



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Análisis comparativo del estado de conservación de puentes vehiculares metálicos y de concreto armado en el corredor vial Puente Reiter - Oxapampa

Trabajo de Investigación para optar el Grado de
Máster en Ingeniería Civil con mención en Ingeniería Vial
Gilmer Maguin Sardón Sánchez

Trabajo de Investigación para optar el Grado de
Máster en Ingeniería Civil con mención en Vial
Renzo Mauricio Sardón Tupayachi

Asesor(es):
Dr. Ing. Samuel Huaquisto Cáceres

Lima, octubre de 2025

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Gilmer Maguin Sardón Sánchez, egresado del Programa de Posgrado de Ingeniería Civil con mención en Ingeniería Vial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 01322021, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

“Análisis comparativo del estado de conservación de puentes vehiculares metálicos y de concreto armado en el corredor vial Puente Reiter - Oxapampa”

El mismo que presento bajo la modalidad de Trabajo de investigación para optar el Grado de Máster en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial.

Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.

- Renzo Mauricio Sardón Tupayachi, identificado con DNI: 70420935
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número

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

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

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

- SAMUEL HUAQUISTO CACERES, identificado con DNI: 01323989
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número


Declaro (declaramos) que:

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

Fecha: 24 DE OCTUBRE DEL 2025.



.....
Firma del autor¹



.....
Firma del asesor¹

.....
Firma del co-asesor¹

.....
Firma del co-asesor¹

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



Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Renzo Mauricio Sardón Tupayachi, egresado del Programa de Posgrado de Ingeniería Civil con mención en Vial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 70420935, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

“Análisis comparativo del estado de conservación de puentes vehiculares metálicos y de concreto armado en el corredor vial Puente Reiter - Oxapampa”

El mismo que presento bajo la modalidad de Trabajo de investigación para optar el Grado de Máster en Ingeniería Civil con Mención en Vial.

Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.

- Gilmer Maguin Sardón Sánchez, identificado con DNI: 01322021
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número

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

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

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

- SAMUEL HUAQUISTO CACERES, identificado con DNI: 01323989
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número

Declaro (declaramos) que:

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

Fecha: 24 DE OCTUBRE DEL 2025.


Firma del autor¹


Firma del asesor¹

.....
Firma del co-asesor¹

.....
Firma del co-asesor¹

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

Agradecimientos

A la Universidad de Piura, Máster en ingeniería vial por habernos dado la oportunidad de especializarnos en gestión vial.

A los docentes y profesores nacionales e internacionales, por sus enseñanzas y los conocimientos compartidos.



Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar y comparar el estado de conservación de puentes vehiculares metálicos y de concreto armado en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptiva; diseño no experimental, transversal y comparativo. La población y muestra comprendieron sesenta y nueve puentes del corredor vial, utilizando el formato de puentes (ficha SCAP) validada por expertos según la guía del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú como instrumento de recolección de datos. Los resultados evidenciaron que las superestructuras de los puentes de concreto armado presentaron un estado de conservación superior (96%) en estado bueno y (4%) regular, frente a los puentes metálicos (12%) excelente, (68%) en condición bueno y (16%) regular. En las subestructuras, los puentes metálicos mostraron mejores indicadores de conservación (5%) en condición excelente, (84%) bueno y (11%) regular, superando a los de concreto armado (60%) en condición bueno y (32%) regular. Los detalles de los puentes metálicos también presentaron mejores condiciones (73%) en estado Bueno y (25%) en estado regular, en comparación con los de concreto armado (56%) en estado bueno, (20%) regular y (0%) preocupante. Por ello se concluyó que las superestructuras de los puentes de concreto armado se encontraron en mejores condiciones de conservación estructural sobre los puentes metálicos; por otra parte, las subestructuras y los detalles de los puentes metálicos tienen mejor desempeño y estado de conservación que los puentes de concreto armado en el entorno del corredor vial Puente Reither –Oxapampa.

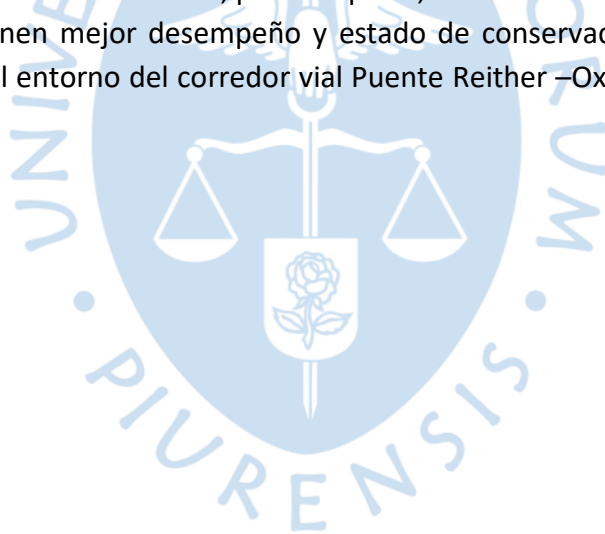


Tabla de contenido

Introducción	11
Capítulo I Revisión de literatura	13
1.1 Marco teórico	13
1.1.1 Puentes	13
1.1.2 Puentes metálicos.....	14
1.1.3 Puentes de concreto armado	14
1.1.4 Superestructura de los puentes.....	15
1.1.5 Subestructura de los puentes.....	16
1.1.6 Detalles de los puentes	17
1.1.7 Estado de conservación de puentes	18
1.1.8 Guía para inspección de puentes	19
1.1.9 Metodología SCAP.....	19
1.1.10 Evaluación de las condiciones de los puentes.....	20
1.2 Antecedentes	21
1.2.1 A nivel internacional	21
1.2.2 A nivel nacional	22
Capítulo II Planteamiento del problema	24
2.1 Identificación del problema.....	24
2.1.1 Importancia de solucionar el problema definido	25
2.2 Enunciados del problema	25
2.2.1 Problema general.....	26
2.2.2 Problemas específicos.....	26
2.3 Justificación.....	26
2.4 Objetivos.....	26
2.4.1 Objetivo general.....	26
2.4.2 Objetivos específicos.....	26
2.5 Hipótesis	27
2.5.1 Hipótesis general.....	27
2.5.2 Hipótesis específicas	27

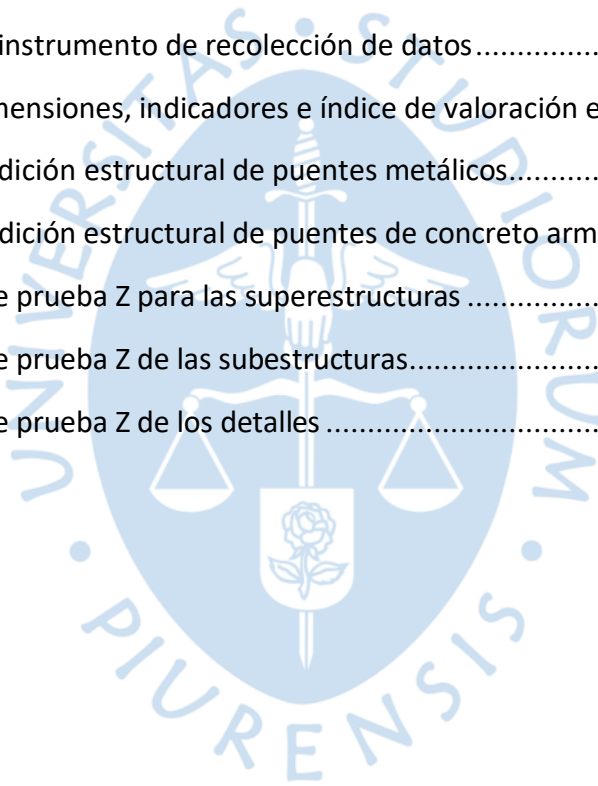
Capítulo III Metodología de investigación	28
3.1 Lugar del estudio.....	28
3.2 Población	29
3.3 Muestra	29
3.4 Método de investigación	32
3.4.1 Instrumentos de recolección de datos	32
3.4.2 Procesos metodológicos de la investigación	32
3.4.3 Diseño de investigación	33
3.4.4 Preparación y revisión bibliográfica para la recolección de datos.....	34
3.4.5 Análisis comparativo de los puentes	34
3.4.6 Aporte al conocimiento de la investigación	34
3.5 Descripción de los instrumentos.....	34
3.5.1 Instrumentos de recolección de datos	34
3.5.2 Descripción del trabajo de campo	35
3.5.3 Descripción del instrumento utilizado	35
3.5.4 Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos.....	36
Capítulo IV Resultados y discusión	38
4.1 Resultados	38
4.1.1 Resultado de la valoración estructural de puentes metálicos	38
4.1.2 Resultado de la valoración estructural de puentes de concreto armado	39
4.2 Evaluación y comparación de los estados de conservación de los puentes.....	40
4.2.1 Descripción de variables y dimensiones por objetivos específicos	40
4.3 Discusión.....	43
4.3.1 Discusión de resultados relacionados con la hipótesis específica 1	43
4.3.2 Discusión de resultados relacionados con la hipótesis específica 2	44
4.3.3 Discusión de resultados relacionados con la hipótesis específica 3	46
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Referencias	50
Anexos	53

Anexo 1. Matriz de consistencia	53
Anexo 2. Formato de inventario de puentes metálicos.....	54
Anexo 3. Formato de inventario de puentes de concreto armado	55
Anexo 4. Panel fotográfico de inspección de puentes.....	56



Lista de Tablas

Tabla 1	Factores de importancia de los elementos de la superestructura.....	15
Tabla 2	Factores de importancia de los elementos de la subestructura.....	17
Tabla 3	Factores de importancia de los elementos de los detalles.....	18
Tabla 4	Escala de valoración	20
Tabla 5	Población de estudio	29
Tabla 6	Muestra de puentes metálicos	30
Tabla 7	Muestra de puentes de concreto.....	31
Tabla 8	Procesos metodológicos de la investigación	32
Tabla 9	Estructura del instrumento de recolección de datos.....	35
Tabla 10	Variables, dimensiones, indicadores e índice de valoración estructural.....	36
Tabla 11	Índice de condición estructural de puentes metálicos.....	38
Tabla 12	Índice de condición estructural de puentes de concreto armado	39
Tabla 13	Resultados de prueba Z para las superestructuras	43
Tabla 14	Resultados de prueba Z de las subestructuras.....	45
Tabla 15	Resultados de prueba Z de los detalles	46



Lista de figuras

Figura 1 Ubicación del corredor vial.....	28
Figura 2 Comparativo del estado de conservación de la superestructura	40
Figura 3 Comparativo del estado de conservación de la subestructura	41
Figura 4 Comparativo del estado de conservación de los detalles	42



Introducción

Los puentes son estructuras fundamentales para el desarrollo socioeconómico de los pueblos, ya que facilitan la comunicación vial y la conexión de áreas geográficas inaccesibles por vías terrestres (Intriago et al., 2024). Sin embargo, en América Latina y el Caribe, la infraestructura vial enfrenta importantes deficiencias en cantidad y calidad. Problemas como bajos niveles de servicio en los principales corredores, interconexión ineficiente, la complejidad geográfica, la exposición a fenómenos climáticos como el fenómeno del Niño y el limitado mantenimiento afectan significativamente su operación y funcionalidad. En este contexto, los puentes y otras obras de infraestructura reciben poca atención, a pesar de su relevancia estratégica (Corporación Andina de Fomento, 2023). En el caso de Perú, la Política Nacional de Mantenimiento y Conservación de la Red de Carreteras busca mejorar el servicio de transporte de pasajeros y carga, además de velar por la seguridad de la población. Sin embargo, en muchos casos, la infraestructura vial deteriorada dificulta el tránsito adecuado de vehículos y peatones, afectando directamente la conectividad y el desarrollo regional. En ese contexto, el objetivo principal de la investigación fue evaluar y comparar el estado de conservación de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado ubicados en el corredor de la Red Vial Nacional PE-5N, que atravesaba los departamentos de Junín, Huánuco, Pasco y Ucayali, conectando ciudades estratégicas como Tarma, La Merced, Villa Rica, Puerto Bermúdez y Von Humboldt, en el centro del país, lo que resaltaba su importancia para el transporte y el desarrollo regional. Dado que los puentes vehiculares son fundamentales en la infraestructura vial, se identificaron diferencias significativas en el estado de conservación de las superestructuras, subestructuras y detalles evaluados entre los puentes metálicos y los de concreto armado. Esto permitió comprender cómo el volumen de tráfico, la circulación de vehículos pesados, las condiciones climáticas adversas y la exposición a agentes corrosivos influyeron en el deterioro de los puentes existentes. (Pecho, 2017; S C y T, 2018; Cabrera y Beltrán, 2019; Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2020; Carrera, 2021 Quadros et al., 2023). Se evidenció que no existen investigaciones que comparen el estado de conservación de puentes vehiculares metálicos con los de concreto armado, que fue motivación para desarrollar la presente investigación.

La investigación se organizó en cuatro capítulos. El primero abordó la revisión de literatura y marco teórico, El segundo capítulo el planteamiento del problema, justificación,

antecedentes. El tercer capítulo detalló la metodología de investigación empleada, incluyendo las herramientas y criterios de evaluación utilizados. En el cuarto capítulo se presentaron los resultados y discusión. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones.



Capítulo I

Revisión de literatura

1.1 Marco teórico

En el ámbito de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la conservación de puentes vehiculares es una estrategia para el desarrollo sostenible, resiliente y de calidad de la infraestructura de transporte terrestre que contribuye al desarrollo socioeconómico y bienestar de las personas, su impacto contribuye al “ODS 9: Industria, innovación e infraestructura”, garantizando la conectividad regional e integración nacional (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2023), en esta línea de pensamiento, las referencias teóricas se sustentan en los siguientes conceptos:

1.1.1 Puentes

La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2010) define un puente como cualquier estructura con una abertura de al menos 20 pies, que forme parte de una carretera o se ubique por encima o por debajo de ella.

Los puentes fueron diseñados considerando estados límite específicos para garantizar su construcción, seguridad y funcionalidad, teniendo en cuenta el mantenimiento, la economía y la estética.

A nivel mundial, la interacción entre la superestructura, la subestructura, los detalles de los puentes con el entorno hidráulico y geotécnico es causa principal de fallos, generando importantes costos humanos sociales y económicos. Por lo tanto, es fundamental implementar políticas de prevención y mantenimiento (Valenzuela, 2012).

En Estados Unidos, los materiales más empleados en la construcción de puentes son el acero, concreto armado, el pretensado y postensado. Se estableció que las superestructuras de concreto armado y acero presentan mayor durabilidad, menores patologías estructurales y una vida útil más prolongada. También se concluyó que estos materiales muestran correlaciones positivas con factores climáticos, especialmente en climas fríos y húmedos, donde se identificaron diversas patologías estructurales asociadas. Finalmente, se determinó que los puentes metálicos tienen una mayor tendencia al deterioro frente a estas condiciones (Farhey, 2018).

La Administración Federal de Carreteras de EE.UU. (FHWA) recomienda que, para cada proyecto de puente, se desarrollen técnicas planificadas para evaluar y mitigar los posibles deterioros en cimentaciones, estribos y pilares de puentes, teniendo en cuenta los efectos hidráulicos, geotécnicos y estructurales, y que se lleve a cabo coordinaciones específicas colaborativas entre los profesionales expertos del proyecto para establecer los niveles definitivos de las cimentaciones de estribos y pilares (Sharp et al., 2020).

En Rio Grande do Sul, Brasil, se analizó la evolución de las manifestaciones patológicas en las subestructuras y superestructuras de diez puentes durante un período de seis años. Se identificaron daños recurrentes tanto en zonas urbanas como rurales, entre ellos: desplazamientos y asentamientos en las cimentaciones; estribos y pilares de concreto con armadura expuesta; fisuras y grietas con eflorescencias; corrosión severa y carbonatación en las losas, además de una evidente falta de mantenimiento oportuno. Los resultados evidenciaron la importancia de las inspecciones, evaluación y mantenimiento de los elementos estructurales y garantizar la durabilidad de los puentes. Concluyen indicando que el monitoreo y la conservación rutinaria y periódica es fundamental para prevenir daños graves, garantizar la seguridad y vida útil de los diferentes elementos estructurales y (Quadros, et al. 2023).

1.1.2 Puentes metálicos

Los puentes metálicos, fabricados principalmente con acero, son una opción preferida en ingeniería civil por su resistencia, durabilidad y eficiencia. El acero, al ser ligero y fuerte, permite diseñar estructuras eficientes, ideales para grandes luces. Su uniformidad y estabilidad a lo largo del tiempo garantizan un comportamiento confiable. Además, su ductilidad evita fallas prematuras al soportar deformaciones bajo tensiones elevadas, mientras que su tenacidad le permite absorber energía, asegurando seguridad y estabilidad en condiciones adversas. Estas cualidades hacen de los puentes metálicos una solución moderna y robusta para el transporte (Abril, 2004).

Los puentes vehiculares metálicos, son estructuras diseñadas y construidas con componentes y conexiones de acero, se adaptan a diversas configuraciones estructurales: vigas rectas o curvadas, pórticos, cerchas, arcos, sistemas atirantados o de suspensión, y plataformas metálicas. El diseño de vigas de acero curvadas, frecuentes en estos puentes, exige el cumplimiento de especificaciones detalladas para superestructuras de carreteras, empleando vigas longitudinales en forma de I o cajón unicelular con radios superiores a 100 pies (30.48 metros), garantizando así la funcionalidad y seguridad del tráfico (AASHTO, 2020).

1.1.3 Puentes de concreto armado

Los puentes de concreto armado son estructuras viales que combina concreto, resistente a la compresión, con acero de refuerzo para soportar esfuerzos de tracción. Su diseño optimiza materiales, resistencias del concreto hasta 103 MPa al estado límite para garantizar seguridad, funcionalidad y durabilidad (AASHTO, 2020). La combinación del concreto y acero responden al efecto de las fuerzas como una unidad.

La American Concrete Institute (2018), estableció que los puentes de concreto armado fue la opción predominante en la ingeniería vial debido a su notable durabilidad y capacidad estructural. Entre sus principales beneficios se encuentran su resistencia a cargas elevadas, su adaptabilidad en el diseño y su comportamiento favorable frente al fuego. No obstante, este

material presenta algunas debilidades, como la tendencia a desarrollar fisuras, carbonatación y corrosión de las armaduras en ambientes con alta humedad o presencia de agentes químicos; asimismo presenta complicación en su reparación y mantenimiento. A pesar de que su construcción puede implicar mayores costos iniciales y plazos más extensos, su larga vida útil y la reducción en gastos de mantenimiento lo convierten en una alternativa eficiente para proyectos de infraestructura a largo plazo (American Concrete Institute, 2018).

1.1.4 Superestructura de los puentes

La superestructura de los puentes se define como el conjunto de elementos que conforman la parte superior del puente, está encargada de soportar cargas generadas por el tráfico vehicular que circula sobre ellos y transmitirla a la subestructura. Entre los principales elementos que componen la superestructura, dependiendo del tipo de puente, se encuentran losas y vigas de concreto armado, pretensado o postensado, así como vigas de acero soldadas o laminadas en puentes metálicos. Según el diseño del puente, puede incluir tableros, arcos, tirantes, sistemas de cables, columnas, arriostres de acero, bridas, torres y péndolas, entre otros (AASHT, 2010; MTC, 2013b; MTC, 2019; AASHTO, 2020).

En la tabla 1 se presenta la codificación, descripción y factor de importancia para la evaluación estructural de las superestructuras de puentes según la Guía de Inspección de puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú:

Tabla 1

Factores de importancia de los elementos de la superestructura

Ítem	Código Elemento	Descripción	Unidad	Factor Importancia	Elemento de la superestructura
1	101	Losa de concreto armado (Refuerzo longitudinal)	m3	1.00	1) Losa
2	102	Losa de concreto pretensado (Pretensado Longitudinal)	m3	1.00	
3	103	Losa de Concreto Simple	m3	0.60	1.1) Losa con vigas
4	104	Losa de concreto armado (Refuerzo Transversal)	m3	0.60	
5	105	Losa de concreto pretensado (Pretensado Transversal)	m3	0.60	
6	106	Plancha Metálica Corrugada	m2	0.60	
7	107	Tablero de Madera	ft.2	0.60	
8	110	Viga Principales concreto armado	m3	1.00	2) Pórtico
9	111	Vigas Secundarias de concreto armado	m3	0.80	
10	112	Vigas Principales de concreto pretensado	m3	1.00	
11	113	Vigas Secundarias de concreto Pretensado	m3	0.80	
12	114	Vigas Principales de Acero Estructural	kg	1.00	
13	115	Vigas Secundarias de Acero	kg	0.80	
14	116	Vigas de Madera	ft.2	1.00	
15	117	Arriostres de Acero	kg	0.60	
16	131	Columnas de concreto armado	m3	1.00	
17	132	Columnas de concreto pretensado	m3	1.00	
18	133	Columna de acero estructural	kg	1.00	

19	134	Muros de Concreto Armado	m3	1.00	
20	135	Muros de Concreto Simple	m3	1.00	
21	136	Tirante de Concreto Pretensado en pórticos	m3	1.00	
22	137	Arriostres de Acero	kg	1.00	
23	145	Arco de concreto armado	m3	1.00	3) Arco
24	146	Arco de acero estructural	kg	1.00	
25	147	Arriostres de Acero	kg	0.60	
26	160	Bridas superior e inferior, Montantes y Diagonales de Acero	kg	1.00	4) Reticulado
27	161	Vigas Transversales y Largueros de Acero	kg	0.80	
28	162	Arriostres de Acero	kg	0.60	
29	168	Estructura Metálica Bailey	und.	1.00	5) Bailey
30	180	Cables Principales de Acero	kg	1.00	6) Colgante
31	181	Barras de Anclaje en puentes colgantes	und.	1.00	
32	182	Torres de Acero	kg	1.00	
33	183	Péndolas de Acero con Sockets	kg	1.00	
34	184	Accesorios (Sillas de Montar, Montura de Péndolas) en ptes colgantes	und.	1.00	
35	185	Vigas de Rigidez	kg	1.00	
36	186	Arriostres de Acero	kg	0.60	
37	190	Losa de Concreto Simple	m3	0.60	7) Alcantarilla de concreto
38	191	Losa de concreto armado (Refuerzo longitudinal)	m3	0.60	
39	192	Muros de Concreto Simple	m3	0.60	
40	193	Muros de Concreto Armado Alcantarilla	m3	0.60	
41	195	Relleno	m3	0.60	
42	196	Plancha Metálica Corrugada (TMC)	m2	1.00	8) Alcantarilla metálica

Nota. Adaptado de “Guía para la inspección de puentes”, por MTC, en 2019.

1.1.5 Subestructura de los puentes

Las subestructuras de los puentes están formadas por elementos que reciben las cargas de la superestructura y las transmiten al terreno de cimentación. Sus principales componentes son los estribos y las pilas. Los estribos, ubicados en los extremos, retienen el suelo, soportan la carga vertical y la transfieren a la cimentación, incorporando aletas laterales como muros de contención. Las pilas, situadas entre los estribos, sostienen la superestructura y dirigen las cargas hacia los cimientos. Ambos elementos están diseñados para resistir esfuerzos verticales, horizontales y transversales (AASHTO, 2010; MTC, 2013b; MTC, 2019; AASHTO, 2020).

Es fundamental evaluar el estado de conservación de la cimentación, estribos y pilares, así como analizar las patologías existentes. Para ello, es esencial identificar el tipo de cimentación y los materiales utilizados, que pueden incluir cimentaciones superficiales, profundas, sobre roca o cajones de concreto, entre otros.

En la tabla 2 se presenta la codificación, descripción y factor de importancia para las subestructuras:

Tabla 2*Factores de importancia de los elementos de la subestructura*

Ítem	Código Elemento	Descripción	Unidad	Factor Importancia	Elemento de la subestructura	
43	201	Elevación Cuerpo del Estribo de Concreto Simple	m3	1.00	1) Estribos	
44	202	Elevación Cuerpo del Estribo de Concreto Armado	m3	1.00		
45	203	Elevación Cuerpo del Estribo Madera	ft.2	1.00		
46	204	Elevación Alas del Estribo Concreto Simple	m3	0.60		
47	205	Elevación Alas del Estribo de Concreto Armado	m3	0.60		
48	206	Elevación Alas del Estribo Madera	ft.2	0.60		
49	207	Elevación Cuerpo del Estribo de Mampostería de Piedra	m3	1.00		
50	208	Elevación Alas del Estribo Mampostería de Piedra	m3	0.60		
51	215	Zapata de Concreto Simple	m3	1.00		
52	216	Zapata de Concreto armado para Estribos	m3	1.00		
53	217	Zapata de Mampostería de Piedra	m3	1.00		
54	220	Caisson de Concreto Simple	m3	1.00		
55	221	Caisson de Concreto Armado	m3	1.00		
56	230	Pilotes de Concreto Armado	m3	1.00		
57	231	Pilotes de Acero Estructural	kg	1.00		
58	232	Pilotes de Madera	ft.2	1.00		
59	240	Elevación de Pilares Concreto Simple	m3	1.00		2) Pilares
60	241	Elevación de Pilares Concreto Armado	m3	1.00		
61	242	Elevación de Pilares de Madera	ft.2	1.00		
62	243	Elevación de Pilares de Mampostería de Piedra	m3	1.00		

Nota. Adaptado de “Guía para la inspección de puentes”, por MTC, en 2019.

1.1.6 Detalles de los puentes

Los detalles, incluye todos los componentes complementarios no estructurales, como juntas, pavimento, capa de rodadura, veredas, aceras, pasamanos, apoyos de neopreno, planchas deslizantes o articuladas, juntas de expansión, barandas, parapetos, tuberías de drenaje, metálicas o de PVC, impermeabilizaciones, y otras instalaciones (AASHT, 2010; MTC, 2013b; MTC, 2019; AASHTO, 2020).

En la tabla 3 se presenta los códigos, descripción y factor de importancia de los detalles de puentes:

Tabla 3*Factores de importancia de los elementos de los detalles*

Ítem	Código Elemento	Descripción	Unidad	Factor Importancia	Elemento de los detalles
63	301	Capa Asfalto	m2	0.40	1)
64	302	Capa Concreto Pobre	m2	0.40	Superficie de desgaste
65	303	Tablones de Madera	ft.2	0.40	
66	311	Vereda Concreto	m2	0.20	2) Veredas
67	312	Vereda Acero	kg	0.20	
68	313	Vereda de Madera	ft.2	0.20	
69	321	Apoyo fijo Neopreno	und.	0.40	3) Apoyos
70	322	Apoyo deslizante de neopreno	und.	0.40	
71	323	Apoyo Deslizante Acero	und.	0.40	
72	324	Apoyo articulado de acero	und.	0.40	
73	325	Apoyo Roller Acero	und.	0.60	
74	326	Apoyo Rocker Acero	und.	0.60	
75	327	Apoyo articulado Concreto	und.	0.60	
76	328	Apoyo Rocker de Concreto	und.	0.60	
77	329	Apoyo Eslabón y Pin (Vigas Gerber)	und.	0.60	
78	330	Dispositivo de control antisísmico	und.	0.60	
79	341	Planchas Deslizantes	ml	0.40	4) Juntas de expansión
80	342	Tipo Peine	ml	0.40	
81	343	Tipo Compresible / Expandible Celular	ml	0.40	
82	344	Junta de Expansión, Tipo Compresible / Expandible Sólido	ml	0.40	
83	351	Barandas de Madera	ml	0.40	5)
84	352	Barandas de Concreto	ml	0.40	Barandas
85	353	Barandas de Acero	ml	0.40	
86	354	Parapeto de Concreto Armado	ml	0.40	
87	355	Guardavías	ml	0.40	
88	371	Tuberías Metálicas	und.	0.40	6) Drenaje
89	372	Tuberías PVC	und.	0.40	

Nota. Adaptado de “Guía para la inspección de puentes”, por MTC, en 2019.

1.1.7 Estado de conservación de puentes

La conservación de puentes es un proceso sistemático que reduce el riesgo de daños la integridad, funcionalidad, estructura y estética, asegurando la seguridad y comodidad de los usuarios. Comprende tres etapas principales: el diagnóstico o inspección, que identifica deterioros como fallas estructurales, filtraciones y daños en la calzada o sistemas de drenaje; evaluación, que incluye la observación visual estructurada, su registros en formatos de inventario de puentes, para la planificación de intervenciones específicas de conservación ; y el mantenimiento rutinario y periódico, enfocado en ejecutar las actividades necesarias para preservar en óptimas condiciones a largo plazo el puente (Abril, 2004; MTC, 2013a).

El mantenimiento de puentes vehiculares, que abarca tanto la estructura principal como sus detalles y accesorios, es importante para asegurar su correcto funcionamiento, extender su vida útil y minimizar los costos de operación. En el caso de los puentes de concreto armado, este mantenimiento implica la ejecución de actividades repetibles diseñadas para mantener los componentes en condiciones aceptables, incluyendo la reparación de grietas y fisuras, el lavado, calafateo y sellado. Por otro lado, el mantenimiento de los puentes metálicos se centra principalmente en la prevención y control de la oxidación y la corrosión, lo que involucra tareas como el arenado, reparación de grietas y el pintado, junto con otras reparaciones menores destinadas a preservar la funcionalidad de los componentes del puente (ACI PRC-345.1, 2016).

Implementar una metodología adecuada para la conservación de puentes es fundamental para mejorar la seguridad y la durabilidad de estas estructuras. Este enfoque no solo optimiza la eficiencia en su gestión, sino que también promueve la sostenibilidad a largo plazo (Sun, et, al. 2020).

Según Cabrera y Beltrán (2019), la evaluación del estado de conservación de los puentes se lleva a cabo mediante una inspección visual, un diagnóstico y una clasificación de los tipos de daño, que pueden ser mecánicos, físicos, químicos o biológicos. Esta evaluación considera el nivel de gravedad de cada patología utilizando un formato estandarizado por el equipo de trabajo. Por su parte, en México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2018) indicó que en los diagnósticos se evalúan y analizan los daños existentes, además de realizar los cálculos necesarios para comparar las condiciones actuales con las especificaciones de los proyectos.

En el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), enfatiza la importancia de realizar inspecciones periódicas, tanto visuales como técnicas, para identificar y documentar el estado de los diferentes componentes estructurales y no estructurales.

1.1.8 Guía para inspección de puentes

En el Perú, La Guía de Inspección de Puentes es un documento normativo que complementa al Manual de Puentes, establecido en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. Su objetivo es mejorar la conservación de los puentes mediante la evaluación de su estado y deterioro, aplicando procedimientos técnicos a la superestructura, subestructura y elementos de seguridad. Destaca la necesidad de una base de datos para el seguimiento de su condición y enfatiza el carácter obligatorio de su aplicación por parte de los gestores viales, a través de ingenieros especializados (MTC, 2006; MTC, 2019).

1.1.9 Metodología SCAP

La metodología SCAP (Structural Condition Assessment Procedure) es una técnica utilizada para la evaluación y el diagnóstico de puentes, enfocado en la inspección estructural y el análisis de su estado de conservación (MTC, 2006; MTC, 2019).

La calificación del estado de los puentes es una variable determinante para priorizar las necesidades de los puentes en los sistemas de gestión. Actualmente, la calificación de puentes se basa principalmente en inspecciones visuales. No existe un método práctico que incorpore resultados de ensayos no destructivos para la calificación de puentes en un sistema de gestión (Akgul, 2022).

1.1.10 Evaluación de las condiciones de los puentes

La evaluación de la condición de los puentes según la metodología SCAP consistió en inspecciones técnica en campo realizada por profesionales especializados, quienes analizaron detalladamente cada elemento estructural del puente, asignándole una calificación codificada según su importancia y grado de deterioro.

Esta evaluación se basó en una escala que va desde un estado excelente hasta uno pésimo, considerando factores como fisuras, desprendimientos, pérdida de sección entre otros, lo que permitió cuantificar objetivamente el estado de conservación y comparar la capacidad y el nivel de servicio entre puentes metálicos y de concreto armado (MTC, 2019).

En la tabla 4 se presenta la escala de valoración, donde se aprecia su calificación cuantitativa, condición, rango y la descripción de cada componente de los puentes:

Tabla 4

Escala de valoración

Calificación	Condición	Rango	Descripción de la condición
0	Excelente	0.00 – 0.99	El puente, no tiene problemas, No hay necesidad de reparaciones.
1	Buena	1.00 – 1.99	El puente, solo muestra un deterioro mínimo, no hay necesidad de reparaciones, pero ciertas actividades de mantenimiento pueden ser necesarias.
2	Regular	2.00 – 2.99	Existe deterioro, desprendimientos, socavación, pero no afectan la capacidad portante y/o de servicios. Hay necesidad de reparaciones menores.
3	Preocupante	3.00 – 3.99	Existe pérdida de sección, deterioro, desprendimiento o socavación que afecta seriamente las componentes principales de la Estructura. Pueden existir rajaduras por falta del acero o por cortante / flexión en el concreto. La capacidad portante y/o de servicio puede estar afectado. Hay necesidad de reparaciones mayores.
4	Mala	4.00 – 4.99	Necesita repararse, pero se puede mantener abierto a tráfico restringido. El deterioro de elementos principales afecta la capacidad portante y/o de servicio. Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios. Grietas de fatiga en acero o grietas de corte de concreto La socavación compromete la estabilidad de la infraestructura Conviene cerrar el puente al menos que este monitoreado

5	Pésima	5.00 – 5.99	<p>La capacidad portante y/o de servicio está afectada en forma de presentar un peligro inminente.</p> <p>Gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos.</p> <p>Desplazamientos horizontales o verticales afectan la estabilidad de la estructura</p> <p>El puente debe cerrarse al tráfico.</p>
---	--------	-------------	---

1.2 Antecedentes

1.2.1 A nivel internacional

En los Estados Unidos, la necesidad de mantenimiento y conservación de puentes se intensificó tras el colapso del Silver Bridge en Ohio, el 15 de diciembre de 1967, que causó más de 40 muertes. La investigación reveló que las causas principales fueron fisuras por corrosión bajo tensión en la superestructura; este trágico incidente llevó a las autoridades a reconocer la importancia de establecer un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) para garantizar la seguridad y funcionalidad de la infraestructura vial (Martínez, 2016).

En Estados Unidos el American Concrete Institute (2018), estableció que la superestructura de los puentes de concreto armado fue una alternativa eficiente por su notable durabilidad, capacidad estructural, resistencia a cargas elevadas, menores patologías estructurales adaptabilidad en el diseño, mejor comportamiento frente al fuego y menores costos de mantenimiento a largo plazo. (American Concrete Institute, 2018; Farhey, 2018)

En Europa, la mayoría de los puentes carreteros fueron construidos a partir de 1945. Entre 1979 y 1999, el proyecto SIMCES se centró en el estudio de las vibraciones en puentes ubicados en Suiza. De manera similar, el proyecto Millennium (1998–2001) desarrolló y validó sistemas para medir deformaciones lineales en puentes de concreto reforzado. En el año 2001; el proyecto BRIME identificó que la principal causa de deterioro en puentes era la corrosión de las armaduras, con una incidencia del 39 % en Francia, 37 % en el Reino Unido y 30 % en Alemania. Posteriormente, el proyecto IMAC (2001–2004) tuvo como objetivo localizar y evaluar daños en los cables embebidos de puentes atirantados existentes en Europa (Gokoumas et al., 2019).

Por parte Farhey, (2018) estableció que las superestructuras de los puentes metálicos tienen mayor tendencia al deterioro en comparación a los puentes de concreto armado.

En Colombia, Cabrera y Beltrán (2019) concluyeron que, en la subestructura de los puentes, los estribos y muros presentaron un 26% de patologías, mientras que los pilares registraron un 12%. En cuanto a la superestructura, las losas alcanzaron un 33% y las vigas un 39% de patologías. Asimismo, se identificó un 33% de patologías en los detalles constructivos de los puentes. Estos hallazgos evidenciaron la necesidad de llevar a cabo evaluaciones más exhaustivas, como las desarrolladas en la presente investigación, orientadas a la identificación y evaluación del estado de conservación de los puentes en Perú.

En Japón, Sakai, H. (2021), manifestó: que para llevar a cabo de forma adecuada y eficiente el mantenimiento de los puentes de carretera es necesario disponer de un manual que muestre de forma concreta el método de mantenimiento de los puentes.

Por su parte, Ortiz-Quesada et al. (2021), en su investigación sobre evaluación de puentes en rutas nacionales en Costa Rica durante los años 2018 y 2019, estableció que el 37% de los puentes evaluados se encontraba en muy mal estado, el 60% en estado malo y solo el 3% en estado regular. Para esta evaluación, se empleó el Índice de Condición Estructural (BCI), que asignó un peso del 45% a la superestructura, 50% a la subestructura y 5% a los accesorios.

Los diferentes países para gestionar la conservación de sus puentes cuentan con sistemas de gestión donde almacenan en sus bases de datos las características más importantes en cuanto a su geometría, tipología, tráfico, estado de conservación, características técnicas de la subestructura y superestructura, su capacidad de carga, la instrumentación que poseen, el año de construcción, los costos, entre otra información.

1.2.2 A nivel nacional

Las obras viales en el Perú son importantes para la interconexión del país debido al contexto geográfico y climático; cada año se presentan múltiples emergencias debido a la falta de un sistema de gestión de puentes, escasas actividades de conservación de las estructuras, sobrecarga de diseño y efecto climáticos como el fenómeno del Niño costero. Estos factores ponen en riesgo las condiciones de transitabilidad (MTC, 2006, Pecho, 2017).

Carrera (2021), en su estudio sobre la gestión del mantenimiento de puentes en la carretera Panamericana Norte del Perú, evaluó los puentes metálicos Carrizal y Virú, ambos con estructura metálica reticulada de tres tramos y tableros inferiores de concreto. No se identificaron problemas estructurales en las superestructuras; sin embargo, los elementos de acero presentaban corrosión localizada y pérdida de sección, obteniendo una calificación de 3 (Malo). Las subestructuras fueron calificadas con 2 (Regular), ya que se encontraban aceptables, sin fallas ni fisuras que comprometieran su estabilidad. Los pilares, de tipo pórtico con columnas circulares y vigas de peralte variable, presentaban escoriaciones superficiales. En cuanto a los detalles y accesorios, los puentes cuentan con veredas de 0.48 y 0.47 metros de ancho, lo que recibió una calificación de 4 (Muy malo).

Carrera (2021) en su investigación, también evaluó puentes de concreto presforzado en la carretera Panamericana Norte del Perú, entre ellos el puente Santa, de 240 metros de longitud y estructura continua de tramos múltiples con sección tipo cajón. Concluyo que la superestructura, compuesta por vigas y losas, no presentó defectos estructurales visibles, obteniendo una calificación de 1 (Bueno). La subestructura, conformadas por estribos y pilares, se encontraban en buen estado, sin problemas de inestabilidad, fallas estructurales ni fisuras, por lo que fueron calificadas con 2 (Regular). En cuanto a los detalles y accesorios, las

veredas, incluida la baranda, tiene 0.75 metros de ancho, lo que recibió una calificación de 3 (Malo).



Capítulo II

Planteamiento del problema

2.1 Identificación del problema

A nivel internacional, el mantenimiento y conservación de los puentes vehiculares son fundamentales para garantizar la seguridad, la conectividad y el desarrollo económico de los países. Sin embargo, estas infraestructuras están expuestas a diversos factores de deterioro, como el aumento de cargas vehiculares, condiciones climáticas extremas, exposición a agentes corrosivos y deficiencias en los planes de mantenimiento preventivo. Estas problemáticas han sido documentadas en estudios realizados en diversos países, como España (Marguirott et al., 2014), Brasil (Tadeu y Lenz, 2011), Colombia (Muñoz y Valbuena, 2004), Argentina (Schierloh, 2011), Chile (Ebensperger y Donoso, 2021) y Estados Unidos (McDonald y Arato, 2021). No obstante, persiste una brecha significativa en la evaluación comparativa del desempeño y deterioro de los puentes construidos en acero y en concreto armado, lo que dificulta la toma de decisiones eficientes en la gestión de su mantenimiento.

En los puentes de concreto armado, los principales problemas identificados incluyen la fisuración del concreto, la corrosión de las armaduras y la falta de mantenimiento oportuno, lo que compromete su durabilidad y seguridad estructural. En el caso de los puentes metálicos, los desafíos más críticos son la pérdida de sección transversal por corrosión, la fatiga estructural debido a cargas dinámicas y la presencia de asentamientos diferenciales en estribos y pilares. La falta de estudios integrales que analicen estos problemas desde una perspectiva comparativa impide la identificación de patrones de deterioro y la formulación de estrategias de mantenimiento eficientes.

Ante este panorama, resulta imprescindible desarrollar un enfoque técnico integral que permita evaluar y comparar el desempeño estructural de los puentes de acero y concreto armado en distintos entornos, identificando los principales factores de deterioro y estableciendo criterios óptimos para su gestión. La ausencia de un modelo unificado de evaluación y diagnóstico limita la capacidad de los organismos responsables de la infraestructura vial para priorizar intervenciones y optimizar recursos, lo que incrementa el riesgo de fallas estructurales y afecta la continuidad operativa de los corredores viales a nivel global.

En el Perú, el estado de conservación de los puentes vehiculares enfrenta serias deficiencias que comprometen su funcionalidad y seguridad. Estudios previos (Cuba y Gonzales, 2012; MTC, 2018; Carrera, 2021) han identificado problemas estructurales derivados del tránsito pesado con cargas que exceden los límites permisibles, la falta de mantenimiento preventivo y la ausencia de un seguimiento adecuado de su estado. Además, muchas estructuras han superado su vida útil de 50 años sin recibir intervenciones necesarias, mientras que puentes temporales, como los tipos Bailey, siguen en uso prolongado sin planificación adecuada.

A pesar de la existencia de normativas como el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial (MTC, 2008), el Manual de Puentes (MTC, 2016) y el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2019), la falta de una cultura de conservación y la ineficaz aplicación de estos instrumentos limitan la sostenibilidad de estas estructuras. Esto genera un deterioro progresivo que incrementa los costos de rehabilitación y afecta la seguridad vial.

El estudio realizado en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa, donde se inspeccionaron y evaluaron 44 puentes metálicos y 25 de concreto armado, ha permitido analizar diferencias en su desempeño y resistencia a las condiciones locales. Sin embargo, la falta de investigaciones comparativas más amplias impide determinar con precisión qué tipo de estructura ofrece mayor durabilidad y eficiencia en corredores viales similares.

Ante esta situación, es imprescindible desarrollar un enfoque técnico que permita evaluar de manera integral el estado de conservación de los puentes metálicos y de concreto armado en el país. Esto contribuirá a optimizar estrategias de mantenimiento, mejorar la gestión de recursos y garantizar la seguridad y funcionalidad de la infraestructura vial en beneficio de los usuarios.

2.1.1 Importancia de solucionar el problema definido.

La conservación de puentes vehiculares es clave para la seguridad vial y la eficiencia del transporte. La falta de estudios comparativos sobre el desempeño y mantenimiento de puentes metálicos y de concreto armado ha generado un vacío de conocimiento que limita la toma de decisiones técnicas y estratégicas. En el contexto internacional y en el Perú, esta problemática se ve agravada por la ausencia de políticas públicas efectivas, el uso prolongado de estructuras temporales y la deficiente aplicación de normativas vigentes (Cuba y Gonzales, 2012; ACI PRC-345.1, 2016; MTC, 2018).

La investigación se desarrolló desde un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo; diseño no experimental, transversal y comparativo, permitiendo obtener resultados estadísticos predictivos sobre el comportamiento de las estructuras de los puentes en distintas condiciones de servicio. El conocimiento técnico contribuyó a la optimización de estrategias de mantenimiento, la priorización de intervenciones y la mejora en la gestión de la infraestructura vial. Además, fortalece la ingeniería de mantenimiento de puentes con bases científicas y metodológicas que prolonguen su vida útil y reduzcan costos de conservación, beneficiando directamente a la planificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y otros entes reguladores.

2.2 Enunciados del problema

En este contexto con el presente trabajo de investigación se pretende responder a las preguntas:

2.2.1 Problema general

¿Cuáles son las diferencias en el estado de conservación de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿En que difiere el estado de conservación de la superestructura de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado?
- ¿Cuáles son las diferencias del estado de conservación de la subestructura de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado?
- ¿Cuáles son las diferencias en el estado de conservación de los detalles de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado?

2.3 Justificación

La investigación fue desarrollada para analizar las diferencias en el estado de conservación de puentes vehiculares metálicos y de concreto armado en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa. La investigación surgió ante la necesidad de identificar cuál de estos tipos de puentes presentó un mejor desempeño estructural y mayor eficiencia en mantenimiento, permitiendo así optimizar la gestión y conservación de la infraestructura vial.

Para ello, se realizó una evaluación basada en información de campo, siguiendo los lineamientos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Esto permitió conocer el estado real de cada estructura y generar criterios técnicos que facilitaran la toma de decisiones sobre el tipo de puente más adecuado en términos de durabilidad, costos de mantenimiento y sostenibilidad. Los resultados obtenidos contribuyeron a mejorar la planificación de futuras obras viales en entornos similares, fortaleciendo la resiliencia y eficiencia del corredor vial.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de puentes vehiculares metálicos y de concreto armado en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa.

2.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de la superestructura de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado.
- Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de la subestructura de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado.
- Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de los detalles de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

Los puentes metálicos en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa muestran un mejor estado de conservación en comparación con los puentes de concreto armado.

2.5.2 Hipótesis específicas

- La superestructura de los puentes de concreto armado tiene un mejor estado de conservación en comparación con los puentes metálicos.
- La subestructura de los puentes metálicos tiene un mejor estado de conservación en comparación con los puentes de concreto armado.
- Los detalles de los puentes metálicos tienen un mejor estado de conservación en comparación con los puentes de concreto armado.



Capítulo III

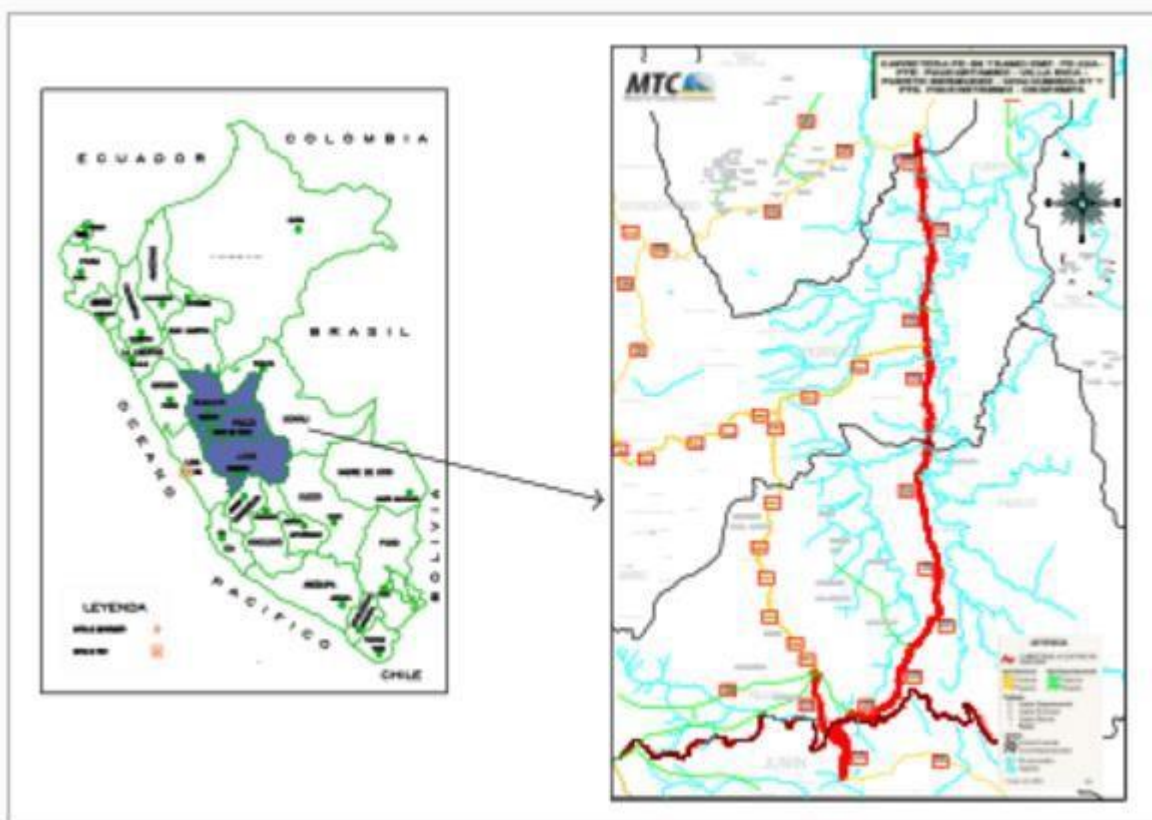
Metodología de investigación

3.1 Lugar del estudio

La investigación se realizó en el Corredor vial Puente Reither –Oxapampa, que comprende la Red Vial Nacional PE-5N, en los departamentos de Junín, Huánuco, Pasco y Ucayali y une las ciudades de Tarma, La Merced, Villa Rica, Puerto Bermúdez y Von Humboldt, en el centro del Perú; situados a una altitud que varía entre 167 y 1823 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1

Ubicación del corredor vial



Fuente: MTC 2022

En la figura 1 se puede apreciar los accesos a la zona de estudio, fue posible por las siguientes vías:

- Ingreso por la carretera Central desde Lima – La Oroya – Dv. Las Vegas – Tarma – La Merced hasta Puente Reither inicio del tramo de la carretera todas con vía asfaltada.
- Otro ingreso por vías asfaltadas, partiendo desde Lima hacia el Dv. Las Vegas – Huánuco – Tingo María – Von Humboldt final del corredor vial.

3.2 Población

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo considerando una población finita compuesta por sesentainueve (69) puentes vehiculares, que corresponde al total de estructuras existentes en el corredor vial objeto de estudio.

En la tabla 5 se presenta la población de estudio:

Tabla 5

Población de estudio

Tramo	Descripción				Long. Km	N° de Puentes
	Inicio	Km	Fin	Km		
1	Puente Reither	00+000	Villa Rica	39+400	39.40	11
2	Villa Rica	39+400	San Juan de Cacazú	77+300	37.90	7
3	San Juan de Cacazú	77+300	Puerto Bermúdez	145+400	68.10	18
4	Puerto Bermúdez	00+000	Constitución	54+000	54.00	11
5	Constitución	00+000	Súngaro	53+000	53.00	10
6	Súngaro	51+000	Von Humboldt	113+000	62.00	9
7	Puente Paucartambo	00+000	Oxapampa	44+200	44.20	2
8	Dv. Puerto Inca	00+000	Puerto Inca	10+000	10.00	1
Total						69

Nota. Adaptado de “Servicio de gestión y conservación por niveles de servicio del Corredor vial: “Puente Reither – Villa Rica – Puerto Bermúdez Von Humboldt Puente Paucartambo Oxapampa””, por MTC, en 2020.

3.3 Muestra

La muestra de la investigación está conformada por la totalidad de la población, que incluye cuarenta y cuatro (44) puentes metálicos y veinticinco (25) puentes de concreto armado presentes en el corredor vial objeto de estudio.

En la tabla 6 se presenta la muestra de puentes metálicos:

Tabla 6*Muestra de puentes metálicos*

N°	Progresiva	Nombre	Longitud	Tipo	Tramos
1	18+600	Paucartambo	70.00	Reticulado	1
2	42+064	Km 42+064	57.00	Reticulado	1
3	74+564	Churchumas	42.70	Modular	1
4	77+264	Chivis	41.00	Losa con vigas	1
5	82+864	Puellas	51.82	Reticulado	1
6	92+810	Asalto	39.60	Reticulado	1
7	93+510	Andia	30.48	Modular	1
8	95+320	Achiotal	30.48	Modular	1
9	98+220	Bella esperanza	39.62	Modular	1
10	108+820	Pichanaz	54.86	Modular	1
11	136+420	Alto Chivis	30.48	Modular	1
12	139+920	El Soldado	27.34	Modular	1
13	140+500	Ataz	40.70	Reticulado	1
14	140+800	Alcantarilla	30.48	Modular	1
15	141+100	Madera	18.29	Modular	1
16	143+700	Km 143+700	52.70	Arco	1
17	146+600	Km 146+600	25.80	Vigas de acero	1
18	148+200	148+200	31.00	Vigas de acero	1
19	148+600	148+600	21.00	Vigas de acero	1
20	151+100	151+100	31.30	Vigas de acero	1
21	155+900	155+900	26.60	Vigas de acero	1
22	157+060	Esperanza	41.30	Vigas de acero	1
23	158+800	158+800	35.80	Vigas de acero	1
24	175+680	Pardo	40.30	Reticulado	1
25	178+260	Lorencillo 2	40.40	Reticulado	1
26	187+600	Lorencillo	60.60	Reticulado	1
27	202+450	Palcazu	180.00	Colgante	1
28	209+900	Jergon	25.00	Vigas de acero	1
29	212+400	Pompeo	25.50	Vigas de acero	1
30	220+100	Tocon	25.40	Vigas de acero	1
31	221+500	Dantas	50.40	Reticulado	1
32	226+200	Santa Rosa	25.50	Vigas de acero	1
33	229+200	Pereyra	25.00	Vigas de acero	1
34	239+400	Nuevo Pozuzo	20.40	Vigas de acero	1
35	260+900	Sungarillo	40.20	Vigas de acero	1
36	267+300	Galicia	25.20	Vigas de acero	1
37	271+100	Tambo Largo	40.20	Vigas de acero	1
38	279+200	Shebonya	90.00	Arco	1
39	285+700	Chanchamayo	30.00	Vigas de acero	1
40	292+400	Santa Rosa de Pata	70.00	Arco péndolas	1
41	297+200	Lupuna	30.00	Vigas de acero	1

42	302+500	San Juan de Macuya	20.00	Vigas de acero	1
43	307+300	Macuya	70.00	Arco péndolas	1
44	29+500	Tambo María	48.00	Vigas de acero	2

Nota. Adaptado de “Servicio de gestión y conservación por niveles de servicio del Corredor vial: “Puente Reither – Villa Rica – Puerto Bermúdez Von Humboldt Puente Paucartambo Oxapampa””, por MTC, en 2020. En la tabla 7 se presenta la muestra de puentes de concreto:

Tabla 7

Muestra de puentes de concreto

N°	Progresiva	Nombre	Longitud	Tipo	Tramos
1	2+900	Pardo	15.00	Losa con vigas	1
2	3+100	Camaro	15.00	Losa con vigas	1
3	3+300	San Juan	12.00	Losa con vigas	1
4	7+500	Rio Seco	39.60	Losa	3
5	10+700	San Luis	12.00	Losa con vigas	1
6	13+600	Km 13+600	9.50	Losa	1
7	25+900	Km 25+900	10.00	Losa	1
8	31+000	Sewapa	10.00	Losa	1
9	33+200	Km 33+200	9.50	Losa	1
10	34+900	La Sal	20.00	Losa con vigas	1
11	51+407	Km 51+407	7.30	Losa	1
12	52+091	Km 52+091	6.80	Losa	1
13	61+986	Km 61+986	8.50	Losa	1
14	63+276	Km 63+276	8.70	Losa	1
15	68+064	Km 68+064	10.00	Losa	1
16	83+342	Km 83+342	6.80	Losa	1
17	89+642	Yuculmas	27.90	Losa con vigas	1
18	115+420	Km 115+420	7.20	Losa	1
19	144+600	Nochoz	57.00	Losa con vigas	2
20	179+100	Km 179+100	17.20	Losa con vigas	1
21	231+900	Km 231+900	11.50	Losa con vigas	1
22	236+500	Km 236+500	11.60	Losa con vigas	1
23	246+600	3 de mayo	15.50	Losa con vigas	1
24	40+300	Llamaquizu	23.40	Losa con vigas	1
25	0+900	Km 0+900	13.00	Losa con vigas	1

Nota. Adaptado de “Servicio de gestión y conservación por niveles de servicio del Corredor vial: “Puente Reither – Villa Rica – Puerto Bermúdez Von Humboldt Puente Paucartambo Oxapampa””, por MTC, en 2020.

3.4 Método de investigación

Con el propósito de cumplir los objetivos, la investigación se desarrolló bajo un diseño comparativo transeccional con enfoque cuantitativo. A continuación, se detallan los procesos seguidos:

3.4.1 Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó los formatos de inventario de puentes (SCAP) validado por el MTC con R.D N° 014-2019-MTC/18

- Sobre el estado de conservación de los puentes metálicos (Variable 1): se calculó el estado de conservación de los puentes en las dimensiones: superestructura, subestructura y detalles, conforme a la metodología SCAP del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Sobre el estado de conservación de los puentes de concreto armado (Variable 2): se valoró el estado de conservación en la superestructura, subestructura y detalles, según los formatos establecidos del MTC, alineada a la metodología SCAP.

3.4.2 Procesos metodológicos de la investigación

Para asegurar la comparabilidad de los puentes, se estableció la escala de valoración establecida por el MTC (2019), cuyo detalle se indica en la Tabla 8.

En la tabla 8 se presenta la secuencia metodológica de la investigación.

Tabla 8

Procesos metodológicos de la investigación

Etapas de la Metodología	Información necesaria	Método y técnica
1. Identificación del problema	- Literatura especializada	- Método: revisión bibliográfica y documental - Técnica: Análisis de contenido
2. Identificación de variables 3. V: Estado de conservación de puentes metálicos y V2: Estado de conservación de puentes de concreto armado.	- Marco teórico y conceptual	- Se realizó análisis de documentos de conservación de puentes en base de datos de Provias Nacional. - La técnica fue la observación. - Mediante la comparación se contrastó el estado de conservación de los dos tipos de puentes.
4. Recopilación de datos en campo	- Inspección de 69 puentes existentes en actual servicio en el corredor vial	- El método fue la observación estructurada, se empleó el Instrumento estandarizado de recolección de datos. - La técnica consistió en utilizar las fichas técnicas SCAP según el Manual de inspección de puentes del MTC que contiene variables estructuradas,

		definidas y codificadas para asegurar su uniformidad.
5. Control de calidad de datos de campo	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas técnicas SCAP con información de campo. 	<ul style="list-style-type: none"> - El método fue; Supervisión directa de campo - Técnica: Observación sistemática con lista de cotejo.
6. Análisis Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> - Base de datos de los 69 puentes inspeccionados con la siguiente información: - Identificación de los puentes - Información técnica - Indicadores del estado de conservación de cada puente - Aplicación de escala de valoración por rango o condición. - Cálculo del Índice Compuesto de Conservación 	<ul style="list-style-type: none"> - Se empleo el método comparativo entre puentes metálicos y de concreto armado.
7. Prueba de Hipótesis	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados del análisis comparativo de puentes metálicos y de concreto armado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Método: Comparación de resultados - Técnica: Análisis de resultados

3.4.3 Diseño de investigación

El diseño representativo que hemos adoptado en la investigación es el siguiente:

$$M = V1 \text{ c } V2$$

Donde:

M = Muestra de la investigación

V1 = Puentes vehiculares metálicos

c = Comparación de variables

V2 = Puentes vehiculares de concreto armado.

Hernández Sampieri et al. (2014) señalan que la investigación comparativa cuantitativa permite analizar relaciones, diferencias y tendencias entre dos o más variables en un periodo determinado. Este enfoque busca la objetividad a través de la medición, utilizando herramientas estadísticas y diseños comparativos. En el presente estudio, se inició con la recopilación de información descriptiva para luego comparar las variables: puentes vehiculares metálicos (V1) y puentes vehiculares de concreto armado (V2).

3.4.4 Preparación y revisión bibliográfica para la recolección de datos

Antes de iniciar la recolección de datos mediante guías y fichas estandarizadas del MTC Perú, se llevaron a cabo actividades preparatorias para garantizar la calidad y precisión de los resultados. Como primera actividad, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con las variables de investigación. Este análisis, fue enriquecido por la experiencia de los investigadores expertos en puentes vehiculares, permitió identificar las dimensiones y elementos clave de cada variable, asegurando su correcta operacionalización.

3.4.5 Análisis comparativo de los puentes

Para cumplir con los objetivos de la investigación, se desarrolló un proceso metodológico que comprendió varias etapas analíticas. En primer lugar, se recolectó información técnica de campo mediante fichas de inspección estructural aplicadas directamente a los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado ubicados en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa. Los datos fueron organizados en matrices estructuradas por componentes: superestructura, subestructura y detalles constructivos.

A fin de establecer el tipo de análisis estadístico adecuado, se aplicaron pruebas de normalidad (Kolmogórov–Smirnov y Shapiro–Wilk), determinándose que los datos no seguían una distribución normal. En consecuencia, se optó por un análisis estadístico no paramétrico. Se empleó la prueba U de Mann–Whitney para comparar los resultados entre puentes metálicos y de concreto armado, considerando los tres componentes estructurales evaluados.

Finalmente, los resultados fueron comparados sistemáticamente, permitiendo identificar diferencias significativas en el estado de conservación según el tipo de estructura. Este análisis integral facilitó la obtención de conclusiones técnicas orientadas a la priorización de intervenciones y a la mejora en la gestión del mantenimiento de la infraestructura vial.

3.4.6 Aporte al conocimiento de la investigación

El aporte al conocimiento de la investigación sigue un método científico aplicado, enfocado en resolver problemas prácticos (Arias, 2006). Además, adopta un enfoque cuantitativo, caracterizado por un proceso estructurado que incluye la formulación de hipótesis, el análisis de variables y el uso de pruebas estadísticas para obtener conclusiones (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.5 Descripción de los instrumentos

3.5.1 Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó las fichas guía para la evaluación de daños de puentes validadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, para evaluar las condiciones estadísticas de los elementos de puentes conformado por las dimensiones: superestructura, subestructura y detalles. En la tabla 9 presentamos la síntesis del contenido de las fichas guía.

Tabla 9*Estructura del instrumento de recolección de datos*

Variable	Dimensión	N° de Preguntas
1. Puentes metálicos	Superestructura	15
	Subestructura	6
	Detalles y accesorios	13
2. Puentes de concreto	Superestructura	3
	Subestructura	8
	Detalles y accesorios	11

Nota. MTC 2006

Las fichas guía de observación empleadas fueron las diseñadas y aprobadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para evaluar la condición estadística de los puentes y consiste en una lista de cotejo que abordan las dimensiones de las variables 1 y 2; utiliza escalas tipo Likert con la siguiente calificación numérica: Muy bueno = 0; Bueno = 1; Regular = 2; Mal = 3; Muy malo = 4; y Pésimo = 5; por lo que no requiere validación adicional.

3.5.2 Descripción del trabajo de campo

Los trabajos de campo se realizaron en el corredor vial Puente Reither–Oxapampa, a lo largo de 549 kilómetros. Siguiendo el cronograma de investigación, se definieron las actividades, procesos y protocolos.

El estudio comenzó con la identificación y clasificación de los puentes según su tecnología constructiva y materiales, seguido de su inventario. Luego, se evaluaron las condiciones estructurales, estado de conservación y operatividad de superestructuras, subestructuras y accesorios.

Se aplicaron protocolos detallados de inspección visual con criterios objetivos para medir el deterioro de cada componente.

3.5.3 Descripción del instrumento utilizado

Se utilizó las fichas guía utilizadas para la evaluación de daños en puentes se rigen por la Guía de inspección, evaluación y mantenimiento de puentes del MTC (2019). Este documento fue diseñado y validado para unificar los criterios y procedimientos a seguir por los especialistas y supervisores durante las inspecciones y evaluaciones de puentes vehiculares en el Perú, además de establecer los niveles de intervención requeridos para los puentes y obras de arte.

Para la evaluación cuantitativa se utilizó la metodología SCAP. La condición estadística es aquel número que califica la situación del puente y de cada uno de sus elementos; este

valor se deduce de la condición de campo, que corresponde a varios números expresados en porcentajes haciendo referencia a la situación de cada elemento en la escala de 0 a 5.

La condición de campo está definida por porcentajes, uno para cada escala y está relacionada directamente con las necesidades de reparación o sustitución de elementos. Por el contrario, la condición estadística corresponde a un solo número que califica la situación integral del elemento; es utilizada para el cálculo de la condición del puente, y de ahí para la priorización.

Para determinar la condición del puente se debe primero listar los elementos que conforman el puente e identificar el factor de importancia, luego calificar las zonas de cada elemento desde muy bueno a pésimo (0 a 5 respectivamente), luego estos resultados se le aplica un porcentaje de umbral y finalmente se obtiene la condición estadística por elemento sumando todo los valores obtenidos individualmente cada elemento, se necesita determinar la contribución de cada elemento en el puente para ello se multiplica este resultado de la condición estadística por el factor de importancia, con estos valores determinamos la condición del puente.

3.5.4 Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos

En la tabla 10 presentamos la operacionalización de variables de la investigación.

Tabla 10

Variables, dimensiones, indicadores e índice de valoración estructural

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice de condición estructural
1. Estado de conservación de puentes metálicos	1.1 Superestructura	Losa de C°A°, Vigas principales y secundarias de acero, Columnas de C°A°, Arcos de C°A° y A°E°, Arriostres de acero, Bridas, estructura metálica Bailey, Cables principales de acero, Torres de acero, Péndolas de acero, Arriostres de acero.	0 = Muy bueno 1 = Bueno 2 = Regular 3 = Malo 4 = Muy malo 5 = Pésimo
	1.2 Subestructura	Elevación cuerpo del estribo de C°S° y C°A°, Elevación alas del estribo de C°A°, Zapatas de C°A°, para estribos, Caisson de C°S, Elevación de pilares de C°A°.	
	1.3 Detalles	Capa de asfalto, Capa de C° pobre, Vereda de C°, Apoyo fijo Neopreno, Apoyo articulado de A°, C°, Roller y Rocker acero, Planchas deslizantes, Juntas de expansión, Barandas de A°, Parapetos de C°A°, Tuberías metálicas y PVC.	

2. Estado de conservación de puentes de concreto armado	2.1 Superestructura	Losa de C°A° refuerzo longitudinal y transversal, Vigas principales de C°A°.	0 = Muy bueno 1 = Bueno
	2.2 Subestructura	Elevación cuerpo del estribo de C°S° y C°A°, Elevación alas del estribo de C°S° y C°A°, Zapatas de C°S° y C°A°, para estribos, Caisson de C°S, Elevación de pilares de C°A°.	2 = Regular 3 = Malo 4 = Muy malo 5 = Pésimo
	2.3 Detalles	Capa de asfalto, Capa de pobre, Vereda de C°, Apoyo fijo Neopreno, Apoyo articulado C° Planchas deslizantes, Juntas de expansión, Barandas de C° y A°, Parapetos de C°A°, Tuberías PVC.	



Capítulo IV Resultados y discusión

4.1 Resultados

Objetivo general: Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de puentes vehiculares metálicos y de concreto armado en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa.

De la información obtenida en el capítulo III, tenemos:

4.1.1 Resultado de la valoración estructural de puentes metálicos

En la tabla 11 tenemos los resultados de la valoración estructural de 44 puentes.

Tabla 11

Índice de condición estructural de puentes metálicos

N°	Progresiva	Nombre	Longitud	Tipo	Tramos	Índice de condición estructural
1	18+600	Paucartambo	70.00	Reticulado	1	3.352
2	42+064	Sin nombre	57.00	Reticulado	1	2.412
3	74+564	Churchumas	42.70	Modular	1	1.600
4	77+264	Chivis	41.00	Losa con vigas	1	1.272
5	82+864	Puellas	51.82	Reticulado	1	1.451
6	92+810	Asalto	39.60	Reticulado	1	1.539
7	93+510	Andia	30.48	Modular	1	1.578
8	95+320	Achiotal	30.48	Modular	1	1.695
9	98+220	Bella esperanza	39.62	Modular	1	1.537
10	108+820	Pichanaz	54.86	Modular	1	1.696
11	136+420	Alto Chivis	30.48	Modular	1	2.315
12	139+920	El Soldado	27.34	Modular	1	4.307
13	140+500	Ataz	40.70	Reticulado	1	2.35
14	140+800	Alcantarilla	30.48	Modular	1	1.671
15	141+100	Madera	18.29	Modular	1	1.595
16	143+700	Km 143+700	52.70	Arco	1	1.958
17	146+600	Km 146+600	25.80	Vigas de acero	1	1.625
18	148+200	148+200	31.00	Vigas de acero	1	2.074
19	148+600	148+600	21.00	Vigas de acero	1	2.405
20	151+100	151+100	31.30	Vigas de acero	1	2.409
21	155+900	155+900	26.60	Vigas de acero	1	2.388
22	157+060	Esperanza	41.30	Vigas de acero	1	3.274
23	158+800	158+800	35.80	Vigas de acero	1	2.359
24	175+680	Pardo	40.30	Reticulado	1	2.461
25	178+260	Lorencillo 2	40.40	Reticulado	1	2.848
26	187+600	Lorencillo	60.60	Reticulado	1	4.105
27	202+450	Palcazu	180.00	Colgante	1	2.465
28	209+900	Jergon	25.00	Vigas de acero	1	2.296
29	212+400	Pompeo	25.50	Vigas de acero	1	2.087
30	220+100	Tocon	25.40	Vigas de acero	1	2.228

31	221+500	Dantas	50.40	Reticulado	1	2.330
32	226+200	Santa Rosa	25.50	Vigas de acero	1	2.210
33	229+200	Pereyra	25.00	Vigas de acero	1	2.315
34	239+400	Nuevo Pozuzo	20.40	Vigas de acero	1	2.344
35	260+900	Sungarillo	40.20	Vigas de acero	1	2.393
36	267+300	Galicia	25.20	Vigas de acero	1	2.331
37	271+100	Tambo Largo	40.20	Vigas de acero	1	1.842
38	279+200	Shebonya	90.00	Arco	1	1.538
39	285+700	Chanchamayo	30.00	Vigas de acero	1	1.862
40	292+400	Santa Rosa de Pata	70.00	Arco con péndolas	1	1.653
41	297+200	Lupuna	30.00	Vigas de acero	1	1.723
42	302+500	San Juan de Macuya	20.00	Vigas de acero	1	1.755
43	307+300	Macuya	70.00	Arco con péndolas	1	1.663
44	29+500	Tambo María	48.00	Vigas de acero	2	2.135

Nota. Trabajo de campo

4.1.2 Resultado de la valoración estructural de puentes de concreto armado

En la tabla 12 presentamos los resultados de la valoración de la condición estructural de 25 puentes.

Tabla 12

Índice de condición estructural de puentes de concreto armado

N°	Progresiva	Nombre	Longitud	Tipo	Tramos	Índice de condición estructural
1	2+900	Pardo	15.00	Losa con vigas	1	2.349
2	3+100	Camaro	15.00	Losa con vigas	1	1.676
3	3+300	San Juan	12.00	Losa con vigas	1	1.947
4	7+500	Rio Seco	39.60	Losa	3	2.383
5	10+700	San Luis	12.00	Losa con vigas	1	2.176
6	13+600	Km 13+600	9.50	Losa	1	1.756
7	25+900	Km 25+900	10.00	Losa	1	2.774
8	31+000	Sewapa	10.00	Losa	1	2.302
9	33+200	Km 33+200	9.50	Losa	1	1.98
10	34+900	La Sal	20.00	Losa con vigas	1	3.284
11	51+407	Km 51+407	7.30	Losa	1	2.100
12	52+091	Km 52+091	6.80	Losa	1	3.345
13	61+986	Km 61+986	8.50	Losa	1	3.199
14	63+276	Km 63+276	8.70	Losa	1	4.145
15	68+064	Km 68+064	10.00	Losa	1	4.320
16	83+342	Km 83+342	6.80	Losa	1	3.402
17	89+642	Yuculmas	27.90	Losa con vigas	1	1.539
18	115+420	Km 115+420	7.20	Losa	1	3.321
19	144+600	Nochoz	57.00	Losa con vigas	2	1.685
20	179+100	Km 179+100	17.20	Losa con vigas	1	2.434

21	231+900	Km 231+900	11.50	Losa con vigas	1	2.155
22	236+500	Km 236+500	11.60	Losa con vigas	1	2.056
23	246+600	3 de mayo	15.50	Losa con vigas	1	2.202
24	40+300	Llamaquizu	23.40	Losa con vigas	1	3.358
25	0+900	Km 0+900	13.00	Losa con vigas	1	3.355

Nota. Trabajo de campo

4.2 Evaluación y comparación de los estados de conservación de los puentes

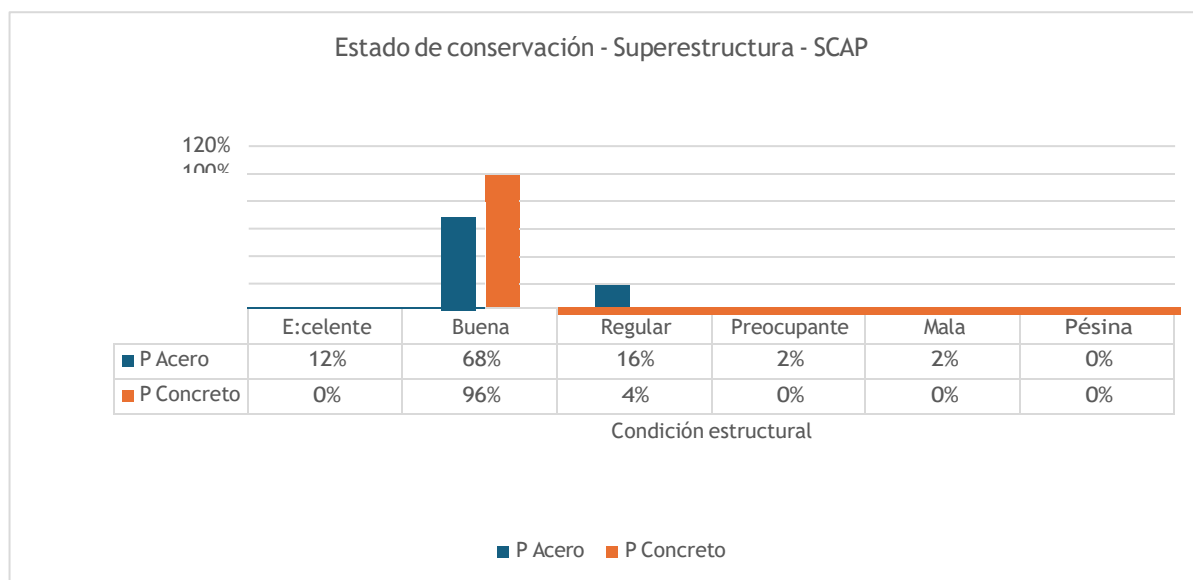
4.2.1 Descripción de variables y dimensiones por objetivos específicos

a) El objetivo específico 1 busco evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de la superestructura de los puentes vehiculares metálicos y la superestructura de los puentes vehiculares de concreto armado. La evaluación se concentró en los elementos estructurales clave, como tableros, losas, vigas principales y secundarias, pórticos, arriostres de acero, bridas, estructuras tipo Bailey, vigas de rigidez, entre otros. El análisis proporcionó información detallada sobre el estado de conservación y durabilidad de las superestructuras de los puentes estudiados.

En la figura 2, presentamos los resultados de las comparaciones del estado de conservación de la superestructura de los puentes metálicos y concreto armado.

Figura 2

Comparativo del estado de conservación de la superestructura



La Figura 2 presenta los índices de condición estructural de las superestructuras de los puentes de concreto armado, el 96 % presentaba una condición buena y el 4 % se encontraba en estado regular. En cuanto a los puentes metálicos, el 12 % de los puentes metálicos se encontraba en condición excelente, sin evidencia de deterioro ni necesidad de reparaciones. El 68 % presentó una condición buena, con deterioro mínimo que no comprometía su

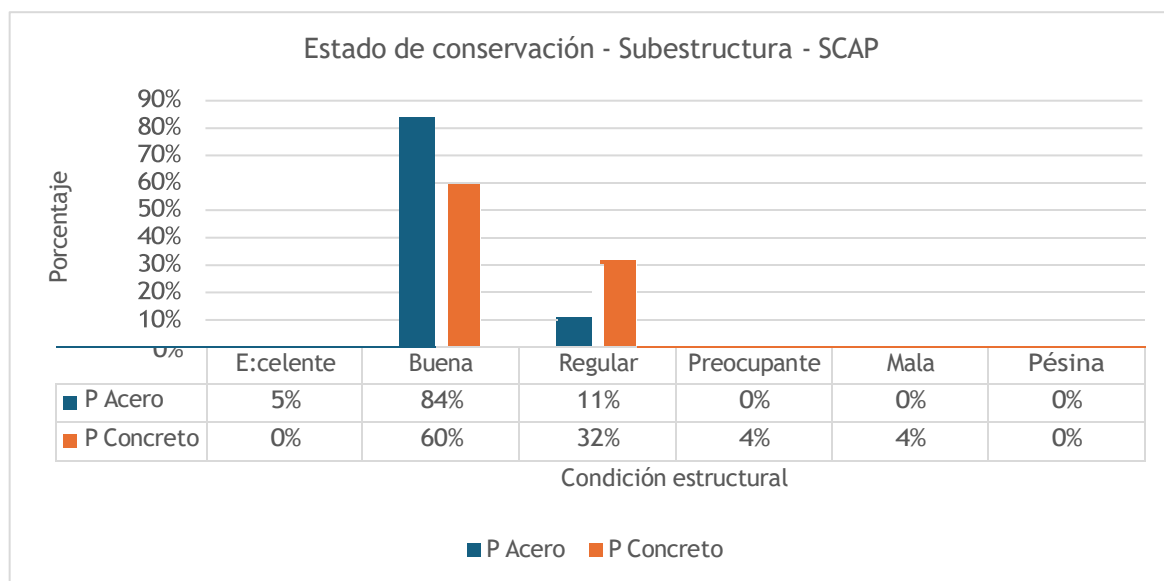
funcionalidad, aunque podía requerir mantenimiento preventivo. Un 16 % se clasificó en estado regular, evidenciando desprendimientos, socavaciones u otros daños menores sin afectar la capacidad estructural o el servicio, por lo que requería reparaciones menores. El 2 % se hallaba en estado preocupante, con pérdida de sección o daños significativos que comprometían elementos principales de la estructura. Otro 2 % se encontraba en mal estado, con necesidad de reparaciones importantes, aunque aún podía permanecer en servicio con tráfico restringido.

b) El objetivo específico 2, consistió en evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de las subestructuras de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado. La evaluación incluyó elementos estructurales fundamentales, tales como cimentaciones, cuerpos de estribos (elevación y alas), y pilares. Este proceso permitió obtener información precisa sobre el estado de conservación de las subestructuras de los puentes.

En la figura 3, se presenta el análisis comparativo del estado de conservación de las subestructuras de los puentes metálicos y concreto armado.

Figura 3

Comparativo del estado de conservación de la subestructura



En la Figura 3 se evidencia los índices de condición estructural de las subestructuras de los puentes metálicos, donde el 5 % se encontraba en condición excelente, sin evidencia de deterioro ni necesidad de reparaciones. El 84 % se hallaba en estado bueno, con deterioro mínimo y sin necesidad de reparaciones, aunque requerían mantenimiento preventivo. 11 % se evaluó en estado regular, con presencia de deterioro, desprendimientos o socavación que no comprometía la capacidad portante ni el servicio, pero requería reparaciones menores.

Respecto a los puentes de concreto armado, el 60 % de las subestructuras se encontraba en estado bueno, con deterioro mínimo y sin necesidad de reparaciones, aunque

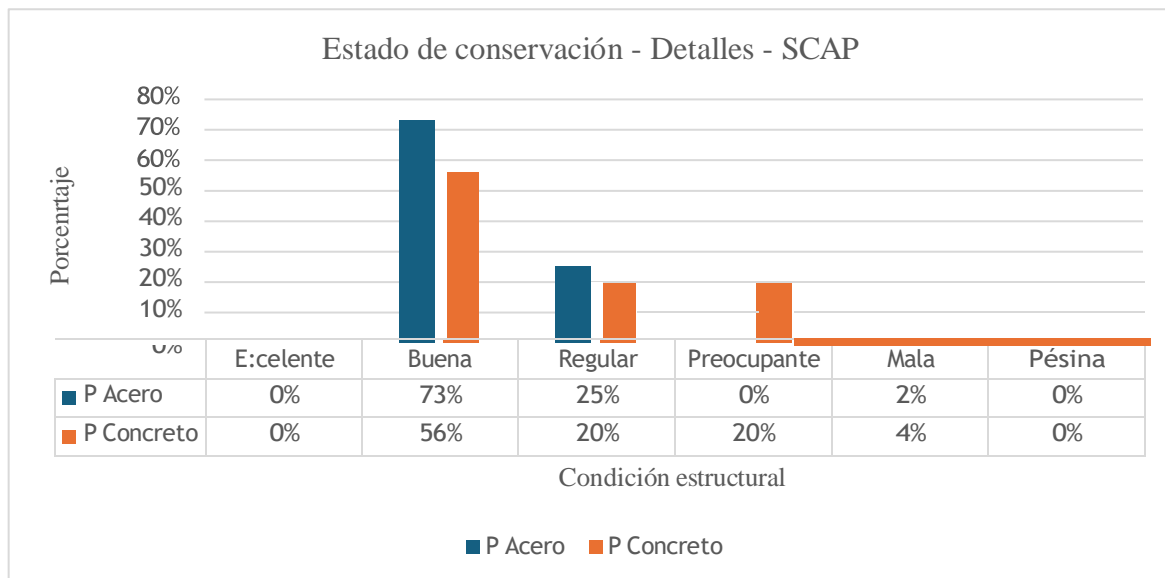
requerían mantenimiento preventivo. El 32 % se encontró en estado regular, con presencia de deterioro, desprendimientos o socavación que no comprometía la capacidad portante ni el servicio, pero requería reparaciones menores. El 4 % presentó un estado preocupante, con daños que comprometían elementos estructurales críticos. Finalmente, otro 4 % se encontraba en condición mala, con necesidad de reparaciones significativas, aunque aún operativos bajo tráfico restringido.

c) En el objetivo específico 3, nos propusimos evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de los detalles de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado. La evaluación abarcó los elementos esenciales como superficies de desgaste de asfalto, madera y concreto; veredas, apoyos, juntas de expansión, barandas y sistemas de drenaje, entre otros. La evaluación contribuyó a comprender el estado de conservación de los detalles accesorios de los puentes.

En la figura 4, presentamos el análisis comparativo del estado de conservación de los detalles de los puentes metálicos y concreto armado.

Figura 4

Comparativo del estado de conservación de los detalles



La Figura 4 presenta los índices de condición estructural de los detalles en los puentes metálicos, el 73 % de los detalles se encontraba en condición buena, con deterioro mínimo que no requería reparaciones, aunque podía requerirse mantenimiento preventivo. El 25 % presentaba un estado regular, con presencia de desprendimientos o socavación sin afectar la capacidad portante ni el servicio, lo que implicaba la necesidad de reparaciones menores. El 2 % se clasificó en estado malo, con deterioro significativo que requería intervenciones importantes, aunque aún se mantenía operativo con tráfico restringido. Los detalles de los puentes de concreto armado, el 56 % se encontraba en estado bueno, con deterioro mínimo

y sin necesidad de reparaciones, aunque requerían mantenimiento preventivo. El 20 % se encontró en estado regular, con presencia de deterioro, desprendimientos o socavación que no comprometía la capacidad portante ni el servicio, pero requería reparaciones menores. El 20 % presentó un estado preocupante, con daños que comprometían elementos estructurales críticos y el 4 % se encontraba en condición mala, con necesidad de reparaciones significativas, aunque aún operativos bajo tráfico restringido.

4.3 Discusión

4.3.1 Discusión de resultados relacionados con la hipótesis específica 1

La primera hipótesis específica planteó que las superestructuras de los puentes de concreto armado presentaban un mejor estado de conservación en comparación con las de puentes metálicos. Para contrastar esta afirmación, se aplicó una prueba de hipótesis para proporciones Z, considerando muestras independientes y un contraste bilateral, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Los resultados mostraron que, del total de 25 superestructuras de concreto armado evaluadas, el 96 % (24 de 25) se encontraba en condición buena. En cambio, en los puentes metálicos, solo el 68 % (30 de 44 superestructuras) presentó ese mismo estado. Esta diferencia evidenció una mayor proporción de estructuras en buen estado en los puentes de concreto armado, lo cual respaldó la hipótesis planteada.

En la tabla 13 presentamos los resultados de prueba Z para la comparación de proporciones en las superestructuras.

Tabla 13

Resultados de prueba Z para las superestructuras

Tipo	Total, evaluado (n)	En estado "bueno"	Proporción (%)	Estadístico Z	Valor p	Significancia
Puentes metálicos	44	30	68%			
Puentes de concreto armado	25	24	96%	-2.69	0.0071	Significativa (p < 0.05)

La tabla 13, prueba Z para la comparación de proporciones mostró un valor estadístico de $Z = -2.69$ y un valor $p = 0.0071$. Dado que el valor p fue menor que el nivel de significancia establecido ($0.0071 < 0.05$), se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa. Por lo tanto, se concluyó con evidencia estadísticamente significativa que las superestructuras de concreto armado presentaban un mejor estado de conservación que las metálicas.

Discusión con otros autores

Discusión centrada en las superestructuras

Los resultados de nuestra investigación revelaron que las superestructuras de los puentes del corredor vial Puente Reither – Oxapampa, mostraron que el 96 % de las superestructuras de concreto armado evaluadas se encontraba en estado de conservación 2 (“bueno”), lo que evidenció un desempeño estructural favorable en comparación con las superestructuras de los puentes metálicos, que solo alcanzó el 68 % en el estado 2 (“bueno”).

En el nivel internacional, en Colombia, Cabrera y Beltrán (2019) reportaron que el 67% de las losas y el 62% de las vigas en superestructuras presentaban buen estado (2); por su parte Martínez (2016) evaluó el colapso del puente Silver Bridge en Estados Unidos, atribuyendo un estado 3 (“malo”) por fallo por corrosión de sus componentes metálicos.

En el Perú, Carrera (2021) evaluó superestructuras de puentes de concreto presforzado en la carretera Panamericana Norte, presentaron un estado 2 (“Bueno”) y en superestructuras metálicas reticuladas alcanzaron una calificación de 3 (“Malo”). Estos hallazgos sugieren que, en términos de superestructura, los puentes de concreto armado alcanzan un mejor desempeño en el estado de conservación en comparación con los metálicos.

En conclusión, estos resultados subrayan la importancia de implementar estrategias de mantenimiento diferenciadas según el tipo de material y las condiciones específicas de cada tipo de puente. Futuras investigaciones podrían enfocarse en desarrollar metodologías más eficientes para la gestión de la conservación de los puentes, integrando criterios de sostenibilidad y seguridad estructural.

4.3.2 Discusión de resultados relacionados con la hipótesis específica 2

La segunda hipótesis específica planteó que las subestructuras de los puentes metálicos presentaban un mejor estado de conservación en comparación con las de concreto armado. Para contrastar esta afirmación, se aplicó también la prueba de hipótesis para proporciones Z, considerando muestras independientes y un contraste bilateral, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Los resultados mostraron que, del total de 44 subestructuras de puentes metálicos evaluados, el 84 % (37 de 44) se encontraba en condición 2 (“buena”). En comparación con los puentes de concreto armado, el 60 % (15 de 25) se encontraba en condición 2 (“buena”). La diferencia confirmó las subestructuras de los puentes metálicos, se encuentran en mejor estado de conservación, lo cual confirma la hipótesis planteada.

En la tabla 14 presentamos los resultados de prueba Z para la comparación de proporciones en las superestructuras.

Tabla 14*Resultados de prueba Z de las subestructuras*

Tipo	Total evaluado (n)	En estado "bueno"	Proporción (%)	Estadístico Z	Valor p	Significancia
Puentes metálicos	44	37	84%	2.23	0.0128	Significativa (p < 0.05)
Puentes de concreto armado	25	15	60%			

La tabla 14, prueba Z para la comparación de proporciones mostró un valor estadístico de $Z = 2.23$ y un valor $p = 0.0128$. Dado que el valor p fue menor que el nivel de significancia establecido ($0.0128 < 0.05$), se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. Por lo tanto, se concluyó con evidencia estadísticamente significativa que las subestructuras de puentes metálicos presentaban un mejor estado de conservación que las de concreto armado.

Discusión con otros autores

Discusión de resultados centrada en las subestructuras de puentes

Los resultados obtenidos en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa revelaron que el 84 % de las subestructuras de los puentes metálicos se encontraba en condición 2 (“bueno”), mientras que en los puentes de concreto armado este valor alcanzó el 60 %. Este comportamiento indicó un adecuado desempeño estructural en ambos tipos de subestructura, con una ventaja estadística a favor de los puentes metálicos evaluados.

Estos hallazgos fueron comparables con los reportados por Cabrera y Beltrán (2019) en Colombia, quienes identificaron que el 26 % de los estribos presentaban patologías estructurales, mientras que los pilares mostraban un 12 % de daño. Aunque sus resultados destacaron niveles más altos de deterioro, especialmente en los elementos de retención lateral, también evidenciaron la mayor incidencia de problemas en las subestructuras de puentes que no contaban con un mantenimiento sistemático. En contraste, las estructuras evaluadas en Oxapampa presentaron condiciones mayoritariamente estables, lo cual podría estar relacionado con un entorno menos agresivo o intervenciones de conservación más recientes.

A nivel nacional, Carrera (2021) evaluó las subestructuras de los puentes Carrizal y Virú, clasificándolas en estado 3 (“regular”), al no presentar fisuras ni fallas que comprometieran su estabilidad, aunque sin alcanzar el estado “bueno”. En cambio, en el puente Santa, las subestructuras conformadas por estribos y pilares se hallaban en estado 2 (“bueno”) y sin evidencia de inestabilidad. En este contexto, los resultados del corredor vial Reither – Oxapampa fueron más favorables, especialmente en los puentes metálicos, que alcanzaron un 84 % de estructuras en condición 2 (“buena”).

4.3.3 Discusión de resultados relacionados con la hipótesis específica 3

La tercera hipótesis específica planteó que los detalles de los puentes metálicos presentaban un mejor estado de conservación en comparación con las de concreto armado. Para contrastar esta afirmación, se aplicó la prueba de hipótesis para proporciones Z, considerando muestras independientes y un contraste bilateral, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Los resultados mostraron que, del total de 44 puentes metálicos evaluados, el 73 % (32 de 44) se encontraba en condición 2 (“buena”) y 25 % (11 de 44) presentaba un estado 3 (“regular”). En comparación con los puentes de concreto armado, el 56 % (14 de 25) se encontraba en condición 2 (“buena”) y 20 % (5 de 25) se encontró en estado 3 (“regular”). La diferencia es indicadora que los detalles de los puentes metálicos se encuentran en superior estado de conservación que los detalles de puentes de concreto armado, lo cual confirma la hipótesis planteada.

En la tabla 15 presentamos los resultados de prueba Z para la comparación de proporciones en los detalles.

Tabla 15

Resultados de prueba Z de los detalles

Tipo	Total evaluado (n)	En estado "bueno" y "regular"	Proporción (%)	Estadístico Z	Valor p	Significancia
Puentes metálicos	44	33 11	73% 25%	2.87	0.0020	Significativa (p < 0.05)
Puentes de concreto armado	25	14 05	56% 20%			

La tabla 15, prueba Z para la comparación de proporciones mostró un valor estadístico de $Z = 2.87$ y un valor $p = 0.0020$. Dado que el valor p fue menor que el nivel de significancia establecido ($0.0020 < 0.05$), se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. Por lo tanto, se concluyó con evidencia estadísticamente significativa que las subestructuras de puentes metálicos presentaban un mejor estado de conservación que las de concreto armado.

Discusión con otros autores

Discusión de resultados centrada en las subestructuras de puentes

Los resultados obtenidos en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa revelaron que el 73 % de los detalles de los puentes metálicos se encontraba en condición 2 (“bueno”) y 25 % presentaba un estado 3 (“regular”), mientras que en los puentes de concreto armado este valor alcanzó el 56 % de los detalles de los puentes metálicos se encontraba en condición 2

(“bueno”) y 20 % presentaba un estado 3 (“regular”). Este comportamiento indicó un mejor desempeño de los puentes metálicos evaluados.

El análisis reveló que el 73 % de los detalles de los puentes metálicos se encontraba en condición 2 (“bueno”) y el 25 % en condición 3 (“regular”), sumando un 98 % en estado aceptable. En los puentes de concreto armado, el 56 % fue clasificado como “bueno” y el 20 % como “regular”, alcanzando un 76 % en condición aceptable. Esta diferencia evidenció mejor estado de conservación de los detalles en puentes metálicos frente a los de concreto armado.

En Colombia, Cabrera y Beltrán (2019) reportaron que el 33 % de los detalles y accesorios metálicos presentaba patologías, lo que contrastó con los altos niveles de conservación observados en el presente estudio. De igual forma, Carrera (2021) evaluó los detalles metálicos de los puentes Carrizal y Virú, calificándolos en condición 4 (“muy malos”), mientras que en el puente Santa recibió una condición 3 (“preocupante”). En ambos casos, los niveles de deterioro fueron superiores a los registrados en los puentes del corredor vial Puente Reither – Oxapampa analizados.

Los resultados concluyeron que, en términos de detalles y accesorios, los puentes metálicos tienen mejor calidad de conservación en comparación con los puentes de concreto.



Conclusiones

Primero: La investigación evidenció que la superestructura de los puentes de concreto armado tienen un mejor estado de conservación en la escala de clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones alcanza (96%) Bueno y (4%) Regular; mientras que los puentes metálicos tienen menores estados de conservación e Índices de Condición Estructural, la distribución es excelente (12%), Bueno (68%), Regular (16%), preocupante (2%) y en mal estado (2%). Ello sugiere que las superestructuras de los puentes de concreto armado tiene mejor estado de conservación sobre los puentes metálicos en el entorno del corredor vial Puente Reither –Oxapampa.

Segundo: La investigación demostró que las subestructuras de los puentes metálicos tienen un mejor estado de conservación en la escala de clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, alcanzó condición excelente (5 %), bueno (84 %), regular (11 %); mientras que los puentes de concreto armado tienen menor Índices de Condición Estructural y estados de conservación los resultados fueron Bueno (60%), Regular (32%), preocupante (4%) y malo (4%). Lo que llevó a aceptar la hipótesis alterna específica 2. Concluyendo que las subestructuras de los puentes metálicos tienen mejor estado de conservación sobre los puentes de concreto armado en el entorno del corredor vial Puente Reither –Oxapampa.

Tercero: Finalmente, la investigación evidenció que los detalles de los puentes metálicos se encuentran en un mejor estado de conservación que los puentes de concreto armado según la escala de clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones los detalles se encontraban en condición buena (73%), estado regular (25%), estado malo (2%); mientras que los puentes de concreto armado se encontraban en estado Bueno (56%), Regular (20%), preocupante (20%) y malo (4%). Lo que llevó a aceptar la hipótesis alterna específica 3. Concluyendo que los detalles de los puentes metálicos tienen mejor durabilidad y estado de conservación sobre los puentes de concreto armado en el entorno del corredor vial Puente Reither –Oxapampa.

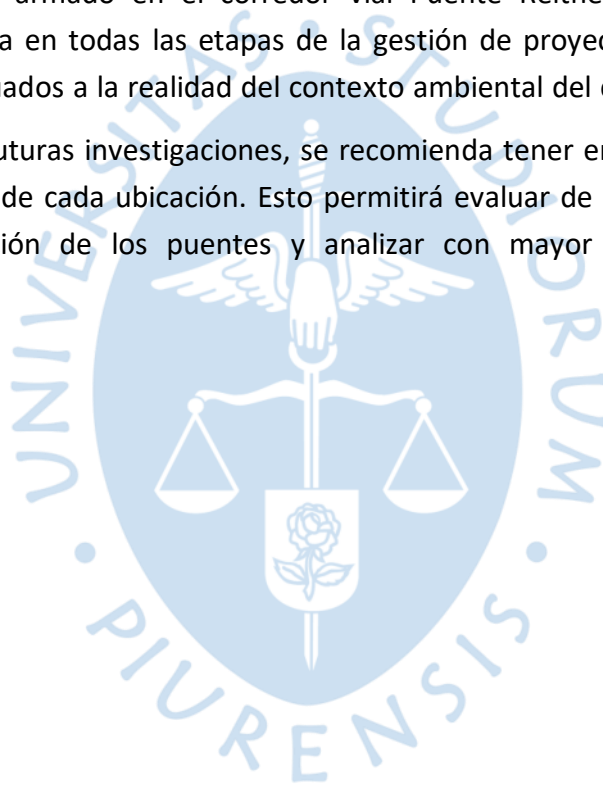
Recomendaciones

Primero: La planificación, diseño, construcción y mantenimiento de las superestructuras de los puentes metálicos en el corredor vial Puente Reither –Oxapampa debe ser fortalecida y mejorada en todas las etapas de la gestión de proyectos con metodologías y procedimientos adecuados a la realidad del contexto ambiental del corredor vial.

Segundo: La planificación, diseño, construcción y mantenimiento de las subestructuras de los puentes de concreto armado en el corredor vial Puente Reither –Oxapampa debe ser fortalecida y mejorada en todas las etapas de la gestión de proyectos con metodologías y procedimientos adecuados a la realidad del contexto ambiental del corredor vial.

Tercero: La planificación, diseño, construcción y mantenimiento de los detalles de los puentes de concreto armado en el corredor vial Puente Reither –Oxapampa debe ser fortalecida y mejorada en todas las etapas de la gestión de proyectos con metodologías y procedimientos adecuados a la realidad del contexto ambiental del corredor vial.

Cuarto: Para futuras investigaciones, se recomienda tener en cuenta las condiciones climáticas específicas de cada ubicación. Esto permitirá evaluar de manera más eficiente el estado de conservación de los puentes y analizar con mayor precisión los impactos ambientales



Referencias

- Abril, J. F. (2004). *Mantenimiento de puentes* [Trabajo de investigación, Universidad del Valle de Guatemala]. <http://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/123456789/155>
- American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO]. (2010). *LRFD Bridge Design specifications* (5th edition). American Association of State Highway and Transportation Officials.
- American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO]. (2020). *LRFD bridge design specifications*. American Association of State Highway and Transportation Officials. <https://aportesingecivil.com/aashto-lrfd-bridge-design-specifications-9th-edition-2020/>
- Arias, F. G. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (Vol. 59, Número January 1997). Editorial Episteme. https://books.google.com.pe/books?id=y_743ktfk2sC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_vpt_reviews#v=onepage&q&f=false
- Cabrera, M. C., & Beltrán, N. A. (2019). *Estudio de patologías estructurales de los puentes vehiculares en la Calle 13 Avenida Américas con Carrera 50 – localidad de Puente Aranda en la ciudad de Bogotá* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/23868>
- Carrera, E. C. (2021). *Gestión del mantenimiento de puentes sobre ríos en la Panamericana Norte, mediante inspecciones y evaluaciones según AASHTO y MTC* [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma. Maestría en Arquitectura con Mención en Gestión Empresarial]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4559>
- Corporación Andina de Fomento. (2023). *Carreteras hacia el desarrollo*. ImpactoCAF.
- Farhey, D. N. (2018). Material Structural Deficiencies of Road Bridges in the U.S. *Infrastructures*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/infrastructures3010002>
- Gkoumas, K., Balen, M. van, Grosso, M., Pekár, F., Marques Dos Santos, F. L., Haq, G., Ortega Hortelano, A., & Tsakalidis, A. (2019). *Research and innovation in bridge maintenance, inspection and monitoring*. Publications Office of the EU.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. P. (2014). Metodología de la investigación. En *Metodología de la investigación* (6a edición). McGraw Hill España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>
- Martínez, J. (2016). *Sistemas de gestión de puentes: optimización de estrategias de mantenimiento: implementación en redes locales de carreteras* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.THESIS.39436>

- Ministerio de Economía y Finanzas [MEF]. (2019). *Plan Nacional de infraestructura para la competitividad*. MEF.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2019). *Guía para Inspección de Puentes*. Dirección General de Políticas y Regulación en Transporte Multimodal.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2006). *Resolución Directoral N.° 012-2006-MTC/14 – Guía para Inspección de Puentes*. Diario Oficial El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/344407-012-2006-mtc-14>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2013a). *Manual de carreteras, conservación Vial* (Vol. 1). Dirección general de caminos y ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2013b, junio). *Resolución Directoral N.° 018-2014-MTC/14 – Aprueban versión actualizada del “Glosario de Términos de Uso Frecuente en los Proyectos de Infraestructura Vial”*. Diario El Peruano.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2020). *Servicio de gestión y conservación por niveles de servicio del Corredor vial: “Puente Reither – Villa Rica – Puerto Bermúdez Von Humboldt Puente Paucartambo Oxapampa”*.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2023). *What is Goal 9 – Industry, innovation and infrastructure*. Department of Global Communications. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2019/01/Goal-9-Fast-Facts.pdf>
- Ortiz-Quesada, G., Garita-Rodríguez, C., Navarro-Mora, A., & Paez, G. (2021). Priorización de intervenciones en puentes utilizando indicadores. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(3), 134–142. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i3.5120>
- Pecho, Y. (2017). Importancia del mantenimiento preventivo de puentes en el Perú. En E. Carrera (Ed.), *I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos III Congreso Regional IPMA – LATNET* (pp. 37–48). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. <https://hdl.handle.net/11042/3992>
- Quadros, H. S., Bersch, J. D., Pelizzoli, L., Lazzari Klein, M. M., Carneiro Ribeiro, F. R., Graeff, Â. G., & da Silva Filho, L. C. P. (2023). Evolution of bridges’ pathological manifestations for a period of six years: a case study in Rio Grande do Sul – Brazil. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 8, 1–14. <https://doi.org/10.1007/S41024-023-00325-Y/METRICS>
- Sakai, H. (2021). Conservation methods for prestressed concrete bridges and composite bridges with concrete and steel. En *Bridge Maintenance, Safety, Management, Life-Cycle Sustainability and Innovations – Proceedings of the 10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management* (pp. 3463–3471). CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/9780429279119-469/conservation-methods-prestressed-concrete-bridges-composite-bridges-concrete-steel-sakai>

Sharp, P., Krolak, J., Mohamed, K., & Kerényi, K. (2010). Hydraulic Considerations for Shallow Abutment Foundations. En J. Rice, X. Liu, I. Sasanakul, M. McIlroy, & M. Xiao (Eds.), *Proceedings of the 10th International Conference on Scour and Erosion (ICSE-10)*. International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.

Sun, L., Shang, Z., Xia, Y., Bhowmick, S., & Nagarajaiah, S. (2020). Review of Bridge structural health monitoring aided by big data and artificial intelligence: from condition assessment to damage detection. *Journal of Structural Engineering*, 146(5), 04020073. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002535](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002535)

Valenzuela, M. A. (2012). *Refuerzo de puentes de luces medias por conversión en arco atirantado tipo network* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Departament d'Enginyeria de la Construcció]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=94727&info=resumen&idioma=SPA>



Anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>INTERROGANTE PRINCIPAL ¿Cuáles son las diferencias en el estado de conservación de los puentes vehiculares de concreto armado y metálicos en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de puentes vehiculares de concreto armado y metálicos en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL Los puentes de concreto armado en el corredor vial Puente Reither – Oxapampa muestran un mejor estado de conservación que los puentes metálicos.</p>	<p>VARIABLES Variable 1 (X) X1. Puentes metálicos</p> <p>Variable 2 (Y) Y1. Puentes de concreto armado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de Investigación Descriptivo - Diseño de la Investigación <ul style="list-style-type: none"> - Cuantitativo - No experimental transeccional - Ámbito de Estudio Corredor vial Puente Reither – Oxapampa - Población <ul style="list-style-type: none"> - 69 puentes vehiculares - Muestra <ul style="list-style-type: none"> - 44 Puentes metálicos - 25 puentes concreto armado - Técnicas de Recolección de datos <ul style="list-style-type: none"> - Observación estructurada - Lista de cotejo - Instrumentos <ul style="list-style-type: none"> - Ficha SCAP - Escala <ul style="list-style-type: none"> - 0 = Muy bueno - 1 = Bueno - 2 = Regular - 3 = Malo - 4 = Muy malo - 5 = Pésimo
<p>INTERROGANTES ESPECÍFICAS ¿En que difiere el estado de conservación de la superestructura de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado?</p> <p>¿Cuáles son las diferencias del estado de conservación de la subestructura de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado?</p> <p>¿Cuáles son las diferencias en el estado de conservación de los detalles de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de la superestructura de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado.</p> <p>Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de la subestructura de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado.</p> <p>Evaluar y comparar las diferencias en el estado de conservación de los detalles de los puentes vehiculares metálicos y de concreto armado.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS La superestructura de los puentes de concreto armado tiene un mejor estado de conservación en comparación con los puentes metálicos.</p> <p>La subestructura de los puentes metálicos tiene un mejor estado de conservación en comparación con los puentes de concreto armado.</p> <p>Los detalles de los puentes metálicos tienen un mejor estado de conservación en comparación con los puentes de concreto armado.</p>	<p>DIMENSIONES Dimensiones X 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Superestructura - Subestructura - Detalles <p>Dimensiones X 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Superestructura - Subestructura - Detalles 	