

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Análisis geométrico comparativo del diseño de un puente losa  
y un puente viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco  
– 2024”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Albino Capcha, Jose Luis

ASESOR: Taboada Trujillo, William Paolo

HUÁNUCO – PERÚ

2024



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73659287

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40847625

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-4594-1491

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

# D

# H



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día **miércoles 10 de octubre de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

❖	DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
❖	MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	SECRETARIA
❖	MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2213-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"ANÁLISIS GEOMÉTRICO COMPARATIVO DEL DISEÑO DE UN PUENTE LOSA Y UN PUENTE VIGA LOSA EN EL DISTRITO DE CONCHAMARCA - HUÁNUCO - 2024"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Jose Luis ALBINO CAPCHA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobado*... por *Unanimitad*... con el calificativo cuantitativo de *12*... y cualitativo de *Suficiente*... (Art. 47).

Siendo las *16:10*... horas del día **10 del mes de octubre** del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS  
DNI: 40895876  
ORCID: 0000-0001-7920-1304  
**PRESIDENTE**

  
MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA  
DNI: 70502371  
ORCID: 0000-0002-5650-3745  
**SECRETARIO (A)**

  
MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
**VOCAL**



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JOSÉ LUIS ALBINO CAPCHA, de la investigación titulada “Análisis geométrico comparativo del diseño de un puente losa y un puente viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco – 2024”, con asesor WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0962-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 22 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 17 de septiembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## 2. ALBINO CAPCHA JOSÉ LUIS.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>22%</b>	<b>22%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>10%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repository.unipiloto.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

Queridos padres, familiares y amigos, a cada uno de ustedes, mi más profundo agradecimiento por ser los cimientos que sostienen mi camino académico. Cada logro alcanzado lleva la marca de su amor, apoyo constante y motivación. Ustedes han sido mi luz en los momentos oscuros y la brújula que ha dirigido mi trayectoria. Gracias por creer en mí y por ser mi fuente inagotable de fuerza y ánimo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi estimado asesor, Mg. Taboada Trujillo William Paolo, deseo expresar mi sincero agradecimiento. Su guía experta y dedicación han sido faros que han iluminado mi sendero académico. Cada consejo suyo ha sido invaluable, y su compromiso con mi crecimiento académico ha dejado una marca perdurable en mi formación.

A la Universidad de Huánuco y a mis apreciados profesores, quiero manifestar mi reconocimiento por proporcionarme un entorno educativo enriquecedor. Su conocimiento compartido y dirección académica han sido fundamentales en mi desarrollo como estudiante.

Este logro no solo me pertenece a mí, sino que también es de cada uno de ustedes que ha formado parte de mi travesía. Sus palabras alentadoras, paciencia y contribuciones han sido esenciales en mi camino hacia el éxito académico.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	XI
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
CAPÍTULO I.....	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	18
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	19
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO .....	19
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	20
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	20
1.5.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	20
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	22
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....	24
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES .....	26
2.2 BASES TEÓRICAS .....	27
2.2.1 PUENTE .....	27

2.2.2 TIPOS DE PUENTES .....	30
2.2.3 PUENTE TIPO LOSA .....	33
2.2.4 PUENTE TIPO VIGA .....	35
2.2.5 DISEÑO POR MÉTODO LRFD .....	37
2.2.6 DISEÑO PUENTE LOSA .....	38
2.2.7 DISEÑO PUENTE VIGA LOSA .....	39
2.2.8 CARGAS .....	41
2.2.9 RESISTENCIA.....	44
2.2.10 ESTABILIDAD .....	44
2.2.11 DURABILIDAD .....	44
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	45
2.3.1 LONGITUD .....	45
2.3.2 ANCHO.....	45
2.3.3 NÚMERO DE CARRILES.....	45
2.3.4 ESPESOR DE CARPETA ASFÁLTICA .....	45
2.3.5 CALZADA .....	45
2.3.6 VEREDA.....	45
2.3.7 NÚMERO DE VIGAS.....	46
2.3.8 LONGITUD DE PUENTE.....	46
2.3.9 ANCHO DE PUENTE .....	46
2.3.10 SEPARACIÓN DE VIGAS .....	46
2.3.11 DIMENSIONES DE LA VIGA T .....	46
2.3.12 VOLADO.....	46
2.3.13 ESPESOR DE LOSA.....	46
2.3.14 ESPESOR DE CARPETA ASFÁLTICA .....	47
2.3.15 VEREDA.....	47
2.4 HIPÓTESIS .....	47
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL .....	47
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	47
2.5 VARIABLES .....	48
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	48
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	48
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES) .....	49..

CAPÍTULO III.....	50
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.1.1 ENFOQUE.....	50
3.1.2 ALCANCE O NIVEL.....	50
3.1.3 DISEÑO.....	51
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	51
3.2.1 POBLACIÓN.....	51
3.2.2 MUESTRA.....	51
3.2.3 MUESTREO.....	52
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	52
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	52
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	52
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	54
CAPÍTULO IV.....	56
RESULTADOS.....	56
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	56
4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR.....	56
4.1.2 DATOS DE DISEÑO.....	57
4.1.3 DISEÑO DEL PUENTE LOSA.....	60
4.1.4 DISEÑO DEL PUENTE VIGA LOSA.....	74
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	88
4.2.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	88
4.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	90
CAPÍTULO V.....	94
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	94
5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS.....	94
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXOS.....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rango de luces según el tipo de estructura .....	29
Tabla 2 Pesos específicos de algunos materiales .....	41
Tabla 3 Factor de presencia múltiple .....	42
Tabla 4 Operacionalización de variables.....	49
Tabla 5 Cálculo de ni .....	52
Tabla 6 Geometría puente losa.....	53
Tabla 7 Detalle de reforzamiento de losa .....	53
Tabla 8 Factores de distribución- combinaciones de carga .....	53
Tabla 9 Propiedades de materiales.....	54
Tabla 10 Propiedades de materiales .....	59
Tabla 11 Factores de modificación de cargas .....	59
Tabla 12 Estadística descriptiva para distribución de cargas en un puente losa.....	90
Tabla 13 Estadística descriptiva para distribución de cargas en un puente viga losa.....	90
Tabla 14 Estadística descriptiva en puente losa .....	92
Tabla 15 Estadística descriptiva en puente viga losa .....	92
Tabla 16 Matriz de consistencia.....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arco de tablero superior.....	31
Figura 2 Arco de tablero intermedio.....	31
Figura 3 Arco de tablero inferior.....	32
Figura 4 Pórtico de columnas incluidas .....	32
Figura 5 Puente suspendido .....	33
Figura 6 Sección transversal: Viga cajón.....	33
Figura 7 Partes de puente tipo losa .....	34
Figura 8 Elementos principales de un puente viga .....	35
Figura 9 Sección transversal: Tablero con Viga I.....	36
Figura 10 Características del camión de diseño .....	43
Figura 11 Curvas de Nivel .....	56
Figura 12 Carta Geológica 21-k.....	57
Figura 13 Sección de peralte de losa.....	61
Figura 14 Patrones de carga.....	62
Figura 15 Datos de carril.....	62
Figura 16 Asignación de vehículos .....	63
Figura 17 Factor de escala de vehículos .....	63
Figura 18 Caso de carga Moving Load para 01 carril cargado .....	64
Figura 19 Caso de carga Moving Load para más de un 01 carril cargado....	64
Figura 20 Combinaciones de carga .....	65
Figura 21 Momento máximo para 01 CC .....	65
Figura 22 Cortante máxima para 01 cc.....	66
Figura 23 Momento máximo para más de 01 CC .....	66
Figura 24 Cortante máxima para más de un 01 cc .....	66
Figura 25 Momento máximo para 01 CC .....	67
Figura 26 Cortante máxima para más de un 01 CC.....	67
Figura 27 Momento máximo para más de 01 CC .....	67
Figura 28 Cortante máxima para más de un 01 CC.....	68
Figura 29 Refuerzo de acero en losa central .....	69
Figura 30 Patrones de carga para franja de borde .....	69
Figura 31 Caso de carga para el vehículo .....	70
Figura 32 Asignación de las combinaciones de carga .....	70

Figura 33 Carga distribuida del asfalto .....	71
Figura 34 Carga distribuida de la vereda .....	71
Figura 35 Carga distribuida de la baranda.....	71
Figura 36 Carga distribuida de sobrecarga peatonal .....	71
Figura 37 Momento máximo para la franja de borde .....	71
Figura 38 Cortante máxima para la franja de borde.....	72
Figura 39 Momento máximo para la franja de borde .....	72
Figura 40 Cortante máxima para la franja de borde.....	72
Figura 41 Refuerzo de acero en losa de borde.....	74
Figura 42 Vista transversal del puente losa .....	74
Figura 43 Dimensionamiento de losa y vigas.....	75
Figura 44 Patrones de carga.....	75
Figura 45 Momentos para el volado.....	76
Figura 46 Momentos para el claro .....	76
Figura 47 Momentos para el apoyo .....	76
Figura 48 Sección de viga interior.....	77
Figura 49 Carga de asfalto .....	78
Figura 50 Carga viga diafragma.....	78
Figura 51 Caso de carga .....	79
Figura 52 Combinaciones de carga - Momento .....	80
Figura 53 Diagrama de momentos para la viga interior .....	80
Figura 54 Combinaciones de carga - Cortante .....	81
Figura 55 Diagrama de cortante para la viga interior .....	81
Figura 56 Sección de viga exterior.....	82
Figura 57 Carga de asfalto .....	83
Figura 58 Carga de vereda .....	83
Figura 59 Carga de baranda .....	84
Figura 60 Carga viga diafragma.....	84
Figura 61 Combinaciones de carga - Flexión.....	85
Figura 62 Combinaciones de carga - Cortante .....	86
Figura 63 Diagrama de momentos para la viga exterior .....	87
Figura 64 Diagrama de cortante para la viga exterior .....	87
Figura 65 Histograma y polígono de frecuencia para la longitud de puentes existentes.....	88

Figura 66 Histograma y polígono de frecuencia para el ancho .....	89
Figura 67 Plano de ubicación.....	106

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Vista fotográfica del ingreso al distrito de Conchamarca.....	111
Fotografía 2 Vista fotográfica del ingreso al Centro Poblado de Jatunsequia .....	111
Fotografía 3 Vista fotográfica de los instrumentos para la recolección de datos de campo (levantamiento topográfico).....	112
Fotografía 4 Vista fotográfica, medición del ancho del puente existente - final. .....	112
Fotografía 5 Vista fotográfica, medición del ancho de la vereda derecha del puente existente.....	113
Fotografía 6 Vista fotográfica, medición del ancho de la vereda izquierda del puente existente.....	113
Fotografía 7 Vista fotográfica, medición de la altura de la baranda lado derecho del puente existente.....	114
Fotografía 8 Vista fotográfica, medición de la altura de la baranda lado izquierda del puente existente. ....	114
Fotografía 9 Vista fotográfica, medición de la longitud del ala de ingreso del puente existente.....	115
Fotografía 10 Vista fotográfica, medición de la longitud del ala del puente existente. ....	115
Fotografía 11 Vista fotográfica, medición de la longitud del puente existente lado derecho. ....	116
Fotografía 12 Vista fotográfica, medición de la longitud del puente existente lado izquierdo.....	116
Fotografía 13 Vista fotográfica, medición de la longitud de la carretera para la ubicación del Puente.....	117
Fotografía 14 Vista fotográfica de la limpieza y excavación para el BM. ....	117
Fotografía 15 Vista fotográfica de la excavación, limpieza y perfilado para el BM. ....	118
Fotografía 16 Vista fotográfica de limpieza y colocación de acero corrugado para la identificación del BM con varilla de 3/8”.....	118
Fotografía 17 Vista fotográfica del colocado de acero.....	119

Fotografía 18 Vista fotográfica del encofrado del BM para el posterior vertido de concreto y fijación del acero corrugado. ....	119
Fotografía 19 Vista fotográfica, medición hasta el puente. ....	120
Fotografía 20 Vista fotográfica, extracción de coordenadas NEZ para el BM. ....	120
Fotografía 21 Vista fotográfica, del estacionamiento de la estación total en el BM monumentado.....	121
Fotografía 22 Vista fotográfica, del estacionamiento de la estación total. ..	121
Fotografía 23 Vista fotográfica, orientación del equipo para iniciar con el levantamiento topográfico. ....	122
Fotografía 24 Vista fotográfica, inicio del levantamiento topográfico. ....	122
Fotografía 25 Vista fotográfica, levantamiento topográfico de los componentes estructural del puente. ....	123
Fotografía 26 Vista fotográfica, levantamiento topográfico del terreno y de los componentes estructural del puente. ....	123

## RESUMEN

Esta investigación se sumerge en la complejidad del diseño estructural de puentes en Conchamarca, Huánuco, utilizando un enfoque de investigación descriptivo - comparativo. El análisis geométrico comparativo es central en la investigación, centrándose en dos tipos predominantes de puentes: viga-losa y losa. La evaluación meticulosa de variables críticas, como la distribución de cargas, las características de los materiales, y el espesor y las secciones de los puentes, busca arrojar luz sobre las posibles disparidades en el diseño estructural. Esta premisa se somete a una prueba detallada mediante hipótesis específicas que abordan aspectos como la distribución de cargas, la influencia de las características de los materiales y las diferencias en el espesor y las secciones de los puentes. Los resultados obtenidos se interpretan en relación con la literatura existente en el campo, ofreciendo un contexto enriquecido para comprender la relevancia y originalidad de los hallazgos.

Se validó los resultados obtenidos manualmente mediante simulaciones en SAP 2000, confirmando la precisión de nuestra investigación. Esta combinación de métodos ofreció una visión completa del diseño y análisis de puentes tipo viga-losa y tipo losa en Conchamarca, Huánuco. Los hallazgos destacaron la igualdad en la distribución de cargas y el impacto de las propiedades de los materiales, así como diferencias en la robustez y capacidad de carga. La estadística descriptiva respaldó estos resultados, asegurando durabilidad, resistencia y eficiencia en el diseño estructural.

Los resultados confirman el concepto de que el análisis geométrico comparativo de puentes viga-losa y losa recomienda un diseño estructural superior en algunas características particulares. Esto pone de relieve la importancia de considerar cuidadosamente el tipo de puente a la hora de diseñar infraestructuras regionales.

La distribución de cargas y las propiedades de los materiales surgen como factores críticos que influyen en el diseño de los puentes. Aunque ambos puentes aceptan la igualdad en la distribución de cargas y el papel de los materiales, se encuentran sutilezas cruciales que pueden afectar a futuras decisiones de diseño.

La evaluación de las características de los materiales en los puentes tipo losa y tipo viga-loza ha sido un aspecto fundamental de la investigación. Se logró analizar cómo las propiedades de los materiales utilizados influyen en el diseño estructural de los puentes en Conchamarca. Esta comprensión es esencial para garantizar la durabilidad, resistencia y eficiencia de los puentes, contribuyendo así al avance en la ingeniería de infraestructuras.

El análisis detallado permitió identificar las diferencias en las dimensiones estructurales, proporcionando información crucial sobre la robustez y la capacidad de carga de cada tipo de puente. Estos hallazgos son valiosos para futuros proyectos de ingeniería y para mejorar la eficiencia de los diseños estructurales.

**Palabras claves:** Diseño estructural, Puente losa, Puente Viga-loza, Distribución de cargas, Análisis geométrico.

## ABSTRACT

This research dives into the complexity of the structural design of bridges in Conchamarca, Huánuco, using a descriptive - comparative research approach. Comparative geometric analysis is central to the research, focusing on two predominant types of bridges: beam-slab and slab. Meticulous evaluation of critical variables, such as load distribution, material characteristics, and bridge thickness and sections, seeks to shed light on potential disparities in structural design. This premise is subjected to a detailed test using specific hypotheses that address issues such as load distribution, the influence of material characteristics, and differences in bridge thickness and cross-sections. The results obtained are interpreted in relation to the existing literature in the field, offering an enriched context to understand the relevance and originality of the findings.

The results obtained manually were validated through simulations in SAP 2000, confirming the precision of our research. This combination of methods offered a complete vision of the design and analysis of beam-slab and slab-type bridges in Conchamarca, Huánuco. The findings highlighted equality in load distribution and the impact of material properties, as well as differences in robustness and load capacity. Descriptive statistics supported these results, ensuring durability, resistance and efficiency in the structural design.

The results confirm the concept that the comparative geometric analysis of beam-slab and slab bridges recommends a superior structural design in some particular characteristics. This highlights the importance of carefully considering bridge type when designing regional infrastructure.

Load distribution and material properties emerge as critical factors influencing bridge design. Although both bridges accept equality in load distribution and the role of materials, crucial subtleties are found that can affect future design decisions.

The evaluation of the characteristics of the materials in slab-type and beam-slab type bridges has been a fundamental aspect of the research. It was possible to analyze how the properties of the materials used influence the structural design of the bridges in Conchamarca. This understanding is

essential to ensure the durability, strength and efficiency of bridges, thus contributing to progress in infrastructure engineering.

The detailed analysis allowed differences in structural dimensions to be identified, providing crucial information on the robustness and load capacity of each type of bridge. These findings are valuable for future engineering projects and for improving the efficiency of structural designs.

**Keywords:** Structural design, Slab bridge, Beam-slab bridge, Load distribution, Geometric analysis.

## INTRODUCCIÓN

La exploración del diseño estructural de puentes representa un enfoque esencial para entender los elementos que influyen en la eficacia de estas infraestructuras.

En el Capítulo I, se detalló exhaustivamente el problema de investigación, identificando la necesidad de examinar a fondo el diseño de puentes tipo viga-losa y losa, resaltando su importancia en el contexto específico de Conchamarca.

El Capítulo II ofrece el marco teórico, donde se revisa la literatura existente sobre el diseño de puentes, los factores que afectan su rendimiento estructural y las tendencias actuales en ingeniería civil. Este marco establece una base sólida para entender los elementos clave en el análisis comparativo de puentes.

La metodología de investigación se describe en el Capítulo III, delineando el enfoque descriptivo - comparativo, la selección de variables críticas como la distribución de cargas, las características de los materiales y el espesor/secciones, así como la formulación de hipótesis específicas para examinar estas variables.

Los resultados del análisis geométrico comparativo se presentan en el Capítulo IV, resaltando las conclusiones derivadas de la evaluación de los puentes viga-losa y losa. Estos resultados se analizan en relación con la literatura revisada y las limitaciones del estudio.

En el Capítulo V, se realiza la contrastación de resultados, evaluando la validez de las hipótesis planteadas. Este capítulo culmina en una síntesis que no solo verifica o refuta las hipótesis, sino que también señala posibles direcciones para futuras investigaciones y ofrece recomendaciones prácticas basadas en los hallazgos.

En conjunto, esta investigación sigue una estructura integral que comienza con la identificación del problema, avanza a través de la revisión teórica y la metodología, llega a los resultados y finalmente culmina en la contrastación y las implicaciones prácticas para el diseño de puentes en Conchamarca.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La optimización de los diseños de puentes es una dificultad importante en el campo de la ingeniería civil y el desarrollo de infraestructuras, entender cómo la geometría de ambos diseños afecta el diseño estructural en el entorno único del distrito de Conchamarca es crucial, especialmente en el caso de puentes de losa y puentes de viga de losa, el objetivo de este estudio es entender cómo el diseño geométrico de un puente afecta a su capacidad para mantenerse fuerte e intacto bajo una serie de escenarios de carga.

Desde el 11 de enero de 2003, en nuestro país está disponible el Manual de diseño de Puentes, un recurso destinado a regular y dirigir la planificación de las distintas estructuras que componen los puentes. Este manual no solo establece directrices fundamentales para la creación de puentes tanto para vehículos como para peatones, sino que también se ajusta a las normas pertinentes, ofreciendo criterios esenciales para este propósito (American Association of State Highway Transportation Officials [AASHTO], 2020).

Para garantizar la seguridad y eficacia de estas importantes estructuras, durante el proceso de diseño de los puentes deben tomarse importantes decisiones sobre el tamaño y la disposición de los diversos componentes (Alarcón, 2018).

Existe preocupación sobre la conexión específica entre el comportamiento real de los puentes en el distrito de Conchamarca y su geometría de diseño, por lo que en nuestra investigación se propone realizar dos propuestas de un puente tipo losa y tipo viga losa con mayores dimensiones comparando así y eligiendo la mejor propuesta. mejorando la comprensión teórica y ofreciendo recomendaciones útiles para la ingeniería civil en la zona.

Al evaluar el costo se parte del supuesto de que está directamente relacionado con la cantidad de concreto, refuerzo de acero y encofrado necesarios para su edificación, además del análisis estructural fundamentado en los límites establecidos en el manual de puentes (Alvarado, 2018).

Se buscó arrojar luz sobre los vínculos inherentes entre las propiedades geométricas y la capacidad de carga de los puentes en el distrito de Conchamarca a través de una investigación exhaustiva y meticulosa. Al abordar este tema, se ofreció información útil para los ingenieros y planificadores que participan en la construcción y mantenimiento de puentes, mejorando la seguridad, eficacia y sostenibilidad de la infraestructura de transporte de la región.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo realizar el análisis geométrico comparativo entre el diseño estructural de un puente losa y puente viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco – 2024?

### **1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO**

¿Cómo determinar la distribución de cargas en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024?

¿Cómo evaluar las características de los materiales en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024?

¿Cómo determinar el espesor y secciones en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024?

## **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis geométrico comparativo entre el diseño estructural de un puente losa y puente viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco – 2024.

## **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar la distribución de cargas en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024.

Evaluar las características de los materiales en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024.

Determinar el espesor y secciones en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

El estudio examinó la conexión entre las dimensiones geométricas y el comportamiento de los puentes dentro del marco teórico de la ingeniería estructural. Se mejoró los conocimientos teóricos actuales investigando este vínculo mediante un método cuantitativo, utilizando esta técnica, será posible confirmar o ampliar hipótesis anteriores sobre cómo determinados elementos geométricos pueden afectar a la resistencia y la capacidad de carga de los puentes. Con este planteamiento, el estudio ayudó la comprensión teórica en el campo de la ingeniería estructural y civil.

### **1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

El uso de este enfoque tendrá muchas aplicaciones en el mundo real, para los profesionales y responsables de la toma de decisiones en ingeniería civil y desarrollo de infraestructuras, las conclusiones de la investigación ofrecerán información útil. Para tomar decisiones mejor fundadas sobre la construcción y el mantenimiento de las infraestructuras viarias del distrito de Conchamarca es necesario conocer cómo influyen las dimensiones geométricas en el rendimiento de los puentes. Como resultado, los puentes son más seguros, eficaces y duraderos, lo que beneficia a la comunidad y hace el mejor uso de los recursos asignados a los proyectos de ingeniería.

### **1.5.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

La investigación propuesta tuvo una justificación social, ya que pretende mejorar la seguridad de las infraestructuras, fomentar métodos de construcción sostenibles y aportar beneficios sociales. Esto se traduce en puentes más seguros, menos daños al medio ambiente y un ahorro económico para las comunidades, lo que a la larga aumenta la calidad de vida de la sociedad en su conjunto.

## **1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Se presentó una limitación significativa de este estudio con la accesibilidad al lugar de investigación y la disponibilidad de movilidad.

Dado que el lugar de investigación se encuentra en una zona alejada, esto hace que la recopilación de los datos y las investigaciones en campo se vean limitadas por la falta de transporte adecuado.

### **1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio examinó las variables Diseño estructural y Análisis geométrico comparando los diseños de puentes de losa y puentes de viga de losa en el distrito de Conchamarca, demuestran viabilidad en su ejecución. La decisión de utilizar una técnica cuantitativa y descriptiva permite un examen exhaustivo de las conexiones entre la geometría del puente y el rendimiento estructural. Además, la investigación tiene una importancia práctica en la medida en que afecta a las decisiones regionales sobre diseño y construcción de puentes, aportando beneficios concretos para la ingeniería civil y el desarrollo de infraestructuras. La flexibilidad de la técnica y su potencial para producir conocimientos útiles subrayan la viabilidad inherente de la investigación en el contexto de la ingeniería estructural.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Delgado et. al (2018) en su artículo titulado *“Propuesta de puente aplicando el método de diseño AASHTO LRFD para la ciudad de Manta”* publicada en la revista Dominio de Las Ciencias; menciona que en Ecuador no existen requisitos técnicos detallados para el diseño de puentes automotrices, en consecuencia, se hizo imprescindible el empleo de normas internacionales, siendo las más comunes las establecidas por la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), en esta situación, se sugiere que los puentes de losa de la ciudad de Manta se construyan utilizando el proceso de diseño LRFD de la AASHTO, la metodología de investigación utilizada fue mayoritariamente cuantitativa con algunos componentes cualitativos, el método epistemológico se fundamentó en el razonamiento deductivo. La investigación no experimental incluyó análisis de campo y análisis de documentos, a través de la interpretación de la información tomada de la revisión documental, que incluyó la demografía de la población y el estado de las vías del cantón Manta, se evaluó la información recopilada, este conocimiento hizo necesaria la elaboración de un proyecto de diseño de puentes de losa que pudiera ser utilizado en otras ciudades con características comparables a las estudiadas, entre los resultados alcanzados se destaca la constatación de que el dimensionamiento adecuado de la construcción del puente losa dependerá de las particularidades de cada proyecto, tomando en cuenta factores como la longitud del puente y la altura de la losa.

Carrillo y Lozano (2018) en su artículo titulado *“Diseño en concreto reforzado del nuevo puente: Las Delicias, para la conexión de los municipios de Alpujarra y Baraya bajo la norma colombiana de puentes LRFD CCP-14”* publicada en la Universidad Católica de Colombia; mencionan que los retos socioeconómicos del municipio de Alpujarra-Tolima y la situación actual del puente: Las Delicias, debido a que este municipio se abastece en gran parte de artículos de la capital del departamento del Huila, concluyen que dado que la losa está construida con hormigón de alta resistencia estructural, no se requiere la construcción de una capa de rodadura flexible. No se requiere la construcción de una capa de rodadura flexible y, en su lugar, se adoptará un pavimento rígido, que requerirá menos mantenimiento, disminuyendo los diversos gastos futuros de ambas ciudades en una elevada proporción de coste, además de que está prohibido utilizar una tecnología de construcción de hormigón pretensado entre vanos de más de 18 metros, esto se consigue instalando armadura entre vanos de más de 18 metros de longitud, esto se logra mediante la implementación de paquetes de barras de refuerzo en las vigas, que se dispersan en la parte inferior de las vigas.

Gutierrez et. al (2021) en su artículo titulado *“Propuesta de diseño estructural del puente: Flandes - Parque Central, en el municipio de Pasca Cundinamarca mediante un diseño en losa maciza en concreto con vigas fundamentado en la Norma CCP-14”* publicada en la Universidad Piloto de Colombia; donde el objetivo principal era construir el puente: Flandes - Parque Central, en Pasca Cundinamarca, el cual se encontraba en mal estado por falta de mantenimiento y uso constante, el puente en concreto reforzado a diseñar; el diseño superestructural de una maciza con vigas; el diseño infraestructural de estribos y una pila central; cabe anotar que no se muestra diseño de cimentación; y este diseño está basado en el CCP-14, en primer lugar, se predimensionó el puente diseñando una ampliación de un carril, un carril bici y una senda peatonal; a continuación, se evaluaron las cargas dinámicas y estáticas para determinar los valores de la anchura de las vigas y el espesor de la

losa; por último, se calculó la armadura de acero, siendo éstos los cálculos permisivos para el correspondiente diseño de los estribos y finalizando su análisis en el programa estructural SAP 2000.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Villavicencio (2020) en su tesis titulada “*Estudio comparativo entre un diseño optimizado respecto a uno sin optimizar en puentes tipo losa de concreto armado usando el método del ancho equivalente de franjas del manual de puentes MTC 2018*” en la Universidad Andina del Cusco; el objetivo principal de este estudio es comparar las diferencias entre dos diseños de puentes de losa de hormigón armado utilizando la técnica de igual anchura de vano del Manual de Puentes 2018 del MTC, el proceso de investigación incluye los siguientes pasos, el diseño se crea utilizando un enfoque de optimización matemática que incluye, primero, se recopilan las propiedades del material, las características geométricas, las cargas de diseño y la cuantificación de la carga, segundo, se determina la anchura equivalente de la banda utilizando el manual de puentes MTC 2018, tercero, se realiza el predimensionamiento del espesor de la losa, segmentación de la longitud del puente, definición de la función objetivo (la función matemática primaria a optimizar, que en este estudio es el coste de referencia directo), y sus subfunciones (espesor de la losa, volumen de hormigón, cantidad de acero y área de encofrado), elección de la variable a optimizar (espesor de la losa), e implementación y programación de técnicas matemáticas (paso constante, bisección y método de la sección áurea) utilizando el software Maple, la cuarta fase consiste en realizar el análisis estructural (momentos de flexión y esfuerzos cortantes) y el diseño estructural (áreas de acero) tras hallar los espesores de losa no optimizados (predefinidos) y optimizados, estas cifras se utilizan para generar los parámetros de la función objetivo para los diseños optimizados y no optimizados (volumen de hormigón, cantidad de acero, área de encofrado y coste de referencia directo), en quinto lugar, de este estudio se concluye que, para diferentes luces de 4,50 m, 5,50 m, 6,50 m, 7,50 m, 8,50 m, 9,50 m, 10,50 m, 11,50 m y 12,50 m, la función objetivo de un diseño optimizado (utilizando el método de la sección o área) en

comparación con un diseño no optimizado da como resultado una reducción media del 15,35%.

Rodríguez (2019) en su tesis titulada “*Diseño de un puente tipo losa y un puente viga losa hasta 20 m de luz, en el distrito de Chilca-2017*” en la Universidad Continental; esta investigación se centra en el diseño de un puente de 12 metros de longitud teniendo en cuenta tanto un diseño de losa como de viga-losa, en particular, se estudia el diseño del tablero, las vigas que pueda haber y la estructura del muro de gravedad de los estribos, la técnica AASTHO - LRFD (American Association of State Highway Transportation Officials - Load, Resistance, Factor, Design), que especifica las limitaciones de diseño y sugiere una carga de diseño denominada HL-93, se utiliza para el estudio y diseño de ambos tipos de puentes, en Estados Unidos y otros países, incluido Perú, esta carga se tiene en cuenta a la hora de diseñar infraestructuras viarias, el diseño del puente tipo losa es el primer paso del procedimiento, tras el dimensionamiento previo de las partes de la superestructura, se realizan cálculos para determinar las cargas dinámicas y calcular los momentos últimos o de diseño, a continuación, se calcula la armadura de acero, se utilizan métodos similares para diseñar el puente viga-losa, que resulta más complicado y requiere más tiempo, la investigación describe en profundidad cada uno de estos cálculos y procedimientos, paso a paso, para confirmar los resultados, se realiza una simulación de los puentes de 12 metros de longitud en el software SAP 2000, y los resultados son equivalentes a los del diseño manual AASTHO-LRFD, la altura de los muros de gravedad se determina teniendo en cuenta tanto el perfil estratigráfico del terreno como las cargas generadas por la superestructura que se transfieren a los estribos situados en los extremos del puente, a partir de estas variables, se predimensionan las dimensiones del talón y la punta de los estribos, así como su anchura y altura, y se evalúa la estabilidad de los muros, a lo largo de todo el proceso de diseño se utilizan como fuentes principales la Normativa Nacional de Construcción y el Manual de Puentes.

Carrillo y Lozano (2018) en su artículo titulado “*Comparación estructural de un puente extradadosado y puente atirantado de 150 metros con sección compuesta, ejemplo práctico*” publicada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo; el objetivo general de este estudio es comparar el comportamiento estructural de un puente extradadosado y un puente atirantado de 150 metros de luz con sección compuesta, utilizando un diseño descriptivo, no experimental que no consideró una población de estudio específica, sino un objeto y muestra de estudio a dos tipos de puentes como son el puente extradadosado y el puente atirantado de 150 metros, debido a que existe un conocimiento limitado del comportamiento estructural de los cables que son piezas clave en este tipo de puentes, esta tesis se justifica para aportar una contribución beneficiosa a la ingeniería civil, esta propuesta se desarrolló utilizando el enfoque de análisis de contenido y observación, sirviendo como herramientas el registro bibliográfico y el juicio de especialistas en puentes.

### **2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES**

Alvarado (2018) en su tesis titulada “*Tipología en la superestructura de puentes vehiculares de un solo tramo ,de dos carriles para luces menores a 25 metros en concreto reforzado*” en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán; el presente estudio tiene por objeto determinar la opción óptima entre cuatro tipos de puentes vehiculares de hormigón armado de un solo vano y dos carriles para luces inferiores a 25 metros, esta investigación está motivada por el hecho de que estas construcciones son las más comunes en nuestro entorno y de que no existe suficiente bibliografía, a menudo contradictoria, sobre el tema, se partió del supuesto de que el coste mínimo de la estructura es directamente proporcional a la cantidad de hormigón, acero de armadura y encofrado utilizados en su construcción, así como del análisis estructural basado en los estados límite del manual de puentes, el análisis estructural se realizó utilizando el software sap2000 y dos tipos de modelos: el modelo plano para puentes tipo alcantarilla y pórtico y el modelo plano de parrilla para puentes tipo losa y viga losa, dado que existen análisis secuenciales entre diferentes tipologías, se sugiere

emplear la extensión API de Sap2000, que permitirá programar en Excel y manejar la interfaz de Sap2000, reduciendo la duración de los análisis y mostrando una opción para la optimización de futuras investigaciones comparables, se pueden definir las siguientes tipologías en función de las características del entorno: para puentes subterráneos integrados: 0,00-3,00 metros para puentes tipo alcantarilla, 3,00-14,00 metros para puentes tipo pórtico, 0,00-10,00 metros para tableros de puentes, 10,00-20,00 metros para puentes tipo viga.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 PUENTE**

Un puente es una estructura planificada y construida para permitir que personas, coches u objetos se desplacen con seguridad y eficacia por encima de barreras naturales o artificiales como ríos, valles, carreteras, vías férreas u otras masas de agua, y terrenos irregulares, los puentes son componentes fundamentales de las infraestructuras de transporte, ya que unen lugares dispares y permiten el flujo de bienes y personas (Seminario, 2004).

Estas construcciones pueden variar en tamaño, forma y diseño, desde modestos puentes hasta enormes maravillas de la ingeniería, los puentes se construyen con diversos materiales, como hormigón, acero, madera y otros compuestos, y se diseñan meticulosamente para resistir determinadas cargas, tensiones y condiciones climáticas, además de su uso funcional, los puentes tienen una importancia arquitectónica y cultural que contribuye al paisaje y al carácter de un lugar (Duan y Chen, 2019).

#### **2.2.1.1 LUZ DE PUENTE**

La luz de un puente es la distancia entre dos apoyos o pilas de soporte de la estructura de un puente, en otras palabras, es la longitud de la luz libre entre los puntos en los que se apoya la estructura, este parámetro es fundamental en el diseño y la construcción de puentes, ya que influye en su resistencia, estabilidad y capacidad de carga, la luz de un puente puede variar mucho en función de su diseño y tipo, los puentes más cortos pueden tener una luz más estrecha, mientras que los puentes más

largos pueden tener una luz mayor, la luz adecuada viene determinada por una serie de criterios, como el tipo de carga que debe soportar el puente, las condiciones ambientales y las limitaciones de construcción (Pastor, 2000).

#### **2.2.1.2 TIPO DE ESTRUCTURA**

Los puentes pueden tener diversos tipos estructurales en función de su diseño y uso, es la disposición arquitectónica y estructural que especifica cómo se construirá el puente, las vigas cajón tienen una sección transversal cerrada; las vigas en voladizo se extienden desde un único punto de apoyo; las vigas de celosía distribuyen las cargas mediante una estructura de celosía; los puentes arco tienen una forma curva; los puentes colgantes se sostienen mediante cables desde torres; los puentes atirantados utilizan cables inclinados y tirantes verticales; y los puentes flotantes se mueven con las mareas, el tipo de construcción elegido viene determinado por elementos como la longitud del puente, el entorno, el peso que debe soportar, así como por consideraciones estéticas y económicas (Seminario, 2004).

Cada tipo de construcción tiene ventajas e inconvenientes que influyen en la utilidad, resistencia y atractivo estético del puente terminado.

**Tabla 1***Rango de luces según el tipo de estructura*

Tipo de Estructura	Material	Rango de luces
Losa	Concreto Armado	0 – 12 m
	Concreto Preesforzado	10 – 40 m
Vigas	Concreto Armado	12 – 25 m
	Concreto Preesforzado	25 – 325 m
	Acero	30 – 300 m
Arco	Concreto	80 – 390 m
	Acero	130 – 400 m
	Acero Ret.	240 – 520 m
Reticulado	Acero	100 – 600 m
Atirantado	Concreto	50 – 450 m
	Acero	100 – 1000 m
Colgante	Acero	300 – 2000 m

*Nota.* Obtenido de Puentes, Análisis Diseño y Construcción, ACI, Capítulo de Estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima 1993.

### **2.2.1.3 GEOMETRÍA DEL PUENTE**

#### **• GEOMETRÍA DE PUENTE LOSA**

La disposición y forma de un puente cuyo tablero superior (losa) sirve de estructura principal de soporte y distribución de fuerzas se denomina: Geometría de puente de losa, dimensiones como la longitud, anchura y espesor de la losa, así como la disposición de los apoyos y estribos, forman parte de la geometría, la geometría también puede incluir detalles como la pendiente de la losa y los componentes de refuerzo utilizados para garantizar la integridad de la estructura, la geometría de un puente de losa influye directamente en su capacidad de carga, resistencia y estabilidad (Bosio et. al, 1994).

#### **• GEOMETRÍA DE PUENTE VIGA LOSA**

La construcción y forma de un puente que combina partes de vigas longitudinales con una losa superior se denomina: Geometría

de puente viga losa, la geometría incluye aspectos como la posición y el diseño de las vigas longitudinales, así como su conexión con la losa, esto incluye la altura, la anchura y la separación de las vigas, así como la forma y las medidas de la losa superior, el diseño de un puente de vigas de losa es fundamental para garantizar una distribución adecuada de la carga y una estructura robusta y estable que pueda soportar el tráfico y las condiciones ambientales (Bosio et. al, 1994).

## **2.2.2 TIPOS DE PUENTES**

### **2.2.2.1 SEGÚN MATERIAL**

Los puentes se clasifican en varias variedades en función de los materiales empleados en su construcción, los puentes de hormigón armado o pretensado emplean el hormigón como elemento estructural principal, con acero incorporado al hormigón en los primeros y cables de acero tensados antes de colocar el hormigón en los segundos, lo que maximiza la resistencia, los puentes de acero, en cambio, suelen ser de acero estructural, que es resistente y versátil, pueden adoptar la forma de vigas, arcos o puentes colgantes y se emplean en circunstancias que requieren cruces de larga distancia y grandes pesos (Bosio et. al, 1994).

Los puentes de madera, aunque menos frecuentes hoy en día, aún pueden verse en algunos lugares, aprovechan la madera por ser un recurso natural y sostenible, los puentes de material compuesto, en cambio, combinan elementos como el acero y el hormigón, aprovechando ambos para construir estructuras fuertes y eficientes, además, los puentes compuestos, un descubrimiento más moderno, combinan componentes como fibras de carbono y polímeros para lograr una gran resistencia sin dejar de ser ligeros, aunque menos frecuentes, los puentes de mampostería se encuentran en lugares históricos y utilizan ladrillo o piedra con técnicas de construcción convencionales, el material utilizado viene determinado por elementos como el entorno, la longitud, la carga y la viabilidad económica, orientando el diseño de puentes adaptados a las demandas individuales (Foster y Atrán, 2003).

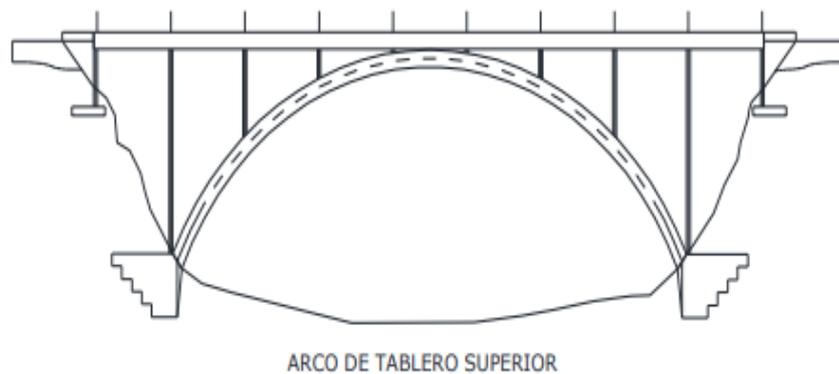
### 2.2.2.2 SEGÚN SISTEMA ESTRUCTURAL

Los puentes se clasifican en función del sistema estructural que rige la forma en que se distribuyen y sostienen las fuerzas y cargas, el puente de vigas es uno de los diseños más frecuentes, formado por una serie de vigas longitudinales que soportan las cargas y las transmiten a los apoyos.

El diseño curvo de los puentes arco distribuye las cargas sobre la estructura, enviándolas a los extremos y a los apoyos laterales.

**Figura 1**

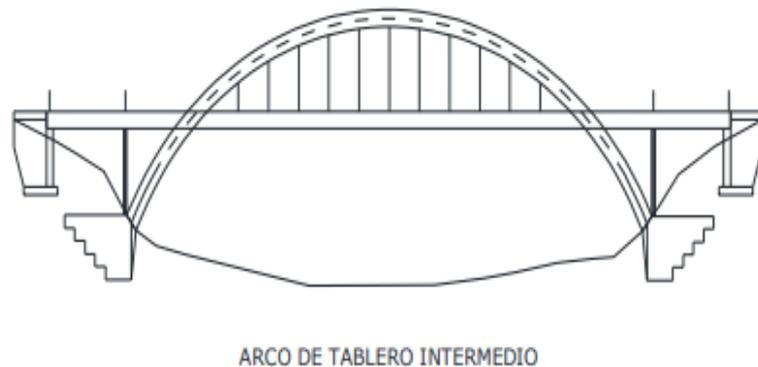
*Arco de tablero superior*



*Nota.* Adaptada del Manual de Puentes (2018).

**Figura 2**

*Arco de tablero intermedio*



*Nota.* Adaptada del Manual de Puentes (2018).

### Figura 3

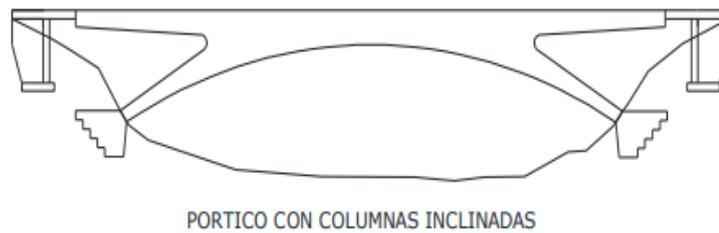
*Arco de tablero inferior*



*Nota.* Adaptada del Manual de Puentes (2018).

### Figura 4

*Pórtico de columnas inclinadas*



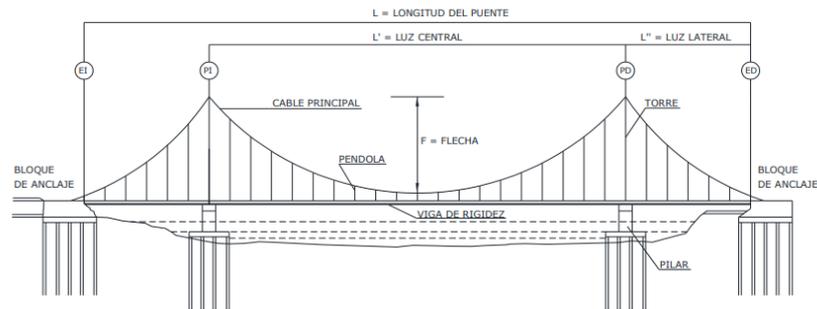
*Nota.* Adaptada del Manual de Puentes (2018).

Los puentes colgantes soportan el tablero mediante cables colgados de torres, lo que permite grandes luces y alturas considerables (Pastor, 2004).

Los puentes atirantados utilizan cables inclinados para conectar la plataforma a las torres de soporte, lo que da como resultado una estructura equilibrada capaz de soportar enormes cargas (Pastor, 2004).

**Figura 5**

*Puente suspendido*

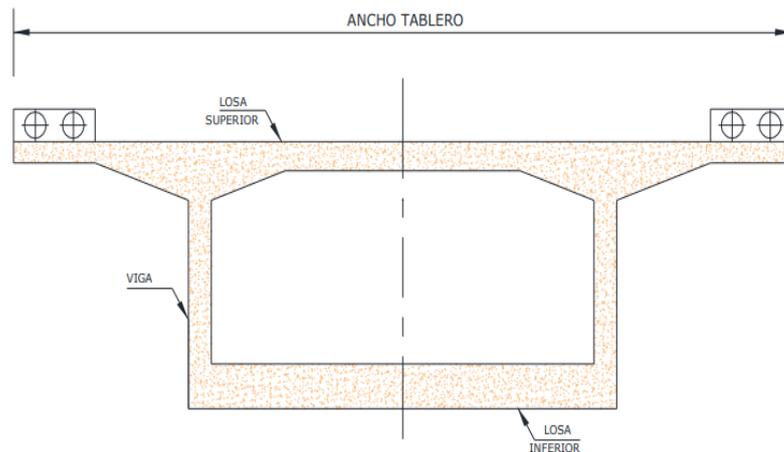


*Nota.* Adaptada del Manual de Puentes (2018).

Los puentes de vigas cajón presentan una sección transversal cerrada que se asemeja a una caja y son eficaces para soportar cargas distribuidas uniformemente (MTC, 2018).

**Figura 6**

*Sección transversal: Viga cajón*



*Nota.* Adaptada del Manual de Puentes (2018).

Los puentes compuestos combinan diversos elementos, como el acero y el hormigón, para crear una construcción eficiente y robusta que aprovecha las ventajas de cada uno (MTC, 2018).

Cada sistema estructural tiene propiedades distintas que influyen en la capacidad de carga, la longevidad y el aspecto del puente, ofreciendo soluciones variadas para una amplia gama de aplicaciones.

### **2.2.3 PUENTE TIPO LOSA**

Un puente de losa se identifica por el uso de una losa de hormigón armado como elemento principal que soporta el peso. Esta losa abarca

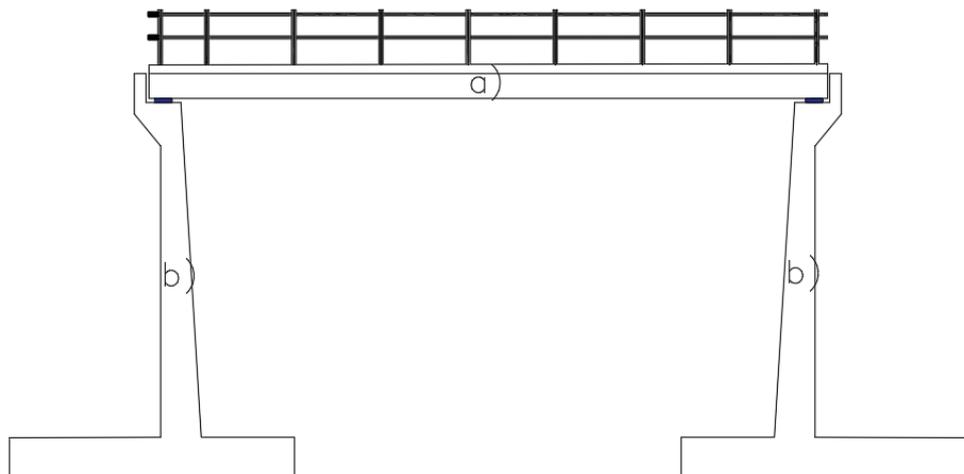
horizontalmente toda la anchura del puente y se apoya en pilares o vigas, que a su vez dispersan el peso de las cargas transportadas por los vehículos. Este estilo se utiliza con frecuencia en la construcción de vías férreas y carreteras. Los puentes de tipo losa suelen tener una longitud de entre 10 y 12 metros (MTC, 2018).

Se analizará 2 elementos para el puente tipo losa.

- a) Tablero
- b) Estribos

**Figura 7**

*Partes de puente tipo losa*



Apaza (2000) propone una clasificación en tres categorías para los puentes de tipo losa, puentes de losas simples donde estos puentes están compuestos por uno o varios tramos de los que se apoyan de manera simple sobre pilares o columnas, en este diseño, no existe conexión entre las losas y su espesor puede ser uniforme o variable, también tenemos puentes de losa continua, donde estos puentes abarcan tres o más apoyos sin establecer una conexión rígida entre ellos, la losa puede tener un espesor constante o variar a lo largo de su longitud y la losa en pórtico, esta variante se caracteriza por presentar una losa continua y uniforme con puntos de apoyo, en este tipo de puente, es posible que el espesor de la losa varíe, excepto cuando la

separación entre apoyos es menor a 6 metros, en cuyo caso se utiliza un espesor estándar.

### 2.2.3.1 ASPECTOS DEL TABLERO PUENTE LOSA

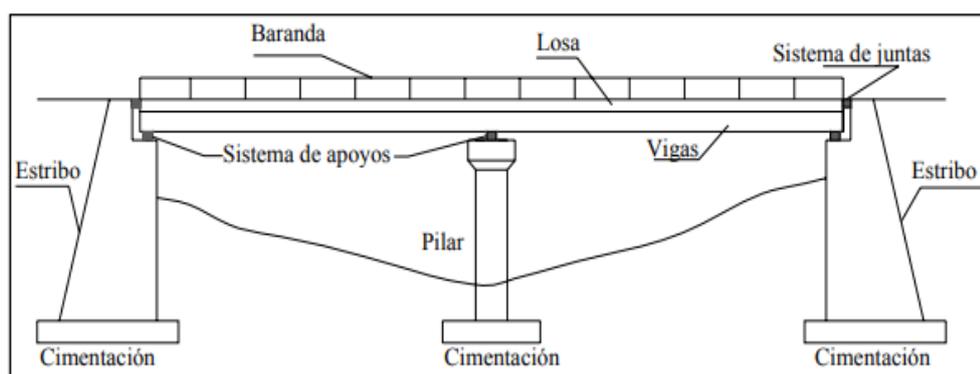
Se tendrá los principales aspectos del puente losa.

- Longitud
- Ancho
- Número de carriles
- Espesor de carpeta asfáltica
- Calzada
- Vereda

### 2.2.4 PUENTE TIPO VIGA

Figura 8

*Elementos principales de un puente viga*



*Nota.* Adaptada de Guía para el diseño de puentes con vigas y losas, Seminario, E. 2004, Universidad de Piura. p27

Dentro de la superestructura del puente viga losa, están presentes la losa y las vigas (vigas longitudinales y vigas diafragma).

#### 2.2.4.1 LOSA

Como componente integral del edificio, una plataforma o superficie plana soporta tanto la movilidad humana como la de los coches autónomos, Su objetivo es reforzar la estabilidad y la resistencia del puente a lo largo de esta operación desplazando el peso necesario sobre una viga de celosía, en determinadas condiciones, esta plataforma puede soportar cargas destinadas a obstaculizar la circulación del tráfico, además, cuando la distancia

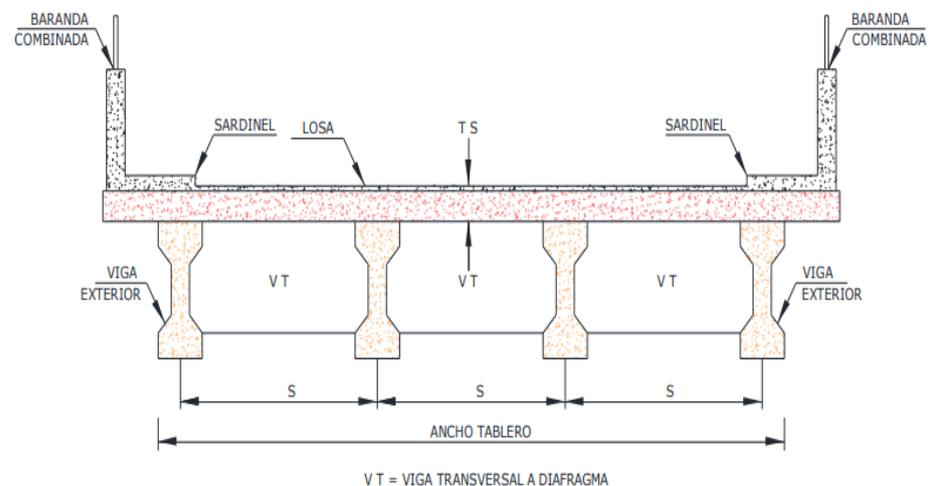
entre puntos de apoyo alcanza los cinco metros, es posible utilizar estrategias de refuerzo de la plataforma como la inserción de bloques de arcilla o ladrillo, así como viguetas espaciadas a intervalos de 0,53 metros, este método ayuda a soportar la carga sin poner en peligro la capacidad de carga del andén (Seminario, 2004).

#### 2.2.4.2 VIGAS

Las vigas longitudinales son componentes estructurales que discurren paralelas al flujo de tráfico a lo largo del puente, su función principal es soportar y transferir las cargas de la superestructura del puente a los estribos y apoyos, como las cargas de los automóviles y del entorno, estas vigas son fundamentales para la resistencia y estabilidad generales del puente, las vigas diafragma, por su parte, son partes de un puente que están dispuestas perpendicularmente a las vigas longitudinales, su función principal es unir y reforzar las vigas longitudinales entre sí, aumentando la rigidez lateral de la estructura, las vigas diafragma ayudan a soportar los esfuerzos de torsión, las vibraciones y los movimientos laterales causados por cargas desequilibradas o impactos climáticos, preservando la integridad estructural y la seguridad del puente (Alarcón, 2018).

**Figura 9**

*Sección transversal: Tablero con Viga I*



*Nota.* Adaptada del Manual de Puentes (2018).

### **2.2.4.3 ASPECTOS DEL TABLERO PUENTE VIGA LOSA**

Se tendrá los principales aspectos del puente viga losa.

- Número de vigas
- Longitud de puente
- Ancho de puente
- Separación de vigas
- Dimensiones de la viga T
- Volado
- Espesor de losa
- Espesor de carpeta asfáltica
- Vereda

### **2.2.5 DISEÑO POR MÉTODO LRFD**

El Manual de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018) ofrece un método de diseño basado en la tecnología LRFD (Load and Resistance Factor Design), esta tecnología, utilizada originalmente en junio de 1994, genera diseños de puentes teniendo en cuenta la resistencia y la carga, el análisis elastoplástico se utiliza para simular elementos estructurales en este método de diseño basado en probabilidades, teniendo en cuenta tanto las restricciones de resistencia como su interacción con otros eventos cruciales, este método pretende aumentar la ductilidad del material para reducir los gastos de construcción, esto se consigue aumentando las cargas aplicadas con un factor de ajuste de la carga y disminuyendo la resistencia con un factor de reducción de la resistencia, los factores de carga utilizados en los proyectos de diseño de puentes modernos se han modificado mediante estudios de diseño para proporcionar un alto grado de seguridad de forma sostenida, como resultado, la estrategia se esfuerza por diseñar puentes resistentes y fiables, equilibrando al mismo tiempo la eficacia estructural y la seguridad.

## **2.2.6 DISEÑO PUENTE LOSA**

### **2.2.6.1 ESPESOR DE LOSA**

El espesor de la losa es la dimensión vertical de la superficie del tablero del puente, esta cifra es crucial para garantizar que la losa tenga la capacidad de soportar las cargas previstas, como el peso del tráfico y otras presiones ambientales, el espesor de la losa se establece mediante cálculos estructurales y puede variar en función de la longitud del puente, el material utilizado y las cargas previstas (Alarcón, 2018).

### **2.2.6.2 ANCHO DE FRANJA (INTERIOR Y DE BORDE)**

El ancho de las franjas se refiere a las secciones a lo largo de la anchura del puente que se tienen en cuenta en el diseño, el ancho de franja interior es por donde circula la mayor parte del tráfico de automóviles, mientras que el ancho de franja exterior son las secciones cercanas, estas anchuras influyen en cómo se distribuyen las cargas por la losa y, por tanto, son fundamentales para un diseño estructural correcto (Rodríguez, 2016).

### **2.2.6.3 METRADO DE CARGAS**

La medición de cargas implica medir y predecir las numerosas cargas que operarán sobre el puente, como el peso de los vehículos, el peso de los peatones, la carga muerta (peso propio del puente), la carga viva (tráfico), la carga del viento y otras condiciones ambientales, estas cargas se utilizan para calcular las fuerzas que debe soportar la estructura y, en última instancia, para estimar las características de diseño, como el espesor de la losa y la distribución del refuerzo (Rodríguez, 2016).

### **2.2.6.4 DISEÑO DE LOSA (INTERIOR Y DE BORDE)**

La losa interior y de borde se diseñan analizando cómo se distribuirán las cargas y fuerzas alrededor del tablero del puente, debido a las tensiones concentradas y repetitivas, la losa central, por donde circula el tráfico, suele requerir un refuerzo adicional, las losas de los bordes, por su parte, también pueden requerir refuerzo, pero están sometidas a menos esfuerzos debido a su función de

soporte, el diseño tiene en cuenta la resistencia de la losa bajo diversas cargas y situaciones (Alarcón, 2018).

## **2.2.7 DISEÑO PUENTE VIGA LOSA**

### **2.2.7.1 NÚMERO DE VIGAS**

El número de vigas en la construcción de un puente es una elección crítica que tiene en cuenta numerosos elementos, como la distribución de la carga, la forma de la losa y los requisitos de diseño, la elección del número correcto afecta no sólo a la capacidad de carga, sino también a la eficiencia global del sistema (Torres, 2013).

### **2.2.7.2 SEPARACIÓN ENTRE VIGAS**

La separación entre vigas, a menudo conocida como separación entre viguetas, es una consideración importante en la construcción de sistemas viga-losa, esta separación influye en la flexibilidad y la capacidad de carga de la losa, al dispersar correctamente el peso en la losa, la separación óptima minimiza la sobrecarga de las vigas y mejora la resistencia general (Torres, 2013).

### **2.2.7.3 ESPESOR DE LOSA**

Una dimensión crucial es el espesor inherente de la losa, que es el producto de un proceso ponderado de análisis y diseño, esta cifra representa la capacidad intrínseca de la losa para soportar momentos y presiones cortantes, así como su resistencia a las cargas previstas, la cuidadosa selección del espesor permite que la capacidad de soportar cargas y deformaciones en su entorno operativo conserve la integridad estructural. (Pastor, 2000).

### **2.2.7.4 ANCHO DE FRANJA**

El ancho de franja es fundamental en el diseño de vigas y losas, con esta medida se identifica la zona de la losa directamente apoyada en una viga, la distribución de la carga en esta región tiene un impacto directo en la carga sobre la viga y la losa, la anchura del vano debe calibrarse correctamente para minimizar la tensión excesiva en las vigas y garantizar una distribución coherente de la carga en toda la estructura (Torres, 2013).

### **2.2.7.5 CARGAS VEHICULARES**

Las cargas de los vehículos incluyen las fuerzas que una estructura debe soportar como resultado de la actividad automovilística, como el peso del vehículo y las cargas dinámicas causadas por su movimiento, el diseño integral debe tener en cuenta estas cargas para garantizar que la estructura pueda soportar los cambios de presión generados por los automóviles de forma segura y fiable (Pastor, 2000).

### **2.2.7.6 VIGAS DIAFRAGMA**

Las vigas diafragma, que son componentes horizontales clave, mantienen la estabilidad lateral global de la estructura, estas vigas, que conectan las vigas verticales, dirigen las fuerzas horizontales, como las causadas por el viento o los terremotos, a los soportes verticales, su función es mantener unido el sistema frente a fuertes presiones laterales (Pastor, 2000).

### **2.2.7.7 VIGAS LONGITUDINALES**

Las vigas longitudinales, que discurren paralelas a la longitud principal de la estructura, soportan las cargas verticales y las transmiten a los pilares, contribuyen significativamente a la estabilidad y resistencia del sistema al absorber y transferir las cargas a lo largo de la estructura. (Rodríguez, 2016).

### **2.2.7.8 VIGA INTERIOR Y EXTERIOR**

El contraste entre vigas portantes y funcionales subraya la separación entre vigas exteriores e interiores, las cargas exteriores son transportadas a lo largo del perímetro por las vigas exteriores, mientras que las cargas interiores son absorbidas y transferidas por las vigas interiores (Pastor, 2000).

### **2.2.7.9 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DE MOMENTOS**

Los factores de distribución en el diseño de vigas simulan cómo se distribuyen las cargas dentro de la estructura, estas variables tienen en cuenta las condiciones de apoyo, las interacciones y la geometría de los componentes, las cargas no se distribuyen uniformemente por la estructura (Rodríguez, 2016).

## 2.2.8 CARGAS

### 2.2.8.1 CARGAS PERMANENTES

Las cargas permanentes, a veces referidas como cargas estáticas, son proporcionadas por los elementos arquitectónicos y las partes que constituyen el propio inmueble, y mantienen su constancia a lo largo del tiempo, en este conjunto de cargas se engloba el propio peso de elementos como columnas, vigas, losas y muros, así como el peso de los materiales de construcción como concreto y acero, entre otros, la consideración de los pesos de todos estos elementos y su distribución dentro de la estructura son aspectos de gran relevancia en el desarrollo de la teoría relacionada con las cargas duraderas (Rodríguez, 2016).

**Tabla 2**

*Pesos específicos de algunos materiales*

Material	Unidad de peso (Kcf)
Aleaciones de aluminio	0.175
Superficies de desgaste bituminosas	0.140
Hierro fundido	0.450
Relleno de ceniza	0.060
Arena, limo o arcilla compactado	0.120
Ligero	0.110
Liviano $f'c \leq 5.0 \text{ ksi}$	0.120
Concreto	Con peso normal
	$5.0 < f'c \leq 15.0 \text{ ksi}$ $0.140 + 0.001f'c$
	Con peso normal
Área, limo o grava suelto	0.100
Arcilla blanda	0.100
Laminados grava, macadam, o de lastre	0.140
Acero	0.490
Mampostería de piedra	0.170
Madera	Dura
	Blanda
Agua	Dulce
	Salada
Artículo	peso por unidad de longitud (klf)
Rieles de tránsito, unión y fijación por pista	0.200

*Nota.* Adaptada del Manual de Diseño de Puentes (2018).

### 2.2.8.2 CARGAS VARIABLES

Las cargas que cambian de tamaño, ubicación o características son las que cambian con el tiempo, las cargas en movimiento (como personas, muebles y equipos), las fuerzas del viento, la acumulación de nieve, las cargas de almacenamiento temporal y otras fuerzas irregulares son ejemplos de este tipo, ejemplos de este tipo, las cargas variables se basan en las posibilidades realistas de cómo dichas cargas pueden cambiar y afectar a la estructura en diversas condiciones (Seminario, 2004).

#### • CARGAS VIVAS DE VEHÍCULOS

Una de las dificultades más difíciles en el diseño de puentes es hacer frente a las tensiones dinámicas creadas por los coches en movimiento, estas cargas incluyen las variaciones y el dinamismo causados por el movimiento de los vehículos, las fuerzas variables son generadas por factores como el tipo de vehículo, su masa, la distribución de la carga y la velocidad a la que atraviesa el puente (Torres, 2013).

#### • NÚMERO DE CARRILES

La necesidad de distribuir adecuadamente las cargas en movimiento en función del número de carriles disponibles se ve agravada por la necesidad de que la estructura del puente mantenga su integridad en diversas condiciones de tráfico, garantizando que las fuerzas y la distribución del peso causadas por los automóviles en movimiento estén equilibradas y no sobrecarguen secciones específicas del puente (MTC, 2018).

**Tabla 3**

*Factor de presencia múltiple*

Número de vías cargados	Factor de presencia múltiple, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

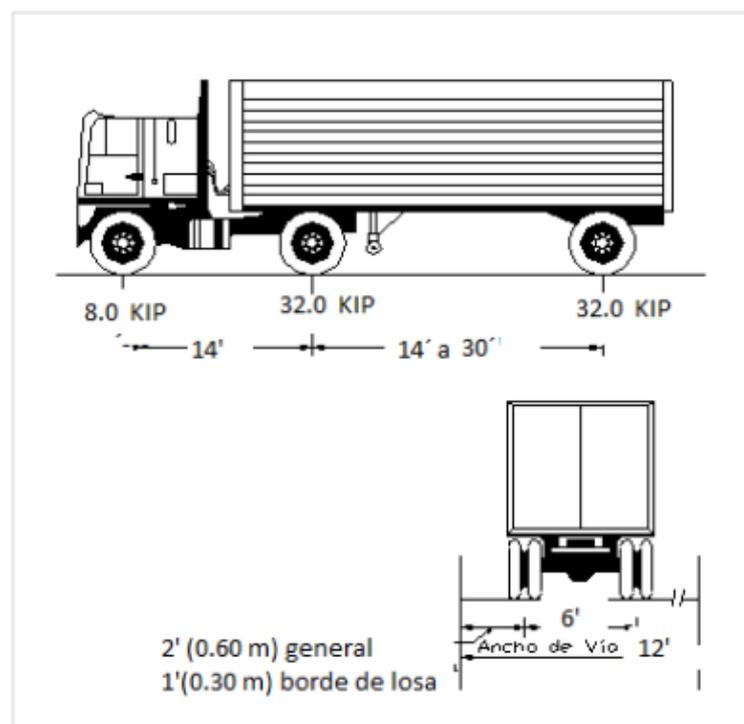
*Nota.* Adaptada del Manual de diseño de puentes MTC (2018).

- **CAMIÓN DE DISEÑO**

Debido a las restricciones de 4,27 m (14 pies) y 9,14 m (30 pies), la separación máxima entre ejes es de 32,0 kips, o 14,55 toneladas, los efectos dinámicos, que incluyen las fuerzas adicionales producidas por la aceleración, desaceleración y vibración cuando el vehículo cruza el puente, también deben tenerse en cuenta al planificar la carga del vehículo (MTC, 2018).

**Figura 10**

*Características del camión de diseño*



*Nota.* Adaptada del Manual de diseño de puentes MTC (2018).

- **TÁNDEM DE DISEÑO**

El diseño en tándem consiste en dos ejes, cada uno con una capacidad de carga de 25 kip (11,4 toneladas), con 1,2 metros (4 pies) entre las ruedas de cada eje y 1,8 metros (5 pies) entre ellos, esta configuración fue cuidadosamente elegida para reflejar con precisión cómo las ruedas de un vehículo grande pueden colisionar con el puente en situaciones de la vida real, teniendo en cuenta el diseño en tándem, queremos evaluar cómo el puente manejará cargas concentradas en áreas críticas (MTC, 2018).

- **CARRIL DE DISEÑO**

Deberá colocarse una carga adicional de 954 kgf/m en la dirección longitudinal, distribuida uniformemente, en aquellas partes del puente en las que se haya observado un impacto perjudicial, este peso adicional deberá distribuirse por igual en una región de 3 metros de ancho, se requerirá el mismo peso adicional en las proximidades del camión o tándem de diseño, sin embargo, en esta situación, no será necesario tener en cuenta los impactos dinámicos (MTC, 2018).

### **2.2.9 RESISTENCIA**

La resistencia se refiere a la capacidad de un puente para soportar las cargas que se le aplican sin sufrir deformaciones excesivas ni derrumbarse, esto implica que el puente debe diseñarse y construirse de modo que pueda soportar las fuerzas que actúan sobre él, como el peso de los vehículos, el tráfico peatonal y las fuerzas climáticas, los ingenieros utilizan cálculos estructurales y materiales resistentes para garantizar que un puente sea lo suficientemente fuerte para el uso al que está destinado (Zhao y Tonias, 2017).

### **2.2.10 ESTABILIDAD**

La capacidad de un puente para mantenerse en pie y funcionar eficazmente sin movimientos indeseados ni deformaciones excesivas se denomina estabilidad, esto significa que el puente debe estar construido para resistir fuerzas externas como el viento, las vibraciones, los terremotos y las tensiones dinámicas relacionadas con el tráfico, los ingenieros estructurales utilizan enfoques analíticos y de diseño para garantizar la estabilidad de un puente en todas las situaciones (Alarcón, 2018).

### **2.2.11 DURABILIDAD**

La capacidad de un puente para preservar su integridad estructural y funcional a lo largo del tiempo, incluso en circunstancias ambientales desfavorables, se denomina durabilidad, los puentes están sometidos a una serie de variables que pueden reducir su durabilidad, como la exposición a la humedad, la corrosión, el desgaste y la tensión relacionados con el tráfico y las duras condiciones meteorológicas, para

mantener la resistencia de un puente durante toda su vida útil se emplean materiales resistentes a la corrosión, procedimientos de protección y un mantenimiento adecuado (Alarcón, 2018).

## **2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **2.3.1 LONGITUD**

La longitud de un puente es la distancia desde su inicio hasta su fin, medida en el sentido de circulación de los vehículos, dependiendo del diseño y de los requisitos del proyecto, puede variar (Zhao y Tonias, 2017).

### **2.3.2 ANCHO**

La dimensión transversal de un puente es la que se extiende perpendicularmente a la dirección del movimiento de los vehículos, la anchura puede variar en función del número de carriles y de los criterios de diseño (Zhao y Tonias, 2017).

### **2.3.3 NÚMERO DE CARRILES**

El número de carriles para vehículos que atraviesan el puente, el número de carriles viene determinado por la capacidad necesaria de la carretera, así como por el tráfico previsto en el puente (Rodríguez, 2016).

### **2.3.4 ESPESOR DE CARPETA ASFÁLTICA**

La carpeta asfáltica es la capa de pavimento asfáltico que se coloca sobre la superficie de rodadura del puente, el espesor de la capa asfáltica se refiere a cuántos milímetros tiene esta capa, lo que influye en la longevidad del pavimento y en su capacidad para soportar cargas (Duan y Chen, 2019).

### **2.3.5 CALZADA**

La calzada es la sección de una carretera o puente destinada al tráfico de vehículos, la calzada de un puente de losa contiene los carriles de circulación y puede ser de asfalto o de otro tipo de pavimento (Zhao y Tonias, 2017).

### **2.3.6 VEREDA**

Es el segmento peatonal del puente también denominada acera, se trata de una zona peatonal que puede estar aislada de la calle por una barrera de seguridad o barandillas (Pastor, 2000).

### **2.3.7 NÚMERO DE VIGAS**

Se refiere al número de vigas longitudinales empleadas en la construcción del puente, las vigas longitudinales son necesarias para sostener la carga y distribuir las fuerzas a lo largo del puente (Barket y Pucket, 2021).

### **2.3.8 LONGITUD DE PUENTE**

Es la longitud total de la estructura del puente de principio a fin, especifica la longitud del puente en relación con la carretera o el río que atraviesa (Barket y Pucket, 2021).

### **2.3.9 ANCHO DE PUENTE**

Es la dimensión horizontal del puente que discurre perpendicular a su longitud, establece la cantidad de espacio disponible para el tráfico de automóviles y peatones (Duan y Chen, 2019).

### **2.3.10 SEPARACIÓN DE VIGAS**

Indica la distancia entre las vigas longitudinales del puente, esta separación puede variar, lo que afecta a la distribución de la carga y a la resistencia estructural (Pastor, 2000).

### **2.3.11 DIMENSIONES DE LA VIGA T**

Una viga en T es un tipo de viga que se asemeja a la letra T, las medidas de la viga en T comprenden la altura, la anchura del ala y el grosor de la viga, estas cifras definen la capacidad de carga de la estructura (Alarcón, 2018).

### **2.3.12 VOLADO**

La pieza del puente que se extiende más allá de los estribos o apoyos se denomina estribo, el voladizo puede cambiar, afectando a la distribución de la carga y a la estabilidad del puente (Alarcón, 2018).

### **2.3.13 ESPESOR DE LOSA**

La losa es la parte superior del puente, la superficie por la que circulan los coches y los peatones, el grosor de la losa está relacionado con su dimensión vertical e influye en su capacidad de carga y resistencia (Bosio et. al, 1994).

### **2.3.14 ESPESOR DE CARPETA ASFÁLTICA**

La capa de asfalto es la capa de pavimento que se asienta sobre la losa del puente, su grosor depende de la cantidad de asfalto colocado y puede influir en la calidad del pavimento y en la comodidad del tráfico (Bosio et. al, 1994).

### **2.3.15 VEREDA**

La pasarela es una sección del puente exclusiva para peatones, su anchura y diseño son fundamentales para garantizar la seguridad y comodidad de los peatones en el puente (Alarcón, 2018).

## **2.4 HIPÓTESIS**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

**H<sub>i</sub>:** El análisis geométrico comparativo mostrará que un puente tipo viga-losa tiene un diseño estructural superior en comparación con un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

**H<sub>0</sub>:** El análisis geométrico comparativo no mostrará que un puente tipo viga-losa tiene un diseño estructural superior en comparación con un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

### **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

**H<sub>i1</sub>:** La distribución de cargas en un puente tipo viga-losa es equivalente a la de un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

**H<sub>01</sub>:** La distribución de cargas en un puente tipo viga-losa no es equivalente a la de un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

**H<sub>i2</sub>:** Las características de los materiales influyen significativamente en el diseño estructural de los puentes tipo viga-losa y tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

**H<sub>02</sub>:** Las características de los materiales no influyen significativamente en el diseño estructural de los puentes tipo viga-losa y tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

**H<sub>i3</sub>:** El espesor y las secciones del puente tipo viga-losa son mayores que las del puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

**H<sub>03</sub>:** El espesor y las secciones del puente tipo viga-losa no son mayores que las del puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

## **2.5 VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE PENDIENTE**

Diseño Estructural

#### **Indicadores:**

- Puente Losa
- Puente Viga-losa
- Tamaño y forma de secciones transversales
- Tipo de material utilizado

### **2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Análisis geométrico

#### **Indicadores:**

- Longitud total del puente
- Ancho total del puente
- Gálibo

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 4

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIONES CONCEPTUALES	DEFINICIONES OPERACIONALES	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	Escala de medición
<b>V. independiente</b> Diseño estructural	El diseño estructural implica las elecciones, técnicas y partes empleadas en la concepción y edificación de la infraestructura de un puente, lo cual abarca la selección de materiales, la distribución de vigas, columnas, cimientos y otros elementos cruciales que definen la resistencia y la capacidad de carga del puente (Torres, 2013).	Se procederá a cuantificar y describir el diseño estructural mediante criterios particulares, tales como la elección de materiales (como acero o concreto), la disposición de las vigas y columnas, las dimensiones y configuración de las secciones transversales.	Cuantitativa	Distribución de cargas	Análisis de distribución y soporte de cargas	Discreta
				Características de materiales	Propiedades específicas de los materiales	Discreta
<b>V. dependientes</b> Análisis geométrico	El análisis geométrico implica la valoración tanto cuantitativa como cualitativa de la configuración, tamaños y disposición en el espacio de los componentes estructurales y geométricos de un puente, esto comprende la medición de distancias, ángulos, dimensiones de las secciones transversales y cualquier otro factor relacionado con la forma del puente (Torres, 2013).	La evaluación geométrica se realizará a través de procedimientos de medición y valoración que abarcarán la obtención de medidas precisas de las dimensiones del puente, la determinación de ángulos, y una minuciosa inspección visual con el fin de detectar cualquier desviación con respecto a las especificaciones de diseño.	Cuantitativa	Longitud y extensión	Medición y longitud total de la estructura	Discreta
				Altura y profundidad	Análisis de la altura y profundidad de los elementos estructurales	Discreta
				Espesor y secciones	Medición y análisis de los espesores y secciones de la estructura	Discreta

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 ENFOQUE**

La perspectiva o el marco conceptual que dirige la forma de abordar el tema de investigación se denomina enfoque de investigación, la forma en que se recopilan, procesan y presentan los datos para abordar los objetivos del estudio o responder a sus preguntas de investigación depende de la orientación general, según el estilo de estudio, el campo de estudio y los objetivos particulares, la estrategia puede cambiar. puede ser cualitativa, cuantitativa o mixta, lo que significa que se utilizan pruebas tanto cualitativas como cuantitativas para fundamentarla, los aspectos de la estrategia que especifican cómo se llevará a cabo el estudio y cómo se interpretarán las conclusiones también pueden ser teóricos, metodológicos y prácticos (Balestriny, 1997).

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, ya que se propone profundizar en las complejidades y matices inherentes al diseño estructural. Se pretende situar los resultados en el contexto de las normativas locales, prácticas estándar y consideraciones ambientales específicas de la región.

##### **3.1.2 ALCANCE O NIVEL**

Un alcance comparativo - descriptivo se refiere a la investigación que busca identificar, describir y comparar características, condiciones o fenómenos entre dos o más variables o grupos. Este tipo de estudio no se limita solo a la descripción de los datos recopilados, sino que también establece comparaciones entre ellos, permitiendo así observar diferencias y similitudes de manera detallada (Ramírez, 2020).

El análisis geométrico comparativo del diseño estructural entre un puente tipo viga-losa y un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, se enmarcó dentro de un alcance comparativo - descriptivo. Esta investigación no solo describió las características de ambos tipos de puentes, sino que también realizó una comparación detallada de sus diseños estructurales. Se observaron y documentaron las

especificaciones técnicas, materiales utilizados, métodos constructivos y comportamientos estructurales bajo cargas similares. El estudio permitió identificar las ventajas y desventajas de cada tipo de puente.

### **3.1.3 DISEÑO**

El estudio presentó un diseño no experimental, ya que no habrá manipulaciones deliberadas de las variables ni de las condiciones de control, ya que se utilizará un diseño no experimental, en su lugar, se inspeccionarán y evaluarán las propiedades geométricas de ambos puentes y el diseño estructural.

$$R \begin{matrix} X \\ \rightarrow \end{matrix} Y$$

Donde:

X: Análisis geométrico

Y: Diseño estructural

R: Relación entre análisis geométrico y diseño estructural.

## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1 POBLACIÓN**

Arias (2012) un rasgo distintivo del conocimiento científico es su enfoque riguroso y sistemático en la búsqueda de comprensión y explicación de fenómenos, para llegar a conclusiones de manera efectiva, la investigación científica requiere una recopilación exhaustiva de elementos, temas y materiales que estén directamente relacionados con el objeto de estudio, esta recopilación integral se convierte en una base sólida sobre la cual se construye el proceso investigativo.

Se consideró como población los 3 puentes losa y viga losa ubicados en la quebrada de Sancarragra naciente de las lagunas de Pichgacocha distrito de Conchamarca.

### **3.2.2 MUESTRA**

La muestra representa una porción seleccionada de la población, esta selección puede realizarse de manera aleatoria o por conveniencia, basándose en la facilidad del estudio (Tamayo, 2001).

Tomando en cuenta estas consideraciones nuestra muestra fue seleccionada de manera no probabilística y optamos por el Puente de Jatun Sequia.

### 3.2.3 MUESTREO

Nuestro muestreo fue elegido por conveniencia por la accesibilidad al puente de Jatun Sequia.

## 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En las primeras fases del estudio se realizó un viaje a la zona investigada para realizar las medidas pertinentes, además se utilizaron cartas geológicas creadas por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) para recopilar datos geológicos y geológicos.

Durante este procedimiento se emplearon muchas herramientas y equipos especializados, pero destacan los siguientes:

- Hojas de cálculo en formato Excel.
- Ficha de observación

### 3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Como parte del estudio se realizó una visita exhaustiva a la zona investigada en el distrito de Conchamarca. Para garantizar que los datos se presentaran de forma metódica y comprensible, optamos por utilizar plantillas de Excel creadas para el diseño del puente de losa y otra para el puente de viga de losa. Estas plantillas fueron esenciales para organizar los datos obtenidos en una estructura y un estilo eficaces, ya que hacerlo manualmente habría llevado mucho tiempo. También permitieron presentar los resultados del estudio de forma precisa y comprensible.

**Tabla 5**

*Cálculo de  $n_i$*

Cálculo de $n_i$	
Ductilidad	$n_D$
Redundancia	$n_R$
Importancia	$n_I$
	$n_i$

**Tabla 6***Geometría puente losa*

Puente losa
Longitud
Ancho
Espesor de losa
Espesor de carpeta asfáltica
Ancho de vereda
Espesor de vereda
Número de carriles
Baranda

**Tabla 7***Detalle de reforzamiento de losa*

A (cm <sup>2</sup> )	Ø	S (separación de refuerzo)
As=		
Asd=		
Astf=		

**Tabla 8***Factores de distribución- combinaciones de carga*

	Viga interior momento	Viga interior corte	Viga exterior momento	Viga exterior corte
Factores de distribución				
FD Amplificado				

**Tabla 9***Propiedades de materiales*

---

<b>Propiedades de materiales</b>
Peso específico de concreto
Peso específico de concreto complementario
Peso específico de asfalto
Sobrecarga peatonal
Peso de baranda metálica
Resistencia de concreto ( $f_c$ )
Fluencia de acero ( $f_y$ )
Módulo de Elasticidad del concreto
Coefficiente de dilatación térmica del concreto

---

### **3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Según Álvaro (2010) la estadística descriptiva se define como el enfoque aplicado a la caracterización de problemas, facilitando la consolidación de datos cuantitativos obtenidos mediante la observación. Por lo que la metodología empleada para analizar los datos en este trabajo de investigación consiste en la utilización de la estadística descriptiva, la cual se presenta visualmente a través de figuras.

El suministro de información importante requirió de organismos institucionales locales. El objetivo principal de esta recopilación de datos es obtener un registro histórico de las precipitaciones, prestando especial atención a las estaciones meteorológicas cercanas, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) fue fundamental para suministrar esta información vital a este respecto, paralelamente, se recopiló información exhaustiva a partir de los mapas geológicos elaborados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), que permitieron conocer a fondo los aspectos geográficos y geológicos de la región.

Estos datos recopilados se utilizaron para crear diseños geométricos precisos de los puentes de losa y de viga de losa, que posteriormente sirvieron de base para la modelización. Todo el procedimiento se ciñó exactamente a las normas señaladas en el Manual de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Se realizó un estudio minucioso utilizando herramientas como el software Excel y un cuidadoso apego a los estándares normativos de la técnica de Diseño por Factor de Resistencia a la Carga (LRFD, por sus siglas en inglés) para lograr una eficiencia estructural óptima. En el caso del puente de losa y del puente de viga de losa, esta técnica utilizó un enfoque secuencial, centrándose inicialmente en la losa y para el diseño del puente viga losa primero la losa y luego la viga.

Además, el uso del software SAP 2000 v14 permitió realizar una investigación exhaustiva y extensa y facilitó la inclusión de las cargas de los vehículos, también pasamos a diseñar los estribos particulares de cada tipo de puente. Estos esfuerzos nos permitieron crear un diseño integrador que cumplía completamente los requisitos de ambos tipos de puentes, maximizando su rendimiento estructural y garantizando un alto grado de seguridad operativa.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

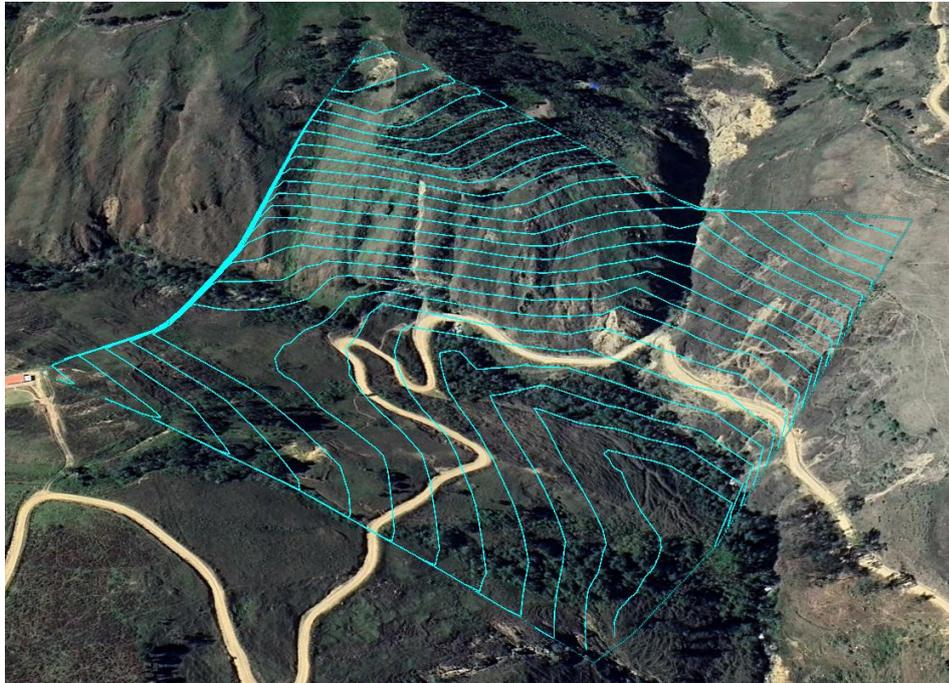
##### 4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

La localización del proyecto se ubica aproximadamente a una distancia de 6.2 kilómetros desde la carretera central que enlaza las ciudades de Huánuco y Lima, siendo accesible a través de la Ruta N° HU-1037, una trocha que serpentea hasta la zona de interés. Este enclave geográfico presenta características singulares, destacándose por las pronunciadas pendientes propias de la accidentada topografía de la sierra peruana.

Desde una perspectiva ingenieril, la elección de esta ubicación conlleva desafíos específicos que deben abordarse con soluciones técnicas especializadas. Las pendientes pronunciadas, comunes en esta región montañosa, demandan un enfoque ingenieril preciso para garantizar la estabilidad del terreno y la seguridad de las infraestructuras.

#### Figura 11

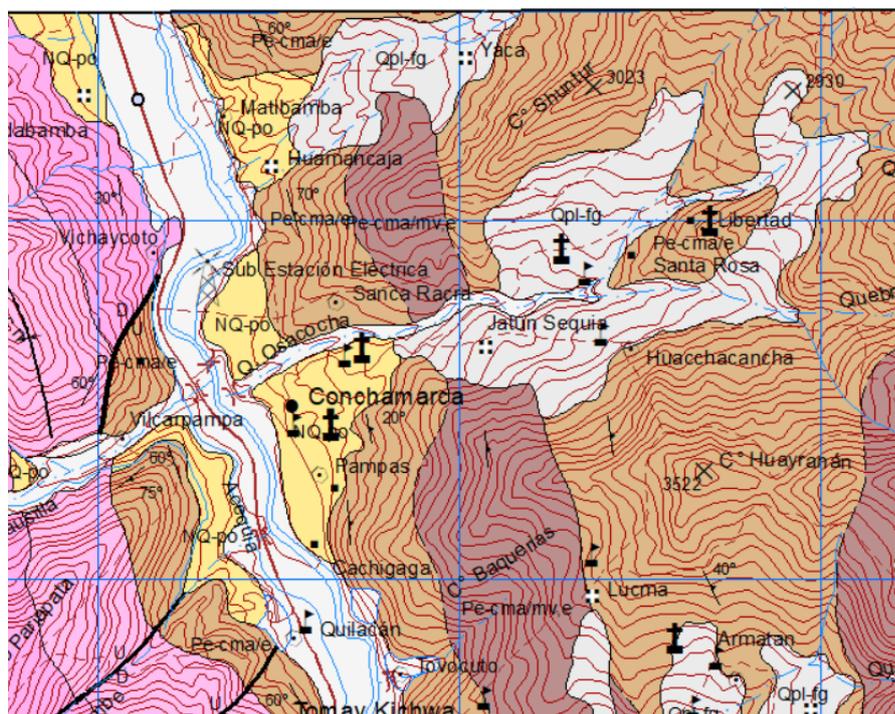
*Curvas de Nivel*



*Nota.* Se hizo una vista de la zona de estudio para evaluar las pendientes y evaluar así características geográficas. Fuente: Google Earth.

**Figura 12**

*Carta Geológica 21-k*



*Nota.* La zona de estudio se ubica en Jatun Sequia en el mapa geológico del cuadrángulo de Ambo, el cual se encuentra en la Era Cenozoica, en el Sistema Cuaternario, Serie Pleistocena, y según la unidad Litoestratigráfica en Depósitos Fluvioglaciares Qpl-fg (Gravas con clastos polimícticos subangulosos con matriz limo-arenosa).

#### **4.1.2 DATOS DE DISEÑO**

##### **4.1.2.1 PARÁMETROS PARA EL PUENTE TIPO LOSA Y TIPO VIGA LOSA**

Estos parámetros de diseño proporcionan las dimensiones y características básicas que guiarán el diseño estructural del puente tanto en la modalidad de viga-losa como en la de losa. Con estos datos, se pueden realizar los cálculos necesarios para asegurar que el puente cumpla con los requisitos de seguridad, funcionalidad y durabilidad esperados para su ubicación y uso específico en Conchamarca, Huánuco.

Longitud del puente: El puente tendrá una longitud total de 12 metros. Esta es la distancia que cubrirá el puente desde un extremo

hasta el otro, sirviendo de paso sobre el obstáculo que se desea atravesar.

**Ancho del puente:** El ancho total del puente será de 7.6 metros. Este ancho se distribuirá para acomodar los carriles de tráfico, la vereda para peatones y la baranda de seguridad.

**Carriles:** El puente estará diseñado para tener 2 carriles, los cuales tendrán un ancho total de 6 metros. Esto implica que cada carril tendrá aproximadamente 3 metros de ancho, lo cual es adecuado para el paso seguro de vehículos en ambas direcciones.

**Vereda:** A lo largo del puente, habrá una vereda con un ancho de 0.6 metros. Esta vereda está destinada para el tránsito seguro de peatones, separándolos del tráfico vehicular.

**Baranda:** El puente contará con una baranda de 0.2 metros de ancho. Esta baranda se colocará en los bordes del puente y servirá como una medida de seguridad para evitar que peatones y vehículos caigan del puente.

**Espesor de la vereda:** La vereda tendrá un espesor de 0.15 metros. Este espesor es suficiente para soportar el peso de los peatones y proporciona una base sólida para la superficie de la vereda.

**Espesor de la carpeta asfáltica:** La capa de asfalto que cubrirá la superficie del puente tendrá un espesor de 0.05 metros (5 centímetros). Esta capa de asfalto proporcionará una superficie lisa y duradera para el tráfico vehicular.

**Altura de la baranda:** La baranda tendrá una altura de 1.3 metros. Esta altura es adecuada para proporcionar una barrera de seguridad eficaz tanto para vehículos como para peatones.

**Importancia operativa del puente:** El puente está clasificado como de menor importancia operativa. Esto puede influir en los criterios de diseño, mantenimiento y presupuesto, ya que no se espera que soporte un volumen muy alto de tráfico o condiciones extremas.

#### 4.1.2.2 PROPIEDADES DE MATERIAL

Se detallará los datos de diseño para el puente.

**Tabla 10**

*Propiedades de materiales*

Propiedades de materiales	
Peso específico de concreto	2.5 tn/m <sup>3</sup>
Peso específico de concreto complementario	2.4 tn/m <sup>3</sup>
Peso específico de asfalto	2.2 tn/m <sup>3</sup>
Sobrecarga peatonal	0.36 tn/m
Peso de baranda metálica	0.2 tn/m
Resistencia de concreto (f'c)	280 kg/cm <sup>2</sup>
Fluencia de acero (fy)	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad del concreto	2844182.66 tn/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación térmica del concreto	10.8 x 10 <sup>-6</sup> °C

*Nota.* En la tabla se observa las propiedades de los materiales que se usaron para el diseño del puente losa y el puente viga losa.

**Tabla 11**

*Factores de modificación de cargas*

Factores de modificación de cargas	
Importancia operativa (ni)	0.95
Ductilidad (nD)	0.95
Redundancia (nR)	1.05
ni	1.00

*Nota.* En la tabla se observa los factores de importancia operativa, ductilidad y redundancia que serán necesarios en la modificación de las cargas en los puentes losa y viga losa.

### 4.1.3 DISEÑO DEL PUENTE LOSA

#### 4.1.3.1 PREDIMENSIONAMIENTO

##### Espesor de losa

$$t_{min} = 1.2 * \left(\frac{L + 3}{30}\right)$$

$$t_{min} = 0.6 \text{ m}$$

##### Ancho de franja para 01 carril cargado

$$E = 250 + 0.42\sqrt{L_1 * W_1}$$

$$E = 4260.9 \text{ mm}$$

$$E = 4.26 \text{ m}$$

Factor de escala para Sap2000 v14:

$$1/E = 0.234741784$$

##### Ancho de franja para más de 01 carril cargado

$$E = 2100 + 0.12 * \sqrt{L_1 * W_1} \leq \frac{W}{N_L}$$

$$E = 3246 \text{ mm}$$

Verificando  $E \leq \frac{W}{N_L} = 3800$

Asumimos:  $E = 3.246 \text{ m}$

Factor de escala para Sap2000 v14:

$$1/E = 0.307692308$$

Por lo cual decimos que predomina el ancho de franja de más de 01 carril cargado.

##### Losa de borde

$$E = e_{bar} + 0.3 + \frac{E_i}{2} \leq E_i \text{ ó } 1.8 \text{ m}$$

Mín ( $E = 1.923 \text{ m}$ ,  $E_i = 3.246 \text{ m}$  ó  $1.8 \text{ m}$ )

Entonces:  $E = 1.8 \text{ m}$

Factor de escala para Sap2000 v14:

$$1/(2 * E) = 0.27777778$$

#### 4.1.3.2 METRADO DE CARGAS

##### Franja central

Peso de losa=1.5 tn/m

Peso de asfalto= = 0.11 tn/m

### Franja de borde

Peso de losa= 1.5 tn/m

Peso de asfalto =0.058 tn/m

Peso de vereda= 0.12 tn/m

Peso de baranda= 0.244 tn/m

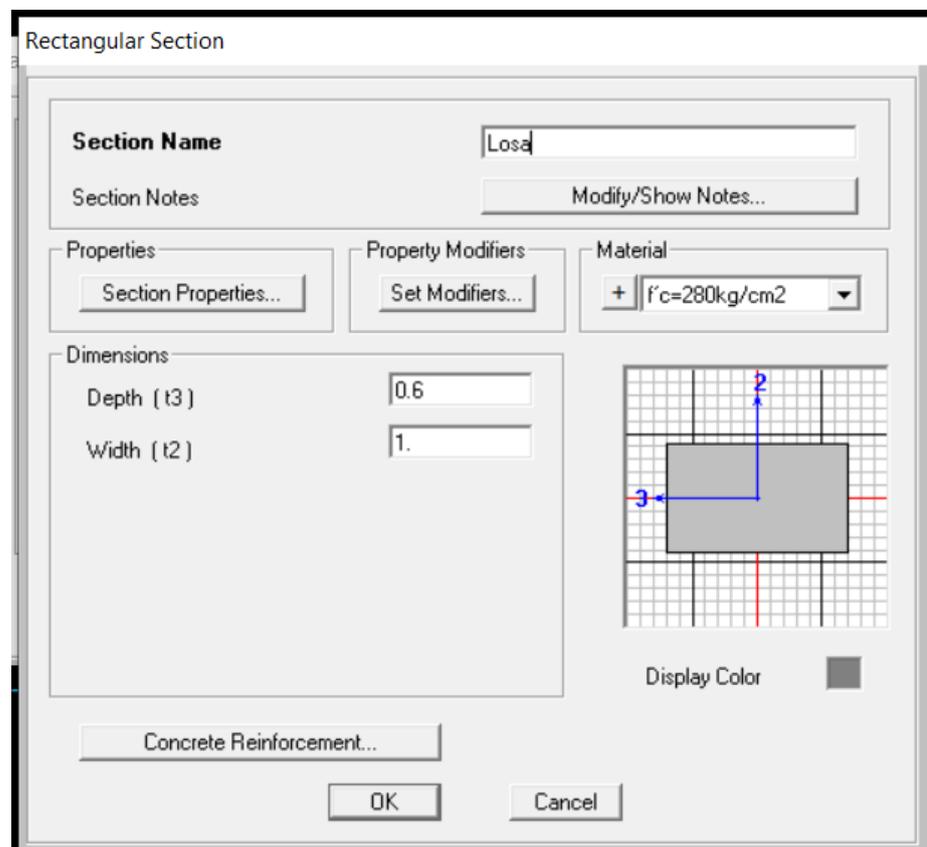
S/C peatonal= 0.122 tn/m

### 4.1.3.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN SAP2000

#### Franja central

Figura 13

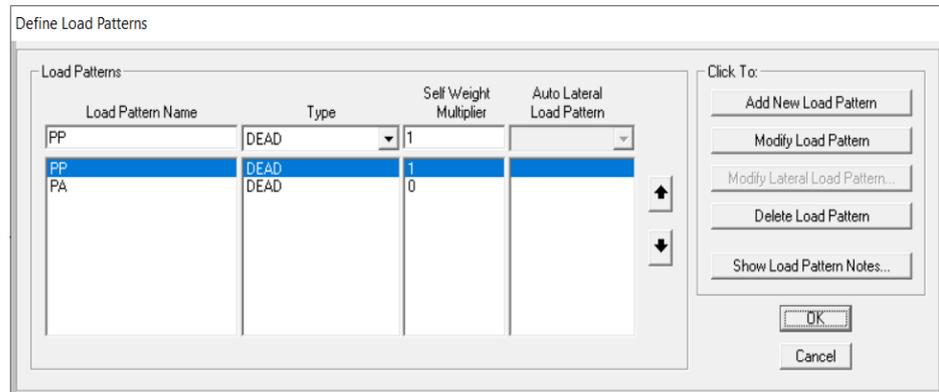
Sección de peralte de losa



Nota. Dimensiones para la sección de losa central del puente tipo losa.

**Figura 14**

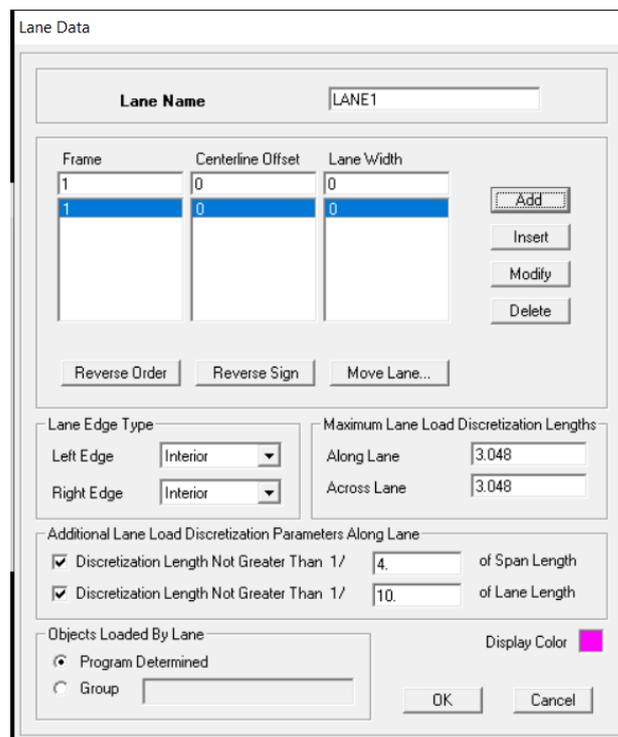
*Patrones de carga*



*Nota.* Patrones de carga definidos para la franja central del puente tipo losa.

**Figura 15**

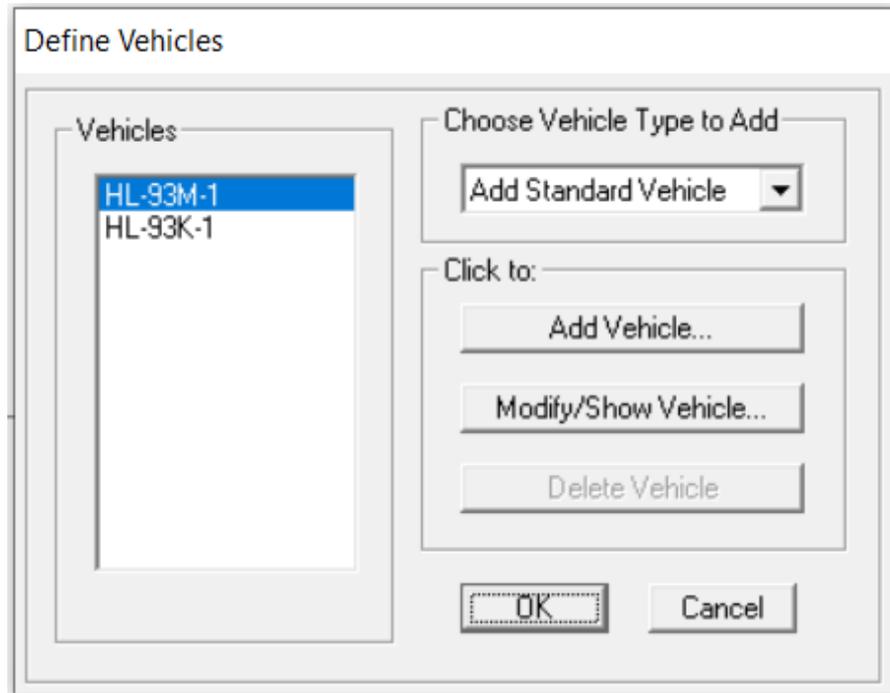
*Datos de carril*



*Nota.* Asignación de la línea donde transcurrirán las cargas vehiculares en el puente tipo losa.

**Figura 16**

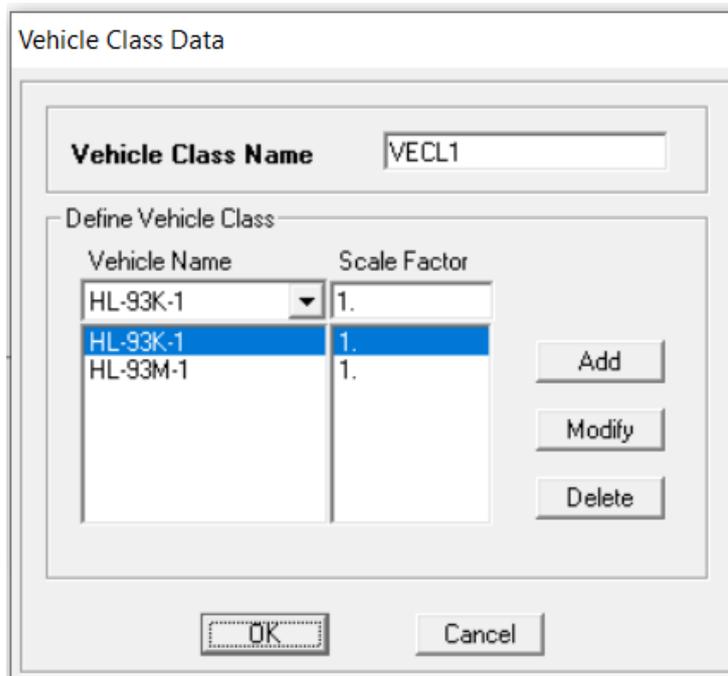
*Asignación de vehículos*



*Nota.* Definición de los vehículos HL-93 M y HL-93 K según AASHTO.

**Figura 17**

*Factor de escala de vehículos*



*Nota.* Asignación de los factores de escala para las clases de vehículos para el puente tipo losa.

**Figura 18**

*Caso de carga Moving Load para 01 carril cargado*

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name:   Notes:

Load Case Type:

Stiffness to Use:  Zero Initial Conditions - Unstressed State  Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Multilane Scale Factors:

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1
2	1.2

Loads Applied:

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	VECL1	0.2347	0	0	All

Lanes Loaded for Assignment 1:

List of Lane Definitions:

Selected Lane Definitions:

*Nota.* Asignación del caso de carga vehicular para 01 carril cargado para el puente tipo losa.

**Figura 19**

*Caso de carga Moving Load para más de un 01 carril cargado*

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name:   Notes:

Load Case Type:

Stiffness to Use:  Zero Initial Conditions - Unstressed State  Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Multilane Scale Factors:

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1

Loads Applied:

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	VECL1	0.3077	0	0	All

Lanes Loaded for Assignment 1:

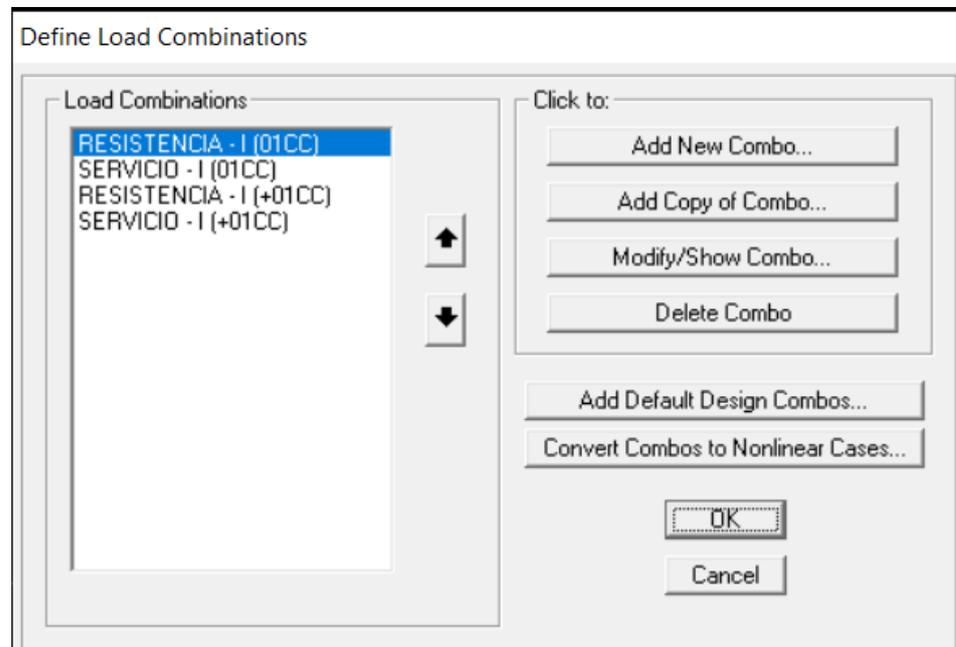
List of Lane Definitions:

Selected Lane Definitions:

*Nota.* Asignación del caso de carga vehicular para más de 01 carril cargado.

**Figura 20**

*Combinaciones de carga*



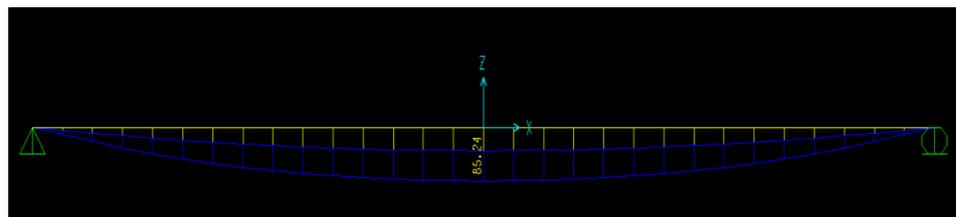
*Nota.* Combinaciones de carga para RESISTENCIA-I y SERVICIO – I de 01 y más carriles cargados.

### **Momentos para franja central**

- **Resistencia I - 01 carril cargado**

**Figura 21**

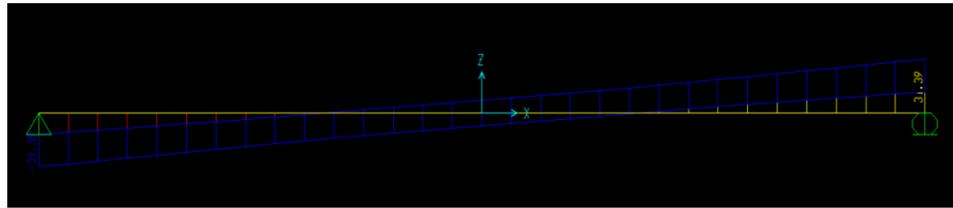
*Momento máximo para 01 CC*



*Nota.* Momento máximo de 85.24tn/m para el factor de carga RESISTENCIA I para 01 carril cargado.

**Figura 22**

*Cortante máxima para 01 cc*

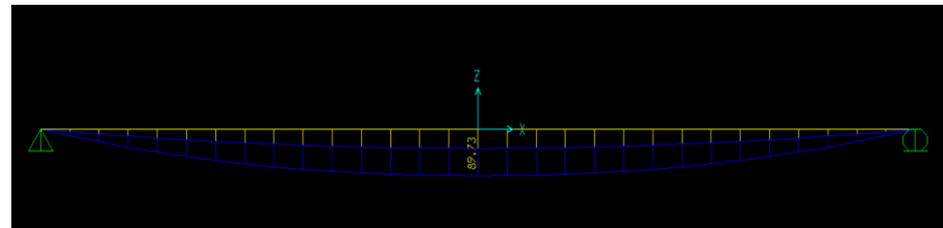


*Nota.* Cortante máxima de 31.39 tn para el factor de carga RESISTENCIA I para 01 carril cargado.

•**Resistencia I - más de 01 carril cargado**

**Figura 23**

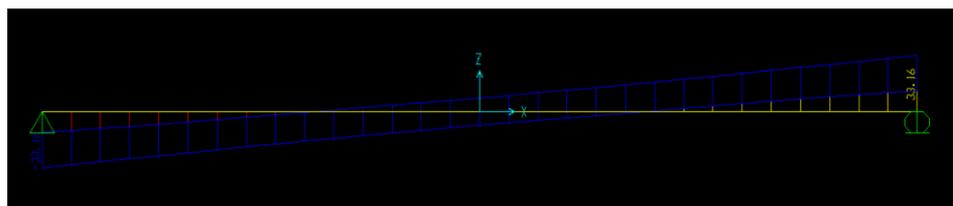
*Momento máximo para más de 01 CC*



*Nota.* Momento máximo de 89.73 tn/m para el factor de carga RESISTENCIA I para más de 01 carril cargado.

**Figura 24**

*Cortante máxima para más de un 01 cc*

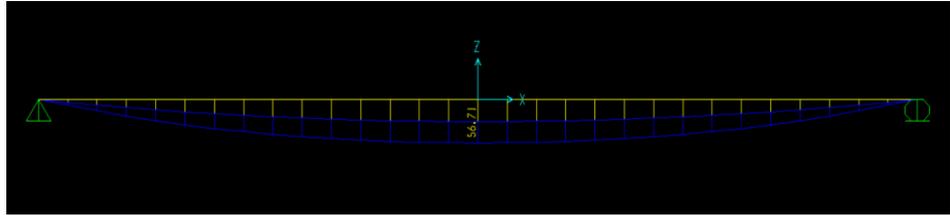


*Nota.* Cortante máxima de 33.16 tn para el factor de carga RESISTENCIA I para más de 01 carril cargado.

- **Servicio I - 01 carril cargado**

**Figura 25**

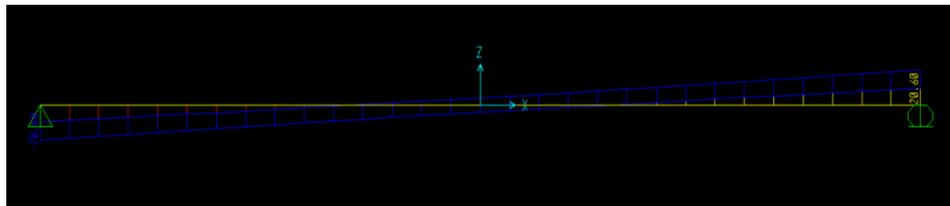
*Momento máximo para 01 CC*



*Nota.* Momento máximo de 56.71 tn/m para el factor de carga SERVICIO I para 01 carril cargado

**Figura 26**

*Cortante máxima para más de un 01 CC*

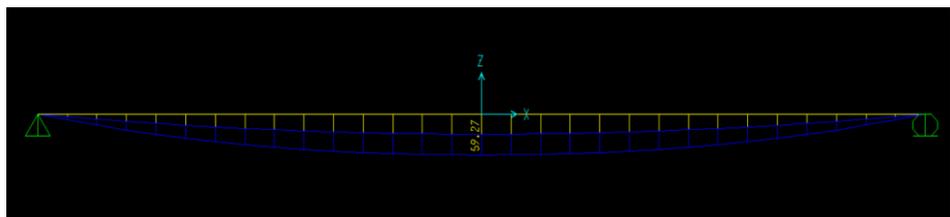


*Nota.* Cortante máxima de 20.60 tn para el factor de carga SERVICIO I para 01 carril cargado

- **Servicio I - más de 01 carril cargado**

**Figura 27**

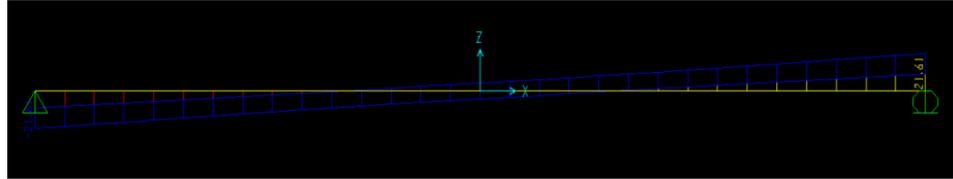
*Momento máximo para más de 01 CC*



*Nota.* Momento máximo de 59.27 tn/m para el factor de carga SERVICIO I para más de 01 carril cargado

**Figura 28**

*Cortante máxima para más de un 01 CC*



*Nota.* Cortante máximo de 21.61 tn para el factor de carga SERVICIO I para más de 01 carril cargado

### **Diseño de losa central**

- **Refuerzo por flexión**

Profundidad del bloque a compresión (Whitney).

$$a = 7.75 \text{ cm}$$

Acero a flexión:

$$A_s = 43.91 \text{ cm}^2$$

- **Refuerzo mínimo**

$$A_s = 11.94 \text{ cm}^2$$

Cuantía mínima:

$$\rho_{min} \geq 0.03 * (f'c / f_y)$$

$$A_{s \text{ mín}} = 10.851 \text{ cm}^2$$

*Usamos:*

$$A_s = 43.91 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero a flexión} = \phi 1 \ 3/8'' @ 0.2 \text{ m}$$

- **Refuerzo distribución**

Acero de distribución:

$$A_{sd} = 8.1 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero de distribución} = \phi 5/8'' @ 0.25 \text{ m}$$

- **Refuerzo de temperatura**

Acero de temperatura:

$$A_{temp} = 5.36 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero de temperatura} = \phi 5/8'' @ 0.35 \text{ m}$$

- **Verificación por corte**

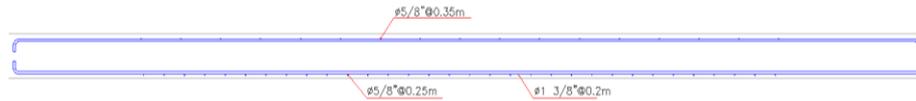
Cálculo de:  $V_u = 318.63 \text{ KN}$

$$\phi V_c = 398.44 \text{ KN}$$

Verificamos:  $\phi V_c > V_u$

**Figura 29**

*Refuerzo de acero en losa central*



*Nota.* En la figura se tiene el refuerzo por flexión, refuerzo de distribución y refuerzo de temperatura para la losa central del puente.

### **Franja de borde**

Se realizará el modelado en Sap2000 v14 para el diseño de la franja de borde, donde se tomará el mismo peralte de 0.6 m, línea y las cargas vehiculares que de la franja central.

**Figura 30**

*Patrones de carga para franja de borde*



*Nota.* En la franja de borde se tendrá las cargas de peso propio del puente, el peso de asfalto, el peso de baranda, el peso de vereda y la sobrecarga peatonal.

**Figura 31**

*Caso de carga para el vehículo*

Load Case Data - Moving Load

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	VECL1	0.277778	0	0	All

*Nota.* Asignación del caso de carga para el vehículo con el factor de escala.

**Figura 32**

*Asignación de las combinaciones de carga*

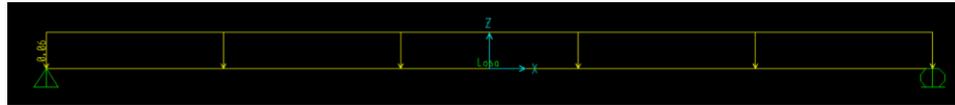
Define Load Combinations

RESISTENCIA-I  
SERVICIO-I

*Nota.* Combinaciones de carga, donde se tendrá los factores de carga para RESISTENCIA-I y SERVICIO – I.

**Figura 33**

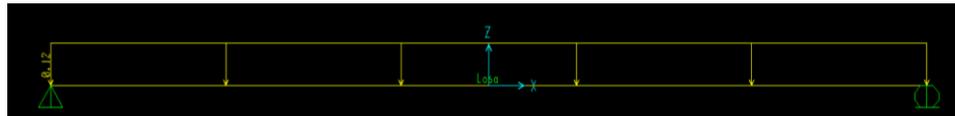
*Carga distribuida del asfalto*



Nota. Asignación de la carga distribuida del asfalto  $0.06 \text{ tn/m}$ .

**Figura 34**

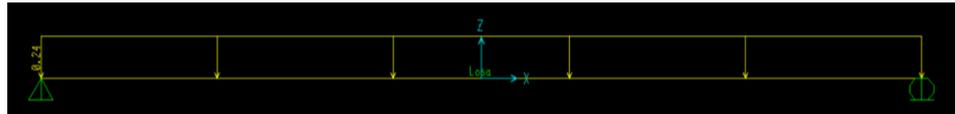
*Carga distribuida de la vereda*



Nota. Asignación de la carga distribuida de la vereda  $0.12 \text{ tn/m}$ .

**Figura 35**

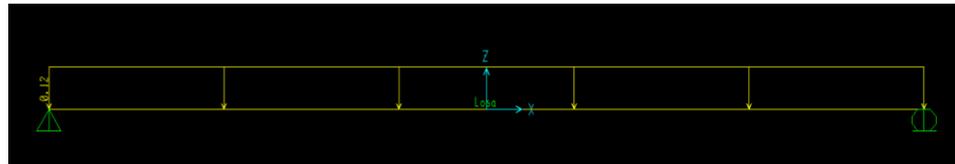
*Carga distribuida de la baranda*



Nota. Asignación de la carga distribuida de la baranda de  $0.24 \text{ tn/m}$ .

**Figura 36**

*Carga distribuida de sobrecarga peatonal*



Nota. Asignación de la carga distribuida de la sobrecarga peatonal  $0.12 \text{ tn/m}$ .

### **Momentos para franja de borde**

- **Resistencia I**

**Figura 37**

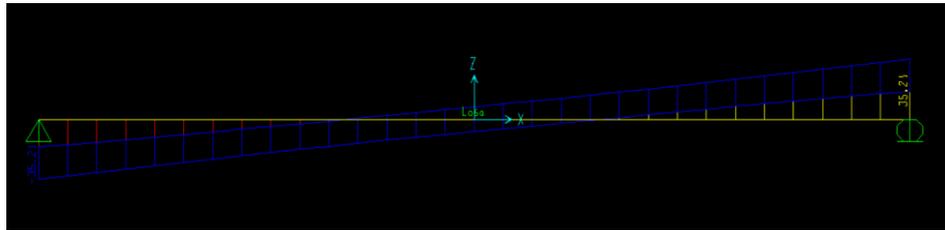
*Momento máximo para la franja de borde*



Nota. Momento máximo de  $98.84 \text{ tn/m}$  para el factor de carga RESISTENCIA I.

**Figura 38**

*Cortante máxima para la franja de borde*

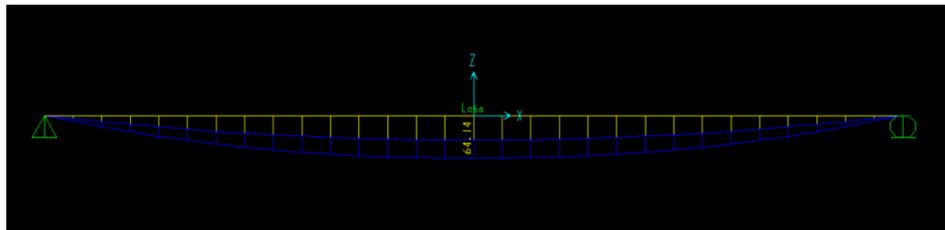


*Nota.* Cortante máxima de 35.21 tn para el factor de carga RESISTENCIA I.

- **Servicio I**

**Figura 39**

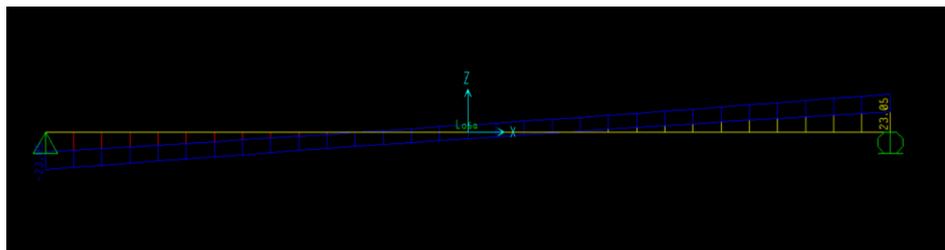
*Momento máximo para la franja de borde*



*Nota.* Momento máximo de 64.14 tn/m para el factor de carga SERVICIO I.

**Figura 40**

*Cortante máxima para la franja de borde*



*Nota.* Cortante máxima de 23.05 tn para el factor de carga SERVICIO I.

Por lo cual diseñaremos la franja central con las cargas:

- Momento máximo: 89.73 tn/m
- Cortante máxima: 33.16 tn

Para la franja de borde las siguientes cargas:

- Momento máximo: 98.84 tn/m
- Cortante máxima: 35.21 tn

## Diseño de losa de borde

- **Refuerzo por flexión**

Profundidad del bloque a compresión (Whitney).

$$a = 7.75 \text{ cm}$$

Acero a flexión:

$$A_s = 43.91 \text{ cm}^2$$

- **Refuerzo mínimo**

$$A_s = 11.94 \text{ cm}^2$$

Cuantía mínima:

$$\rho_{min} \geq 0.03 * (f'c / f_y)$$

$$A_{s \text{ mín}} = 10.851 \text{ cm}^2$$

Usamos:

$$A_s = 43.91 \text{ cm}^2$$

**Acero a flexión =  $\phi 1 \ 3/8'' @ 0.2 \text{ m}$**

- **Refuerzo distribución**

Acero de distribución:

$$A_{sd} = 8.1 \text{ cm}^2$$

*Acero de distribución =  $\phi 5/8'' @ 0.25 \text{ m}$*

- **Refuerzo de temperatura**

*Acero de temperatura:*

$$A_{temp} = 5.36 \text{ cm}^2$$

*Acero de temperatura =  $\phi 5/8'' @ 0.35 \text{ m}$*

- **Verificación por corte**

Cálculo de:  $V_u = 318.63 \text{ KN}$

$$\phi V_c = 398.44 \text{ KN}$$

Verificamos:  $\phi V_c > V_u$

#### Figura 41

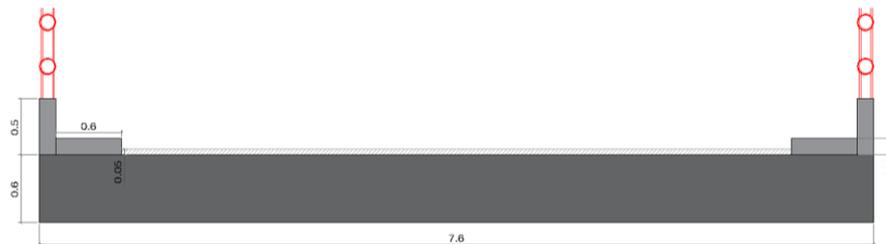
Refuerzo de acero en losa de borde



Nota. En la figura se tiene el refuerzo por flexión, refuerzo de distribución y refuerzo de temperatura para la losa de borde del puente.

#### Figura 42

Vista transversal del puente losa



Nota. En la figura se observa una vista transversal del puente tipo losa de 7.6 m.

### 4.1.4 DISEÑO DEL PUENTE VIGA LOSA

#### 4.1.4.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

$L=12$  m Longitud del tramo del puente

$W=7.6$  m Ancho del puente

$NV=4.0$  Número de vigas asumido

$S_o=1.9$  m Separación inicial de vigas

$b=0.34$  m Ancho de la viga

$b=0.4$  m Ancho asumido

Voladizo= $0.80$  m Voladizo

$V_m=0.9$  m Volado máximo

$S=1.9$  m Separación entre vigas-Asumido

$V=1$  mancho del voladizo del borde al eje de la viga principal

#### 4.1.4.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA

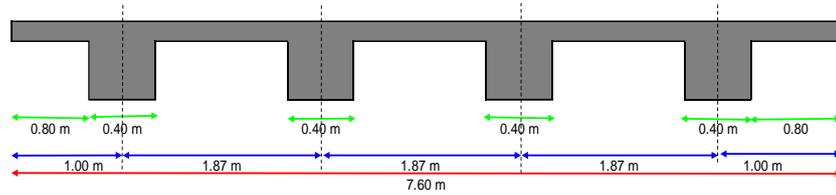
$t_a=200$  mm Espesor de la losa

$20t=4$  m Máxima separación libre entre vigas

$S_l=1.5$  m Separación libre entre vigas

**Figura 43**

*Dimensionamiento de losa y vigas*



*Nota.* En la figura se observa una vista transversal del puente viga losa de 7.6 m de ancho.

**4.1.4.3 ANCHO DE FRANJA Y CARGAS VEHICULARES**

$X=0.5$  m Distancia de la carga a la viga exterior

$E_v=1557$  mm Ancho franja equivalente volado

$E_{m+}=1687$  mm Ancho franja equivalente momento +

$E_{m-}=1687$  mm Ancho franja equivalente momento -

$P_v=4.674$  Tn Carga vehicular en el volado

$P_{m+}=4.313$  Tn Carga vehicular en el claro

$P_{m-}=4.313$  Tn Carga vehicular en el apoyo

**4.1.4.4 CARGAS DE LOSA**

$P_{Li}=0.500$  Tn/m Peso de losa interior

$P_{Le}=0.500$  Tn/m Peso de losa exterior

$P_a=0.110$  Tn/m Peso de asfalto

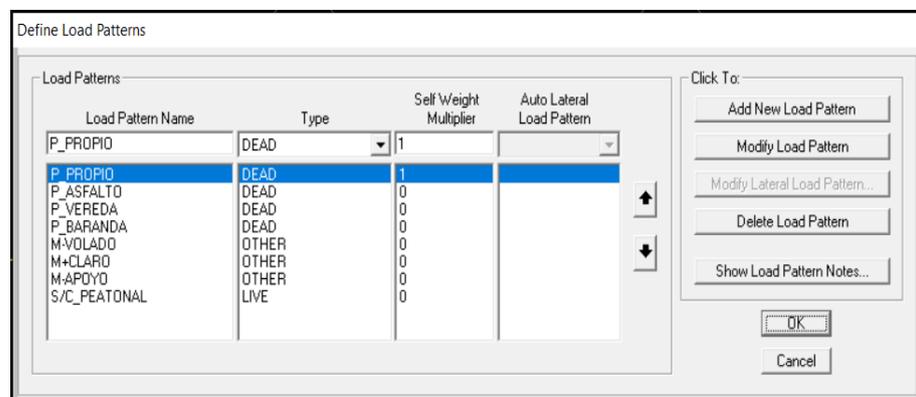
$P_s=0.216$  Tn/m Peso de vereda

$P_b=0.440$  Tn/m Peso baranda

**4.1.4.5 DISEÑO DE LOSA DE 20 CM**

**Figura 44**

*Patrones de carga*

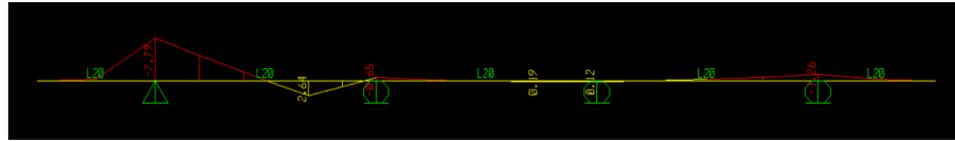


*Nota.* Patrones de carga que se aplican en la losa del puente.

Obtenemos el DMF para el volado, claro y apoyo.

#### Figura 45

*Momentos para el volado*



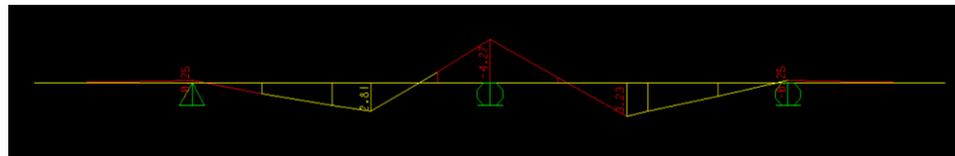
*Nota.* Observamos el diagrama de momentos para el volado que sirve para calcular los aceros de refuerzo.

Detalle de reforzamiento de losa en el voladizo.

- Acero a flexión:  $\varnothing$  5/8" @ 0.11 m
- Acero de temperatura:  $\varnothing$  3/8" @ 0.3 m

#### Figura 46

*Momentos para el claro*



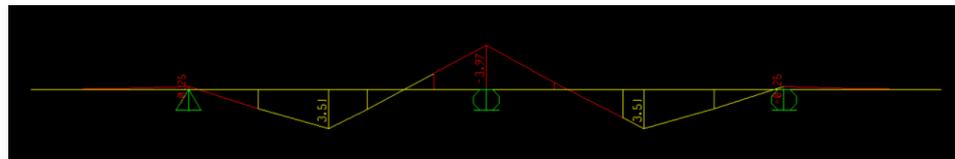
*Nota.* Observamos el diagrama de momentos para el claro que sirve para calcular los aceros de refuerzo.

Detalle de reforzamiento de losa en el claro.

- Acero a flexión:  $\varnothing$  5/8" @ 0.29 m
- Acero de distribución:  $\varnothing$  1/2" @ 0.28 m
- Acero de temperatura:  $\varnothing$  3/8" @ 0.3 m

#### Figura 47

*Momentos para el apoyo*



*Nota.* Observamos el diagrama de momentos para el apoyo que sirve para calcular los aceros de refuerzo.

Detalle de reforzamiento de losa en el claro.

- Acero a flexión:  $\varnothing$  5/8" @ 0.26 m
- Acero de temperatura:  $\varnothing$  3/8" @ 0.3 m

#### 4.1.4.6 DISEÑO DE VIGA INTERIOR

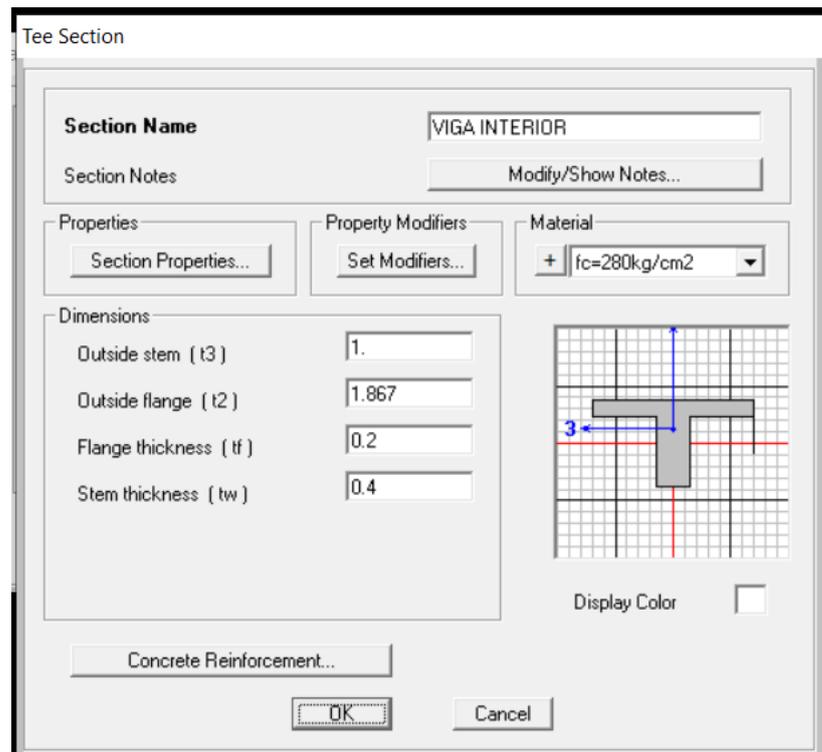
t= 0.2 m Espesor de losa

h= 1 m Altura de viga asumido

$b = 0.4$  m Alma de viga  
 $b_e = 3$  m Ancho efectivo del patín  
 $b_e = 2.8$  m Ancho efectivo del patín  
 $b_e = 1.8667$  m Ancho efectivo del patín  
 $b_e = 1.8667$  m Ancho efectivo del patín-Asumido  
 $AVT = 0.6933333333$  m<sup>2</sup> Área de la viga

**Figura 48**

*Sección de viga interior*



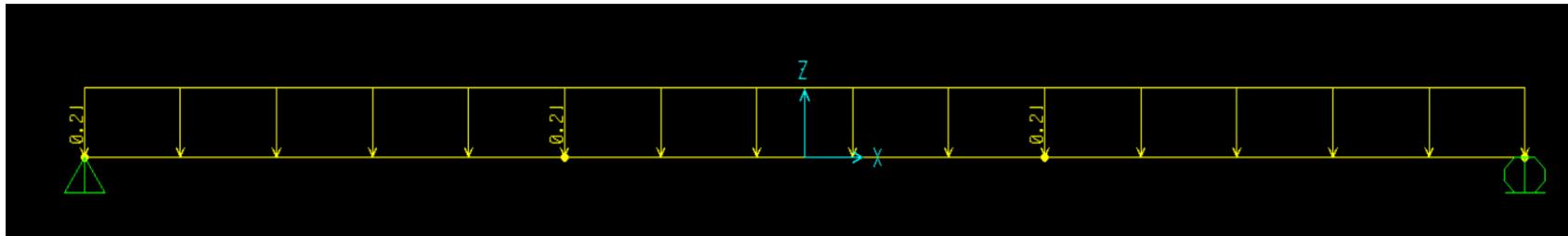
*Nota.* Se observa en la figura las dimensiones de la viga interior.

### **Metrado de cargas para viga interior**

$PA = 0.2053$  Tn/m Peso asfalto  
 $PVD = 0.55000$  Tn Peso viga diafragma

**Figura 49**

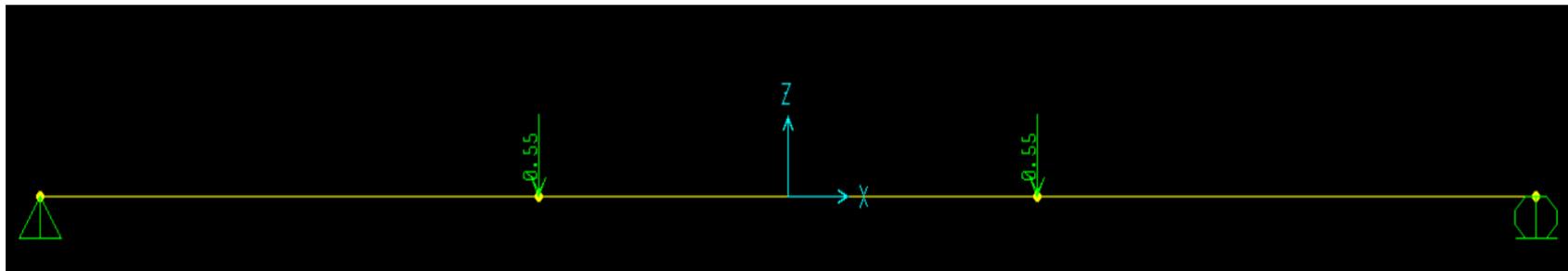
*Carga de asfalto*



*Nota.* En la figura se muestra la asignación de la carga distribuida del asfalto en todo el eje de vía.

**Figura 50**

*Carga viga diafragma*



*Nota.* En la figura se muestra las cargas puntuales de las vigas diafragma.

**Figura 51**

*Caso de carga*

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name: VEH [Set Def Name]      Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Moving Load [Design...]

Stiffness to Use:  
 Zero Initial Conditions - Unstressed State  
 Stiffness at End of Nonlinear Case [ ]  
 Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

MultiLane Scale Factors:

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1

[Modify]

Loads Applied:

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	VECL1	1	0	0	All

[Add] [Modify] [Delete]

Lanes Loaded for Assignment 1:

List of Lane Definitions	Selected Lane Definitions
	LANE1

[Add ->] [Remove <-]

[OK] [Cancel]

*Nota.* En la figura se muestra el caso de carga para el vehículo de diseño que presenta el tipo carga en movimiento de las cargas vehiculares del camión de diseño más tándem (HL-93M) y del camión de diseño más el carril de diseño (HL-93K).

**Factores de distribución de momento**

$L=12.00 \text{ m}$

$L= 39.37 \text{ ft}$

$S= 1.87 \text{ m}$

$S= 6.12 \text{ ft}$

$ts= 0.20 \text{ m}$

$ts= 7.87 \text{ in}$

$e =1.05$

$FDMVI = 0.4916$

$1.2FDMVI = 0.5900$

**Combinaciones de Cargas - Viga Interior - Momento**

- VHR1.1044Carga vehicular

**Figura 52**

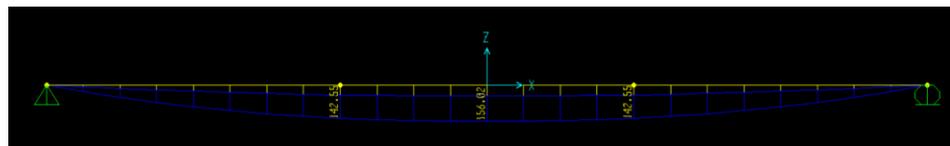
*Combinaciones de carga - Momento*

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
P_PROPIO	Linear Static	1.25
P_PROPIO	Linear Static	1.25
P_VIGA DIAFRAGMA	Linear Static	1.25
P_ASFALTO	Linear Static	1.5
VEHICULAR	Moving Load	1.1044

*Nota.* La figura muestra las combinaciones de carga para el diseño de la viga interior multiplicadas por los factores de escala especificados en el manual del puente.

**Figura 53**

*Diagrama de momentos para la viga interior*



*Nota.* Se observa en la figura el diagrama de momentos para la viga interior.

**Factores de distribución de cortante**

$$S=1.87 \text{ m}$$

$$S=6.12 \text{ ft}$$

$$FDVVI=0.6050$$

$$1.2FDVVI=0.7260$$

$$FDVVI0.6797$$

**Combinaciones de Cargas - Viga Interior - Corte**

- VHR= 1.2704 Carga vehicular

**Figura 54**

*Combinaciones de carga - Cortante*

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): Cortante

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

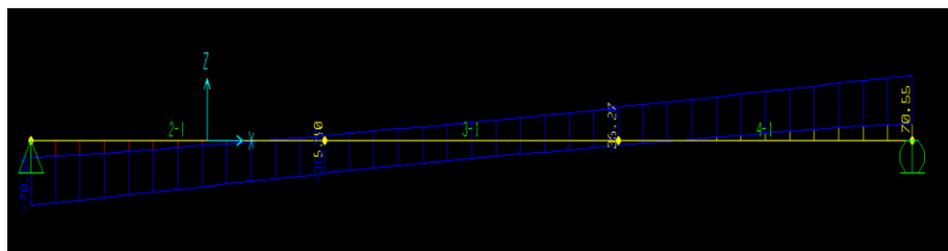
Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
P_PROPIO	Linear Static	1.25
P_VIGA DIAFRAGMA	Linear Static	1.25
P_ASFALTO	Linear Static	1.5
VEHICULAR	Moving Load	1.2704

Add, Modify, Delete, OK, Cancel

*Nota.* La figura muestra las combinaciones de carga para el diseño de la viga interior multiplicadas por los factores de escala especificados en el manual del puente.

**Figura 55**

*Diagrama de cortante para la viga interior*

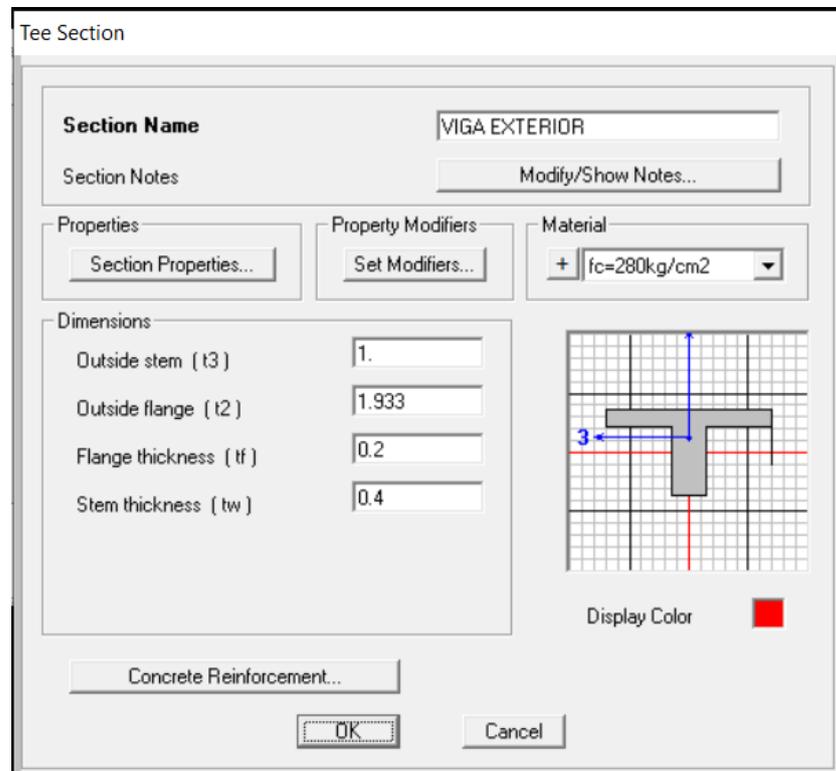


*Nota.* Se observa en la figura el diagrama de cortantes para la viga interior.

#### 4.1.4.7 DISEÑO DE VIGA EXTERIOR

Figura 56

Sección de viga exterior



Nota. Se observa en la figura las dimensiones de la viga exterior.

#### Metrado de cargas para viga exterior

PVT= 1.7667 Tn/m Peso viga

PA= 0.1467 Tn/m Peso asfalto

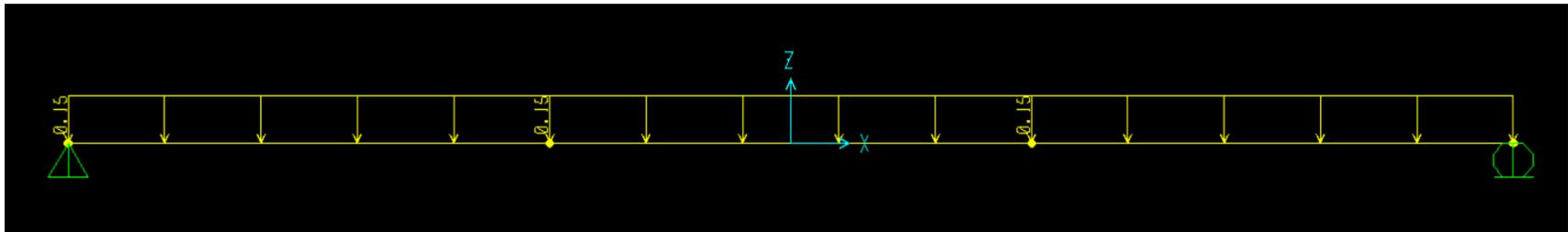
PS= 0.2160 Tn/m Peso vereda

PB= 0.44 Tn/m Peso baranda

PVD= 0.2750 Tn Peso viga diafragma

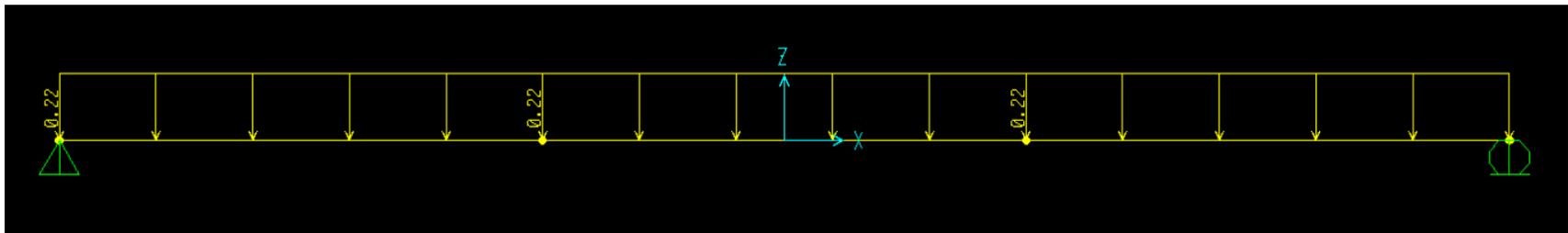
**Figura 57**

*Carga de asfalto*



**Figura 58**

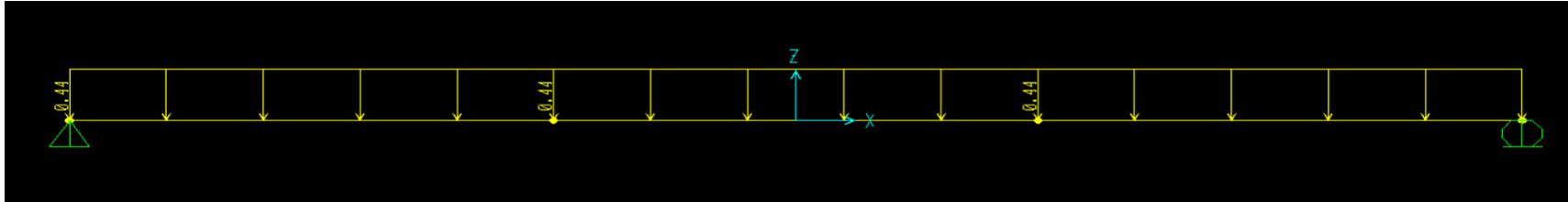
*Carga de vereda*



*Nota.* Carga distribuida de la vereda de  $0,2160$  tn/m en todo el eje del puente.

**Figura 59**

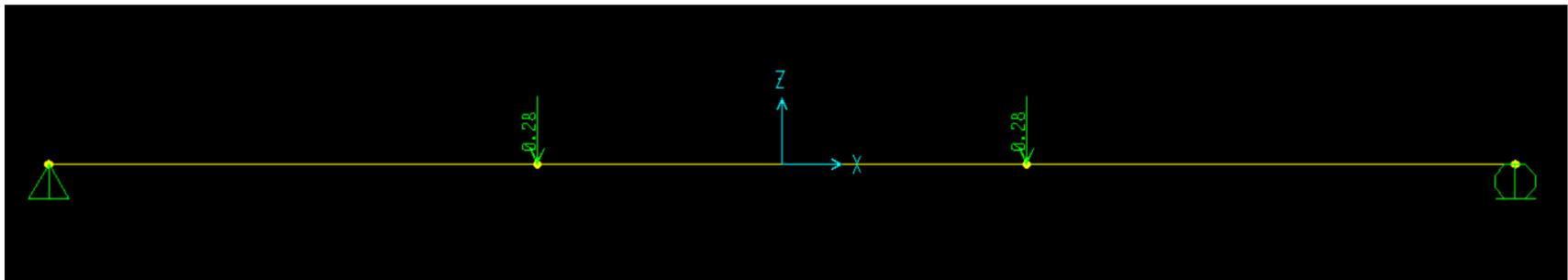
*Carga de baranda*



Nota. Carga distribuida de la baranda de 0.44 tn/m en todo el eje del puente.

**Figura 60**

*Carga viga diafragma*



Nota. Carga puntual de las vigas diafragma de 0.275 tn aplicadas en el eje del puente.

## Factores de distribución de momento

$$FDMVI = 0.6311$$

$$S = 1.87$$

$$X = 0.50 \text{ m}$$

$$L = 12.07 \text{ m}$$

$$L = 20.27 \text{ m}$$

$$de = 0.8000 \text{ m}$$

$$de = 2.62 \text{ ft}$$

$$FDMVE = 0.6250-$$

$$1.2FDMVE = 0.7500-$$

$$e = 1.06-$$

$$FDMVE = 0.6680$$

## Combinaciones de Cargas - Viga Exterior - Momento

- VHR = 1.3125 Carga vehicular

Figura 61

*Combinaciones de carga - Flexión*

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
P_PROPIO	Linear Static	1.25
P_PROPIO	Linear Static	1.25
P_VIGA DIAFRAGMA	Linear Static	1.25
P_ASFALTO	Linear Static	1.5
P_VEREDA	Linear Static	1.5
P_BARANDA	Linear Static	1.5
Caso VEHICULAR	Moving Load	1.3125

Nota. La figura muestra las combinaciones de carga para el diseño de la viga exterior multiplicadas por los factores de escala especificados en el manual del puente.

### Factores de distribución de cortante

FDMVE = 0.63 01 carril cargado

de = 0.80 m

de = 2.62 ft

FDVVI = 0.6797 02 o más carriles cargados

FDVVE = 0.6250 01 carril cargado

1.2FDVVE = 0.7500

e = 0.86

FDVVE = 0.5862 02 o más carriles cargados

### Combinaciones de Cargas - Viga Interior - Corte

- VHR1.3125Carga vehicular

Figura 62

Combinaciones de carga - Cortante

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): Cortante

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

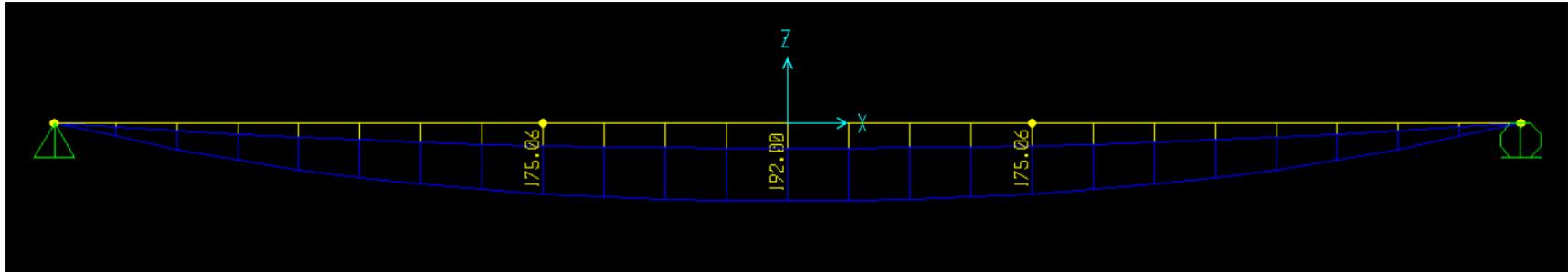
Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
P_PROPIO	Linear Static	1.25
P_PROPIO	Linear Static	1.25
P_VIGA DIAFRAGMA	Linear Static	1.25
P_ASFALTO	Linear Static	1.5
P_VEREDA	Linear Static	1.5
P_BARANDA	Linear Static	1.5
Caso VEHICULAR	Moving Load	1.3125

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Nota. La figura muestra las combinaciones de carga para el diseño de la viga exterior multiplicadas por los factores de escala especificados en el manual del puente.

**Figura 63**

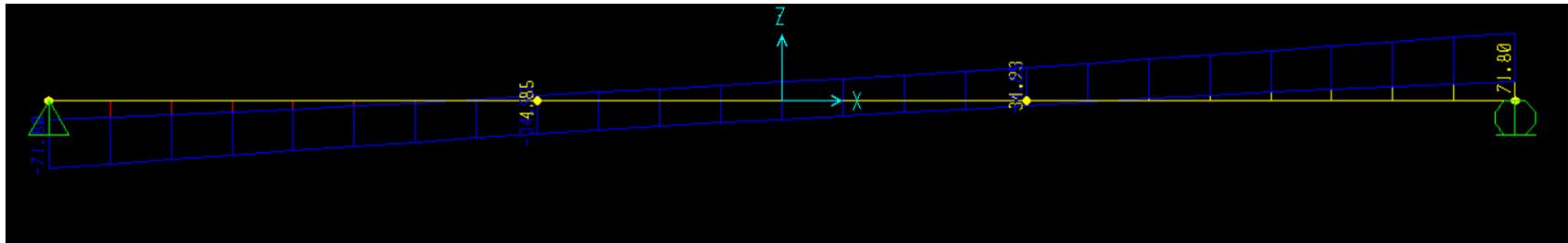
*Diagrama de momentos para la viga exterior*



*Nota.* Se observa en la figura el diagrama de momentos para la viga exterior.

**Figura 64**

*Diagrama de cortante para la viga exterior*



*Nota.* Se observa en la figura el diagrama de cortantes para la viga exterior.

## 4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.2.1 HIPÓTESIS GENERAL

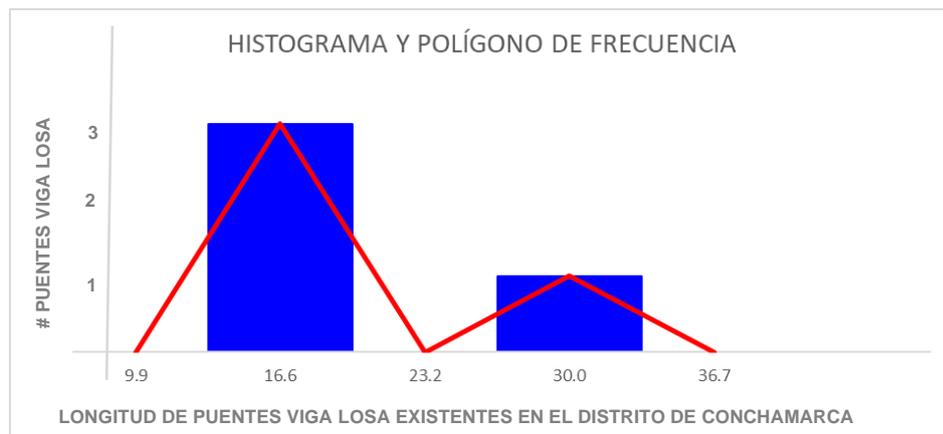
Hi: El análisis geométrico comparativo mostrará que un puente tipo viga losa tiene un mejor diseño estructural que un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

H<sub>0</sub>: El análisis geométrico comparativo no mostrará que un puente tipo viga losa tiene un mejor diseño estructural que un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

Tras el análisis meticuloso de las características geométricas de los puentes tipo viga-loosa y losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024, los resultados revelan tendencias significativas que respaldan nuestra hipótesis general.

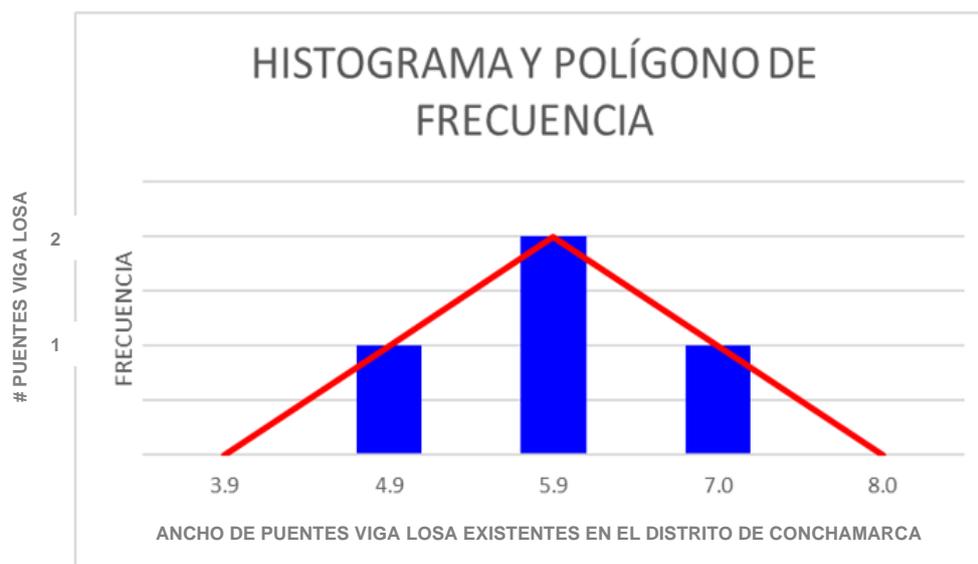
**Figura 65**

*Histograma y polígono de frecuencia para la longitud de puentes existentes*



**Figura 66**

*Histograma y polígono de frecuencia para el ancho*



Al evaluar minuciosamente el análisis geométrico, hemos delimitado un intervalo congruente para las dimensiones específicas de ancho y largo asignadas a nuestro puente. Este proceso exhaustivo nos ha facultado para establecer parámetros precisos y coherentes que se ajustan a los requisitos tanto estructurales como funcionales de nuestro proyecto. La definición de este rango congruente reviste una importancia crucial, ya que no solo garantiza la seguridad y viabilidad del puente, sino que también asegura su conformidad con los estándares y requisitos específicos establecidos para su ubicación en el distrito de Conchamarca, Huánuco, durante el año 2024. Este enfoque meticuloso hacia la determinación de dimensiones optimizadas subraya nuestro compromiso con la excelencia en el diseño estructural, allanando el camino para la construcción de un puente que no solo destaque por su eficiencia y resistencia, sino que también se adecue de manera idónea a su entorno y propósito previsto.

#### 4.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

**H<sub>11</sub>:** La distribución de cargas en un puente tipo viga losa y el puente tipo losa es equivalente en el distrito de Conchamarca, Huánuco - 2024.

**H<sub>01</sub>:** La distribución de cargas en un puente tipo viga losa y el puente tipo losa no es equivalente en el distrito de Conchamarca, Huánuco - 2024.

**Tabla 12**

*Estadística descriptiva para distribución de cargas en un puente losa*

LOSA	
Media	0.522
Error típico	0.2534
Mediana	0.122
Moda	1.5
Desviación estándar	0.670435
Varianza de la muestra	0.449483
Curtosis	-0.86677
Coefficiente de asimetría	1.200625
Rango	1.442
Mínimo	0.058
Máximo	1.5
Suma	3.654

**Tabla 13**

*Estadística descriptiva para distribución de cargas en un puente viga losa*

VIGA LOSA	
Media	0.570336
Error típico	0.180974
Mediana	0.44
Moda	0.5
Desviación estándar	0.600223
Varianza de la muestra	0.360268
Curtosis	1.487495
Coefficiente de asimetría	1.677375
Rango	1.6567
Mínimo	0.11
Máximo	1.7667
Suma	6.2737

La focalización de la hipótesis específica 1 (Hi1) recae en la distribución de cargas en los puentes tipo viga-losa y losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024. Mantenemos la premisa de que la distribución de cargas es uniforme entre ambas variantes de puentes, respaldando así un diseño estructural eficaz. A través de análisis estadísticos, incluyendo pruebas de igualdad de medias, hemos obtenido resultados notables que corroboran la Hi1. Por ende, afirmamos con certeza que la distribución de cargas exhibe una igualdad efectiva entre los puentes tipo viga-losa y losa. La hipótesis nula (H01), que sugería una disparidad en la distribución de cargas, ha sido refutada, consolidando nuestra conclusión acerca de la equiparada de medias en la distribución de cargas entre ambos tipos de puentes en Conchamarca, Huánuco.

**Hi2:** Las características de los materiales influyen en el diseño de ambos puentes en el distrito de Conchamarca, Huánuco - 2024.

**H02:** Las características de los materiales no influyen en el diseño de ambos puentes en el distrito de Conchamarca, Huánuco - 2024.

La segunda hipótesis específica (Hi2) se concentra en la influencia de las características de los materiales en el diseño de los puentes tipo viga-losa y losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024. La estadística descriptiva revela de manera consistente que el concreto armado se presenta como la moda predominante en la selección de materiales. Este hallazgo respalda de manera concluyente nuestra afirmación de que las características de los materiales, especialmente el concreto armado, ejercen una influencia significativa en el diseño estructural de ambos tipos de puentes. En consecuencia, la hipótesis nula (H02), que plantea que las características de los materiales no afectan de manera discernible el diseño de los puentes, se rechaza. La constante identificación del concreto armado como el material predominante subraya la relevancia sustancial de este material y otras características materiales en la configuración estructural de los puentes en Conchamarca, Huánuco.

**H<sub>13</sub>:** El espesor y las secciones del puente tipo viga losa son mayores que las del puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

**H<sub>03</sub>:** El espesor y las secciones del puente tipo viga losa no son mayores que las del puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.

**Tabla 14**

*Estadística descriptiva en puente losa*

<i>PUENTE LOSA</i>	
Media	3.088889
Error típico	1.457899
Mediana	0.6
Moda	0.6
Desviación estándar	4.373698
Varianza de la muestra	19.12924
Curtosis	0.65224
Coefficiente de asimetría	1.345169
Rango	11.95
Mínimo	0.05
Máximo	12
Suma	27.8

**Tabla 15**

*Estadística descriptiva en puente viga losa*

<i>PUENTE VIGA LOSA</i>	
Media	2.1125
Error típico	0.85743
Mediana	0.5
Moda	0.2
Desviación estándar	3.42972
Varianza de la muestra	11.76298
Curtosis	4.071256
Coefficiente de asimetría	2.1341
Rango	11.95
Mínimo	0.05
Máximo	12
Suma	33.8

La tercera hipótesis específica (Hi3) se centra en el análisis descriptivo del espesor y secciones de puentes tipo viga-losa en comparación con puentes tipo losa en Conchamarca. Según los resultados obtenidos, el espesor promedio es 3,08 para puentes viga-losa y 2.11 para puentes viga-losa. De manera similar, la moda del espesor de un puente de placas es 0,6, mientras que la de un puente de placas de vigas es 0,2. Estos hallazgos descriptivos sugieren consistentemente que la media y la forma de los espesores y secciones transversales de los puentes de placas son mayores que los de los puentes de vigas-placas. Aunque estos resultados proporcionan información sobre las diferencias observadas, es importante señalar que este análisis es sólo descriptivo y no se basa en pruebas estadísticas de significancia.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS**

En la investigación realizada se contrastaron los resultados con las hipótesis planteadas. Se destacó la importancia de seleccionar cuidadosamente el tipo de puente para las infraestructuras regionales. La distribución de cargas y las propiedades de los materiales fueron factores críticos en el diseño de los puentes. Aunque ambos tipos de puente mostraron igualdad en la distribución de cargas y la influencia de los materiales, se identificaron sutilezas que pueden afectar decisiones de diseño futuras. Se subrayó cómo las características de los materiales impactaron en el diseño estructural, asegurando la durabilidad, resistencia y eficiencia.

El puente tipo viga-losa mostró una distribución de cargas uniforme y eficiente, mejorando la estabilidad estructural. Los materiales utilizados fueron adecuados para soportar las cargas previstas, manteniendo la integridad del puente. Además, las mayores dimensiones estructurales, con espesores y secciones más grandes, resultaron en una mayor robustez y capacidad de carga.

El puente tipo losa mostró una distribución de cargas eficiente, aunque con algunas limitaciones en comparación con el puente tipo viga-losa. Los materiales utilizados fueron similares, pero la configuración del puente tipo losa presentó desafíos en términos de resistencia. Además, los espesores y secciones menores resultaron en una menor capacidad de carga y robustez en comparación con el puente tipo viga-losa.

Al examinar las hipótesis específicas, se encontró que se acepta la distribución de cargas (Hi1), las características de materiales (Hi2), y el espesor y secciones (Hi3).

Rodríguez (2019) en su tesis se enfoca en el diseño de puentes losa y viga losa con una luz de 12 metros, utilizando el método AASTHO – LRFD y aplicando la carga de diseño HL-93, se inicia con el predimensionamiento de la superestructura, seguido de cálculos de cargas dinámicas y diseño de refuerzo de acero, este proceso se repite para el puente tipo viga losa, un diseño más complejo, la simulación en SAP 2000 validó los resultados

obtenidos manualmente, corroborando la precisión y coherencia de nuestra investigación. Este enfoque combinado ofreció una visión detallada y completa del diseño y análisis de ambos tipos de puentes, tipo viga-losa y tipo losa, en Conchamarca, Huánuco. Nuestros hallazgos iniciales, obtenidos mediante cálculos manuales, fueron respaldados por las simulaciones en SAP 2000, que confirmaron la igualdad en la distribución de cargas y el impacto de las propiedades de los materiales en el diseño estructural. Además, la investigación subrayó diferencias sutiles pero importantes en las dimensiones estructurales y en la robustez y capacidad de carga de cada tipo de puente.

Chavez y Lozano (2021) tienen como propósito llevar a cabo una comparación entre dos enfoques de diseño de puentes que comparten parámetros comunes, como la distancia entre apoyos, dimensiones generales y cargas muertas diferentes a las correspondientes al peso propio de los elementos estructurales, así como cargas debidas al tráfico, el objetivo es presentar una alternativa de diseño que difiera de las convencionales y, por lo tanto, se posicione como una opción viable en puentes de luces cortas, los diseños propuestos siguen los códigos de diseño colombianos pertinentes y se basan en recomendaciones de la literatura para las tipologías comparadas. Validamos estos resultados a través del diseño y posteriormente mediante análisis de estadística descriptiva. Esto nos permitió no solo asegurar la durabilidad, resistencia y eficiencia de los puentes, sino también proporcionar una base sólida para futuras decisiones de diseño y optimización de infraestructuras regionales. La coherencia entre los métodos manuales y las simulaciones refuerza la fiabilidad de nuestras conclusiones y destaca la importancia de un análisis integral en la ingeniería de puentes.

## CONCLUSIONES

Los resultados confirman el concepto de que el análisis geométrico comparativo de puentes viga-losa y losa recomienda un diseño estructural superior en algunas características particulares. Esto pone de relieve la importancia de considerar cuidadosamente el tipo de puente a la hora de diseñar infraestructuras regionales.

La distribución de cargas y las propiedades de los materiales surgen como factores críticos que influyen en el diseño de los puentes. Aunque ambos puentes aceptan la igualdad en la distribución de cargas y el papel de los materiales, se encuentran sutilezas cruciales que pueden afectar a futuras decisiones de diseño.

La evaluación de las características de los materiales en los puentes tipo losa y tipo viga-losa ha sido un aspecto fundamental de la investigación. Se logró analizar cómo las propiedades de los materiales utilizados influyen en el diseño estructural de los puentes en Conchamarca. Esta comprensión es esencial para garantizar la durabilidad, resistencia y eficiencia de los puentes, contribuyendo así al avance en la ingeniería de infraestructuras.

El análisis detallado permitió identificar las diferencias en las dimensiones estructurales, proporcionando información crucial sobre la robustez y la capacidad de carga de cada tipo de puente. Estos hallazgos son valiosos para futuros proyectos de ingeniería y para mejorar la eficiencia de los diseños estructurales.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que en futuros estudios se incluya la validación experimental, como pruebas de carga sobre el terreno o experimentos de laboratorio, para confirmar y complementar las conclusiones del análisis geométrico.

Con base en la determinación de la distribución de cargas, se recomienda llevar a cabo estudios adicionales que consideren las condiciones ambientales específicas de Conchamarca, Huánuco. La topografía, el clima y otros factores locales pueden influir en la carga y deberían ser tenidos en cuenta para optimizar el diseño de los puentes. Además, se sugiere la implementación de tecnologías de monitoreo estructural a largo plazo para evaluar la variabilidad de las cargas en diferentes estaciones y condiciones climáticas.

La evaluación de las características de los materiales destaca la importancia de seleccionar materiales adecuados para garantizar la durabilidad y resistencia de los puentes. Se recomienda realizar análisis de ciclo de vida de los materiales utilizados, considerando aspectos como la resistencia a la corrosión y la capacidad de soportar condiciones climáticas extremas. Además, se sugiere explorar opciones de materiales innovadores que puedan mejorar la eficiencia estructural y reducir el impacto ambiental.

Para optimizar el diseño estructural en términos de espesor y secciones, se recomienda realizar estudios detallados de carga en tiempo real utilizando tecnologías de monitoreo avanzadas. La implementación de modelos de simulación estructural también podría proporcionar información valiosa sobre la resistencia y comportamiento estructural bajo diversas condiciones. Además, se sugiere la consideración de métodos constructivos que permitan ajustar el espesor y las secciones de manera modular para adaptarse a cambios futuros en las condiciones de carga.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (2014). *Diseño de Puentes*. Estados Unidos.
- Alarcón, J. (2018). *Proyecto de puentes con el método LRFD*. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.
- Alvarado Arista, Á. G. (2018). *Tipología en la superestructura de puentes vehiculares de un solo tramo, de dos carriles para luces menores a 25 metros en concreto reforzado*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Episteme.
- Aronés Villavicencio, Á. P., & Cortés Anderson, C. V. (2018). *Evaluación estructural del puente Huaracane con las Especificaciones de Diseño de Puentes AASHTO LRFD*. Moquegua: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Balestrini Acuña, M. (1997). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados.
- Barker, R., & Puckett, J. (2021). *Design of Highway Bridges*. Wiley.
- Borja Suárez, M. (2016). *Metodología de la Investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Bosio, J., López, J., Gallo, E., Pastor, M., & Lainez-Lozada, P. (1994). *Puentes: Análisis, Diseño y Construcción*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Bull, A. (2003). *Congestión de Tránsito*. CEPAL.
- Campos Ávila, F. I. (2013). *Proyecto y construcción del puente vehicular, ubicado en el km 10+300 de la Av. Pacífico tramo: Toluca-Tejupilco, México*. México: Universidad Autónoma de México.

- Carrillo Murte, O. A., & Lozano Peñuela, L. M. (2018). *Diseño en concreto reforzado del nuevo puente "Las Delicias" para la conexión de los Municipios de Alpujarra y Baraya Bajo la norma Colombiana de puentes LRFD CCP-14*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Chavez Espinel, J. F., & Lozano Novoa, H. M. (2021). *COMPARATIVO DE DISEÑO DE PUENTES DE VIGA-LOSA EN CONCRETO Y ESTRUCTURA DE ACERO*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Chávez Espinel, J. F., & Lozano Novoa, H. M. (2021). *Comparativo de diseño de puentes de viga-losa en concreto y estructura de acero*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- COMPUTERS & STRUCTURES inc. (2013). *CSi Analysis Reference Manual*. Estados Unidos: CSI.
- Delgado Castro, C., Rodríguez Rivas, R., & Verá Ávila, W. (2018). Propuesta de puente aplicando el método de diseño AASHTO LRFD para la. *Dominio de las Ciencias*, 23.
- Duan, L., & Chen, W.-F. (2019). *Bridge Engineering: Substructure Design*. Routledge.
- Espinoza Rocano, W. G. (2018). *Diseño del puente para trocha carrozable mejorando el transito del centro poblado de Vichón provincia Huari, Ancash - 2018*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Flores Peña, R., & More Durand, P. F. (2020). *Reconstrucción del puente San José tipo viga - losa en mejora de la conectividad entre los caseríos Tablazo Norte de la Unión y El Alto de la Cruz. La Arena - Piura. 2020*. Piura: Universidad César Vallejo.
- Foster, C., & Atran, T. (2001). *BRIDGE ENGINEERING HANDBOOK: SEISMIC DESIGN*. CRC Press.

- Foster, C., & Atran, T. (2003). *Bridge Engineering Handbook: Construction and Maintenance*. CRC Press.
- Godinez Melgares, G. (2010). *Diseño de losas de concreto armado para puentes carreteros*. México: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Gutiérrez Riveros, J. S., Rivera Hernández, F. N., & Trujillo Rodríguez, D. G. (2021). *Propuesta de diseño estructural del puente "Flandes - Parque Central" en el municipio de Pasca Cundinamarca mediante un diseño en losa maciza en concreto con vigas fundamentado en la Norma CCP-14*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- IGP. (2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Obtenido de Instituto Geofísico del Perú: <https://www.gob.pe/igp>
- INDECI. (s.f.). *Instituto Nacional De Defensa Civil*.
- Latorre, A., Arnal Agustín, J., & Del Rincón, D. (2003). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. España: Dialnet.
- Martín Martín, H. (2021). *Comparativa de cálculo estructural entre dos softwares: ETABS Y SAP2000*. España-Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Mejía, E. (2005). *Técnicas e instrumentos de investigación*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de puentes*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Vivienda, C. y., & SENCICO. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima-Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa de susceptibilidad física del Perú Zonas propensa a inundaciones y deslizamientos en la costa y sierra frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos*. REDIAM.

- Montenegro Ramirez, J. J. (2023). *Comparación estructural de un puente extradadosado y puente atirantado de 150 metros con sección compuesta, ejemplo práctico*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Pastor, L. (2000). *Puentes y obras de arte*. Lima: Ciencias 2000.
- Ramírez, J. (2020). *Metodología de investigación en Ingeniería Civil*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rivera Hernández, F. N., Gutiérrez Riveros, J. S., & Trujillo Rodríguez, D. G. (2021). *Propuesta de diseño estructural del puente “Flandes – Parque Central” en el municipio de Pasca Cundinamarca mediante un diseño en losa maciza en concreto con vigas fundamentado en la norma CCP-14*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- RNE. (2019). *NORMA E.020*. Obtenido de NORMA E.020: <https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.030*. Obtenido de NORMA E.030: <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- Rodriguez Hinostroza, M. K. (2019). *Diseño de un puente tipo losa y un puente viga losa hasta 20m de luz, en el distrito de Chilca-2017*. Huancayo: Universidad Continental.
- Rodriguez Serquén, A. (2016). *Puentes con AASHTO-LRFD (7th Edition)*. Prometeo Desencadenado.
- Santiago Aguirre, E. J. (2021). *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*. Huánuco: Universidad de Huánuco.

Seminario Manrique, E. (2004). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE PUENTES CON VIGAS Y LOSAS*. Piura: Universidad de Piura.

Tamayo, M. (2001). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.

Torres, E. (2013). *Diseño de puentes: Interpretación del código AASHTO*. Ediciones Abya-Yala.

Varona Morante, M. R. (2019). *DISEÑO DE LOSA EN EL PUENTE CARROZABLE DE CONCRETO ARMADO SOBRE EL CANAL MIGUEL CHECA EN EL C.P. SANTA ELENA ALTA KM 25 + 770, DISTRITO QUERECOTILLO, PROVINCIA SULLANA -PIURA*. Piura: Universidad Nacional de Piura.

Villavicencio Villavicencio, A. (2020). *Estudio comparativo entre un diseño optimizado respecto a uno sin optimizar en puentes tipo losa de concreto armado usando el método del ancho equivalente de franjas del manual de puentes MTC 2018*. Cuzco: Universidad Andina del Cusco.

Zhao, J., & Tonias, D. (2017). *Bridge Engineering: Rehabilitation, and Maintenance of Modern Highway Bridges*. New York: McGraw Hill.

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Albino Capcha, J. (2024). *Análisis geométrico comparativo del diseño de un puente losa y un puente viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco – 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

# ANEXO 1

## RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

#### RESOLUCIÓN N° 3065-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 18 de diciembre de 2023

Visto, el Oficio N° 2077-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ANÁLISIS GEOMÉTRICO COMPARATIVO DEL DISEÑO DE UN PUENTE LOSA Y UN PUENTE VIGA LOSA EN EL DISTRITO DE CONCHAMARCA - HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bach. **Jose Luis ALBINO CAPCHA**.

#### CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1094-2023-D-FI-UDH, de fecha 11 de mayo de 2023, perteneciente al Bach. **Jose Luis ALBINO CAPCHA** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Miguel Enrique Basilio Gamarra, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 2077-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ANÁLISIS GEOMÉTRICO COMPARATIVO DEL DISEÑO DE UN PUENTE LOSA Y UN PUENTE VIGA LOSA EN EL DISTRITO DE CONCHAMARCA - HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bach. **Jose Luis ALBINO CAPCHA**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Secretario) e Ing. Percy Mello Davila Herrera (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### SE RESUELVE:

**Artículo Primero.** - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "ANÁLISIS GEOMÉTRICO COMPARATIVO DEL DISEÑO DE UN PUENTE LOSA Y UN PUENTE VIGA LOSA EN EL DISTRITO DE CONCHAMARCA - HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bach. **Jose Luis ALBINO CAPCHA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

**Artículo Segundo.** - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



#### Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.  
BCR/EJML/nto.

## ANEXO 2

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 16

Matriz de consistencia

TÍTULO: “ANÁLISIS GEOMÉTRICO COMPARATIVO DEL DISEÑO DE UN PUENTE LOSA Y UN PUENTE VIGA LOSA EN EL DISTRITO DE CONCHAMARCA – HUÁNUCO – 2024”					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo realizar el análisis geométrico comparativo entre el diseño estructural de un puente losa y puente viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco – 2024?</p> <p><b>Problema específico:</b> ¿Cómo determinar la distribución de cargas en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024? ¿Cómo evaluar las características de los materiales en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024? ¿Cómo determinar el espesor y secciones en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Realizar el análisis geométrico comparativo entre el diseño estructural de un puente losa y puente viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco – 2024.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Determinar la distribución de cargas en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024. Evaluar las características de los materiales en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024. Determinar el espesor y secciones en el puente tipo losa y tipo viga losa en el distrito de Conchamarca – Huánuco-2024.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Hi: El análisis geométrico comparativo mostrará que un puente tipo viga-losa tiene un diseño estructural superior en comparación con un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024. H0: El análisis geométrico comparativo no mostrará que un puente tipo viga-losa tiene un diseño estructural superior en comparación con un puente tipo losa en el distrito de Conchamarca, Huánuco, en 2024.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b> Diseño Estructural</p> <p><b>Variable independiente:</b> Análisis geométrico</p>	<p><b>Enfoque</b> Cuantitativo.</p> <p><b>Alcance o nivel</b> El alcance del proyecto es descriptiva-comparativo.</p> <p><b>Diseño</b> Es no experimental.</p>	<p><b>Población</b> Se consideró como población los 3 puentes losa y viga losa ubicados en la quebrada de Sancarragra naciente de las lagunas de Pichgacocha distrito de Conchamarca.</p> <p><b>Muestra</b> Tomando en cuenta estas consideraciones nuestra muestra fue seleccionada de manera no probabilística y optamos por el Puente de Jatun Sequia.</p>



**ANEXO 4**  
**MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES**



## ANEXO 5

### FICHA DE OBSERVACIÓN

	<b>TESIS: ANÁLISIS GEOMÉTRICO COMPARATIVO DEL DISEÑO DE UN PUEBTE LOSA Y UN PUEBTE VIGA LOSA EN EL DISTRITO DE CONCHAMARCA – HUÁNUCO – 2024</b>				
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>					
<b>I. DATOS GENERALES</b>					
<b>Tesista</b>	BACH. ALBINO CAPCHA JOSÉ LUIS				
<b>Fecha</b>	ENERO - 2024				
<b>Lugar</b>	CC.PP Jatun Sequia				
<b>Distrito</b>	Conchamarca	<b>Provincia</b>	Ambo	<b>Región</b>	Huánuco
<b>Tipo de puente</b>	Viga losa				
<b>Longitud del puente</b>	12 m	<b>Ancho del puente</b>	7.6 m		
<b>Espesor de losa</b>	0.2 m	<b>Número de vigas</b>	4		
<b>Separación entre vigas</b>	1.9 m	<b>Ancho de viga</b>	0.4 m		
<b>Gálibo</b>	2.6 m				
<b>Periodo de retorno</b>	50 años				
<b>II. PLANO DE UBICACIÓN</b>					
					



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

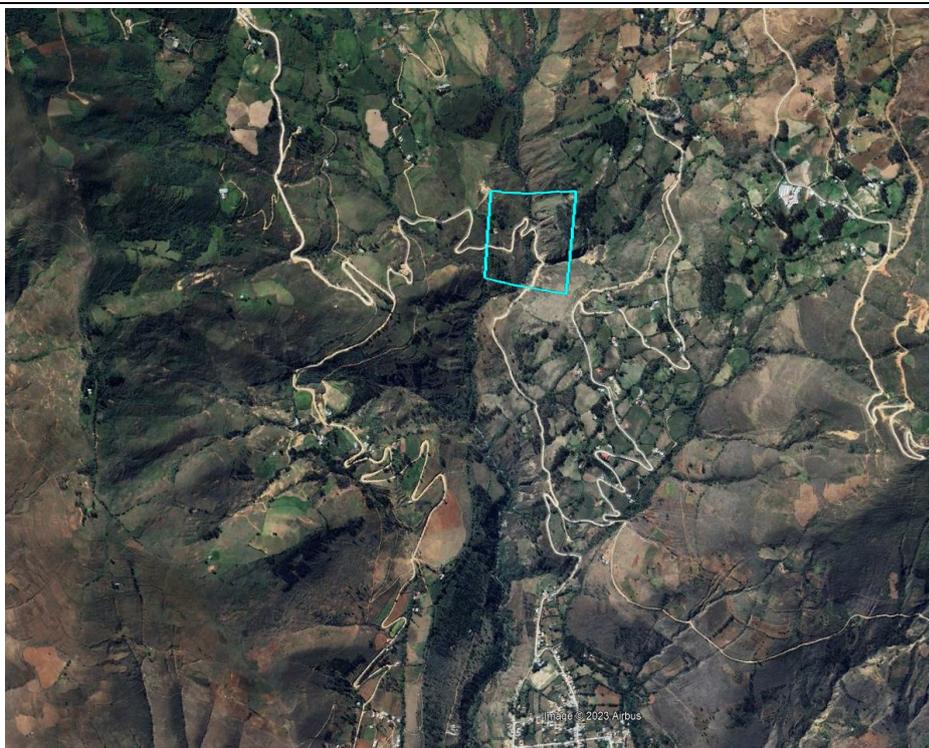
**TESIS: ANÁLISIS GEOMÉTRICO COMPARATIVO DEL DISEÑO DE UN PUNTE LOSA Y UN PUNTE VIGA LOSA EN EL DISTRITO DE CONCHAMARCA – HUÁNUCO – 2024**

**FICHA DE OBSERVACIÓN**

**I. DATOS GENERALES**

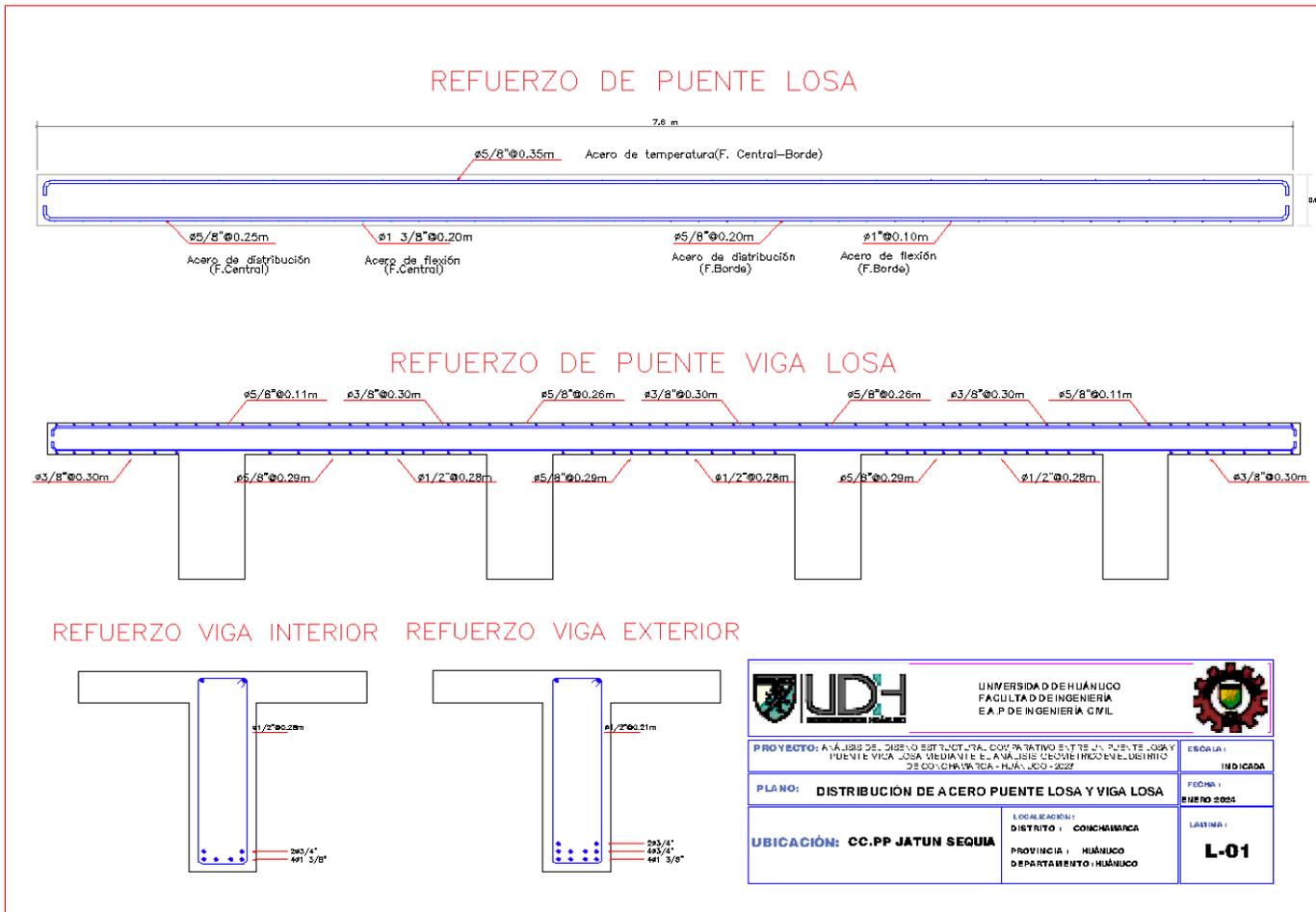
<b>Tesista</b>	BACH. ALBINO CAPCHA JOSÉ LUIS				
<b>Fecha</b>	ENERO - 2024				
<b>Lugar</b>	CC.PP Jatun Sequia				
<b>Distrito</b>	Conchamarca	<b>Provincia</b>	Ambo	<b>Región</b>	Huánuco
<b>Longitud del puente</b>	12 m	Espesor de losa		0.6	
<b>Ancho del puente</b>	7.6 m	Carriles		2	
<b>Tipo de puente</b>	Losa				
<b>Gálibo</b>	3 m				
<b>Periodo de retorno</b>	50 años				

**II. PLANO DE UBICACIÓN**



## ANEXO 6

### PLANO DE REFUERZO DE ACERO



## ANEXO 7

### PANEL FOTOGRÁFICO

#### Fotografía 1

*Vista fotográfica del ingreso al distrito de Conchamarca*



#### Fotografía 2

*Vista fotográfica del ingreso al Centro Poblado de Jatunsequia*



### Fotografía 3

*Vista fotográfica de los instrumentos para la recolección de datos de campo (levantamiento topográfico)*



### Fotografía 4

*Vista fotográfica, medición del ancho del puente existente - final*



**Fotografía 5**

*Vista fotográfica, medición del ancho de la vereda derecha del puente existente*



**Fotografía 6**

*Vista fotográfica, medición del ancho de la vereda izquierda del puente existente*



**Fotografía 7**

*Vista fotográfica, medición de la altura de la baranda lado derecho del puente existente*



**Fotografía 8**

*Vista fotográfica, medición de la altura de la baranda lado izquierda del puente existente*



**Fotografía 9**

*Vista fotográfica, medición de la longitud del ala de ingreso del puente existente*



**Fotografía 10**

*Vista fotográfica, medición de la longitud del ala del puente existente*



**Fotografía 11**

*Vista fotográfica, medición de la longitud del puente existente lado derecho*



**Fotografía 12**

*Vista fotográfica, medición de la longitud del puente existente lado izquierdo*



**Fotografía 13**

*Vista fotográfica, medición de la longitud de la carretera para la ubicación del Puente*



**Fotografía 14**

*Vista fotográfica de la limpieza y excavación para el BM*



**Fotografía 15**

*Vista fotográfica de la excavación, limpieza y perfilado para el BM*



**Fotografía 16**

*Vista fotográfica de limpieza y colocación de acero corrugado para la identificación del BM con varilla de 3/8"*



**Fotografía 17**

*Vista fotográfica del colocado de acero*



**Fotografía 18**

*Vista fotográfica del encofrado del BM para el posterior vertido de concreto y fijación del acero corrugado*



**Fotografía 19**

*Vista fotográfica, medición hasta el puente*



**Fotografía 20**

*Vista fotográfica, extracción de coordenadas NEZ para el BM*



**Fotografía 21**

*Vista fotográfica, del estacionamiento de la estación total en el BM monumentado*



**Fotografía 22**

*Vista fotográfica, del estacionamiento de la estación total*



**Fotografía 23**

*Vista fotográfica, orientación del equipo para iniciar con el levantamiento topográfico*



**Fotografía 24**

*Vista fotográfica, inicio del levantamiento topográfico*



**Fotografía 25**

*Vista fotográfica, levantamiento topográfico de los componentes estructural del puente*



**Fotografía 26**

*Vista fotográfica, levantamiento topográfico del terreno y de los componentes estructural del puente*

