohesión kg/cm ²	Angulo de fricción (ϕ)	Densidad Seca g/cm ³	Densidad Humedad g/cm ³
PC-02	M-02	8.20 - 16.00	SM	0.07	33.5	1.49	1.93
PC-03	M-03	16.00 - 20.30	MH	0.25	23.8	1.39	1.87
CC-02	M-01	3.00	GP	41.7	0.00	1.74	1.77
CC-03	M-01	3.00	GP	40.6	0.00	1.80	1.84

Tabla 8*Resistencia a la compresión simple de roca*

Ubicación	Código	Profundidad	Material	Absorción %	Densidad g/cm ³	Porosidad %	Carga máxima kg	Esfuerzo de compresión (Kg/cm ²)
PC-01	M-02	8.40-14.90	ROCA	66.7	3.00	200	12434.06	395.4
PC-04	M04	15.80-20.10	ROCA	66.7	3.00	200	13305.71	422.9

Tabla 9
Resistencia a la compresión simple del suelo.

Ubicación	Código	Profundidad	Clasificación SUCS	Densidad g/cm ³	Esfuerzo de compresión (Kg/cm ²)
PC-02	M-03	16.00 - 20.30	SM	2.31	1.6
PC-03	M-03	11.40-21.70	SM	1.87	0.9

Se ha determinado el esfuerzo admisible en suelos y rocas, del suelo de fundación de la Estructura estos valores, han sido afectados por un factor de seguridad FS=3, obteniéndose:

Tabla 10
Profundidad y dimensiones de la cimentación del estribo izquierdo P01

METODO DE CALCULO: MEYERHOF KN/M ² - PARA UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 3.00								
Desplante Df.(m)	B=2.0	B=3.0	B=4.0	B=5.0	B=6.0	B=7.0	B=8.0	B=9.0
1.0	308.98	373.94	446.25	524.65	608.74	698.33	793.33	893.70
2.0	831.30	967.48	1127.46	1304.30	1495.71	1700.70	1918.77	2149.66
3.0	1322.97	1443.29	1605.48	1791.76	1996.23	2216.34	2450.82	2698.97
4.0	1869.95	1958.00	2114.18	2304.98	2519.22	2752.10	3001.24	3261.78
5.0	2472.23	2511.59	2653.57	2843.96	3064.69	3307.99	3562.91	3823.86
6.0	45909.44	43935.81	44786.73	46819.71	49415.82	52350.36	55524.29	58881.80

Nota: a partir de los 5.90 metros tenemos contacto con roca.

Tabla 11*Estribo izquierdo P-01*

Código	Material	Prof. (m)	Densidad gr/cm3	RMR promedio	Clase	Calidad	Compresión simple (Mpa)	Qadm kg/cm2	Asiento carga rígida (cm)
E. Izquierdo	Lutita	6.20	3.00	52	II	BUENA	0.3395	3.405	0.0224

Tabla 12*Profundidad y dimensiones de la cimentación del estribo izquierdo P02*

METODO DE CALCULO: MEYERHOF KN/M2 - PARA UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 3.00									
Desplante Df.(m)	B=2.0	B=3.0	B=4.0	B=5.0	B=6.0	B=7.0	B=8.0	B=9.0	
1.0	260.70	322.48	391.44	466.57	547.52	634.15	726.38	824.16	
2.0	446.51	506.66	579.10	659.74	747.22	840.97	940.67	1046.19	
3.0	655.28	707.01	779.53	863.65	956.31	1056.20	1162.66	1275.33	
4.0	887.00	923.53	992.74	1078.30	1174.78	1279.85	1392.34	1511.61	
5.0	1141.67	1156.22	1218.73	1303.70	1402.64	1511.92	1629.71	1755.01	
6.0	1419.30	1405.09	1457.49	1539.84	1639.89	1752.41	1874.77	2005.53	
7.0	1719.89	1670.12	1709.04	1786.72	1886.52	2001.31	2127.52	2263.18	
8.0	2043.43	1951.33	1973.37	2044.35	2142.54	2258.63	2387.96	2527.95	
9.0	2082.19	1929.47	1905.45	1934.68	1992.01	2066.66	2153.24	2248.76	
10.0	2348.44	2151.39	2107.81	2127.39	2180.02	2252.79	2339.27	2435.87	
11.0	2629.16	2383.47	2318.18	2326.80	2373.87	2444.16	2530.07	2627.38	
12.0	2924.37	2625.72	2536.55	2532.93	2573.57	2640.75	2725.64	2823.31	
13.0	3234.05	2878.13	2762.92	2745.77	2779.11	2842.58	2925.97	3023.64	
14.0	3558.22	3140.71	2997.31	2965.32	2990.51	3049.63	3131.07	3228.38	
15.0	3896.86	3413.44	3239.69	3191.57	3207.75	3261.92	3340.95	3437.52	
16.0	4249.98	3696.35	3490.08	3424.54	3430.83	3479.43	3555.58	3651.08	
17.0	2533.79	2159.12	2001.75	1931.62	1905.35	1904.39	1919.43	1945.31	

METODO DE CALCULO: MEYERHOF KN/M2 - PARA UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 3.00								
Desplante Df.(m)	B=2.0	B=3.0	B=4.0	B=5.0	B=6.0	B=7.0	B=8.0	B=9.0
18.0	2704.49	2291.86	2116.31	2035.90	200333	1998.32	2010.72	2034.90
19.0	288030	2428.14	2233.63	2142.49	2103.29	2094.01	2103.60	2125.96
20.0	3061.22	2567.97	2353.71	225137	2205.24	2191.45	2198.08	2218.49

Tabla 13

Profundidad y dimensiones de la cimentación del pilar derecho P03

METODO DE CALCULO: MEYERHOF KN/M2 - PARA UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 3.00								
Desplante Df.(m)	B=2.0	B=3.0	B=4.0	B=5.0	B=6.0	B=7.0	B=8.0	B=9.0
1.0	394.83	460.79	535.37	616.68	704.11	797.38	896.35	1000.95
2.0	595.08	656.44	733.11	819.19	912.73	1012.87	1119.19	1231.45
3.0	814.09	864.00	939.24	1027.90	1126.00	1231.86	1344.61	1463.78
4.0	1056.05	1087.74	1158.15	1247.34	1348.66	1459.26	1577.72	1703.23
5.0	1212.33	1191.49	1223.97	1279.54	1348.14	1425.43	1509.28	1598.46
6.0	1423.45	1374.72	1395.86	1446.70	1513.88	1591.66	1677.16	1768.79
7.0	1649.05	1568.11	1575.75	1620.58	1685.48	1763.11	1849.80	1943.52
8.0	1889.13	1771.67	1763.64	1801.16	1862.92	1939.79	2027.22	2122.67
9.0	2143.69	1985.39	1959.55	1988.45	2046.20	2121.70	2209.40	2306.22
10.0	2412.73	2209.28	2163.45	2182.45	2235.34	2308.85	2396.35	2494.17
11.0	2696.26	2443.32	2375.36	2383.16	2430.32	2501.22	2588.07	2686.54
12.0	1741.34	1534.82	1457.35	1431.79	1432.47	1448.34	1473.92	1506.14
13.0	1885.93	1649.43	1557.77	1524.35	1520.31	1533.28	1557.08	1588.27
14.0	2035.62	1767.59	1660.96	1619.20	1610.13	1619.97	1641.82	1671.86
15.0	2190.42	1889.29	1766.91	1716.34	1701.94	1708.42	1728.16	1756.90
16.0	2350.33	2014.54	1875.62	1815.78	1795.73	1798.64	1816.09	1843.41

METODO DE CALCULO: MEYERHOF KN/M2 - PARA UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 3.00								
Desplante Df.(m)	B=2.0	B=3.0	B=4.0	B=5.0	B=6.0	B=7.0	B=8.0	B=9.0
17.0	2515.34	2143.33	1987.10	1917.51	1891.50	1890.61	1905.61	1931.39
18.0	2685.47	2275.66	2101.35	2021.54	1989.25	1984.34	1996.72	2020.82
19.0	2860.70	2411.54	2218.36	2127.87	2088.99	2079.83	2089.43	2111.72
20.0	3041.04	2550.97	2338.13	2236.49	2190.71	2177.07	2183.73	2204.07

Tabla 14*Profundidad y dimensiones de la cimentación del pilar derecho P04*

METODO DE CALCULO: MEYERHOF KN/M2 - PARA UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 3.00								
Desplante Df.(m)	B=2.0	B=3.0	B=4.0	B=5.0	B=6.0	B=7.0	B=8.0	B=9.0
1.0	578.84	683.33	800.63	928.30	1065.53	1211.97	1367.44	1531.84
2.0	906.29	1003.77	1124.80	1260.51	1407.91	1565.74	1733.37	1910.44
3.0	1252.55	1332.65	1451.84	1591.90	1746.77	1913.84	2091.81	2279.97
4.0	1329.56	1322.99	1366.34	1431.42	1508.86	1594.61	1686.66	1783.89
5.0	1544.66	1509.01	1540.42	1600.43	1676.21	1762.26	1855.85	1955.43
6.0	1774.24	1705.19	1722.51	1776.14	1849.41	1935.15	2029.80	2131.37
7.0	2018.30	1911.54	1912.60	1958.57	2028.45	2113.27	2208.53	2311.73
8.0	2276.83	2128.05	2110.70	2147.70	2213.35	2296.62	2392.02	2496.49
9.0	2549.85	2354.72	2316.81	2343.55	2404.08	2485.20	2580.28	2685.66
10.0	2837.34	2591.56	2530.92	2546.10	2600.67	2679.01	2773.31	2879.23
11.0	3139.32	2838.56	2753.03	2755.37	2803.10	2878.05	2971.11	3077.22
12.0	3455.78	3095.72	2983.15	2971.34	3011.38	3082.32	3173.67	3279.61
13.0	2103.71	1841.01	1738.63	1700.70	1695.25	1708.58	1733.84	1767.23
14.0	2261.20	1964.58	1846.04	1799.05	1788.09	1797.95	1821.01	1853.05
15.0	2423.79	2091.68	1956.21	1899.70	1882.93	1889.09	1909.78	1940.33

16.0	5867.19	5190.74	4980.51	4962.01	5043.75	5186.50	5370.67	5585.36
17.0	6613.01	5801.09	5529.97	5480.40	5545.98	5681.11	5862.97	6078.91
18.0	7395.42	6437.23	6099.81	6015.93	6063.19	6189.13	6367.53	6583.81
19.0	8214.44	7099.15	6690.02	6568.58	6595.36	6710.58	6884.35	7100.07
20.0	9070.06	7786.86	7300.60	7138.36	7142.49	7245.45	7413.44	7627.70

Nota: a partir de los 12.80 metros tenemos contacto con roca.

Sismicidad

Para esta parte el diseño sismorresistente para el estribo corresponde a suelos medianamente rígidos (perfil tipo S2), con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180m/s y 500m/s. Según la Norma E.030.

De acuerdo con la clasificación de suelos según norma técnica peruana E-030 sismorresistente, se tiene clasificación de suelos tipo S2 con velocidades de corte V_{s30} (m/s) de 581.60 m/s para el MASW-01, para el MASW-02 un V_{s30} (m/s) de 259.30 y para MASW-03 un V_{s30} (m/s) de 324.20 se clasifica como un suelo de tipo intermedio; por su ubicación se encuentra en la zona 3 ($Z=0.35$) en donde se le asigna los siguientes parámetros sismo resistentes.

Tabla 15
Factores sísmicos de diseño.

PARAMETRO	VARIABLE	VALOR	FUENTE
FACTOR DE ZONA	Z3	0.35	NTE E030-ZONIFICACION
TIPO DE SUELO	S2	1.15	NTE E030-ZONIFICACION
TP (s)		0.60	NTE E030-ZONIFICACION
TL (s)		2.00	NTE E030-ZONIFICACION
Clase de sitio – Tipo y perfil de suelo	D	1.20	Tabla 2.4.3.11.2.1.1-1 Manual de puentes-2016

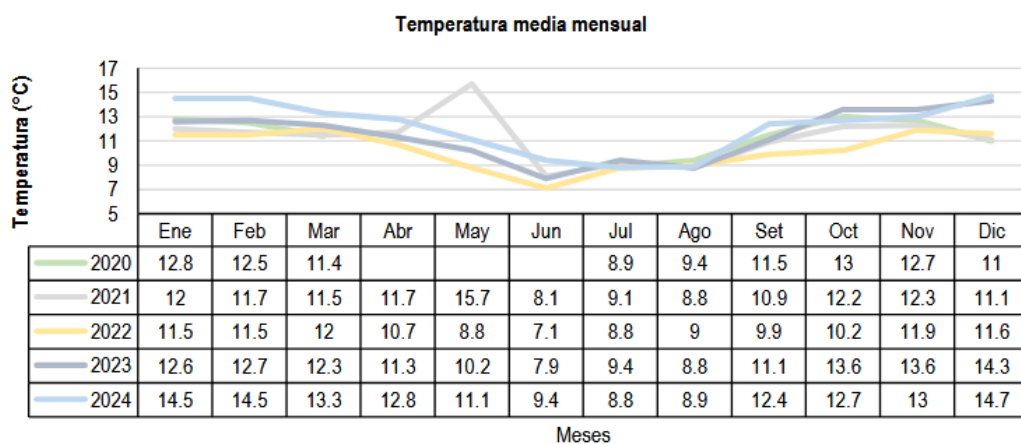
- En relación con los valores encontrados de: velocidad de onda corte (V_s), ensayos SPT, se podría decir que no se presentaría el fenómeno de licuación de suelos, más sin embargo el estrato arenoso encontrado tiene una potencia considerable que al estar saturada se podría generar el fenómeno de licuefacción, lo que se tendría que recomendar una cimentación profunda tipo Pilotes perforados tipos raíz de 1.20 de diámetro.
- El agente geodinámico interno principal es el movimiento sísmico que de manera regular están presentes a distintas magnitudes, de acuerdo con la zonificación sísmica de acuerdo con la norma sismorresistente E030, para cada zona se asigna un factor Z , el área del proyecto se encuentra ubicada en la Zona 3 ($Z=0.35$). En esta zona pueden ocurrir sismos de intensidad VII, con elevación local hasta IX grados en escala Mercalli Modificada.

4.1.3 Análisis hidrológico e hidráulico

Se presentan los datos de temperatura máxima, media y mínima. Según los datos obtenidos del SENAMHI, la temperatura mínima varía entre $-3.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $7.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que las temperaturas máximas oscilan entre $17.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $22.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estos rangos evidencian una marcada estacionalidad entre la época seca y la época húmeda. Los valores máximos de temperatura se registraron en los meses de noviembre de 2020 y 2023, mientras que las temperaturas mínimas más bajas se observaron en junio de 2022 y 2023, respectivamente.

Figura 18

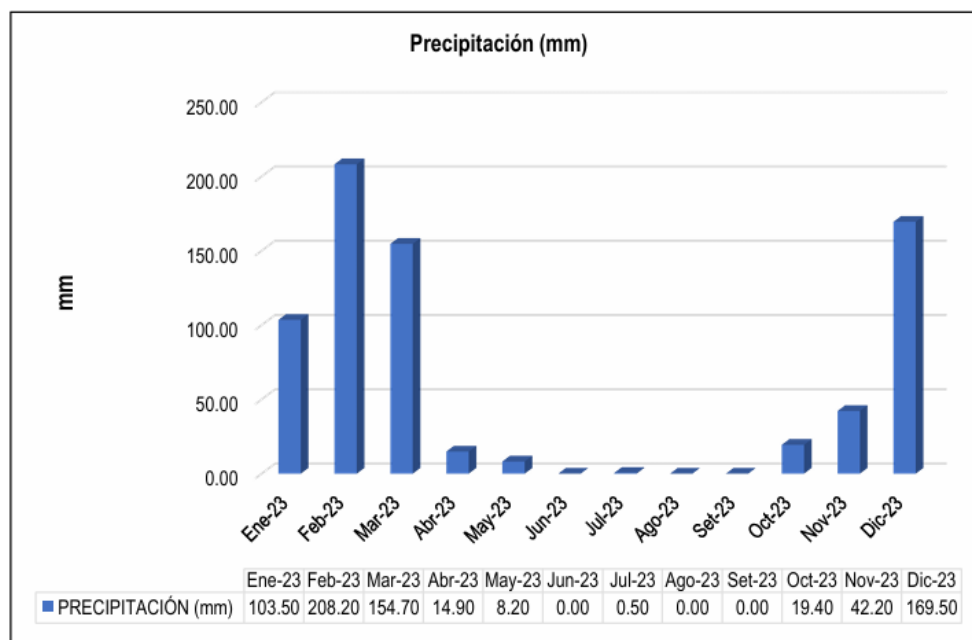
Registro de temperaturas de la estación ichuña.



Se presenta el promedio mensual de la precipitación total mensual de la estación meteorológica “Ichuña” registrada en un periodo de un año (2023), asimismo se aprecia la variación de la precipitación, lo que demuestra el carácter estacional de la precipitación, es decir que existe una época de lluvias, siendo el periodo de mayor precipitación fluvial de diciembre a marzo, y una época de estiaje durante los meses de junio a setiembre.

Figura 19

Precipitación acumulada mensual del proyecto puente Camata



El caudal máximo adoptado para el diseño estructural corresponde a 300.60 m³/s (140 años), valor asociado al periodo de retorno considerado para infraestructura vial de esta categoría. Este caudal constituye la condición hidráulica crítica para la verificación de altura libre y estabilidad del puente.

Tabla 16

Cálculo del caudal de retorno por periodo para el proyecto puente Camata.

Periodo de retorno (años)	Cuenca Camata (m ³ /s)
25	182.40
50	225.50
100	274.50
140	300.60
200	329.90
500	414.90

El ancho estable del río Tambo se ha estimado mediante las fórmulas que permiten estimar este parámetro, si bien es cierto cada formula establece un determinado valor de ancho estable, es importante los datos tomados en campo. Utilizando el método de Blench y Altunin, se ha obtenido un ancho igual a 108.71 m. Considerando esta metodología de Manning y Strickler se obtiene que el ancho estable del cauce es aproximadamente 78.52 m ancho, menor a la luz proyectada del puente. Hay que tomar en cuenta que, en la zona del puente proyectado. Se adopta un ancho estable de 80 m que es la que mejor se ajusta a la zona de desplante del puente.

Figura 20

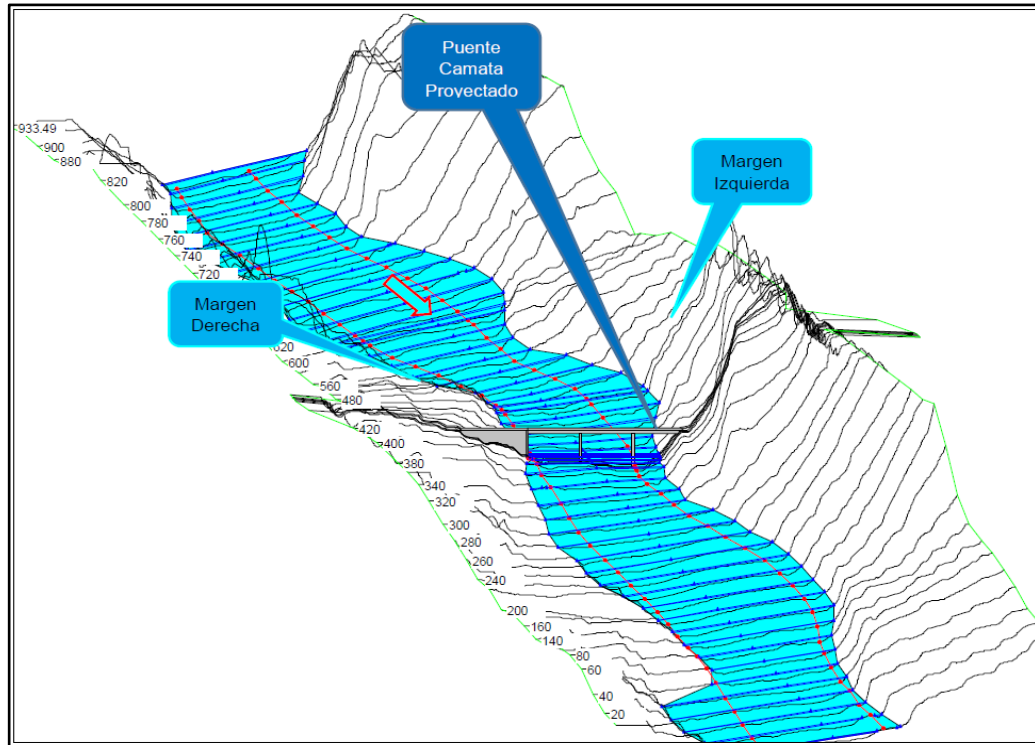
Determinación del ancho hidráulico del puente.

CALCULO HIDRÁULICO									
SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)									
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE CAMATA									
Q diseño (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE MANNING y STRICKLER			MÉTODO DE BLENCH y ALTUNIN		
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/3}) ^{1.49} (n K ^{0.54}) ^{3/(3+6m)}			B = 1.81(Q F _v /F _s) ^{1/2}		
300.60	Condiciones de Fondo de río	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores		B (m)
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Fondo y orillas de grava	2.9	50.28	Descripción	n	78.52	Factor de Fondo	F _v	108.71
				Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050	0.05		Material Grueso	1.2	
MÉTODO DE PETTIS			Descripción	K	Factor de Orilla		F _s		
0.005	B = 4.44 Q ^{0.5}			Material aluvial = 8 a 12	12		Materiales sueltos	0.1	
B (m)			Coeficiente de Tipo de Rio						
76.98			Descripción	m					
			Para cauces aluviales		1				
RESUMEN :									
MÉTODO						B (m)			
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON									
MÉTODO DE PETTIS						76.98			
MÉTODO DE MANNING y STRICKLER						78.52			
MÉTODO DE BLENCH y ALTUNIN						108.71			
*****> PROMEDIO B :						88.07			
*****> SE ADOPTA B :						80.00			
Se elige este ancho por adaptarse a la zona del puente.									

El modelamiento hidráulico determinó que el Nivel Máximo de Agua (NAME) en el eje del puente alcanza la cota 3521.32 msnm bajo condición de avenida de diseño. Con base en este nivel se verificó la rasante estructural, generándose un gálibo hidráulico superior a 7.80 m, valor que asegura libre paso del flujo sin interferencia con la superestructura.

Figura 21

Proyección 3D del puente Camata en el río Tambo.

**Figura 22**

Definición del Galibo mediante el cálculo del NAME.

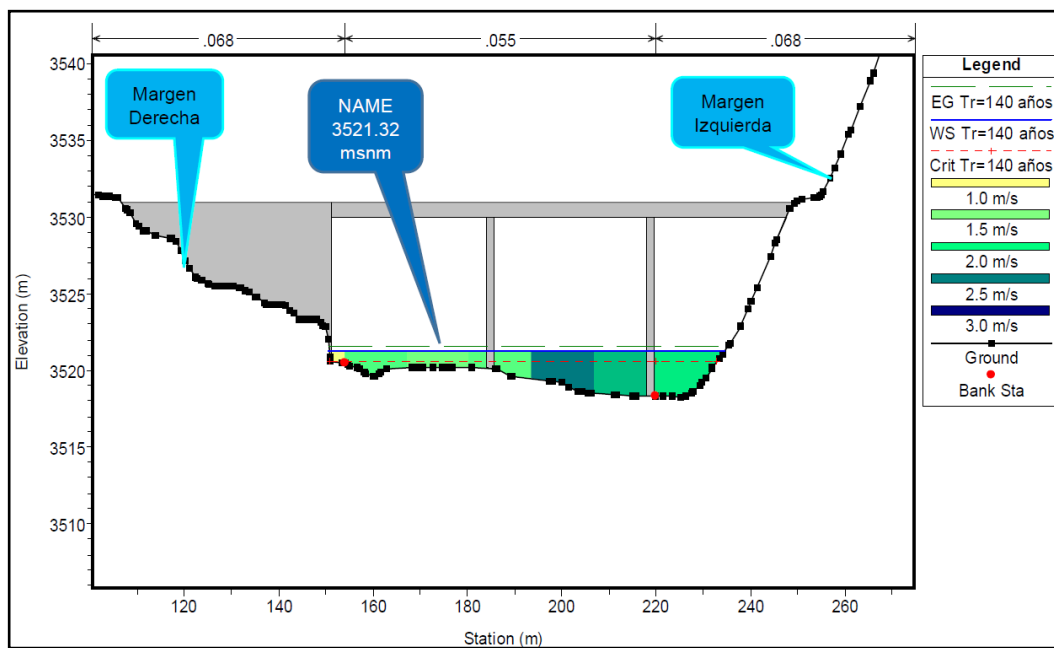


Tabla 17*Determinación del galibo del puente Camata.*

Puente	Aguas	Caudal tr=140 años (m ³ /s)	Luz hidráulica (m)	Cota de fondo del cauce (msnm)	Cota mínima fondo de viga (msnm)	Nivel máximo de agua tr=140 años (msnm)	Profundidad de agua tr=140 años (m)	Gálibo (m)
CAMATA	ARRIBA	300.6	>83	3518.28	3529.175	3521.32	3.04	7.86
CAMATA	ABAJO	300.6	>83	3518.11	3529.175	3521.28	3.17	7.89

La evaluación de socavación (Tr= 500 años) estableció profundidades máximas compatibles con la cota de fundación adoptada, garantizando estabilidad ante erosión general y local en condiciones de máxima avenida

Tabla 18*Determinación de la socavación total para elementos de apoyo del puente Camata.*

Socavación										Socavación total			
D50 (mm)	D95 (mm)	General (m)	Contrac. Izq (m)	Contrac. Der (m)	Contrac. Der (m)	Estribo 2 (m)	Estribo 1 (m)	Pilar 2 (m)	Pilar 1 (m)	Estribo 2 Total (m)	Estribo 1 Total (m)	Pilar 2 Total (m)	Pilar 1 Total (m)
10	350	1.33	0.00	0.02	0.27	1.80	0.00	2.56	2.56	3.13	0.00	4.18	4.16

Se asume Estribo 1 de 0.00 m, Estribo 2 de 3.30 m, Pilar 1 y 2 de 4.20 m. Las cotas del cauce respectivas en msnm son de 3529.86, 3521.04, 3518.4 y 3520.1. Las cotas del fondo de socavación total son: 3529.86, 3517.74, 3514.16 y 3515.92 para los estribos 1 y 2 y los pilares 1 y 2 respectivamente.

4.1.4 Análisis de Tráfico

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) corregido obtenido fue de 11 veh/día en la Estación 1 y 9 veh/día en la Estación 2, valores que caracterizan el tránsito actual del tramo evaluado. Estos indicadores permiten clasificar la vía como de muy bajo volumen vehicular, condición que influye directamente en la categoría funcional de la carretera y en los criterios de dimensionamiento estructural adoptados para el puente.

Tabla 19*Resultado del IMDA de la estación 1.*

Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total	IMDs	FC	IMDa	Distribución (%)
Automóvil	–	–	–	1	–	1	–	2	0	1.400	1	9.1
Station wagon	–	–	–	1	–	1	1	4	1	1.400	1	9.1
Camioneta (pickup/panel)	5	3	2	3	2	1	3	19	3	1.400	4	36.4
C. rural (combi)	2	1	–	1	1	2	–	7	1	1.400	2	18.2
Bus 2E	1	–	1	1	–	–	–	3	0	1.240	1	9.1
Camión 2E	1	1	–	1	1	1	1	6	1	1.240	2	18.2
Total	9	5	3	6	5	6	7	41	6	1.240	11	100.0

Tabla 20*Resultado del IMDA de la estación 2.*

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL	IMDs	FC	IMDa	Distribución (%)
Automóvil	0	0	0	1	1	2	3	7	1	1.400	2	22.2
Station Wagon	1	0	0	1	0	2	2	6	1	1.400	2	22.2
Camioneta (Pickup/Panel)	1	3	2	2	2	2	2	14	2	1.400	3	33.3
C. Rural (Combi)	0	0	0	1	1	0	2	4	1	1.400	1	11.1
Camión 2E	1	0	1	0	0	1	1	4	1	1.240	1	11.1
TOTAL	3	3	3	4	5	7	10	35	5	—	9	100.0

La proyección del tránsito al año horizonte, considerando la tasa de crecimiento adoptada en el estudio, determinó un flujo de 21 veh/día para la Estación 1 y 17 veh/día para la Estación 2, obteniéndose un IMDA total proyectado de 38 veh/día. Este valor representa la demanda vehicular esperada durante la vida útil del puente y constituye el parámetro base para verificar la capacidad estructural frente al tránsito futuro.

Tabla 21
Proyección del IMDA de la estación 1.

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Tráfico normal	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14	14
Automóvil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Station Wagon	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camioneta (Pickup/Panel)	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
C. Rural (Combi)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bus 2E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bus 3E																					
Bus 4E																					
Camión 2E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Camión 3E																					
Camión 4E																					
Tráfico generado	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
Automóvil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Station Wagon	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camioneta (Pickup/Panel)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
C. Rural (Combi)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bus 2E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camión 2E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tráfico desviado																					
IMD total	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	21	21	21	21

Se determino el EAL de diseño para 20 años, donde se obtuvo que el Eje equivalente final es 2.21 E+05 (221,118.10).

Tabla 23

Cálculo de Ejes Equivalentes de la estación 1.

Tipo de Vehículo	Factor Equivalencia	FC	FD	Factor de Presión Neumático	Ejes Equivalentes
Automóvil	0.0	1.0	1.0	1.0	15
Station Wagon	0.0	1.0	1.0	1.0	15
Camioneta (Pickup/Panel)	0.0	1.0	1.0	1.0	45
C. Rural (Combi)	0.1	1.0	1.0	1.0	2,519
Micro	4.5	1.0	1.0	1.0	–
Bus 2E	4.5	1.0	1.0	1.1	72,334
Bus 3E	3.3	1.0	1.0	1.1	–
Bus 4E	2.8	1.0	1.0	1.1	–
Camión 2E	4.5	1.0	1.0	1.1	108,501
Camión 3E	3.3	1.0	1.0	1.1	–
Camión 4E	2.8	1.0	1.0	1.1	–
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	6.5	1.0	1.0	1.1	–
Semitrayler (T2S3)	6.2	1.0	1.0	1.1	–
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	5.3	1.0	1.0	1.1	–
Semitrayler (T3S3)	5.0	1.0	1.0	1.1	–
Trayler (C2R2)	11.0	1.0	1.0	1.1	–
Trayler (C2R3)	9.8	1.0	1.0	1.1	–
Trayler (C3R2)	9.8	1.0	1.0	1.1	–
Trayler (C3R3)	8.5	1.0	1.0	1.1	–
E.E Totales					1.83E+05

Tabla 24

Cálculo de Ejes Equivalentes de la estación 2.

Tipo de Vehículo	Factor Equivalencia	FC	FD	Factor de Presión Neumático	Ejes Equivalentes
Automóvil	0.0	1.0	1.0	1.0	25
Station Wagon	0.0	1.0	1.0	1.0	25
Camioneta (Pickup/Panel)	0.0	1.0	1.0	1.0	34
C. Rural (Combi)	0.1	1.0	1.0	1.0	1,460
Micro	4.5	1.0	1.0	1.0	–
Bus 2E	4.5	1.0	1.0	1.1	–
Bus 3E	3.3	1.0	1.0	1.1	–
Bus 4E	2.8	1.0	1.0	1.1	–
Camión 2E	4.5	1.0	1.0	1.1	72,334
Camión 3E	3.3	1.0	1.0	1.1	–
Camión 4E	2.8	1.0	1.0	1.1	–
Semitrayler (T2S1 / T2S2)	6.5	1.0	1.0	1.1	–
Semitrayler (T2S3)	6.2	1.0	1.0	1.1	–
Semitrayler (T3S1 / T3S2)	5.3	1.0	1.0	1.1	–

Semitrayler (T3S3)	5.0	1.0	1.0	1.1	–
Trayler (C2R2)	11.0	1.0	1.0	1.1	–
Trayler (C2R3)	9.8	1.0	1.0	1.1	–
Trayler (C3R2)	9.8	1.0	1.0	1.1	–
Trayler (C3R3)	8.5	1.0	1.0	1.1	–
E.E Totales					7.39E+04

Características del trazo y diseño

En la actualidad la única normativa vigente es el manual de carreteras: diseño geométrico DG – 2018, toda vez que manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, manual que desarrollaba el diseño geométrico de trochas carrozables ha sido derogado, en tal sentido en este estudio se ha adoptado utilizar los datos proporcionados en el manual para Carreteras de Tercera Clase del DG –2018 teniendo en consideración la velocidad de diseño $V = 20$ km/h para vías de este tipo.

- Esta vía según la demanda (IMDA menor a 200 veh/día) se clasifica como trocha carrozable. Y la DG – 2018 recomienda que debe tener un ancho mínimo de 4.00 m, por lo que proyectamos una vía de 5.20 m.
 - a) Según su demanda: trocha Carrozable (considerada Carretera de tercera clase para aplicación de Norma DG – 2018).
 - b) Según su Orografía: Terreno Accidentado Tipo 3.

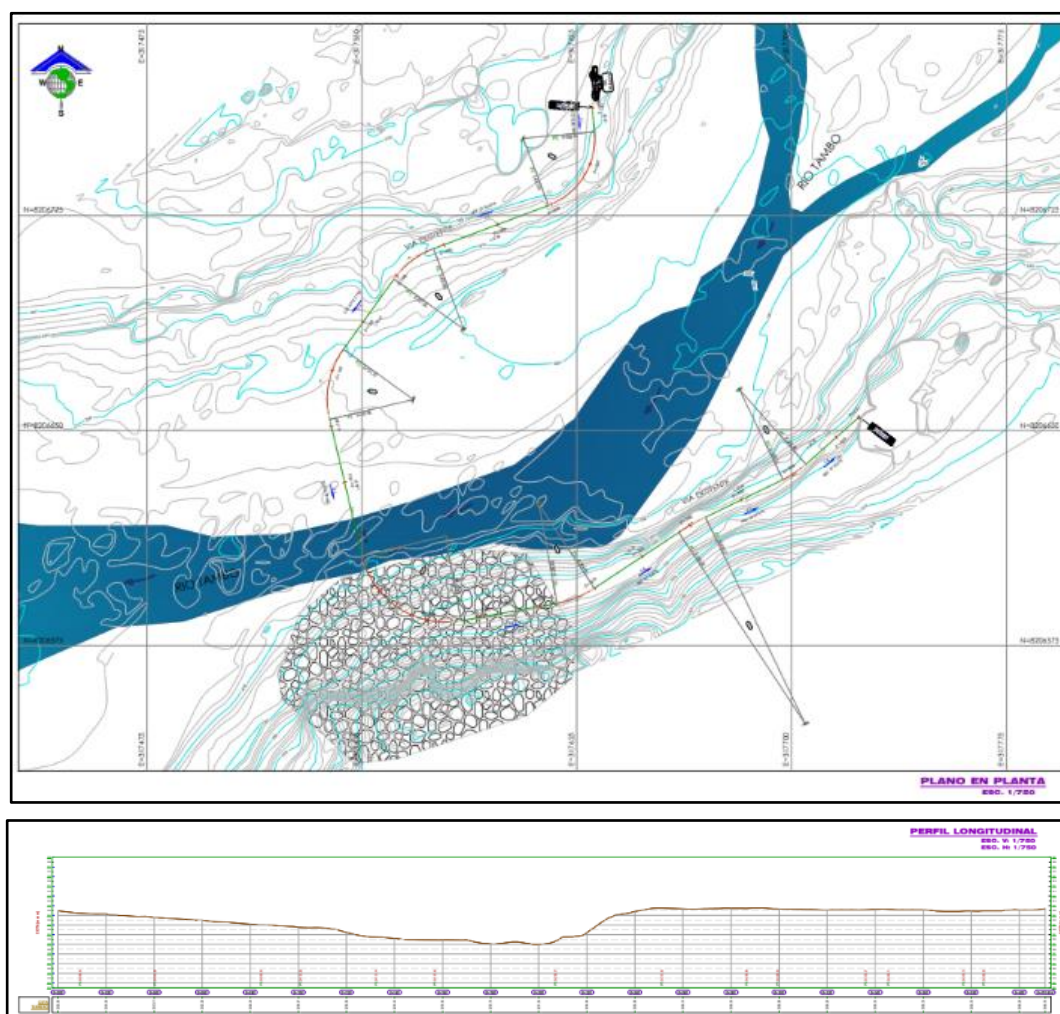
Tabla 25
Consideraciones de diseño del pavimento.

Ítem	Descripción / Valor
Longitud de acceso margen derecha	160.00 m
Longitud de acceso margen izquierda	190.65 m
Longitud de puente	70.00 m
Tipo de puente	Viga–losa
Clasificación vial por demanda	Trocha carrozable
Clasificación por orografía	Terreno accidentado (Tipo 3)
Espesor de losa de aproximación	0.20 m
Velocidad de diseño	20 km/h
Radio mínimo de curvatura calculada	2 500 m
Radio mínimo de curvatura en accesos	3 000 m
Radio considerado en el proyecto (ingreso y salida del puente)	MD = 30.00 m / LI = 30.00 m

Bombeo	2 %
Pendiente mínima de diseño	0.5 %
Pendiente máxima de diseño	10.00 %
Pendientes del proyecto	Mínima = 2.35 % / Máxima = 13.37 %
Peralte máximo	12 %
Ancho de vía	4.50 m
Berma	Sin berma

Figura 23

Diseño geométrico de la vía en planta y elevación.



Para determinar el espesor del afirmado se ha utilizado la ecuación establecida en el Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC (2014) para afirmados. El manual adopta como representativa la siguiente ecuación del

método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm; CBR = valor del CBR de la sub rasante;
Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño

Para un E.E Final = 2.21E+05 (221,118.10) y un CBR de subrasante de 11.90 (considerado el mas bajo) se tiene un espesor para afirmado de 188.37 mm, lo que se redondea a un espesor de 20 cm de material de cantera para afirmado.

El bajo volumen proyectado confirma que el puente atenderá principalmente tránsito local y transporte rural interprovincial, sin condiciones de congestión. No obstante, la presencia de vehículos pesados dentro del flujo registrado justificó la adopción del vehículo de diseño HL-93, conforme a normativa vigente, garantizando que la superestructura soporte las cargas más desfavorables independientemente del volumen total de tránsito.

4.1.5 Análisis y Diseño Estructural

Estudio del peligro sísmico

El análisis de la sismicidad para el Proyecto del Puente Vehicular se realizó considerando el tratamiento de la base de datos del Summer Institute in Statistical Genetics, para el periodo de 1960 al 2024. Se realizó una descripción de la sismicidad histórica y elaboración de mapas con la finalidad de tener un mejor conocimiento de los sismos ocurridos en los distritos de Ubinas y Yunga ha soportado sismos de diferente magnitud.

La actividad sísmica en la zona de estudio es una consecuencia de los procesos tectónicos que ocurren en esta región, tiende a mostrar que la Placa Litosférica

Océánica se sumerge debajo de la Placa Continental, proceso que se conoce con el nombre de Subducción, que no es uniforme, sino que varía de acuerdo a la distribución de los focos Sísmicos.

La zona donde se tiene proyectada la construcción del Puente Vehicular proyectado en la Región de Moquegua, presenta mayormente actividad sísmica con profundidades menores a 70 km que corresponde a una concentración epicentral e hipocentral particular.

La actividad sísmica que se presenta en la Placa Continental, se debe a fenómenos de plegamiento y fallamiento, que representarían una manifestación superficial del proceso de interacción de las placas de Nazca y Sudamericana. Se ha tenido que uniformizar las magnitudes considerando que las magnitudes de algunos sismos están dadas en Mb, MI, Ms y Mw entre sus derivados. Se determino los espectros de peligro uniforme para valores de probabilidad de excedencia y periodos de retorno típicos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 26
Probabilidad de excedencia y periodos de retorno.

Probabilidad de excedencia (%)	Período de exposición (años)	Período de retorno (años)
82.9	75	43
65.0	75	72
28.4	75	225
14.6	75	475
7.0	75	1 000
3.0	75	2 475

Los valores de aceleración obtenidos para la zona del proyecto del Puente Vehicular, considerando periodos de retorno de 43, 72, 225, 475, 1000 y 2475 años serán:

Tabla 27
Aceleraciones sísmicas según período de retorno.

Aceleración (g)	Período de retorno (años)					
	43 años	72 años	225 años	475 años	1000 años	2475 años

PGA	0.16	0.20	0.28	0.35	0.43	0.54
Ss	0.34	0.41	0.59	0.74	0.90	1.14
S1	0.12	0.15	0.22	0.28	0.35	0.44

Los parámetros sísmicos para la normalización del espectro de peligro uniforme a nivel del basamento rocoso para un periodo de retorno de 1000 años se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 28

Parámetros sísmicos de diseño del basamento rocoso.

Parámetro	Valor
Aceleración pico del terreno sobre roca ($A_s = \text{PGA}$)	0.43
Aceleración espectral para el período de 0.2 s (S_s)	0.90
Aceleración espectral para el período de 1.0 s (S_{d1})	0.35
Zona sísmica	3
Período de transición del espectro, donde el comportamiento pasa de independiente del período a inversamente proporcional al período (T_s)	0.39
Período de referencia que marca el inicio del espectro independiente del período (T_0)	0.08

Los parámetros sísmicos para la normalización del espectro de peligro uniforme a nivel de cimentación proyectado considerando los factores de sitio para un periodo de retorno de 1000 años se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 29

Parámetros sísmicos de diseño de sitio.

Parámetro	Valor
Aceleración pico del terreno ($A_s = \text{PGA}$)	0.46
Aceleración espectral para el período de 0.2 s (S_s)	1.03
Aceleración espectral para el período de 1.0 s (S_{d1})	0.60
Zona sísmica	4
Período de transición del espectro, donde el comportamiento pasa de independiente del período a inversamente proporcional al período (T_s)	0.58
Período de referencia que marca el inicio del espectro independiente del período (T_0)	0.12

Para el análisis estructural de pilares se considerará el espectro de diseño determinado para 1000 años de periodo de retorno. Los parámetros sísmicos para

el empuje en los estribos se realizarán para una demanda sísmica con un periodo de retorno de 1000 años, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 30

Parámetros sísmicos para un periodo de retorno de 1000 años.

Parámetros	Valor	Observación
PGA	0.43	PGA: Aceleración Pico (máximo) del Terreno.
Fpga	1.07	Fpga: Factor de Sitio.
kh = Fpga · PGA	0.46	kh: Coeficiente de la aceleración sísmica horizontal, asumiendo que el desplazamiento del muro sea cero.
Kh = 0.5 kh	0.23	Kh: Coeficiente de la aceleración sísmica horizontal. Se usa si el muro de los estribos es capaz de desplazamientos de 1.0 a 2.0 pulgadas o más durante el evento sísmico de diseño.
Kh = 1.0 kh	0.46	Para los muros de los estribos y otros muros que no presentan desplazamientos.
Kv	0.00	Kv: Coeficiente de la aceleración sísmica vertical. Para el propósito de calcular las presiones laterales del terreno (de acuerdo al Manual de Puentes).

Para el análisis de apoyos elastómeros u otros, se deberá considerar el espectro de diseño para 1000 años de periodo de retorno, el cual se especifica en el ítem 13.3, donde también se establece los parámetros sísmico necesarios. Los parámetros sísmicos para el análisis y diseño de sistema de aislamiento sísmico se determinaron para un periodo de retorno 2475 años, los cuales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 31

Parámetros sísmicos para un periodo de retorno de 2475 años.

Parámetro	Valor
Aceleración pico del terreno considerando los factores de sitio (As)	0.54
Aceleración espectral para el período 0.2 s (Sds)	1.19
Aceleración espectral para el período 1.0 s (Sd1)	0.68
Zona sísmica	4
Esquina del período en el cual los cambios de espectro pasan de ser independientes del período a ser inversamente proporcionales al período (Ts)	0.57

Período de referencia donde marca el inicio del espectro que es independiente del período (T_0) 0.11

Análisis y diseño del puente

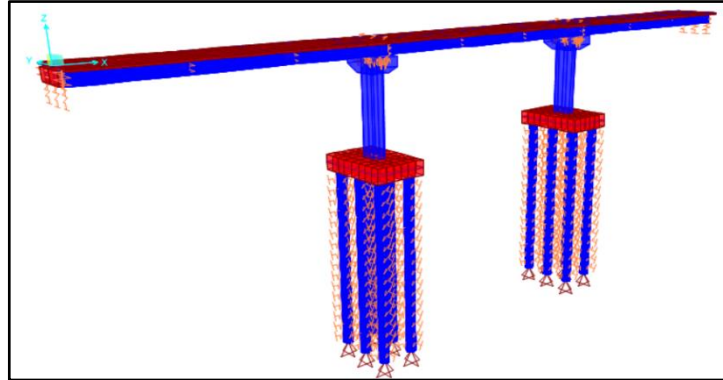
El puente vehicular proyectado presenta una longitud total de 101.40 m, estructurada en tres tramos continuos, configuración que permite una adecuada redistribución de esfuerzos y optimización del comportamiento estructural. La superestructura está compuesta por vigas longitudinales tipo AASHTO de concreto postensado, con una separación uniforme entre ejes y un peralte estructural de 1.60 m, integradas monolíticamente con una losa de concreto de 0.20 m de espesor. Esta configuración estructural fue adoptada considerando criterios de rigidez, eficiencia resistente y control de deformaciones, garantizando un comportamiento estable frente a cargas gravitacionales y móviles.

Tabla 32

Características estructurales para el análisis y diseño del puente.

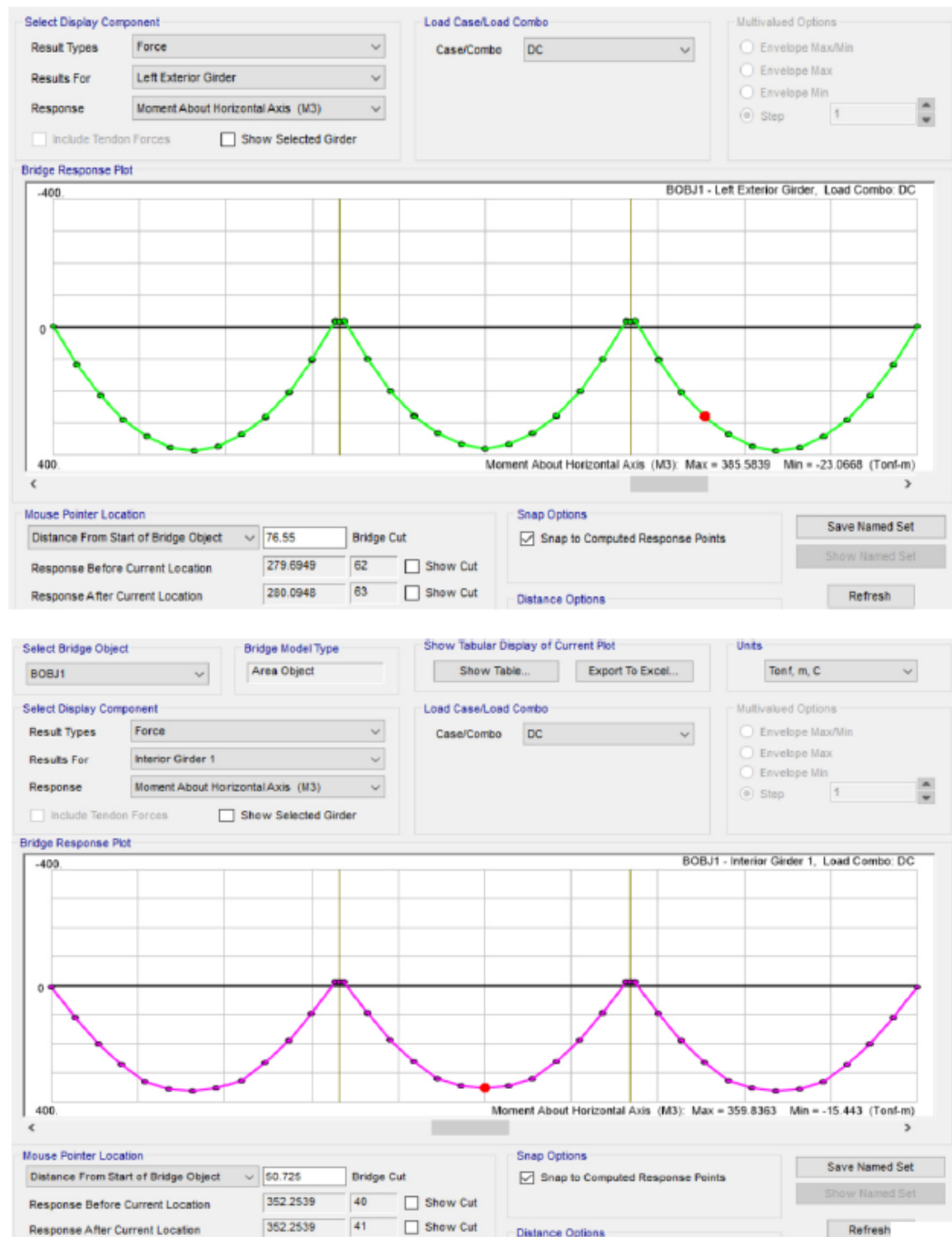
Parámetro	Descripción / Valor
Tipo estructural	Sistema viga–losa de concreto postensado
Longitud total estructural	101.40 m (33.85 m + 34.15 m + 33.85 m)
Número de tramos	3 tramos continuos
Luz libre	33.65 m (tramos extremos) y 34.15 m (tramo central)
Número de carriles	2 vías
Ancho de vía	2.60 m por carril
Ancho de calzada	5.20 m
Ancho de veredas	1.00 m (incluye barandas)
Ancho total del puente	7.20 m
Tipo de vigas	Vigas Tipo I de concreto postensado
Resistencia del concreto en vigas	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia del concreto en losa	$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
Espesor de losa	0.20 m
Subestructura	Estribos, pilares y pilotes de concreto armado
Sobrecarga de diseño	HL-93
Normativa de diseño	AASHTO LRFD 2020 y Manual de Puentes MTC (2018)
Gálibo estructural	Mayor a 2.50 m
Uso	Vehicular

Figura 24
Modelo estructural del puente Camata.



El análisis estructural permitió identificar las zonas críticas de sollicitación bajo las cargas permanentes (DC y DW) y cargas móviles con impacto dinámico (LL + IM). Los diagramas obtenidos evidencian máximos momentos positivos en el centro de vano y momentos negativos en apoyos intermedios, comportamiento coherente con un sistema continuo de tres tramos.

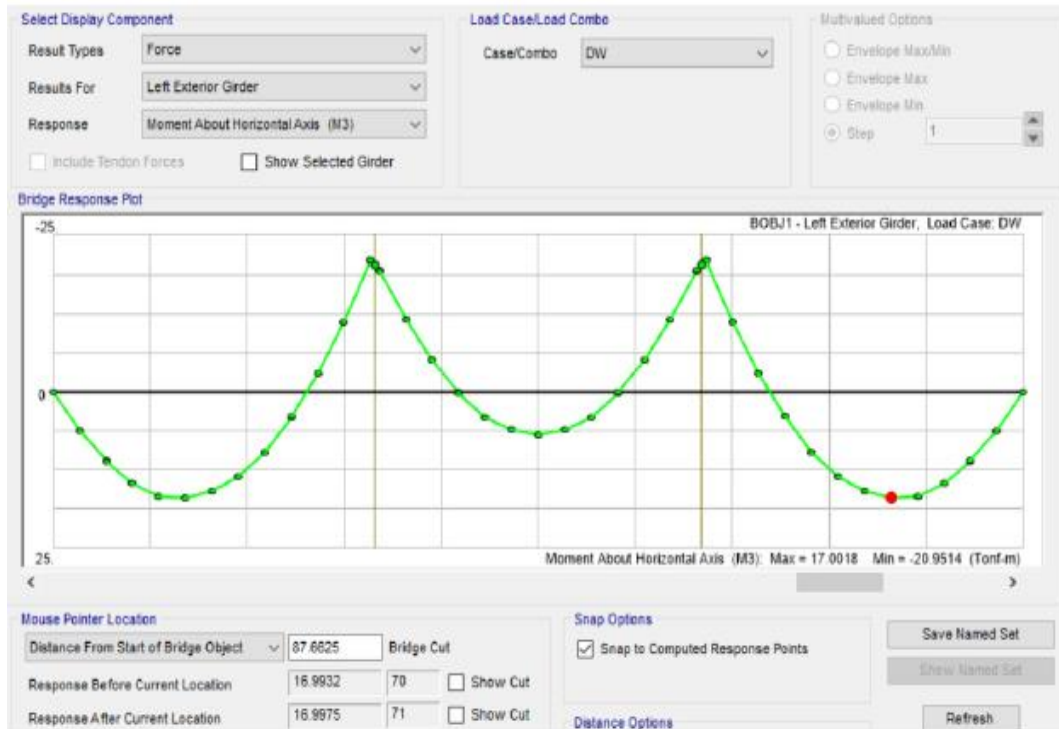
Figura 25
Diagrama de momentos de cargas permanentes (DC).



- DW

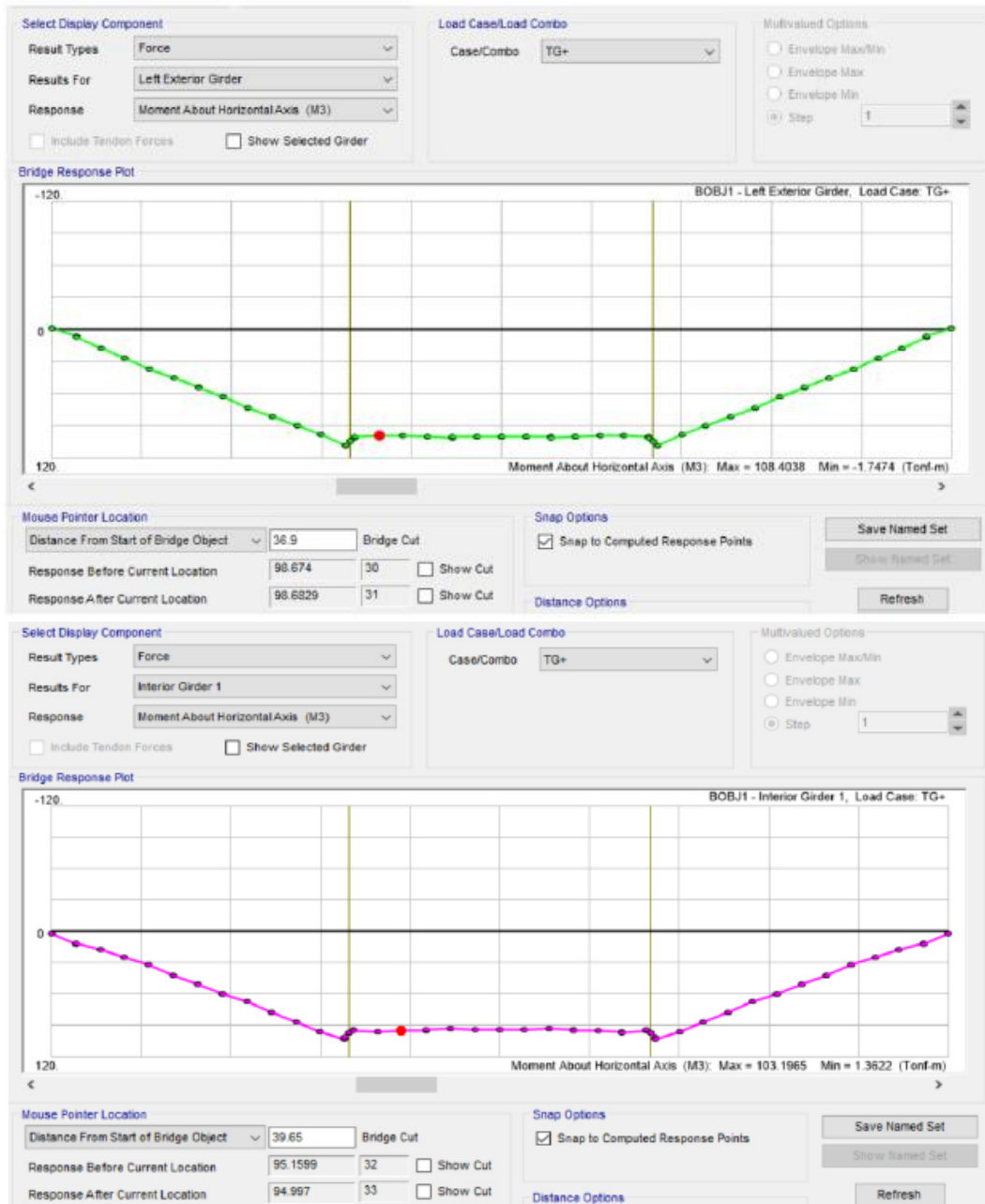
Figura 26

Diagrama de momentos de cargas superpuestas (DW).



- TG

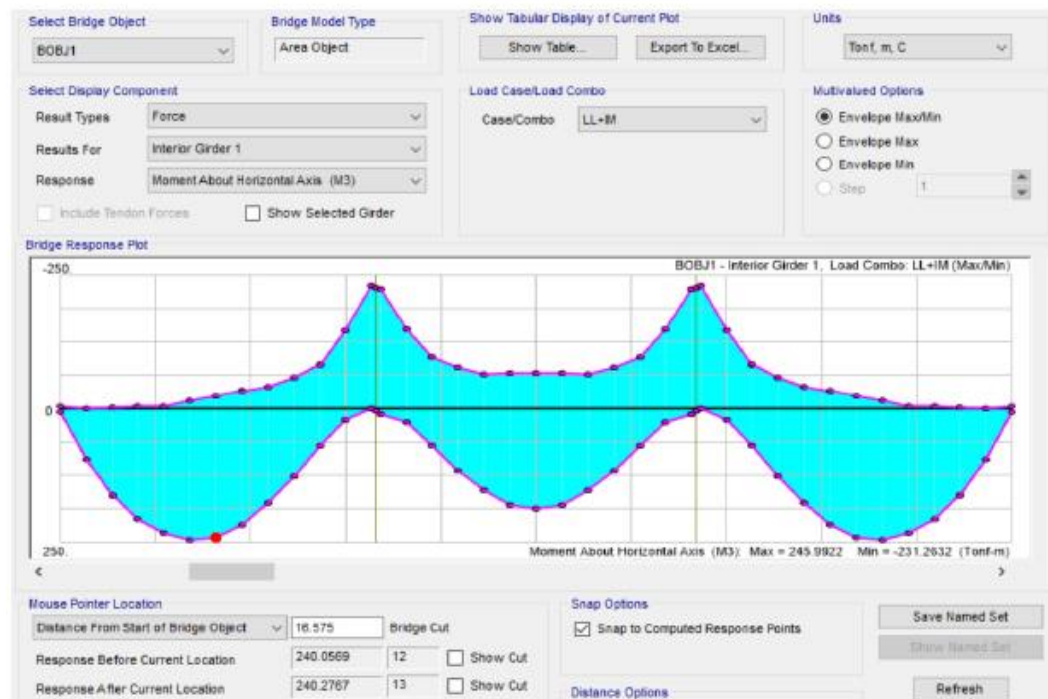
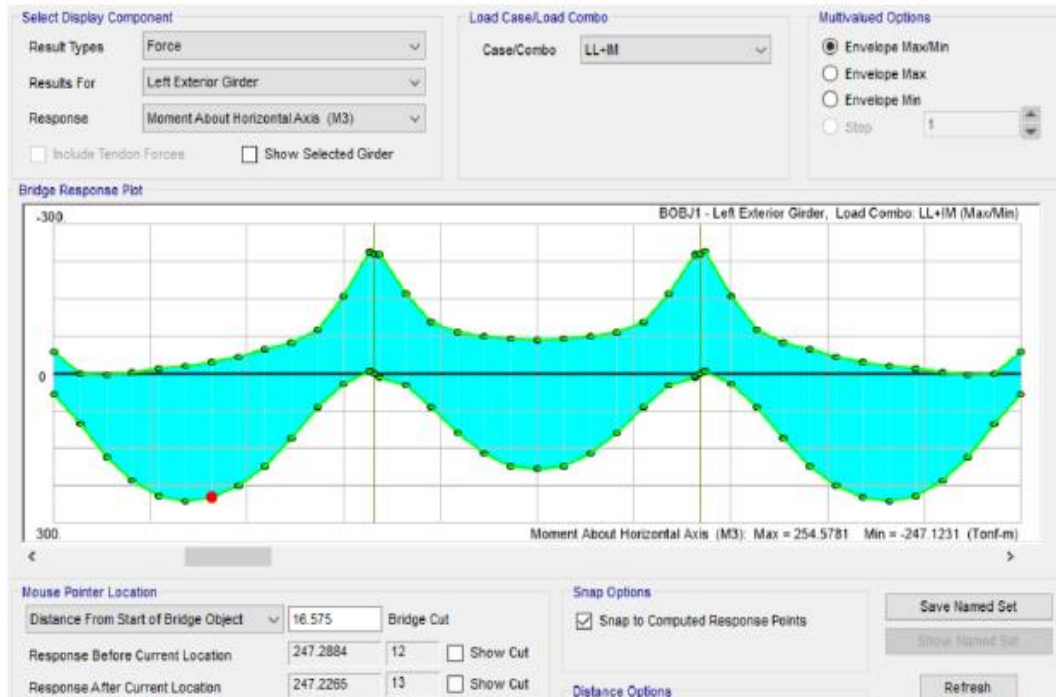
Figura 27
Diagrama de momentos de carga de postensado (TG).



- LL+IM

Figura 28

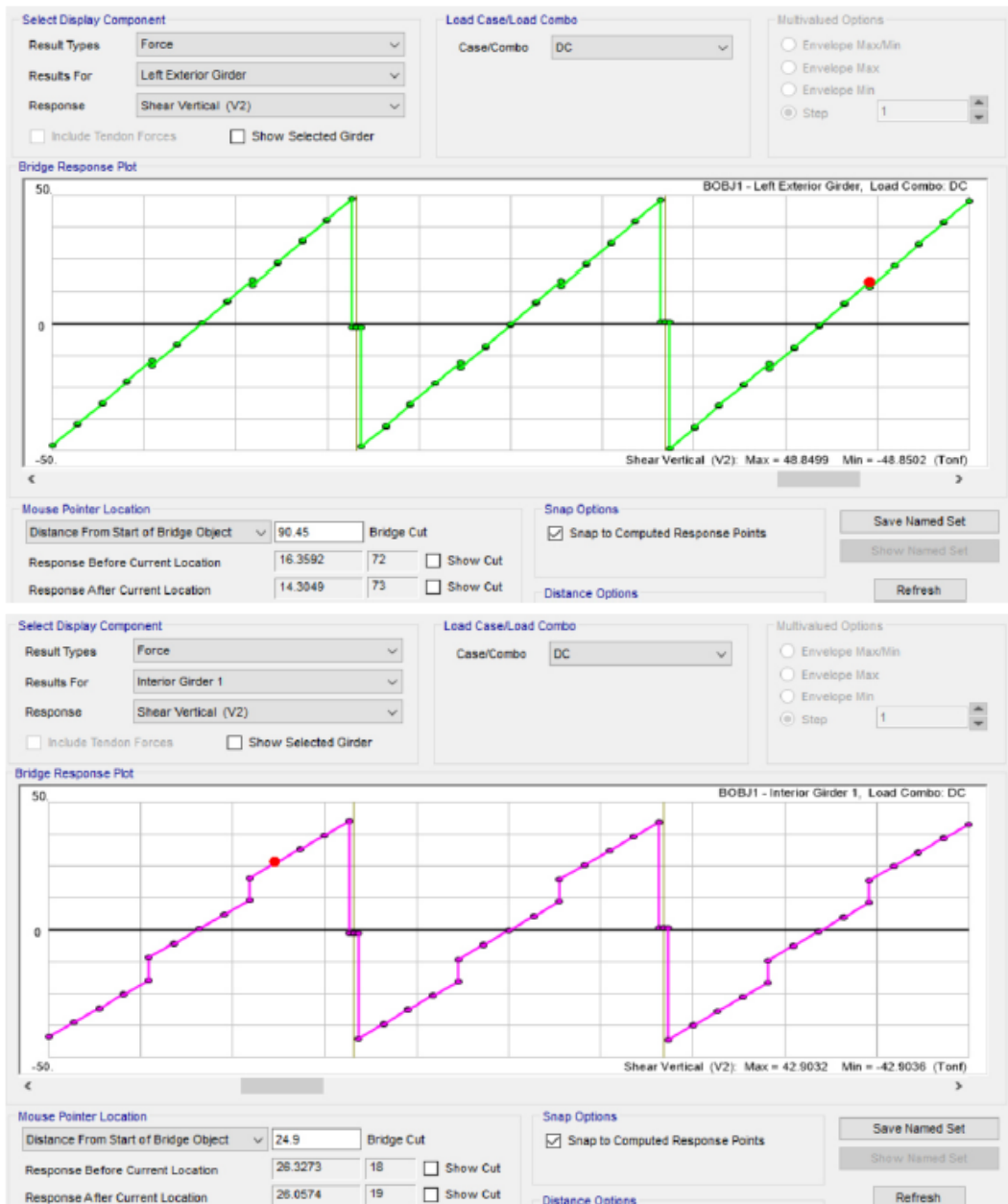
Diagrama de momentos de cargas vivas y de impacto (LL+IM).



Asimismo, los mayores esfuerzos cortantes se concentran en proximidad a los apoyos, donde se produce la transferencia de cargas hacia la subestructura.

- DC

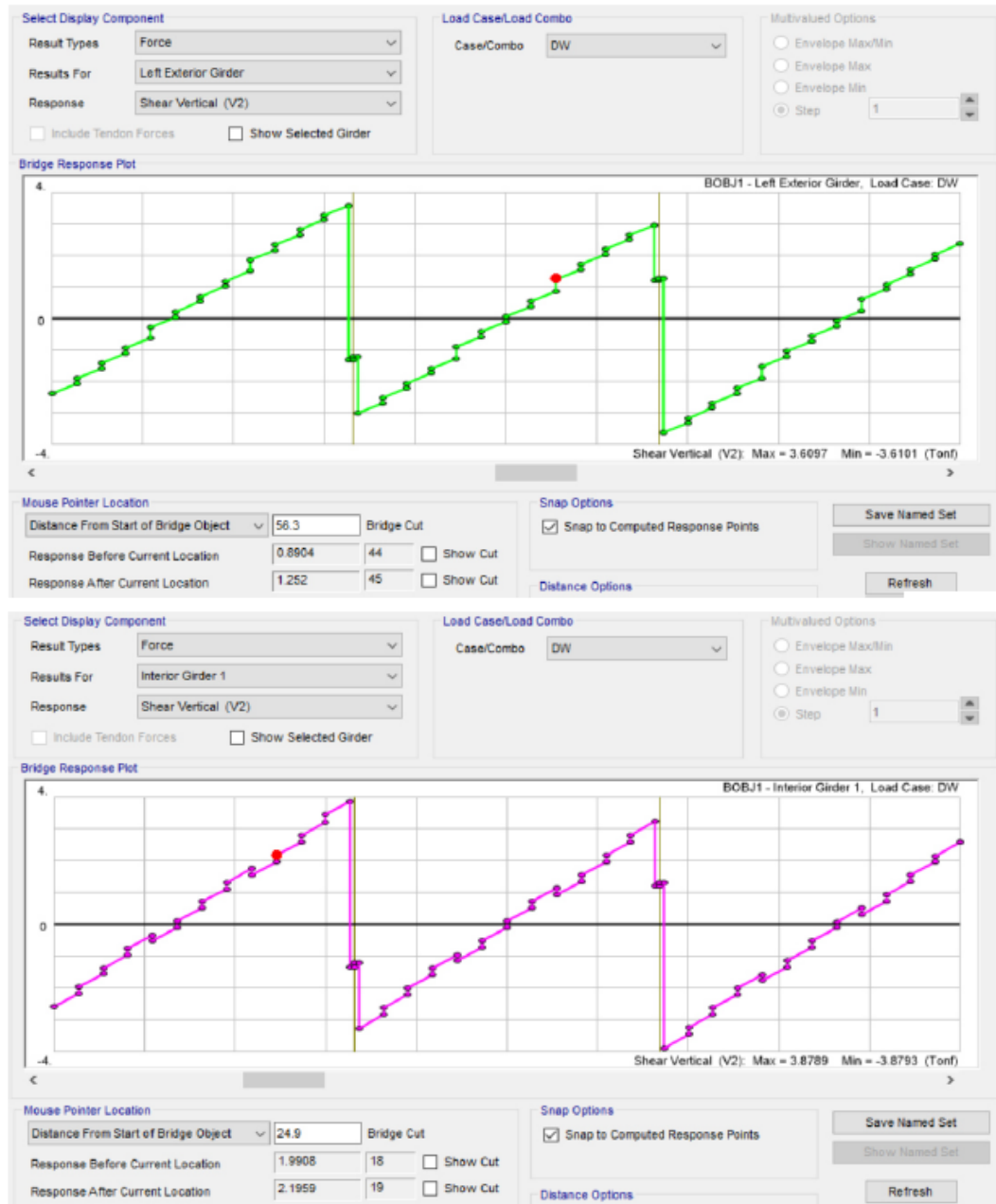
Figura 29
Diagrama de corte de cargas permanentes (DC).



- DW

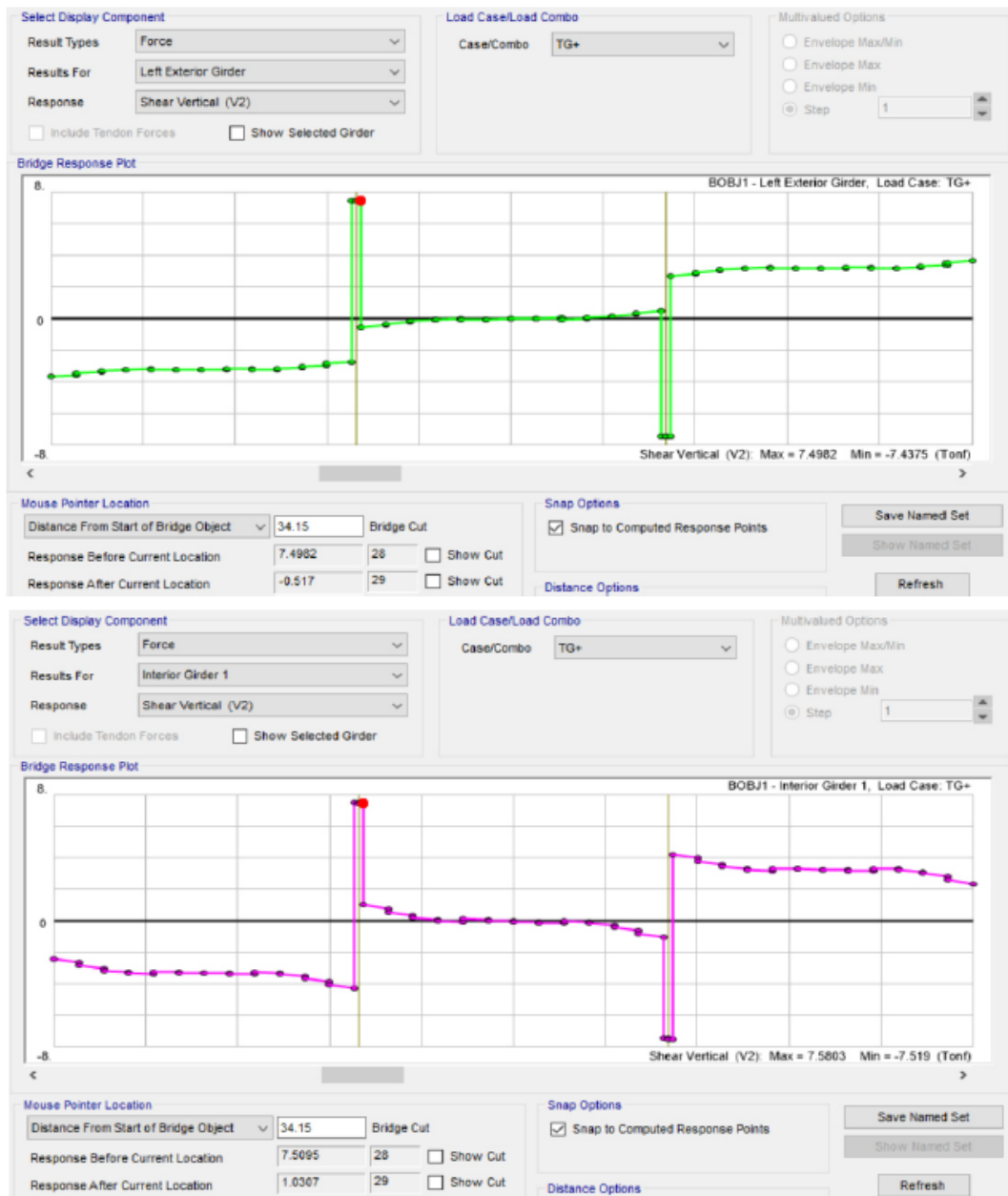
Figura 30

Diagrama de corte de cargas superpuertas (DW).



- TG

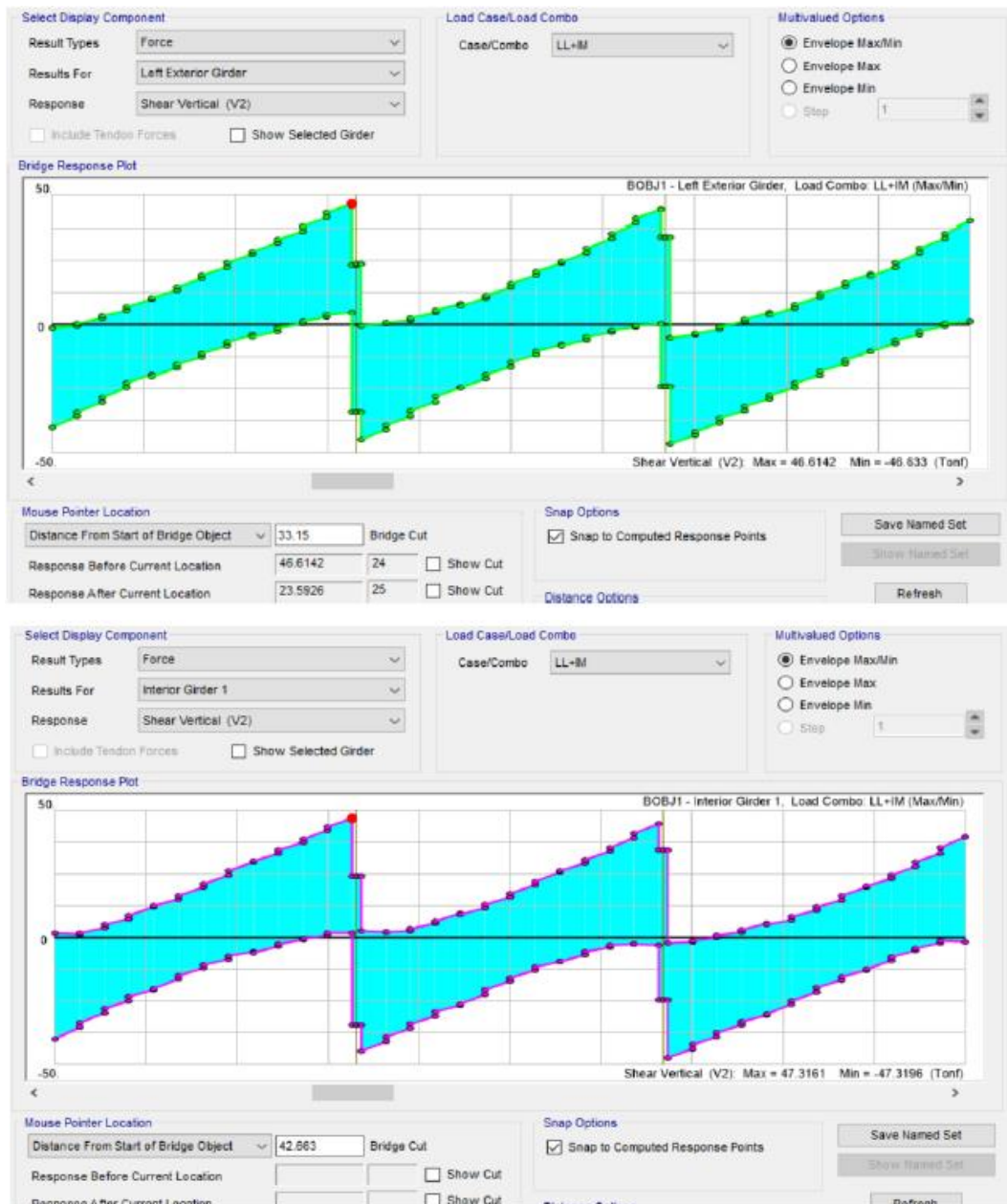
Figura 31
Diagrama de corte de cargas de postensado (TG).



- LL + IM

Figura 32

Diagrama de corte de cargas vivas y de impacto (LL+IM).



A partir de estos resultados se definió la sección estructural definitiva de las vigas Tipo I de concreto postensado con peralte de 1.60 m, integradas con una losa superior de 0.20 m de espesor. El diseño del sistema de presfuerzo determinó la cantidad y disposición de tendones necesarios para equilibrar los momentos actuantes y mantener las tensiones dentro de los límites permisibles en estado límite

último y de servicio. La sección adoptada garantiza rigidez suficiente para controlar deformaciones y fisuración.

Figura 33

Diseño de Vigas postensadas del puente Camata.

Nota:
Esfuerzos
(-) Compresión (+) Tracción

$$S_1 = I \gamma_1 \quad K_1 = S_1 / A$$

$$S_2 = I \gamma_2 \quad K_2 = S_2 / A$$

$$e = \gamma_1 - z$$

Verificación de tensiones - ELS (viga externa - mas critica)

	Vano 1	Apoyo1	Vano2	Apoyo2	Vano3	
$A (m^2) =$	0.900	1.171	0.900	1.171	0.900	(Area de la sección transversal)
$I (m^4) =$	0.305	0.589	0.305	0.589	0.305	(Inercia de la sección transversal)
$y_1 (m) =$	0.600	0.689	0.600	0.689	0.600	(Distancia del CG a la parte superior)
$y_2 (m) =$	1.100	1.312	1.100	1.312	1.100	(Distancia del CG a la parte inferior)
$z (m) =$	0.15	0.175	0.150	0.18	0.15	(Distancia al cable de preesfuerzo)
$e (m) =$	0.950	1.137	0.950	1.137	0.950	(Distancia entre el CG y el cable)
$S_1 (m^3) =$	0.509	0.856	0.509	0.856	0.509	(Momento estático superior)
$S_2 (m^3) =$	0.277	0.449	0.277	0.449	0.277	(Momento estático inferior)
$M_{DC} (T-m) =$	385.58	-23.07	377.48	-23.07	385.58	(Momento de la carga permanente)
$\sigma_{DCs} =$	-758.27	26.95	-742.34	26.95	-758.27	(Esfuerzo superior DC)
$\sigma_{DCi} =$	1390.16	-51.34	1360.96	-51.34	1390.16	(Esfuerzo inferior DC)
$M_{DW} (T-m) =$	17.00	-20.95	6.73	-20.95	17.00	(Momento de la carga superficie rod.)
$\sigma_{DWs} =$	-33.43	24.48	-13.24	24.48	-33.43	(Esfuerzo superior DW)
$\sigma_{DWi} =$	61.29	-46.62	24.26	-46.62	61.29	(Esfuerzo inferior DW)
$\gamma_{LL} =$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	(Factor de comb. carga móvil 0.8 - 1)
$M_{LL+IM} (T-m) =$	254.58	-247.14	191.91	-247.14	254.58	(Momento de la carga móvil)
$\sigma_{LL+IMs} =$	-500.65	288.74	-377.40	288.74	-500.65	(Esfuerzo superior LL)
$\sigma_{LL+IMI} =$	917.86	-550.02	691.91	-550.02	917.86	(Esfuerzo inferior LL)
$P_e (T) =$	-540.00		-540.00		-540.00	(Fuerza efectiva de postensado)
$\sigma_{PTs} =$	-600.00		-600.00		-600.00	(Esfuerzo superior LL)
$\sigma_{PTi} =$	-600.00		-600.00		-600.00	(Esfuerzo inferior LL)
$M_{PTi} (T-m) =$	-513.00		-513.00		-513.00	(Momento de preesfuerzo isostático)
$\sigma_{DWs} =$	1008.85		1008.85		1008.85	(Esfuerzo superior PTi)
$\sigma_{DWi} =$	-1849.56		-1849.56		-1849.56	(Esfuerzo inferior PTi)
$M_{PTh} (T-m) =$	63.19		99.82		63.19	(Momento de Gradiente temper)
$\sigma_{PThs} =$	-124.27		-196.30		-124.27	(Esfuerzo superior PTh)
$\sigma_{PThi} =$	227.82		359.89		227.82	(Esfuerzo inferior PTh)
$\sigma_s =$	-1007.77		-920.43		-1007.77	(Esfuerzo superior)
$\sigma_i =$	147.57		-12.54		147.57	(Esfuerzo inferior)
$\sigma_s < \sigma_{lim} ?$	ok!		ok!		ok!	(Verificación de Esfuerzos Super.)
$\sigma_i < \sigma_{lim} ?$	ok!		ok!		ok!	(Verificación de Esfuerzos Infer.)
Pf (T) =	540		540		540	(Fuerza final de Tensado por viga)

Figura 34
Cálculo de cables tensores.

Esfuerzos limites finales						
$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$						
Limite compresión: $0.6 f'c = -2100.00 \text{ T/m}^2$						
Limite tracción: $0.8 (f'c)^{1/2} = 149.67 \text{ T/m}^2$						
Cálculo de la armadura activa						
$f_{pu} =$	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	T/cm ² (Resistencia ultima del aci
$f_{py} =$	13.95	13.95	13.95	13.95	13.95	T/cm ² (Resistencia de fluencia di
$f_{pe} =$	10.74	10.74	10.74	10.74	10.74	T/cm ² (Resistencia despues de t
$\phi_p =$	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	" (Diámetro de los strands)
$A_{ps} =$	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	cm ² (Area del strands)
$N_{st} =$	36	0	36	0	36	und (Cantidad total de strands)
$N_{st}/\text{cable} =$	12	1	12	1	12	und (Strands por cable)
$N^{\circ} \text{ Cables} =$	3	0	3	0	3	(Cables por viga)
Adoptado: 3 C, 12 ϕ 5/8" (Positivo)						

El refuerzo transversal fue dimensionado en función de las solicitaciones cortantes máximas obtenidas, adoptándose espaciamientos diferenciados en zonas críticas próximas a los apoyos. Esta disposición asegura adecuada resistencia frente a cortante y control de fisuración diagonal.

Figura 35
Diseño por corte de la viga T.

	V1 - S1	V1 - S2	V2 - S1	V2 - S2		
Hv =	170.00	170.00	170.00	170.00	cm	(Altura total de viga)
$\gamma_c =$	2500	2500	2500	2500	Kg/m ³	(Peso específico del concreto)
$f_c =$	350	350	350	350	Kg/cm ²	(Resistencia del concreto a los 28 días)
$E_c =$	318041	318041	318041	318041	Kg/cm ²	(Módulo de Elasticidad final del concret
$f_y =$	4200	4200	4200	4200	Kg/cm ²	(Resistencia a la fluencia del acero pas
$f_{pu} =$	18600	18600	18600	18600	Kg/cm ²	(Resistencia ultima del acero de preesf)
$f_{py} =$	16740	16740	16740	16740	Kg/cm ²	(Resistencia de fluencia del preesfuerzo)
Espas	2000000	2000000	2000000	2000000	Kg/cm ²	(Módulo de Elasticidad de armadura pa
Esaot	1950000	1950000	1950000	1950000	Kg/cm ²	(Módulo de Elasticidad de armadura ac
k =	0.28	0.28	0.28	0.28		
$b =$	80.00	80.00	80.00	80.00	cm	(Ancho del elemento superior)
$h_p =$		20.00		20.00	cm	(Altura de patín inferior)
$b_w =$	80.00	20.00	80.00	20.00	cm	(Ancho del alma)
z =	15.00	15.00	15.00	15.00	cm	(Distancia al cable de preesfuerzo)
$d_p =$	155.00	155.00	155.00	155.00	cm	(Peralte efectivo del presfuerzo)
r =	9.5	9.5	9.5	9.5	cm	(Recubrimiento arm. Pasiva +/- calcular
$A_s =$	90.00	90.00	90.00	90.00	cm ²	(Armadura pasiva tracción)
$A_s' =$	0.00	0.00	0.00	0.00	cm ²	(Armadura pasiva compresión)
$A_{ps} =$	0.00	0.00	0.00	0.00	cm ²	(Armadura activa - presfuerzo)
$\beta_1 =$	0.80	0.80	0.80	0.80		
$c_1 =$	19.85	19.85	19.85	19.85	cm	(Zona comprimida Viga R)

$c_2 =$	0.00	0.00	0.00	0.00	cm	(Zona comprimida Viga T)
$f_{pc} =$	179332.1	179332.1	179332.1	179332.1	T/m ²	(Tensión en la armadura de Presfuerzo)
$a =$	15.88	15.88	15.88	15.88	cm	(Linea neutra)
$d_s =$	160.5	160.5	160.5	160.5	cm	(Peralte efectivo de la arm. pasiva)
$M_u =$	492.76	319.15	492.76	319.44	T-m	(Momento actuante último en la zona d)
$d_c =$	160.50	160.50	160.50	160.50	cm	(Peralte efectivo de corte)
$d_v =$	152.56	152.56	152.56	152.56	cm	(Altura de corte efectiva 0.9 d_c ó 0.72h)
$b_v =$	80.00	20.00	80.00	20.00	cm	(Ancho de alma efectivo)
$V_s =$	0.00	0.00	0.00	0.00	T	(Componente de la fuerza efectiva pres)
$\phi V_n =$	961.12	240.28	961.12	240.28	T	(Resistencia nominal a corte 0.9(0.25F _c
$V_u =$	148.05	139.30	143.16	134.15	T	(Cortante última Solicitante)
$\phi V_n > V_u ?$	Ok!	Ok!	Ok!	Ok!		
$M_u =$	492.76	319.15	492.76	319.44	T-m	(Momento último no menor que $ V_u - V_u t$
$F_{pc} =$	13020	13020	13020	13020	Kg/cm ²	(Nivel de pretensado habitual 0.7F _{pu})
$\epsilon_s =$	0.0026	0.0019	0.0026	0.0019		(Deformación longitudinal)
$A_c =$	6800.00	1700.00	6800.00	1700.00	cm ²	(Área de concreto del lado del element
Factor	1.000	1.000	1.000	1.000		
$\epsilon_s =$	0.0026	0.0019	0.0026	0.0019		(Deformación longitudinal)
$\theta =$	38.16	35.78	38.06	35.68	°	(Ángulo de inclinación de la tensiones s
$\beta =$	1.62	1.96	1.63	1.97		
$V_c =$	98.12	29.64	98.80	29.89	T	(Resistencia nominal del concreto)
V_u / F_{cpa}	0.039	0.145	0.037	0.140		(Relación para definir Smáx)
$0.5\phi (V_c + V_u) =$	44.15	13.34	44.46	13.45	T	
$-0.0004 < \epsilon_s < 0.006$	Ok	Ok	Ok	Ok		(Límite de deformación)
$d_s =$	1/2	1/2	1/2	1/2	"	(Diámetro de la armadura de corte)
$A_v =$	5.07	2.53	5.07	2.53	cm ²	(Área de corte)
$A_{vmin} =$	1.44	0.30	1.44	0.30	cm ²	(Área mínima de corte)
$A_v > A_{vmin} ?$	OK	OK	OK	OK		
$S_{uzado} =$	15.00	12.50	15.00	12.50	cm	(Espaciamento adoptado entre estribos)
$(A_v/B) =$	33.78	20.27	33.78	20.27	cm ² /m	(Armadura de corte existente)
$V_s =$	275.46	180.22	276.40	180.86	T	(Cortante efectivo en los estribos)
$\phi V_n =$	336.22	188.87	337.68	189.68		(Cortante resistente)
D/C =	0.44	0.74	0.42	0.71		(Ratio Demanda / Capacidad)
$AsF_y =$	378	378	378	378	T	(Fuerza en la armadura pasiva)
$AsF_{ps} =$	0.00	0.00	0.00	0.00	T	(Fuerza en la armadura activa)
A =	378.00	378.00	378.00	378.00	T	
B =	357.06	298.94	349.64	291.03	T	
$A \geq B ?$	OK	OK	OK	OK		

Adoptado: ϕ 1/2" @ 0.15 m (2 estribo - zona engrosada)
 ϕ 1/2" @ 0.125 m (1 estribo - zona delgada)

4.2 ANÁLISIS DE IMPACTO, BENEFICIOS Y COMPARACIÓN CON CASOS SIMILARES

4.2.1 Análisis del impacto técnico social, económico y ambiental

Desde el punto de vista técnico, el diseño del puente Camata resuelve una condición estructural y funcional crítica en el eje interprovincial Camata – Yunga – Ubinas, mediante una solución de vigas de concreto postensado en tres tramos continuos. La verificación en estados límite de resistencia y servicio confirmó que la estructura cumple con los requerimientos normativos, asegurando estabilidad, control de deformaciones y comportamiento adecuado frente a cargas permanentes y móviles. Asimismo, la integración de estudios topográficos, geotécnicos e hidrológicos permitió una implantación estructural coherente con las condiciones reales del cauce del río Tambo.

En el ámbito social, el impacto principal radica en la eliminación del aislamiento estacional que se produce durante periodos de crecida del río. La infraestructura garantiza conectividad permanente, facilitando el acceso a servicios básicos como educación, salud y comercio. La transitabilidad proyectada, aunque de bajo volumen vehicular, tiene alto valor estratégico para la población rural al constituir el único medio seguro de conexión interprovincial.

Desde el punto de vista económico, el puente contribuye a la reducción de costos operativos de transporte y tiempos de desplazamiento, fortaleciendo el intercambio de productos agrícolas y comerciales de la zona. La continuidad operativa durante todo el año mejora la eficiencia logística regional y disminuye la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos.

En el componente ambiental, el diseño considera altura libre suficiente, control de socavación y ubicación de estribos fuera del cauce activo, reduciendo alteraciones hidráulicas. Además, al reemplazar cruces informales, se disminuye la erosión inducida y el impacto directo sobre el ecosistema fluvial.

4.2.2 Beneficios técnicos, económicos, sociales y científicos.

En términos técnicos, el proyecto aporta un diseño estructural integral adaptado a condiciones rurales de bajo volumen vehicular, demostrando que soluciones de concreto postensado pueden aplicarse eficientemente en contextos interprovinciales con criterios de seguridad y durabilidad. La verificación integral de estados límite garantiza una estructura confiable durante su vida útil proyectada.

Económicamente, el beneficio radica en la mejora de la conectividad y en la reducción de pérdidas asociadas a interrupciones del tránsito. La infraestructura fortalece la dinámica productiva local y promueve mayor estabilidad en el intercambio comercial.

Socialmente, el puente mejora la cohesión territorial y reduce brechas entre centros poblados, generando condiciones más equitativas de acceso a

oportunidades. La seguridad vial también se ve fortalecida al eliminar pasos improvisados sobre el cauce.

Desde el punto de vista científico, la investigación integra múltiples disciplinas de la ingeniería civil (geotecnia, hidráulica, transporte y estructuras), consolidando un modelo de diseño aplicado y contextualizado que puede servir como referencia para futuros proyectos en zonas rurales del sur peruano.

4.2.3 Comparación con casos similares

En el ámbito nacional, investigaciones como las de Guillén (2021) y Farroñan (2023) desarrollaron diseños estructurales de puentes vehiculares utilizando herramientas de modelación similares y criterios normativos basados en estados límite. Al igual que dichos estudios, el proyecto Camata emplea análisis estructural detallado para dimensionar superestructura y subestructura; sin embargo, se diferencia por integrar explícitamente la evaluación hidráulica de socavación y la proyección de tránsito interprovincial como variables determinantes en la definición final del sistema estructural.

En relación con los trabajos de Puentes (2022) y García (2024), orientados a la optimización de puentes existentes, el presente estudio aborda el diseño desde una etapa inicial, lo que permite incorporar criterios de resiliencia hidráulica y compatibilidad geotécnica desde la fase conceptual, evitando intervenciones correctivas posteriores.

A nivel internacional, Chen et al. (2024) centraron su investigación en la evaluación de daño por fatiga mediante monitoreo estructural, mientras que Siwowski et al. (2019) analizaron el comportamiento de sistemas híbridos FRP–concreto bajo pruebas estáticas y dinámicas. Aunque el enfoque estructural difiere, todos coinciden en la importancia de validar el desempeño mediante verificación rigurosa de esfuerzos y deformaciones. El puente Camata, por su parte, se enmarca en un enfoque de diseño preventivo, asegurando cumplimiento normativo desde la etapa proyectual.

Asimismo, estudios como los de Caicedo & Mencias (2025) y López & Rosas (2022) demuestran que la construcción de puentes rurales impacta

positivamente en la transitabilidad y en la percepción socioeconómica de la población. El proyecto Camata se alinea con estos resultados, al constituir una infraestructura que fortalece la conectividad regional y promueve desarrollo territorial.

En síntesis, el diseño del puente Camata se encuentra metodológicamente alineado con investigaciones nacionales e internacionales en cuanto a aplicación de normativa LRFD y análisis estructural avanzado, pero se distingue por su carácter integral, al articular estudios geotécnicos, hidráulicos y de tráfico dentro de una propuesta estructural contextualizada al entorno rural del sur del Perú.

4.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MEJORAS IDENTIFICADAS

4.3.1 Limitaciones geográficas, exploratorias, normativas, ambiental, plazos y costo.

El desarrollo del presente proyecto estuvo condicionado por limitaciones propias del entorno geográfico del río Tambo, caracterizado por accesibilidad restringida y variabilidad morfológica del cauce. Estas condiciones influyeron en la logística de levantamientos de campo y en la densidad de exploraciones geotécnicas ejecutadas, especialmente en zonas de difícil acceso durante periodos de mayor caudal.

Desde el punto de vista exploratorio, el número de calicatas y puntos de investigación respondió a criterios técnicos mínimos establecidos para este tipo de infraestructura; sin embargo, una mayor densificación de exploraciones habría permitido una caracterización más detallada de la variabilidad lateral de los depósitos aluviales. La profundidad alcanzada en las excavaciones exploratorias fue suficiente para determinar parámetros de fundación superficial, aunque exploraciones más profundas podrían proporcionar mayor nivel de confiabilidad frente a eventos extremos de socavación.

En el ámbito normativo, el diseño se desarrolló bajo AASHTO LRFD 2020 y Manual de Puentes del MTC (2018). No obstante, la adaptación normativa a condiciones rurales específicas puede presentar vacíos en cuanto a

lineamientos para infraestructuras de bajo volumen vehicular en contextos interprovinciales, lo que obliga al proyectista a realizar criterios técnicos complementarios.

En términos ambientales, el estudio se realizó bajo un esquema de evaluación preliminar, considerando impactos directos e indirectos asociados a la construcción. Sin embargo, un monitoreo ambiental multitemporal permitiría evaluar con mayor precisión efectos acumulativos sobre dinámica fluvial y estabilidad de márgenes.

Respecto a plazos y costos, el alcance del estudio se ajustó a condiciones presupuestales y tiempos definidos en la etapa de formulación del proyecto, lo que limitó la incorporación de ensayos especializados o estudios de instrumentación estructural avanzada.

4.3.2 Ausencia de ensayos especiales

El estudio geotécnico no contempló ensayos especiales de caracterización avanzada tales como pruebas triaxiales consolidadas drenadas, ensayos de corte directo instrumentado, análisis dinámicos de respuesta sísmica local o estudios de microzonificación específica del sitio. Si bien los ensayos ejecutados fueron suficientes para el diseño adoptado, la incorporación de ensayos avanzados permitiría una modelación más precisa del comportamiento del suelo ante cargas sísmicas y eventos hidráulicos extremos.

De igual forma, no se consideró instrumentación estructural para monitoreo en tiempo real (strain gauges, acelerómetros o sensores de desplazamiento), debido a que el estudio corresponde a una etapa de diseño y no de evaluación estructural post-construcción.

4.3.3 Profundidad limitada de exploración

La profundidad alcanzada en las investigaciones geotécnicas respondió a criterios técnicos compatibles con el tipo de cimentación proyectada. No obstante, una exploración más profunda permitiría caracterizar con mayor detalle la estratigrafía inferior y evaluar posibles variaciones en capacidad

portante o comportamiento dinámico del terreno a mayores profundidades. Esto sería especialmente relevante en escenarios de eventos sísmicos de gran magnitud o procesos de socavación prolongados.

4.3.4 Cobertura espacial reducida

La caracterización topográfica, geotécnica e hidráulica se concentró en el tramo inmediato al eje del puente. Si bien esta delimitación es técnicamente suficiente para el diseño estructural, una cobertura espacial ampliada aguas arriba y aguas abajo permitiría modelaciones hidráulicas más extensas, incluyendo escenarios de cambio morfológico del cauce en horizontes temporales mayores.

4.3.5 Mejoras identificadas

Como mejora futura, se recomienda ampliar la densidad de exploraciones geotécnicas y considerar ensayos dinámicos que permitan caracterizar con mayor precisión la respuesta sísmica local del terreno. Asimismo, la implementación de monitoreo estructural posterior a la construcción permitiría validar el comportamiento real frente a cargas móviles y eventos extremos, fortaleciendo la gestión de mantenimiento preventivo.

Desde el punto de vista hidráulico, se sugiere incorporar modelaciones bidimensionales (2D) para evaluar variaciones laterales del flujo y procesos de socavación compleja. En el componente ambiental, la implementación de monitoreo multianual contribuiría a evaluar la estabilidad de márgenes y evolución geomorfológica del cauce.

4.4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y SU IMPLEMENTACIÓN

4.4.1 Descripción de la solución estructural propuesta

La solución estructural propuesta consiste en un puente vehicular de concreto postensado tipo viga-losa, con una longitud total de 101.40 m distribuida en tres tramos continuos. La superestructura está conformada por vigas Tipo I de concreto postensado, integradas monolíticamente con una losa superior de

concreto reforzado de 0.20 m de espesor. El ancho total del tablero es de 7.20 m, que incluye dos carriles de circulación de 2.60 m cada uno y veredas laterales para seguridad peatonal.

La selección del sistema de vigas postensadas responde a criterios de eficiencia estructural, durabilidad y economía constructiva. Este tipo de solución permite reducir deformaciones, controlar fisuración y optimizar la relación resistencia–peso, resultando adecuado para luces del orden de 34 m bajo sobrecarga vehicular HL-93. La configuración continua en tres tramos mejora la redistribución de esfuerzos y reduce momentos máximos respecto a soluciones simplemente apoyadas.

La subestructura está compuesta por estribos, pilares y cimentaciones de concreto armado, diseñadas en función de las condiciones geotécnicas identificadas en el área de emplazamiento. La cota de fundación adoptada considera los efectos de socavación general y local determinados en el estudio hidráulico, garantizando estabilidad frente a avenidas de diseño.

4.4.2 Criterios de implementación constructiva

La implementación del proyecto contempla una secuencia constructiva compatible con las condiciones geográficas y de accesibilidad del río Tambo. La ejecución inicia con la construcción de cimentaciones y elementos de subestructura, seguida por el montaje de vigas prefabricadas postensadas. Posteriormente se ejecuta el vaciado de la losa superior y elementos complementarios del tablero.

El sistema de vigas prefabricadas permite reducir tiempos de ejecución en obra y minimizar interferencias con el cauce, disminuyendo impactos ambientales durante la fase constructiva. Asimismo, la ejecución por etapas facilita el control de calidad del concreto, del sistema de presfuerzo y del alineamiento estructural.

4.4.3 Viabilidad técnica y operativa

La solución propuesta es técnicamente viable debido a que cumple con los requisitos estructurales, geotécnicos e hidráulicos verificados en el presente estudio. La capacidad resistente de la superestructura supera las solicitaciones máximas obtenidas en el análisis, y las deformaciones permanecen dentro de límites admisibles en estado de servicio.

Desde el punto de vista operativo, el puente garantiza conectividad permanente incluso durante periodos de crecida del río, eliminando interrupciones estacionales del tránsito. El diseño considera criterios de mantenimiento preventivo, accesibilidad estructural e inspección periódica, favoreciendo la sostenibilidad de la infraestructura a largo plazo.

4.4.4 Sostenibilidad y proyección futura

La solución estructural adoptada incorpora criterios de resiliencia frente a eventos extremos, considerando altura libre suficiente, control de socavación y resistencia sísmica acorde a la zona de emplazamiento. La durabilidad del concreto postensado, junto con el diseño bajo estados límite, contribuye a prolongar la vida útil del puente y reducir costos de mantenimiento mayor.

A futuro, la infraestructura permitirá atender el crecimiento proyectado del tránsito interprovincial, consolidando el eje vial Camata – Yunga – Ubinas como corredor estratégico de integración regional.

4.5 EVALUACIÓN DE COSTOS, SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO

4.5.1 Evaluación de costos e inversión

El presupuesto total del proyecto asciende a S/ 29,754,157.00, correspondiente a la creación del Puente Vehicular Camata y sus componentes complementarios. El costo directo representa S/ 24,053,481.81, equivalente al 80.83 % del presupuesto total, mientras que el 19.17 % restante corresponde a dirección técnica, supervisión, gestión administrativa, seguridad, liquidación técnica y difusión del proyecto.

El análisis del costo directo evidencia que los mayores componentes de inversión se concentran en la subestructura (S/ 5,942,536.29), la infraestructura de protección o defensa ribereña (S/ 4,045,830.67), los accesos viales (S/ 4,302,895.90), y la superestructura (S/ 2,101,291.09). Esta distribución confirma que el proyecto no es únicamente estructural, sino integral, ya que incorpora accesos, protección hidráulica, señalización, mitigación ambiental y obras complementarias necesarias para garantizar la operatividad del puente. Dentro del desagregado del costo directo, los equipos representan S/ 8,468,825.87, los materiales S/ 6,472,961.31, la mano de obra S/ 3,443,818.40 y los subcontratos S/ 5,667,838.79. La elevada participación de equipos y subcontratos se explica por la necesidad de perforación de pilotes, movilización de maquinaria pesada, trabajos en roca y ejecución de obras hidráulicas bajo condiciones controladas.

Este nivel de inversión es coherente con la magnitud del proyecto, considerando que incluye tres tramos de 101.4 m de longitud total, accesos en ambas márgenes, defensa ribereña, terraplenes reforzados, obras ambientales y señalización completa.

4.5.2 Sostenibilidad del proyecto

La sostenibilidad técnica del proyecto se fundamenta en la incorporación de infraestructura de protección hidráulica valorizada en S/ 4,045,830.67, destinada a mitigar procesos de socavación, erosión lateral y afectación por avenidas extraordinarias. Esta inversión garantiza estabilidad estructural y reduce la probabilidad de intervenciones correctivas prematuras.

Desde el punto de vista ambiental, el presupuesto contempla un componente específico de medidas de prevención, mitigación y manejo ambiental por S/ 798,038.80, que incluye programas de control de erosión, manejo de residuos sólidos, monitoreo ambiental, control de emisiones y plan de cierre de obra. La inclusión presupuestal de estos componentes demuestra que el proyecto fue concebido bajo criterios de sostenibilidad y cumplimiento normativo.

En términos sociales, se incorpora un Plan de Gestión Social y Participación Ciudadana valorizado en S/ 39,950.00, lo que fortalece la aceptación comunitaria y reduce riesgos de conflictividad durante la ejecución.

4.5.3 Mantenimiento y sostenibilidad operativa

El diseño estructural en concreto postensado y concreto armado, junto con la implementación de drenajes, juntas de dilatación y apoyos de neopreno, permite proyectar una vida útil prolongada con mantenimiento preventivo periódico. La inversión en señalización vertical y horizontal (S/ 23,193.23) y carpeta asfáltica sobre tablero (S/ 59,567.57) garantiza condiciones adecuadas de rodadura y seguridad vial.

La incorporación de pruebas de carga, ensayos de calidad y monitoreo final de obra (S/ 143,905.07 en trabajos finales) contribuye a asegurar que la infraestructura inicie su operación bajo condiciones verificadas de desempeño estructural.

El mantenimiento futuro se concentrará principalmente en:

- Conservación rutinaria del afirmado de accesos.
- Revisión de juntas y apoyos.
- Inspección periódica de defensa ribereña.
- Limpieza de sistemas de drenaje.

Al haberse ejecutado pilotes con pruebas de integridad y carga dinámica, se reduce la incertidumbre estructural a largo plazo.

4.5.4 Viabilidad técnica operativa y de gestión

La viabilidad técnica se sustenta en que el proyecto incorpora todos los componentes necesarios para garantizar estabilidad estructural, protección hidráulica, conectividad vial y control ambiental. No se trata de una infraestructura aislada, sino de una intervención integral que articula la carretera departamental MO-103 con la carretera vecinal MO-536.

La viabilidad operativa está respaldada por la inclusión de accesos consolidados, terraplenes reforzados y estabilización de taludes, lo que permite

tránsito permanente incluso en temporadas de lluvia. La inversión en excavación en roca fija (S/ 1,425,705.29) y eliminación de material excedente (S/ 2,078,950.36 en margen izquierda) evidencia que se abordaron técnicamente las condiciones geográficas adversas del entorno.

En cuanto a gestión, el presupuesto considera supervisión (S/ 841,871.86), dirección técnica (S/ 2,405,348.18) y gestión administrativa (S/ 1,563,476.32), asegurando control técnico y financiero durante la ejecución.

En conjunto, la estructura de costos demuestra que el proyecto es técnicamente consistente, económicamente sustentado y operativamente viable a corto y largo plazo, al integrar infraestructura estructural, vial, hidráulica y ambiental dentro de un esquema presupuestal completo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El estudio topográfico permitió definir la geometría definitiva del puente y sus accesos, estableciendo una longitud total de superestructura de 101.40 m, distribuida en tres tramos (33.85 m + 34.15 m + 33.85 m), con un ancho total de plataforma de 7.20 m y un ancho de calzada de 5.20 m. Se proyectaron accesos de 160 m en margen derecha y 190.65 m en margen izquierda, con pendiente máxima de 13.37 % y radio mínimo horizontal de 11 m, garantizando continuidad geométrica y seguridad vial conforme a la clasificación de Carretera de Tercera Clase.
- El análisis geotécnico determinó la necesidad de cimentación profunda mediante 18 pilotes, con una longitud total perforada de 540 m, ejecutándose pruebas de integridad y pruebas de carga dinámica para validar su desempeño estructural. El volumen de concreto empleado en pilotes fue de 508.86 m³, acompañado de 88,264.09 kg de acero de refuerzo, garantizando capacidad resistente frente a cargas verticales y sísmicas del entorno.
- El diseño hidráulico incorporó infraestructura de protección ribereña valorizada en S/ 4,045,830.67, incluyendo concreto ciclópeo (4,454.59 m³) y mampostería de piedra (4,149.42 m³), con sistema de drenaje mediante tuberías PVC perforadas de 6". Estas medidas aseguran estabilidad ante eventos de crecida y control de socavación, reduciendo vulnerabilidad estructural en temporada de lluvias intensas.
- El estudio de tráfico determinó un IMDA proyectado total de 38 vehículos/día (21 veh/día en estación 1 y 17 veh/día en estación 2), lo que justificó la clasificación como vía de bajo volumen. Se adoptó una velocidad directriz de 20 km/h, coherente con las condiciones topográficas y funcionalidad interprovincial del tramo, asegurando tránsito bidireccional permanente y eliminación del aislamiento estacional.

- El diseño estructural adoptó un sistema tipo viga–losa de concreto postensado, con una superestructura valorizada en S/ 2,101,291.09, incorporando 9 vigas postensadas, tablero de 0.20 m de espesor, carpeta asfáltica de 5 cm, apoyos de neopreno y dispositivos de control sísmico. La inversión total del proyecto asciende a S/ 29,754,157.00, integrando estructura, accesos, defensa ribereña, señalización y mitigación ambiental, consolidándose como infraestructura vial integral y no solo estructural.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al Gobierno Regional de Moquegua garantizar el mantenimiento periódico de los accesos afirmados (350.65 m en total) y del sistema de drenaje superficial, con inspecciones semestrales, a fin de preservar la continuidad geométrica y evitar degradación prematura de la rasante.
- Se recomienda implementar un programa de monitoreo estructural preventivo de los 18 pilotes mediante inspecciones visuales anuales y evaluación técnica cada cinco años, con el fin de asegurar estabilidad de cimentación y prevenir patologías estructurales a largo plazo.
- Se recomienda realizar monitoreo periódico del comportamiento hidráulico del río Tambo en el tramo intervenido, especialmente en eventos de avenida extraordinaria, verificando el desempeño de la defensa ribereña y posibles procesos de socavación lateral.
- Se recomienda actualizar cada cinco años el estudio de tráfico y verificar la evolución del IMDA proyectado (38 veh/día), a fin de evaluar futuras necesidades de mejora de la superficie de rodadura o ampliación de sección si la demanda vehicular aumenta.
- Se recomienda establecer un plan de conservación rutinaria y periódica del puente, que incluya revisión de juntas de dilatación, apoyos de neopreno, señalización horizontal (412 m) y barandas metálicas (200 m), garantizando vida útil prolongada y seguridad operativa permanente.

REFERENCIAS

- (DGCF), D. G. de C. y F. (2017). Manual de seguridad vial. En *Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)*.
- Acevedo, V. (2021). *Guía de Diseño de Puentes Atirantados con Sección Compuesta, con un Ejemplo Práctico*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Alpírez, D. (2020). *Diseño del Sistema de alcantarillado sanitario en el caserío cuesta chiquita y diseño de un tramo de puente vehicular en la aldea San José El Rsario, Cuilapa, Santa Rosa*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2024). *Memoria Anual 2024*.
- Avila LLaves, S. P., Bracamonte Arriaran, C. A., Huanaco Montalvo, Z. E., Moriano Chipana, J. M., & Valverde Vasquez, M. A. (2023). *Diseño y construcción del Puente Chamorro, Ica-Perú*. Universidad Esan.
- Bellido, J. (2024). Vida útil de un puente. Algunas consideraciones prácticas para su determinación. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 12(02), 1–7.
- Caicedo, P., & Mencias, A. (2025). *Diseño de un Puente Vehicular sobre el “Río Anzu” en la vía El Rosal-Simón Bolívar, Parroquia Fátima, Cantón Pastaza Provincia de Pastaza, Utilizando la Normativa AASHTON LRFD 2020*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Cajo, O., Puelles, R., Ruiz, J., & Zavaleta, J. (2024). *Evaluación ex – post a mediano plazo del Plan Vial Regional de Inversiones de la Región San Martín*. ESAN.
- Chen, H. P., Lu, S. S., Wu, W. Bin, Dai, L., & Ceravolo, R. (2024). Fatigue damage assessment of a large rail-cum-road steel truss-arch bridge using structural health monitoring dynamic data. *Case Studies in Construction Materials*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03772>
- Corporación Andina de Fomento, (CAF). (2023). *Reporte de Sostenibilidad*.
- Delgado, A. (2023). *Evaluación de la Capacidad Vehicular en el Acceso Puente la Breña hacia la Ciudad de Huancayo, Junín*. Universidad Peruana los Andes.
- Diaz Fanas, G., Xiong, J., & Gall, H. (2025). Transport Resilience Financing, Resources and Opportunities. En *World Bank*.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, (DGCF). (2003). Manual de diseño de Puentes. En *Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)*.
- Farroñan, R. (2023). *Diseño estructural de un puente vehicular para optimizar la accesibilidad de los sectores Monte Verde a San Luis , Mórrope , Lambayeque. 2021*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Fernández, Q., Vicente, E., Chávez, S., Adrián, A., Mondragón, Z., Elmer, J., & Sísmico Estructural, D. (2020). *Diseño de concreto armado de puente*

carrozable del centro poblado Detahuayo bajo Uruya, Ucayali - Padre Abad, distrito de Irazola. Universidad César Vallejo.

- Galarza, B., Llumiquinga, M., Hernández, L., Mora, E., & Molina, M. (2024). Evaluación estructural de un puente sobre un río en la costa Ecuatoriana. En *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones* (Vol. 7, Número 1). <https://doi.org/10.22206/cyap.2024.v7i1.3155>
- García, F. (2024). *Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán - Huánuco - 2024.* Universidad de Huanuco.
- Gertzson, J. (2025). *Supervisión eficaz y su influencia en la construcción de puentes con recursos públicos gestionados por el sector transporte, Lima- 2025.* Universidad César Vallejo.
- Gobierno Regional de Moquegua, G. M. (2022). *Plan de desarrollo regional concertado Moquegua al 2032.*
- Guillen, E. (2021). *Análisis y diseño estructural del puente Anccohuayllo sobre el río Chumbao para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal del distrito de Andahuaylas - region Apurímac, 2021.* Universidad Continental.
- Hernández, E. (2024). *Evaluación de la Metodología BrIM en la Ingeniería de Puentes Colombiana.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Huaraca, P. (2024). “*Diseño de un puente de estructura mixta en el sector Tambillo cantón San Lorenzo*”. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, (INEI). (2025). *Flujo vehicular por unidades de peaje.*
- Inter American Development Bank, (IDB). (2021). *Sustainability Report 2021.*
- Lopez, G., & Rosas, N. (2022). Beneficios de la construcción del puente rocotales en el servicio de transitabilidad vehicular e impacto ambiental en la región Cusco Perú. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 8(2), 97–115. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2745>
- Mansour, D. ., Ebid, A., Mahdi, I., Mahdi, H., & Elkadi, A. (2024). Optimizing the superstructure configuration of highway bridges for cost-effective construction. *Heliyon*, 10(4), e26064. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26064>
- Puentes, G. (2022). *Gestión del Diseño de Información para el Sistema de Transporte Colectivo Urbano de Riobamba.* Universidad Nacional de Chimborazo.
- Rodríguez, Y. Y. (2021). *Evaluación de la resistencia estructural del puente “El rayo” bajo la guía de inspección de puentes del MTC mediante ensayos destructivos y no destructivos en el distrito de Moquegua, provincia de*

- Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, 2021.* Universidad Continental.
- Rojas, D., & Fernández, P. (2024). *Diseño estructural de puentes modulares mixtos de doble vía para caminos rurales del Paraguay.* Universidad Nacional de Caaguazú Facultad de Ciencias y Tecnologías.
- Rueda, L. (2024). *Propuesta de diseño de un puente peatonal en estructura mixta para manejo de la movilidad vehicular en la Avenida Alejo Lascano frente al IESS Jipijapa.* Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Santiago, E. (2022). “*Diseño de infraestructura vial para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en el espacio urbano del puente Huallaga y vías adyacentes Huánuco 2021*”. Universidad de Huanuco.
- Sanz, C., & Castro, Y. (2022). *Construcción de Puente Vehicular en el Municipio de Villavieja Huila, con Presupuesto y Programación.* Universidad Cooperativa de Colombia.
- Sepúlveda, E. (2024). *La sostenibilidad integral en puentes vehiculares en Colombia retos y oportunidades. Un enfoque desde el pensamiento complejo.* Universidad Nacional de Colombia Facultad.
- Siwowski, T., Rajchel, M., & Kulpa, M. (2019). Design and field evaluation of a hybrid FRP composite – Lightweight concrete road bridge. *Composite Structures*, 230(August), 111504. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111504>
- Valdivia Reaño, J. S. (2015). *Diseño estructural del puente añashuayco en la Av. Industrial del distrito de Cerro Colorado, Arequipa.* Universidad Católica de Santa María.
- Valencia, E. (2024). *Análisis patológico del puente vehicular sobre la carrera 40 con avenida 40 sector “fundadores” en la ciudad de Villavicencio.* Universidad Cooperativa de Colombia.
- Villarroel, N. (2024). Análisis De Estructuras De Puentes De Aceroanalysis of Steel Bridge Structuresanálise De Estruturas De Pontes De Aço. *Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, 1*, 1–23.
- Weikrt Bicalho, F. (2021). Infraestructura Resiliente un imperativo para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. En *Comisión Económica para América Latian y el Caribe (CEPAL)* (Vol. 160, Número 0).
- Zapata, L. (2025). *Impacto Vial en la Transitabilidad Vehicular - Tramo Av. Huancavelica, entre Cuzco y Av. Ferrocarril- Huancayo 2024.* Universidad Peruana los Andes.

APÉNDICE

Apéndice 1.

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA	RECOMENDACIONES
<p>PREGUNTA GENERAL</p> <p>¿De qué manera puede diseñarse un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, al año 2025?</p> <p>PREGUNTAS ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Qué resultados se obtienen del estudio topográfico necesario para el diseño de un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?</p> <p>b) ¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas del área de estudio que deben considerarse en el diseño del puente vehicular sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?</p> <p>c) ¿Qué condiciones hidrológicas influyen en el diseño del puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?</p> <p>d) ¿Cuál es el comportamiento del flujo vehicular interprovincial proyectado que debe tomarse en cuenta en el diseño del puente vehicular sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?</p> <p>e) ¿Qué características estructurales debe presentar la propuesta de diseño del puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Diseñar un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata Moquegua 2025</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>f) Evaluar los estudios topográficos para el diseño un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata Moquegua 2025</p> <p>a) Analizar las características geológicas y geotécnicas para el diseño un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata, Moquegua 2025</p> <p>b) Realizar el análisis de los estudios hidrológicos para el diseño un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata, Moquegua 2025</p> <p>c) Analizar el estudio de tráfico para el diseño un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata, Moquegua 2025</p> <p>d) Proponer un diseño estructural para un puente vehicular para el transporte público interprovincial sobre el río Tambo, Camata, Moquegua 2025</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Si se realiza adecuadamente los estudios topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos y de tráfico, entonces se tendrá un diseño del puente funcional sobre el río Tambo, en Camata, Moquegua, 2025.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>e) Si se evalúan correctamente los estudios topográficos, entonces se podrá determinar la ubicación y geometría más adecuada para el diseño del puente vehicular.</p> <p>f) Si se analizan las características geológicas y geotécnicas del lugar, entonces se podrá seleccionar el tipo de cimentación y estructura más segura para el puente.</p> <p>g) Un análisis preciso de los estudios hidrológicos del río Tambo permitirá diseñar una estructura que garantice la estabilidad del puente frente a crecidas y flujos extremos.</p> <p>h) Un análisis adecuado del flujo de tráfico actual y proyectado en la zona permitirá dimensionar el puente de manera eficaz.</p> <p>i) Si se integran correctamente los datos técnicos provenientes de los estudios, entonces se podrá proponer un diseño estructural y seguro para el puente vehicular en Camata.</p>	<p>Variable independiente: Estudios básicos</p> <p>Dimensión 1: Estudios topográfico:</p> <ul style="list-style-type: none"> Relieve y morfología del terreno Altimetría y planimetría Ubicación geográfica y accesibilidad <p>Dimensión 2: geológico y geotécnico</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de suelo y roca Capacidad portante del terreno Nivel freático Riesgos geológicos (fallas, deslizamientos) <p>Dimensión 3: Hidrológico</p> <ul style="list-style-type: none"> Caudal máximo del río Nivel de crecida y periodo de retorno Socavación y erosión hidráulica Régimen pluviométrico <p>Dimensión 4: Tráfico</p> <ul style="list-style-type: none"> Volumen vehicular diario promedio (VDP) Tipología de vehículos Horas pico y demanda futura Frecuencia del transporte público interprovincial <p>Variable dependiente: Diseño del puente vehicular</p> <ul style="list-style-type: none"> Ubicación y alineamiento Tipo de estructura Materiales estructurales Capacidad de carga Seguridad estructural 	<p>Tipo de Investigación Aplicada</p> <p>Diseño de la Investigación No experimental de corte transeccional</p> <p>Ámbito de Estudio Depósito de relaves filtrados Ramahuayco</p> <p>Población Total, de puntos de estudio del área de emplazamiento del puente. Incluye todas las áreas topográficas, geológicas, geotécnicas, hidrológicas e hidráulicas relevantes dentro del radio de influencia directa del proyecto (zona de Camata).</p> <p>Muestra Mínimo tres puntos de estudio representativos. Se seleccionarán al menos tres puntos de muestreo o análisis (uno aguas arriba, uno en el eje del puente y uno aguas abajo) para el levantamiento topográfico, los sondeos geotécnicos y la caracterización hidráulica del río.</p> <p>Técnicas de Recolección de datos Observación directa y análisis técnico-documental.</p> <p>Instrumentos Fichas de observación de campo, registros topográficos, ensayos de laboratorio y software especializado.</p>	<p>Con la propuesta de diseño de un puente sobre el río Tambo, se contribuye al desarrollo sostenible, dado que el estudio ayudará a que se diseñen alternativas de solución adecuadas, pertinentes y económicas para tener ciudades y asentamiento humanos seguros, resilientes y sostenibles.</p>

ANEXOS

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTECNICO PARA LA ELABORACION DEL EXPEDIENTE TÉCNICO: "CREACION DEL PUENTE VEHICULAR CAMATA SOBRE EL RIO TAMBO, ENTRE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL M0-103 Y LA CARRETERA VECINAL M0-536 EN LOS DISTRITOS DE UBINAS Y YUNGA DE LA PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA" CUJ 2525790																							
REGISTRO GEOTECNICO - SONDEO N°: P-01 (LADO IZQUIERDO)																							
PROYECTO: PUENTE CAMATA			INCLINACION DEL SONDEO: -90			EQUIPO: LY 38			FECHA DE INICIO: 6/08/2024														
UBICACION: Estirio Izquierdo - Puente Camata			PROFUNDIDAD PROYECTADA: 20 m			FECHA DE FIN: 11/08/2024			PERFORISTA: L. GUTIERREZ														
COORDENADAS: E: 317575.7, N: 8286586.4, C: 3532			PROFUNDIDAD EJECUTADA: 20.40 m			NIVEL FREATICO: 10.45 m			REVISADO POR: TLVQ														
COTA DE BOCA: 3882 m s.n.m.			REVISADO POR: TLVQ			NIVEL FREATICO: 10.45 m			REVISADO POR: TLVQ														
PROFUNDIDAD (m)	ESP. DIAMETRO DE INSTALACION	RESEMBLAMIENTO	% PERDIDA DE COLOR	LONJITUD CORONA DE PERFORACION	LONJITUD DE LA PERFORACION	SUMATORIA DE FRACTURAS >10cm	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD GEOTECNICA (cm/s)	Ensayo SPT		CARACTERISTICAS DE LA ROCA		CARACTERISTICAS DE FRACTURAS		CLASIFICACION DE PROFUNDIDAD Y FRACTURAS	MUESTRA A LA V		
										N	%			Int (m)	N	Resistencia a compresion	RQD	Resquebrajado	Resquebrajado			Apertura	Responsabilidad
0.00				0.40	0.40		Gravas con arenas de color gris oscuro, de origen aluvial, las gravas son polimigticas, mal graduadas, las arenas gruesas y polimigticas, los finos son suelos con los siguientes porcentajes, gravas 50%, arenas 35%, finos 15%.		CUATERNARIO ALUVIAL	100%	100%												
0.40				0.50	0.50		Fragmentos de roca cuarcita, con niveles esporadicos de arenas limosas con gravas de tipo sueltas con potencias menores a 0.20 metros, los fragmentos de roca corresponden a la transicion del contacto de roca, los fragmentos son monomigticos y angulosos de tamaños maximos 0.25m, se presentan los siguientes porcentajes bloques de roca 80%, arenas 10%, gravas 5%, finos 5%.		CUATERNARIO ELUVIAL	100%	100%												
0.90				0.60	0.60					80%	80%												
1.50				0.60	0.60		Lutitas de la formacion Murco del Cretaceo inferior, presenta niveles de areniscas y venillas de relleno de ExFe, presenta foliacion regulas se presenta pregada ligramente con tramos esporadicos fracturados, se rompe facilmente con el golpe del martillo, se raya facilmente con el lapiz rayador de dureza 7, se fractura facilmente por los planos de foliacion de 30° con indice RQD de 40 a 50% en general presenta fraguramiento fuerte.		FORMACION MURCO	90%	82%	82%	82%										
2.10				0.50	0.50					80%	80%												
2.60				0.50	0.50				CUATERNARIO ELUVIAL	80%	80%												
3.10				0.60	0.60					80%	80%												
3.70				0.60	0.60				FORMACION MURCO	75%	75%	75%	75%										
4.30				0.60	0.60					75%	75%												
4.90				0.60	0.60				FORMACION MURCO	94%	94%	94%	94%										
5.50				0.60	0.60					94%	94%												
6.10				0.60	0.60				FORMACION MURCO	100%	100%	100%	100%										
6.70				0.60	0.60					100%	100%												
7.30				0.60	0.60				FORMACION MURCO	92%	92%	92%	92%										
7.90				0.60	0.60					92%	92%												
8.50				0.60	0.60				FORMACION MURCO	100%	100%	100%	100%										
9.10				0.60	0.60					100%	100%												
9.70				0.60	0.60				FORMACION MURCO	80%	80%	80%	80%										
10.30				0.60	0.60					80%	80%												

Resistencia a la Compresion		RQD	Espaciamento entre Discontinuidades		CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
15	12	10	8	6	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleño	Alteración	Agua Subterránea	Orientación Discontinuidades																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1 - > 200 Mpa	2 - 100-200 Mpa	3 - 50-100 Mpa	4 - 25-50 Mpa	5 - < 25 Mpa	1 - > 2m	2 - 1-2m	3 - 0.5-1m	4 - 0.2-0.5m	5 - < 0.2m	1 - No mineralizada	2 - Mineralizada	3 - Alterada	4 - No alterada	5 - Discontinuas	6 - Continuas	7 - Angosta < 0.1 mm	8 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	9 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	10 - Muy abierta > 5.0 mm	11 - Rugosa	12 - Ligeramente rugosa	13 - Muy lisa	14 - Ninguna	15 - Relleno duro < 5mm	16 - Relleno blando < 5mm	17 - Relleno blanco > 5mm	18 - No mineralizada	19 - Mineralizada	20 - Alterada	21 - No alterada	22 - Discontinuas	23 - Continuas	24 - Angosta < 0.1 mm	25 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	26 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	27 - Muy abierta > 5.0 mm	28 - Rugosa	29 - Ligeramente rugosa	30 - Muy lisa	31 - Ninguna	32 - Relleno duro < 5mm	33 - Relleno blando < 5mm	34 - Relleno blanco > 5mm	35 - No mineralizada	36 - Mineralizada	37 - Alterada	38 - No alterada	39 - Discontinuas	40 - Continuas	41 - Angosta < 0.1 mm	42 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	43 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	44 - Muy abierta > 5.0 mm	45 - Rugosa	46 - Ligeramente rugosa	47 - Muy lisa	48 - Ninguna	49 - Relleno duro < 5mm	50 - Relleno blando < 5mm	51 - Relleno blanco > 5mm	52 - No mineralizada	53 - Mineralizada	54 - Alterada	55 - No alterada	56 - Discontinuas	57 - Continuas	58 - Angosta < 0.1 mm	59 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	60 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	61 - Muy abierta > 5.0 mm	62 - Rugosa	63 - Ligeramente rugosa	64 - Muy lisa	65 - Ninguna	66 - Relleno duro < 5mm	67 - Relleno blando < 5mm	68 - Relleno blanco > 5mm	69 - No mineralizada	70 - Mineralizada	71 - Alterada	72 - No alterada	73 - Discontinuas	74 - Continuas	75 - Angosta < 0.1 mm	76 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	77 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	78 - Muy abierta > 5.0 mm	79 - Rugosa	80 - Ligeramente rugosa	81 - Muy lisa	82 - Ninguna	83 - Relleno duro < 5mm	84 - Relleno blando < 5mm	85 - Relleno blanco > 5mm	86 - No mineralizada	87 - Mineralizada	88 - Alterada	89 - No alterada	90 - Discontinuas	91 - Continuas	92 - Angosta < 0.1 mm	93 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	94 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	95 - Muy abierta > 5.0 mm	96 - Rugosa	97 - Ligeramente rugosa	98 - Muy lisa	99 - Ninguna	100 - Relleno duro < 5mm	101 - Relleno blando < 5mm	102 - Relleno blanco > 5mm	103 - No mineralizada	104 - Mineralizada	105 - Alterada	106 - No alterada	107 - Discontinuas	108 - Continuas	109 - Angosta < 0.1 mm	110 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	111 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	112 - Muy abierta > 5.0 mm	113 - Rugosa	114 - Ligeramente rugosa	115 - Muy lisa	116 - Ninguna	117 - Relleno duro < 5mm	118 - Relleno blando < 5mm	119 - Relleno blanco > 5mm	120 - No mineralizada	121 - Mineralizada	122 - Alterada	123 - No alterada	124 - Discontinuas	125 - Continuas	126 - Angosta < 0.1 mm	127 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	128 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	129 - Muy abierta > 5.0 mm	130 - Rugosa	131 - Ligeramente rugosa	132 - Muy lisa	133 - Ninguna	134 - Relleno duro < 5mm	135 - Relleno blando < 5mm	136 - Relleno blanco > 5mm	137 - No mineralizada	138 - Mineralizada	139 - Alterada	140 - No alterada	141 - Discontinuas	142 - Continuas	143 - Angosta < 0.1 mm	144 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	145 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	146 - Muy abierta > 5.0 mm	147 - Rugosa	148 - Ligeramente rugosa	149 - Muy lisa	150 - Ninguna	151 - Relleno duro < 5mm	152 - Relleno blando < 5mm	153 - Relleno blanco > 5mm	154 - No mineralizada	155 - Mineralizada	156 - Alterada	157 - No alterada	158 - Discontinuas	159 - Continuas	160 - Angosta < 0.1 mm	161 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	162 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	163 - Muy abierta > 5.0 mm	164 - Rugosa	165 - Ligeramente rugosa	166 - Muy lisa	167 - Ninguna	168 - Relleno duro < 5mm	169 - Relleno blando < 5mm	170 - Relleno blanco > 5mm	171 - No mineralizada	172 - Mineralizada	173 - Alterada	174 - No alterada	175 - Discontinuas	176 - Continuas	177 - Angosta < 0.1 mm	178 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	179 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	180 - Muy abierta > 5.0 mm	181 - Rugosa	182 - Ligeramente rugosa	183 - Muy lisa	184 - Ninguna	185 - Relleno duro < 5mm	186 - Relleno blando < 5mm	187 - Relleno blanco > 5mm	188 - No mineralizada	189 - Mineralizada	190 - Alterada	191 - No alterada	192 - Discontinuas	193 - Continuas	194 - Angosta < 0.1 mm	195 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	196 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	197 - Muy abierta > 5.0 mm	198 - Rugosa	199 - Ligeramente rugosa	200 - Muy lisa	201 - Ninguna	202 - Relleno duro < 5mm	203 - Relleno blando < 5mm	204 - Relleno blanco > 5mm	205 - No mineralizada	206 - Mineralizada	207 - Alterada	208 - No alterada	209 - Discontinuas	210 - Continuas	211 - Angosta < 0.1 mm	212 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	213 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	214 - Muy abierta > 5.0 mm	215 - Rugosa	216 - Ligeramente rugosa	217 - Muy lisa	218 - Ninguna	219 - Relleno duro < 5mm	220 - Relleno blando < 5mm	221 - Relleno blanco > 5mm	222 - No mineralizada	223 - Mineralizada	224 - Alterada	225 - No alterada	226 - Discontinuas	227 - Continuas	228 - Angosta < 0.1 mm	229 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	230 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	231 - Muy abierta > 5.0 mm	232 - Rugosa	233 - Ligeramente rugosa	234 - Muy lisa	235 - Ninguna	236 - Relleno duro < 5mm	237 - Relleno blando < 5mm	238 - Relleno blanco > 5mm	239 - No mineralizada	240 - Mineralizada	241 - Alterada	242 - No alterada	243 - Discontinuas	244 - Continuas	245 - Angosta < 0.1 mm	246 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	247 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	248 - Muy abierta > 5.0 mm	249 - Rugosa	250 - Ligeramente rugosa	251 - Muy lisa	252 - Ninguna	253 - Relleno duro < 5mm	254 - Relleno blando < 5mm	255 - Relleno blanco > 5mm	256 - No mineralizada	257 - Mineralizada	258 - Alterada	259 - No alterada	260 - Discontinuas	261 - Continuas	262 - Angosta < 0.1 mm	263 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	264 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	265 - Muy abierta > 5.0 mm	266 - Rugosa	267 - Ligeramente rugosa	268 - Muy lisa	269 - Ninguna	270 - Relleno duro < 5mm	271 - Relleno blando < 5mm	272 - Relleno blanco > 5mm	273 - No mineralizada	274 - Mineralizada	275 - Alterada	276 - No alterada	277 - Discontinuas	278 - Continuas	279 - Angosta < 0.1 mm	280 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	281 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	282 - Muy abierta > 5.0 mm	283 - Rugosa	284 - Ligeramente rugosa	285 - Muy lisa	286 - Ninguna	287 - Relleno duro < 5mm	288 - Relleno blando < 5mm	289 - Relleno blanco > 5mm	290 - No mineralizada	291 - Mineralizada	292 - Alterada	293 - No alterada	294 - Discontinuas	295 - Continuas	296 - Angosta < 0.1 mm	297 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	298 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	299 - Muy abierta > 5.0 mm	300 - Rugosa	301 - Ligeramente rugosa	302 - Muy lisa	303 - Ninguna	304 - Relleno duro < 5mm	305 - Relleno blando < 5mm	306 - Relleno blanco > 5mm	307 - No mineralizada	308 - Mineralizada	309 - Alterada	310 - No alterada	311 - Discontinuas	312 - Continuas	313 - Angosta < 0.1 mm	314 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	315 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	316 - Muy abierta > 5.0 mm	317 - Rugosa	318 - Ligeramente rugosa	319 - Muy lisa	320 - Ninguna	321 - Relleno duro < 5mm	322 - Relleno blando < 5mm	323 - Relleno blanco > 5mm	324 - No mineralizada	325 - Mineralizada	326 - Alterada	327 - No alterada	328 - Discontinuas	329 - Continuas	330 - Angosta < 0.1 mm	331 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	332 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	333 - Muy abierta > 5.0 mm	334 - Rugosa	335 - Ligeramente rugosa	336 - Muy lisa	337 - Ninguna	338 - Relleno duro < 5mm	339 - Relleno blando < 5mm	340 - Relleno blanco > 5mm	341 - No mineralizada	342 - Mineralizada	343 - Alterada	344 - No alterada	345 - Discontinuas	346 - Continuas	347 - Angosta < 0.1 mm	348 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	349 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	350 - Muy abierta > 5.0 mm	351 - Rugosa	352 - Ligeramente rugosa	353 - Muy lisa	354 - Ninguna	355 - Relleno duro < 5mm	356 - Relleno blando < 5mm	357 - Relleno blanco > 5mm	358 - No mineralizada	359 - Mineralizada	360 - Alterada	361 - No alterada	362 - Discontinuas	363 - Continuas	364 - Angosta < 0.1 mm	365 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	366 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	367 - Muy abierta > 5.0 mm	368 - Rugosa	369 - Ligeramente rugosa	370 - Muy lisa	371 - Ninguna	372 - Relleno duro < 5mm	373 - Relleno blando < 5mm	374 - Relleno blanco > 5mm	375 - No mineralizada	376 - Mineralizada	377 - Alterada	378 - No alterada	379 - Discontinuas	380 - Continuas	381 - Angosta < 0.1 mm	382 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	383 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	384 - Muy abierta > 5.0 mm	385 - Rugosa	386 - Ligeramente rugosa	387 - Muy lisa	388 - Ninguna	389 - Relleno duro < 5mm	390 - Relleno blando < 5mm	391 - Relleno blanco > 5mm	392 - No mineralizada	393 - Mineralizada	394 - Alterada	395 - No alterada	396 - Discontinuas	397 - Continuas	398 - Angosta < 0.1 mm	399 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	400 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	401 - Muy abierta > 5.0 mm	402 - Rugosa	403 - Ligeramente rugosa	404 - Muy lisa	405 - Ninguna	406 - Relleno duro < 5mm	407 - Relleno blando < 5mm	408 - Relleno blanco > 5mm	409 - No mineralizada	410 - Mineralizada	411 - Alterada	412 - No alterada	413 - Discontinuas	414 - Continuas	415 - Angosta < 0.1 mm	416 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	417 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	418 - Muy abierta > 5.0 mm	419 - Rugosa	420 - Ligeramente rugosa	421 - Muy lisa	422 - Ninguna	423 - Relleno duro < 5mm	424 - Relleno blando < 5mm	425 - Relleno blanco > 5mm	426 - No mineralizada	427 - Mineralizada	428 - Alterada	429 - No alterada	430 - Discontinuas	431 - Continuas	432 - Angosta < 0.1 mm	433 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	434 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	435 - Muy abierta > 5.0 mm	436 - Rugosa	437 - Ligeramente rugosa	438 - Muy lisa	439 - Ninguna	440 - Relleno duro < 5mm	441 - Relleno blando < 5mm	442 - Relleno blanco > 5mm	443 - No mineralizada	444 - Mineralizada	445 - Alterada	446 - No alterada	447 - Discontinuas	448 - Continuas	449 - Angosta < 0.1 mm	450 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	451 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	452 - Muy abierta > 5.0 mm	453 - Rugosa	454 - Ligeramente rugosa	455 - Muy lisa	456 - Ninguna	457 - Relleno duro < 5mm	458 - Relleno blando < 5mm	459 - Relleno blanco > 5mm	460 - No mineralizada	461 - Mineralizada	462 - Alterada	463 - No alterada	464 - Discontinuas	465 - Continuas	466 - Angosta < 0.1 mm	467 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	468 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	469 - Muy abierta > 5.0 mm	470 - Rugosa	471 - Ligeramente rugosa	472 - Muy lisa	473 - Ninguna	474 - Relleno duro < 5mm	475 - Relleno blando < 5mm	476 - Relleno blanco > 5mm	477 - No mineralizada	478 - Mineralizada	479 - Alterada	480 - No alterada	481 - Discontinuas	482 - Continuas	483 - Angosta < 0.1 mm	484 - Angosta 0.1 - 1.0 mm	485 - Abierta 1.0 - 5.0 mm	486 - Muy abierta > 5.0 mm	487 - Rugosa	488 - Ligeramente rugosa	489

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTECNICO PARA LA ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO: "CREACION DEL PUENTE VEHICULAR CAMATA SOBRE EL RIO TAMBO, ENTRE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL M0-103 Y LA CARRETERA VECINAL M0-536 EN LOS DISTRITOS DE UBINAS Y YUNGA DE LA PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA" CUI 2525790.																										
REGISTRO GEOTECNICO - SONDEO N°: P-01 (ESTRIBO IZQUIERDO)																										
PROYECTO: PUENTE CAMATA			NOMINACION DEL SONDEO: 90			EQUIPO: LY 38																				
UBICACION: Estribo izquierdo - Puente Camata			PROFUNDIDAD PROYECTADA: 20 m			FECHA DE INICIO: 6/08/2024																				
COORDENADAS: E: 317575.7, N: 8286586.4, C: 3532			REGISTRADO POR: TLVQ			FECHA DE FIN: 11/08/2024																				
COTA DE BOCA: 3532 m s.n.m.			REVISADO POR: TLVQ			PERFORISTA: L. GUTIERREZ																				
						NIVEL FREATICO: 10.45 m																				
PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE MUESTRA	REVESTIMIENTO	N° PERFORACION	LONGITUD CORONA DE PERFORACION (m)	LONGITUD DE PERFORACION (m)	SUMATORIA DE PERFORACIONES	DESCRIPCION LITOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	UNIDAD GEOLÓGICA	RECUPERACION		PERMEABILIDAD Y ESTABILIDAD (cm/s)	Ensayo SPT		CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA					CARACTERÍSTICAS DE FRACTURAS					CLASIFICACION DE R. DE TRIENIO	PROYECTADO (N° MUESTRA A L.M)
										(%)	(%)		Int (m)	N	RQD	Esquejado	Subarroyo	Apertura	Rugosidad	Repleno	Atenuacion	Angulo de las Fracturas	R. de Trienio			
10.10				0.90	0.90		Descripcion identica al anterior		CAJA N° 04	100%	50%		2	8	5	4	1	0	3	0	1	30'	24	IV MALA CALIDAD		
11.00				1.20	1.20		Roca lutita se presenta de forma masiva corresponde a la formacion Murco, presenta fracturamiento a bajo, de color gris oscuro, presenta fracturas esporadicas rellenas de Oxidos de fierro, se observan tramos con fraturamiento fuerte 13.70 a 13.90, presenta un indice RMR entre 80 a 90% se clasifica como roca de tipo IV de calidad mala, la estratificacion presenta un tipo III de alterada.		CAJA N° 05	100%	63%		2	13	5	4	1	0	3	0	1	50'	29	IV MALA CALIDAD		
12.00				1.40	1.40		Roca lutita masiva, compacta de color gris oscuro, presenta fracturamiento moderado en fracturas, con una rugosidad de tipo lisa, con un indice RMR mayor a 49, se clasifica como un tipo de roca de tipo III, de calidad regular, se fractura facilmente al golpe del martillo, se raya facilmente con el lapiza de durza, con un indice RQD de entre 81 y 100%.		CAJA N° 06	100%	86%		4	17	15	4	1	4	1	1	5	45'	52	III CALIDAD REGULAR		
13.00				1.50	1.50		Roca lutita masiva, compacta de color gris oscuro, presenta fracturamiento moderado en fracturas, con una rugosidad de tipo lisa, con un indice RMR mayor a 49, se clasifica como un tipo de roca de tipo III, de calidad regular, se fractura facilmente al golpe del martillo, se raya facilmente con el lapiza de durza, con un indice RQD de entre 81 y 100%.		CAJA N° 07	100%	85%		4	17	15	4	1	4	1	1	5	45'	52	III CALIDAD REGULAR		
14.00				1.50	1.50		Roca lutita masiva, compacta de color gris oscuro, presenta venillas de cuarzo blanco, y cerquita con limulita en fracturas, con una rugosidad de tipo lisa, con un indice RMR mayor a 49, se clasifica como un tipo de roca de tipo III, de calidad regular, se fractura facilmente al golpe del martillo, se raya facilmente con el lapiza de durza, con un indice RQD de entre 81 y 100%.		CAJA N° 08	100%	100%		4	20	15	4	6	6	1	5	5	NO PRESENTA	61	III BUENA CALIDAD		
15.00				0.90	0.90		Roca lutita masiva, compacta de color gris oscuro, presenta venillas de cuarzo blanco, y cerquita con limulita en fracturas, con una rugosidad de tipo lisa, con un indice RMR mayor a 49, se clasifica como un tipo de roca de tipo III, de calidad regular, se fractura facilmente al golpe del martillo, se raya facilmente con el lapiza de durza, con un indice RQD de entre 81 y 100%.		CAJA N° 09	89%	100%		4	20	15	4	6	6	1	5	5	45'	61	III BUENA CALIDAD		
16.00				1.50	1.50		Roca lutita masiva, compacta de color gris oscuro, presenta venillas de cuarzo blanco, y cerquita con limulita en fracturas, con una rugosidad de tipo lisa, con un indice RMR mayor a 49, se clasifica como un tipo de roca de tipo III, de calidad regular, se fractura facilmente al golpe del martillo, se raya facilmente con el lapiza de durza, con un indice RQD de entre 81 y 100%.		CAJA N° 10	100%	57%		2	13	8	4	1	0	3	1	1	45'	33	IV MALA CALIDAD		
17.00				1.40	1.40		Roca lutita masiva, compacta de color gris oscuro, presenta venillas de cuarzo blanco, y cerquita con limulita en fracturas, con una rugosidad de tipo lisa, con un indice RMR mayor a 49, se clasifica como un tipo de roca de tipo III, de calidad regular, se fractura facilmente al golpe del martillo, se raya facilmente con el lapiza de durza, con un indice RQD de entre 81 y 100%.		CAJA N° 11	100%	95%		2	20	5	4	1	1	3	0	1	45'	37	IV MALA CALIDAD		
18.00																										
19.00																										
20.40																										

OC		CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES		AGUA SUBTERRANEA		ORIENTACION DISCONTINUIDADES	
Resistencia a la Compresion	RQD	Peristencia	Apertura	Rugosidad	Repleno	Alteracion	
15	12	10	10	10	10	10	15
4	4	4	4	4	4	4	10
2	2	2	2	2	2	2	4

LEYENDA	
	SUELO ALUVIAL GRAVAS Y ARENAS CON FOS
	BLOQUE DE ROCA Y/O FRACTURADA
	ROCA LUTITA (Fm. Murco)

OBSERVACIONES		
SONDEO N°: P-01		
ELABORADO POR: TLVQ	REVISADO POR: TLVQ	HOJA: 2

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO: "CREACION DEL PUENTE VEHICULAR CAMATA SOBRE EL RIO TAMBO, ENTRE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL M0-103 Y LA CARRETERA VECINAL M0-536 EN LOS DISTRITOS DE UBINAS Y YUNGA DE LA PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA" CUI 2525790.																													
REGISTRO GEOTECNICO - SONDEO N°: P-02 (LADO IZQUIERDO)																													
PROYECTO: PUENTE CAMATA			LOCALIZACION DEL SONDEO: 90			EQUIPO: LY 38			FECHA DE INICIO: 6/08/2024																				
UBICACION: Pilar Izquierda - Puente Camata			PROFUNDIDAD PROYECTADA: 20 m			FECHA DE FIN: 11/08/2024			REVISADO POR: L.GUTIERREZ																				
COORDENADAS: E: 317569.9, N: 8286622.8, C: 359			PROFUNDIDAD EJECUTADA: 20.30 m			PERFORISTA: TLVQ			NIVEL FREATICO: 0.00 m																				
COTA DE BOCA: 3819 msnm			REGISTRADO POR: TLVQ			REVISADO POR: TLVQ			NIVEL FREATICO: 0.00 m																				
PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE MUESTRA	REVESTIMIENTO	% FRECUENCIA DE COLOR DEL LADO DE LA BOCA DE LA SONDA	LONGITUD CORONA DE PERFORACION (m)	LONGITUD DE LA PERFORACION	SUMATORIA DE FRATURAS > 90°	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	RECUPERACION		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y CONDUCTIVIDAD (cm/s)	Ensayo SPT		CARACTERISTICAS DE LA ROCA			CARACTERISTICAS DE FRATURAS			CLASIFICACION DE RIFR (Unico)	PROYECTADO (N°) N° MUESTRA A L.M.						
										N (%)	U (%)			Int (m)	N	RQD	Esquejado	Subarroya	Perforada	Aventura	Rugosidad			Releno	Atenuacion	Angulo de las Fracturas	R de Tension		
10.10							Arenas con limos esporadicos de color gris oscura de origen eluvial, correspondiente a materiales residuales de un estrato de arenisca alterada de la formacion Murco, las arenas con monomicticas y no presentan cohesion se muestran son delezables se presenta de forma masiva, presenta saturacion de agua presenta limos esporadicos que se presentan de forma homogenea, presenta los siguientes porcentajes: arenas 90%, limos 10%.	[Perfil Geologico]	ARENAS RESIDUALES Fm. MURCO	100%	100%		[Permeabilidad]	SPT-02															
10.50				0.45	0.45							100%		100%															
10.95																													
11.00				1.05	0.90									86%															
12.00				0.45	0.45									100%															
12.45																													
13.00				1.05	0.90									86%															
13.50				0.45	0.45									100%															
13.95																													
14.00				0.55	0.55									100%															
14.50				0.50	0.50					100%																			
15.00				0.45	0.45					100%																			
15.45																													
16.00				1.05	0.95					90%																			
16.50				0.45	0.45					100%																			
16.95																													
17.00				1.05	1.00		Arcillas con limos de color gris oscura de origen eluvial, material de tipo residual correspondiente de los estratos limosos de la formacion Murco, el material se encuentra saturado y con alteraciones fuerte, presenta cohesion media, es deleznable, se unde con la presion de la mano ofreciendo resistencia de forma ligera, presenta los siguientes porcentajes finos 80%, limos 20%.	[Perfil Geologico]	ARCILLAS RESIDUALES Fm. MURCO	100%																			
18.00				0.45	0.45																								
18.45																													
19.00				1.35	1.30					95%																			
19.50										100%																			
19.95																													
20.30										95%																			

CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES									
Resistencia a la Compresion	RQD	Espaciamiento entre Discontinuidad	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Releno	Alteracion	Agua Subterranas	Orientacion Discontinuidades
15	20	20	6	6	6	6	6	15	15
7	4	13	3	4	4	4	4	10	10
4	2	5	3	3	3	3	3	5	5

LEYENDA									
	SUELO ALUVIAL GRAVAS Y ARENAS CON FINOS								
	BLOQUE DE ROCA Y/O FRACTURADA								
	ROCA LUTITA (Fm. Murco)								
	ARENAS RESIDUAL (Fm. Murco)								

OBSERVACIONES									
[Empty space for observations]									

SONDEO N°: P-01		
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	HOJA
TLVQ	TLVQ	2

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO: "CREACION DEL PUENTE VEHICULAR CAMATA SOBRE EL RIO TAMBO, ENTRE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL M0-103 Y LA CARRETERA VECINAL M0-536 EN LOS DISTRITOS DE UBINAS Y YUNGA DE LA PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA" CUI 2525790.																									
REGISTRO GEOTECNICO - SONDEO N°: P-04 (ESTRIBO DERECHO)																									
PROYECTO: PUENTE CAMATA			LOCALIZACION DEL SONDEO: 90			EJECUCION: LY 38			FECHA DE INICIO: 6/08/2024																
UBICACION: Estribo derecho - Frente Camata			PROFUNDIDAD PROYECTADA: 20 m.			FECHA DE FIN: 11/08/2024			REVISADO POR: TLVQ																
COORDENADAS: E: 317558.6, N: 8286487.3, C: 352132			REGISTRADO POR: TLVQ			PERFORISTA: L. GUTIERREZ			NIVEL FREATICO: 1.35 m.																
COTA DE BOCA: 3521.32 msnm.																									
PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	REVESTIMIENTO	% PERMEABILIDAD DEL SUELO	LONGITUD CORONA DE PERFORACION (cm)	LONGITUD DE LA PERFORACION	SUMATORIA DE FRACTURAS > 9 cm	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	RECUPERACION		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y OSMOTICIDAD (cm/s)	Ensayo SPT		CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				CLASIFICACION DE R. DE TEBLON	PROFUNDIDAD (m) N° MUESTRA A L.M.
										N	%			Int (m)	N	RQD	Esquejado	Subarrietas	Perforadas	Avenidas	Rugosidad	Rebordes	Atenuacion		
0.00							Limas corrientes y gravas esporadicas de color gris pardusco claro, presenta organicos (raíces)		ALUVIAL	25	100%														
1.00				0.40	0.40		Gravas con boloneria en matriz limoarenosa de color pardo grisáceo, de origen aluvial, las gravas son redondeadas a sub redondeadas y polimigticas presenta boloneria con fragmentos de hasta 10 cm., los fragmentos son mal graduados, la matriz es limo arenoso no presenta compacidad, es deleznable, las arenas son gruesas a medias polimigticas, al final de tramo presenta un bloque de roca de 35 cm., material presenta los siguientes porcentajes: gravas 30%, limos 15% arenas 30% finos 10, bloque de roca 15%		DEPOSITOS FLUVIALES	30	100%														
2.00				0.50	0.50					35	100%														
3.00				0.30	0.30					40	100%														
4.00				0.50	0.50					45	100%														
5.00				0.50	0.50					50	100%														
6.00				0.65	0.65		Arenas con limos esporadicos de color pardo claro con alternancia de gris oscura de origen aluvial, correspondiente a materiales residuales de un estrato de arenisca alterada de la formacion Murco, las arenas con monomigticas y no presentan cohesion se muestran son deleznales se presenta de forma masiva, presenta saturacion de agua presenta limos esporadicos que se presentan de forma homogenea, presenta los siguientes porcentajes: arenas 90%, limos 10%.		ARENAS RESIDUAL (Fm. Murco)	55	100%														
7.00				0.60	0.60					60	100%														
8.00				0.40	0.40					65	100%														
9.00				0.35	0.35					70	100%														
10.00				0.30	0.30					75	100%														
				0.30	0.30					80	100%														
				0.30	0.30					85	100%														
				0.30	0.30					90	100%														
				0.30	0.30					95	100%														
				0.30	0.30					100	100%														
				0.30	0.30					105	100%														
				0.30	0.30					110	100%														
				0.30	0.30					115	100%														
				0.30	0.30					120	100%														
				0.30	0.30					125	100%														
				0.30	0.30					130	100%														
				0.30	0.30					135	100%														
				0.30	0.30					140	100%														
				0.30	0.30					145	100%														
				0.30	0.30					150	100%														
				0.30	0.30					155	100%														
				0.30	0.30					160	100%														
				0.30	0.30					165	100%														
				0.30	0.30					170	100%														
				0.30	0.30					175	100%														
				0.30	0.30					180	100%														
				0.30	0.30					185	100%														
				0.30	0.30					190	100%														
				0.30	0.30					195	100%														
				0.30	0.30					200	100%														
				0.30	0.30					205	100%														
				0.30	0.30					210	100%														
				0.30	0.30					215	100%														
				0.30	0.30					220	100%														
				0.30	0.30					225	100%														
				0.30	0.30					230	100%														
				0.30	0.30					235	100%														
				0.30	0.30					240	100%														
				0.30	0.30					245	100%														
				0.30	0.30					250	100%														
				0.30	0.30					255	100%														
				0.30	0.30					260	100%														
				0.30	0.30					265	100%														
				0.30	0.30					270	100%														
				0.30	0.30					275	100%														
				0.30	0.30					280	100%														
				0.30	0.30					285	100%														
				0.30	0.30					290	100%														
				0.30	0.30					295	100%														
				0.30	0.30					300	100%														
				0.30	0.30					305	100%														
				0.30	0.30					310	100%														
				0.30	0.30					315	100%														
				0.30	0.30					320	100%														
				0.30	0.30					325	100%														
				0.30	0.30					330	100%														
				0.30	0.30					335	100%														
				0.30	0.30					340	100%														
				0.30	0.30					345	100%														
				0.30	0.30					350	100%														
				0.30	0.30					355	100%														
				0.30	0.30					360	100%														
				0.30	0.30					365	100%														
				0.30	0.30					370	100%														
				0.30	0.30					375	100%														
				0.30	0.30					380	100%														
				0.30	0.30					385	100%														
				0.30	0.30																				



DIRECCIÓN REGIONAL
DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES



"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

Moquegua, 04 de noviembre de 2025

CARTA N° 0132-2025-GRM/GGR/GRI-DRTC.01

REG: 03121311
EXP: 02087025

Señor:
Ing. ROGER ANAHUA MACHACA
DNI N° 01326539
Asoc. 12 de Junio Mz. K Lte. 02 – San Antonio
roger_anahua@hotmail.com
PRESENTE.-

ASUNTO : **SOBRE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE USO DE DATOS DE INVERSIÓN A CARGO DE LA DRTC**

REFERENCIA : a) INFORME N° 1286-2025-GRM/GGR/GRI-DRTC.05
b) INFORME N° 924-2025-GRM/GGR/GRI-DRTC.DC.SDEIV-05.01
c) INF. N° 058-2025-GRM/GGR/GRI-DRTC.DC.SDEIV-RP-HVCC-PCAMATA
d) CARTA N° 008-2025-ITYA/IC-RAM

Reciba el cordial saludo de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones, del Gobierno Regional Moquegua, en atención a la CARTA N° 008-2025-ITYA/IC-RAM, tramitada el 23 de octubre de 2025, mediante la cual solicita autorización para la recolección y uso de datos relacionados con el PIP con CUI N° 2525790, exponiendo sus argumentos.

Al respecto, la Dirección de Caminos, en el INFORME N° 1286-2025-GRM/GGR/GRI-DRTC.05, tramitado el 03 de noviembre de 2025, se pronuncia al respecto, precisando sobre la autorización que se otorgaría únicamente con fines académicos, debiendo garantizar que la información recopilada no sea utilizada con fines distintos a los declarado en su solicitud. Adjuntando el INFORME N° 058-2025-GRM/GGR/GRI-DRTC.DC.SDEIV-RP-HVCC-PCAMATA, del Responsable de Proyecto, que adjunta archivo drive y código QR, con la información relacionada.

Estando a ello, es de considerar que el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a solicitar sin expresión de causa la información que requiera y a recibirla de cualquier entidad pública, en el plazo legal, con el costo que suponga el pedido, con excepción de aquellas informaciones que afectan la intimidad personal y las que expresamente se excluyan por ley o por razones de seguridad nacional. A su vez, el artículo 3° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por el Decreto Supremo N° 021-2019-JUS, establece que toda información que posea el Estado se presume pública, salvo las excepciones de ley, teniendo la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad.

A la evaluación del expediente administrativo, se tiene que no se encuentra en ningún supuesto de excepción o de denegatoria de acceso contemplado en el artículo 13° del TUO de la Ley N° 27806. Así también se tiene que la información será otorgada en digital, por lo que no irrogaría costo en la entrega de copias. Razón por la cual resulta procedente su solicitud.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,

GOBIERNO REGIONAL MOQUEGUA
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
LIC. AUGUSTO ALFREDO ROSPIGOSI FLOR
DIRECTOR REGIONAL

CARGO DE RECEPCION

APELLIDOS: ANAHUA MACHACA
NOMBRES: ROGER
DNI: 01326539
FECHA: 04-11-2025 HORA: 15:30
OBSERVACIONES:

[Firma manuscrita]
FIRMA

AARF/DRTC
CC / ARCH
Dirección de Caminos