



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

**METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA DE
PUENTES METÁLICOS EN VÍAS DE PRIMER ORDEN**

AUTOR: RICARDO WELLINGTON CARPIO JARAMILLO

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL, MENCIÓN VIALIDAD**

TUTOR: ING. JOSÉ LUIS ORDÓÑEZ FERNÁNDEZ, M. Sc.

MACHALA

2024

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico con mucho cariño a mis padres, que me supieron enseñar los valores, guiarme por el buen camino y han estado conmigo en todo momento, gracias por contribuir sus esfuerzos en esta etapa de mi vida brindándome una maravillosa carrera profesional para mi futuro y por creer en mí.

A mi compañera de vida que estuvo apoyándome en cada momento, quiero que sepas lo mucho que significas para mí, eres la razón por la que he conocido la verdadera felicidad y gracias por brindarme tu apoyo para ser mejor persona y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis docentes, sus consejos, esfuerzo y por compartir sus conocimientos de manera profesional que de una forma u otra han contribuido su granito de arena a mi formación académica,

Gracias a mi familia por su presencia en todos los momentos por sus consejos, dedicación, perseverancia y sobre todo por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

Finalmente, a todas aquellas personas, colegas y amigos que me brindaron su apoyo para lograr la culminación satisfactoria de este trabajo investigativo y para ser cada día mejor.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Ricardo Wellington Carpio Jaramillo con C.C. 0706553500, declaro que el trabajo **“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA DE PUENTES METÁLICOS EN VÍAS DE PRIMER ORDEN”**, en opción al título de Magister en el Programa de Maestría en Ingeniería Civil - Mención Vialidad, es original y auténtico; cuyo contenido: conceptos, definiciones, datos empíricos, criterios, comentarios y resultados son de mi exclusiva responsabilidad.



RICARDO WELLINGTON CARPIO JARAMILLO

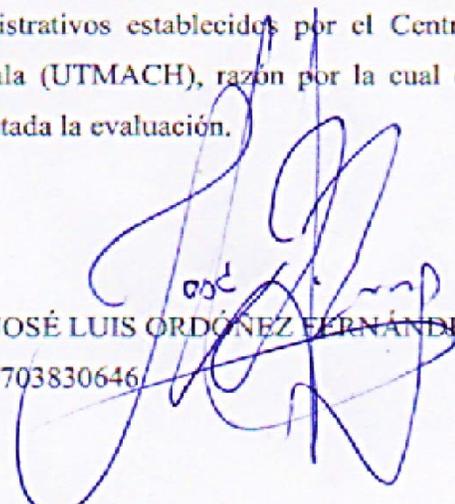
C.C. 0706553500

Machala, 2024/05/15

REPORTE DE SIMILITUD URKUND/TURNITIN

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, José Luis Ordóñez Fernández con C.C. 0703830646; tutor del trabajo de titulación **“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA DE PUENTES METÁLICOS EN VÍAS DE PRIMER ORDEN”**, en opción al título de Magister en el Programa de Maestría en Ingeniería Civil - Mención Vialidad, ha sido revisado, enmarcado con los procedimientos científicos, técnicos, metodológicos y administrativos establecidos por el Centro de Posgrado de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), razón por la cual doy fe de los méritos suficientes para que sea presentada la evaluación.



ING. JOSÉ LUIS ORDÓÑEZ FERNÁNDEZ M. Sc.
C.C. 0703830646

Machala, 2024/05/15

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Ricardo Wellington Carpio Jaramillo, con C.C. 0706553500, autor del trabajo de titulación denominado **“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA DE PUENTES METÁLICOS EN VÍAS DE PRIMER ORDEN”**, en opción al título de Magister en el Programa de Maestría en Ingeniería Civil - Mención Vialidad, declaro bajo juramento que:

- El trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.
- Cede a la Universidad Técnica de Machala de forma exclusiva con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra en el repositorio institucional para su demostración a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Attribution-NoComemercial – Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NCSA 4.0); la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y Reglamento Institucional.
 - b. Adecuar a cualquier formato o tecnología de uso de INTERNET, así como correspondientemente como Autor la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

RICARDO WELLINGTON CARPIO JARAMILLO
C.C. 0706553500

Machala, 2024/05/15

RESUMEN

Este estudio examina cuestiones de importancia social y práctica para la ingeniería civil. La construcción de puentes es un trabajo de importancia estratégica, ya sea en la vida civil o militar. Una evaluación correcta del estado de la construcción de puentes puede ahorrar recursos, prevenir accidentes y contribuir a la distribución óptima de los recursos y al desarrollo de la economía nacional.

La infraestructura de un puente está formada por los estribos o pilares extremos, las pilas o apoyos centrales y los cimientos, que forman la base de ambos. La superestructura consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas y las armaduras, constituidas por vigas, cables, o bóvedas y arcos que transmiten las cargas del tablero a las pilas y los estribos.

Esta metodología se lleva a cabo utilizando los siguientes métodos: Para recolectar información sobre el objeto, se realiza un inventario de los elementos del puente metálico utilizando guías de observación para evaluar los elementos estructurales existentes y así obtener las características y condiciones patológicas existentes, combinadas con una descripción de los daños, cumplir los requisitos para cada criterio y obtener una evaluación del estado del puente. Por lo tanto, este método se aplicó al estudio de caso del Puente sobre el Río Pital en el cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro.

Palabras claves:

Estructura metálica, fatiga, falla plástica, corrosión, daño estructural.

ABSTRACT

This study examines issues of social and practical importance for civil engineering. Bridge building is a work of strategic importance, whether in civilian or military life. A correct assessment of the state of bridge construction can save resources, prevent accidents and contribute to the optimal distribution of resources and the development of the national economy.

The infrastructure of a bridge is formed by the abutments or end pillars, the central piles or supports and the foundations, which form the basis of both. The superstructure consists of the board or part that directly supports the loads and the frames, constituted by beams, cables, or vaults and arches that transmit the loads of the board to the piles and the stirrups.

This methodology is carried out using the following methods: To collect information about the object, an inventory of the elements of the metal bridge is made using observation guides to evaluate the existing structural elements and thus obtain the existing pathological characteristics and conditions, combined with a description of the damage, meet the requirements for each criterion and obtain an assessment of the condition of the bridge. Therefore, this method was applied to the case study of the Bridge over the Pital River in the canton of Santa Rosa, Province of El Oro.

Keywords:

Metal structure, fatigue, plastic failure, corrosion, structural damage.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
REPORTE DE SIMILITUD URKUND/TURNITIN	5
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	6
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	7
INDICE DE ILUSTRACIONES	11
INDICE DE TABLAS	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO	19
1.1 Antecedentes históricos	19
1.2 Antecedentes Conceptuales y Referenciales	20
1.3 Antecedentes Contextuales	25
CAPITULO 2: MATERIALES Y METODOS	30
2.1. Tipo de estudio	30
2.2. Enfoque	31
2.3. Población y muestra	31
2.4. Métodos teóricos con los materiales utilizados	32
2.5. Métodos empíricos con los materiales utilizados	32
2.5.1. Superestructura del puente	32
2.6. Operación de variables	34
CAPITULO 3: PROPUESTA METODOLÓGICA	37
3.1. Título	37
3.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	37
3.3. JUSTIFICACIÓN	38
3.4. OBJETIVOS	38
3.5. FUNDAMENTACION CIENTIFICO - TECNICA	39
3.6. METODOLOGIA DE EVALUACION	41
3.7 PLAN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	42
CAPITULO 4: DISCUSION DE RESULTADOS	45

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFIA	50
ANEXOS	54

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Partes estructurales del Puente Metálico (Industry, 1898)	20
Ilustración 2 División Político - Administrativo.....	27
Ilustración 3 Parroquias del cantón Santa Rosa.....	27
Ilustración 4 Puente Rio Pital	59
Ilustración 5 Estado actual del puente	59
Ilustración 6 Condición de celosía.....	60
Ilustración 7 Observación de la superficie.....	60
Ilustración 8 Estado de Puntales, Refuerzos y Celosía.....	61
Ilustración 9 Inspección de la superestructura del puente	61
Ilustración 10 Observación de la baranda.....	62
Ilustración 11 Condición del bordillo	62
Ilustración 12 Observación de las vigas	63
Ilustración 13 Inspección del drenaje	63
Ilustración 14 Observación de acera.....	64
Ilustración 15 Condición de iluminación.....	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población y muestra.....	31
Tabla 2 Variable Dependiente	34
Tabla 3 Variable Independiente.....	36
Tabla 4 Evaluación de grado de degradación	39
Tabla 5 Evaluación de Vigas longitudinales y transversales	42
Tabla 6 Evaluación de Celosías	42
Tabla 7 Evaluación de Refuerzos laterales y pórticos	43
Tabla 8 Evaluación de Puntales	43
Tabla 9 Evaluación de Tablero	43
Tabla 10 Evaluación final de la condición del puente	44
Tabla 11 Daño del Puente	44
Tabla 12 Calificación de los elementos estructurales del puente	44
Tabla 13 Evaluación de Vigas longitudinales y transversales (Anexo 1).....	45
Tabla 14 Evaluación de Celosías (Anexo 2).....	45
Tabla 15 Evaluación de Refuerzos laterales y pórticos (Anexo 3).....	46
Tabla 16 Evaluación de Puntales (Anexo 4).....	46
Tabla 17 Evaluación de Tablero (Anexo 5).....	46
Tabla 18 Evaluación final de la condición del puente	47
Tabla 19 Valoración de Vigas longitudinales y transversales	54
Tabla 20 Valoración de Celosía.....	55
Tabla 21 Valoración de Refuerzos laterales y pórticos	56
Tabla 22 Valoración de Puntales	57
Tabla 23 Valoración de Tablero	58

INTRODUCCIÓN

Importancia del tema

En los últimos años el solventar de manera eficaz respecto a mantener, reparar o reconstruir puentes se ha vuelto muy importante, dentro de las fallas estructurales se presentan varias razones como la antigüedad de muchos puentes, su alto nivel de deterioro y el aumento vehicular en relación a las condiciones actuales del tráfico. En el Ecuador se han ocasionado muchos accidentes que involucran puentes vehiculares por ello se debe reflejar y analizar el problema, descubrir las causas profundas y proponer soluciones adecuadas. Esto requiere avances en la investigación y el desarrollo tecnológico, particularmente en las áreas de inspección de puentes. (Candebat-Sánchez, 2016)

La importancia de alcanzar el estado de los puentes en nuestro entorno radica en la comunicación, seguridad y conectividad que brindan, lo cual es directamente relevante para un gran grupo de personas dependiendo de dónde se encuentren. Por lo tanto, las consecuencias de no mantener y subestimar los puentes pueden llevar al colapso de la infraestructura, lo que conlleva consecuencias económicas, sociales y políticas.

Por otra parte, el escaso mantenimiento y la poca revisión que se realiza al sistema estructural de un gran número de puentes, incrementa la probabilidad de que se generen fallas por el deterioro de su estructura, que conduzcan posteriormente a su cierre parcial y, en casos más extremos, al colapso de su estructura. (García Giraldo et al., 2014)

La evaluación a los puentes metálicos antiguos tiene como objeto identificar los posibles riesgos de que se produzcan fallos frágiles que puedan resultar catastróficos. Son diversos los factores que influyen en este problema: la baja tenacidad que en ocasiones tienen los materiales metálicos con los que fueron construidos; el incremento de las cargas que soportan, la posibilidad de desarrollar fisuras por fatiga habida cuenta de que los detalles de sus uniones se diseñaron cuando aún no se conocía este problema; el desarrollo de la corrosión, que debilita secciones resistentes y puede producir concentraciones de tensiones, etc. (Carpintero García, 2018)

La unión de los ríos Santa Rosa y Buenavista da origen al río Pital, donde llegaban los barcos que hacían el cabotaje entre Guayaquil – Puerto Bolívar y Santa Rosa a la altura del puente metálico que servía además para la vía carrozable del ferrocarril. Según El Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el año 2014, puso en marcha la construcción del puente que será evaluado para este estudio que está sobre el río Pital, ubicado en la carretera “Y” del Cambio – Santa Rosa – Arenillas, tramo “Y” del Cambio – Santa Rosa, provincia de El Oro. (GAD, 2024)

Objetivos

Definir los conceptos teóricos respecto a las bibliografías existentes y trabajos previos.

Evaluar el estado actual de los puentes metálicos existentes, por medio de la metodología y que contribuya en la toma de decisiones.

Demostrar por medio de la aplicación de la metodología las técnicas de evaluación para los puentes de estructura metálica.

Actualidad de la problemática que se enfrenta.

En el Ecuador por su ubicación y factores condiciones climáticas influenciadas por diferentes corrientes oceánicas, por lo general en algunos años se intensifican, creando fenómenos de El Niño que aumentan en el país, varios días de fuertes lluvias han provocado el desbordamiento de ríos, provocando deslizamientos de tierra que puedan afectar la estructura del puente.

Ecuador a diferencia de países desarrollados no ha visto una disminución significativa en relación a las fallas en la construcción de puentes que han sido comunes en los últimos años, numerosos casos de colapso parcial o total de puentes se ha vuelto más común en la última década. En los países económicamente en desarrollo, como el de este país posee un terreno con varias montañas y ríos, en donde la infraestructura vial, fundamentalmente los puentes, es una infraestructura básica, que garantiza la conectividad, movilidad y productividad económica del país.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es desarrollar una metodología de evaluación de puentes metálicos para realizar pruebas de campo similares en el puente sobre el río Pital del cantón Santa Rosa en la provincia de El Oro, para estudiar cómo se ha comportado la estructura desde su construcción, mediante el examen de la superestructura. Si existe algún tipo de falla o deterioro estructural, analizar qué medidas se deben tomar para evitar el daño total.

Formulación del problema científico

Conseguir una metodología que nos permita evaluar eficazmente la condición del puente para saber si puede seguir funcionando sin poner en peligro a los usuarios. Esta idea plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es la metodología de evaluación que valore la condición de puentes metálicos en vías de primer orden?

Delimitación del objeto de estudio

El objetivo de este estudio es evaluar puentes metálicos en carreteras de la red vial nacional del Ecuador. El objeto de este estudio es un puente ubicado en el río Pital, en la carretera “Y” del Cambio – Santa Rosa – Arenillas, tramo “Y” del Cambio – Santa Rosa, provincia de El Oro. Para ello se precisa la estructura del puente y los criterios de evaluación.

Delimitación del campo de acción.

Este estudio lleva a cabo la evaluación de la ingeniería vial en relación con el análisis del tráfico vial, que es una dirección de investigación similar a la gestión de infraestructura vial, y el proyecto es factible gracias a los fundamentos técnicos, económicos y académicos de los investigadores y UTMACH. Por lo tanto, el trabajo realizado es muy importante y contribuirá a la inversión de recursos financieros en el campo de la ciencia, incentivando e incentivando a las instituciones representativas de parroquias, estados, provincias y demás autoridades públicas responsables de la infraestructura vial. Realizar mantenimiento

preventivo en puentes para proteger la obra y evitar el deterioro prematuro de estructuras completamente abandonadas.

El objetivo del estudio es evaluar la superestructura de puentes metálicos en carreteras, donde el dato principal es la cantidad de puentes en El Oro, un total de 129 puentes de diferentes materiales de construcción. Se realizará un estudio exploratorio para recolectar datos que observen descriptivamente las características del puente, los cuales serán calificados por criterios de condición de la infraestructura, así como documentos relacionados con la evaluación del puente de fuentes científicas, donde expresen lo más relevante para el índice de estudio de caso. Se realizará un proceso de análisis jerárquico, mostrando el peso de los principales puntos de evaluación encontrados durante la investigación. Se elaborarán en obra fichas de observación que, mediante orientación, cuantificarán y describirán elementos relacionados con la condición estructural de los puentes metálicos.

HIPÓTESIS

Para establecer los resultados del logro del objetivo se plantean varias preguntas: ¿Las observaciones de campo ayudan a evaluar la condición de los puentes metálicos en las vías de primer orden? ¿Cómo se pueden sentar las bases para los estudios necesarios para evaluar el estado de la estructura del acero del puente? ¿Qué factores en la evaluación del estado del puente pueden identificar deterioros estructurales? ¿Cómo comprobar los métodos de evaluación del estado del puente para identificar el deterioro de las estructuras del puente?

La aplicación de una metodología de evaluación de los puentes Metálicos, contribuirá a la determinación del estado constructivo de estos posibilitando resolver la argumentación que se manifiesta entre la toma de decisiones actual y las soluciones que se obtengan de esta investigación.

Problema de Investigación

La inspección de puentes metálicos antiguos tiene como uno de sus objetivos principales identificar los posibles riesgos de que se produzcan fallos frágiles que puedan resultar catastróficos. Son diversos los factores que influyen en este problema: la baja tenacidad que en ocasiones tienen los materiales metálicos con los que fueron construidos; el incremento de las cargas que soportan tanto permanentes como vivas; la posibilidad de desarrollar fisuras por fatiga habida cuenta de que los detalles de sus uniones se diseñaron cuando aún no se conocía este problema; el desarrollo de la corrosión, que debilita secciones resistentes y puede producir concentraciones de tensiones, etc.

Las dificultades propias de la inspección de puentes, como son la poca información previa sobre la estructura, la limitación de los recursos disponibles no solo económicos, sino también de disponibilidad de personal especializado y la dificultad de acceso a las zonas a inspeccionar, se añade en el caso de los puentes metálicos que algunos de los mecanismos de daño que se quieren controlar pueden ser fácilmente no detectados en una inspección visual.

Estructura de trabajo.

La estructura del trabajo de investigación se clasifica en cuatro capítulos, el cual se especifica de la siguiente manera:

Capítulo 1 Contiene un marco teórico, proporciona información investigativa, antecedentes, varios métodos de evaluación de puentes, informes, directrices técnicas, manuales de mantenimiento de puentes y otros datos que contribuyen al tema.

Capítulo 2 Incluye una descripción de los métodos de evaluación, métodos de investigación, determinación de poblaciones y muestras y métodos de recopilación de información.

Capítulo 3 Ofrece la implicación de métodos basados en un marco teórico como referencia de descripción, correlación y condensación para realizar aportes prácticos a la investigación.

Capítulo 4 Los resultados se presentan en un análisis descriptivo y se explican en detalle utilizando datos realistas obtenidos de la evaluación del estado del puente, indicadores del estado del puente y otros elementos de mantenimiento.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes históricos

El arte de construir puentes se remonta a tiempos prehistóricos. Se puede decir que nació cuando los pueblos prehistóricos encontraron sus buenos días. El árbol cayó de tal manera que unió ambos lados del río mientras caía. ¿Quién construirá Ford? Esta brillante idea le salvó de esperar el otoño. La opción de madera te dará un bonito puente. También utilizado por los primeros humanos. Utilice mosaicos para conectar arroyos en orillas pequeñas y sin árboles. En cuanto a la ciencia de la construcción de puentes, apareció hace más de un siglo. Es decir, definir principios para la adaptación de componentes a cargas de fatiga. (AASHTO, 2017)

El primer puente de vigas metálicas se construyó en el siglo XVIII y era de hierro fundido. Este es el Acueducto Longden Tyne en Inglaterra, construido por T. Telford (1796), pero la división de las losas que forman las vigas es bóvedas adinteladas. En la primera mitad del siglo XIX se construyeron arcos de metal fundido en todo el mundo, pero su desarrollo fue más lento y menos popular que los puentes colgantes. La fabricación de piezas en moldes proporciona una gran libertad de forma, incluso creando soluciones barrocas. Un ejemplo es el puente sobre el río Conwy en Inglaterra, que pretendía conmemorar la batalla de Waterloo y fue diseñado por T. Telford, construido en 1815 o American Central Park, Nueva York, construido en 1864. (AASHTO, 2017)

Coalbrookdale marcó el comienzo de una nueva era de puentes y experimentó un enorme desarrollo en el siglo XIX. Los edificios del puente Coalbrookdale consisten en un arco de medio punto con una luz de 30 m, que es una estructura de color oscuro. Puente Firth of Forth: un puente ferroviario voladizo doble construido con una anchura de 521 m y terminado en 1890, exactamente 111 años después. (AASHTO, 2017)

La falta de mantenimiento regular de los puentes viales debido a la degradación natural de los materiales de construcción y la actividad humana contribuye a su desgaste. (Quadros et al., 2023)

La determinación del refuerzo de grietas por fatiga es importante para evaluar la tenacidad del metal base agrietado. Ensayos de fatiga y simulación numérica utilizando detalles típicos de grietas en vigas tipo cajón de acero. (Fang et al., 2023)

El estudio de la vida a fatiga por corrosión de los puentes de acero es de gran importancia. El tiempo de crecimiento de las grietas por fatiga por corrosión residual es menor que el tiempo de crecimiento de las grietas por fatiga residual. (Zeng et al., 2023)

El agrietamiento por fatiga de las cubiertas de puentes de acero ortotrópico (SAO) es un problema difícil que dificulta el desarrollo de estructuras de acero. (Lu et al., 2023)

1.2 Antecedentes Conceptuales y Referenciales

◦ 1.2.1 Superestructuras en puentes

Conjunto de elementos estructurales que se diseñan para soportar directamente las cargas que se aplican al mismo. La superestructura de un puente es la unidad que cubre la luz que transporta vehículos, camiones, buses, personas, etc, de un punto a otro. (Serquén, 2017)

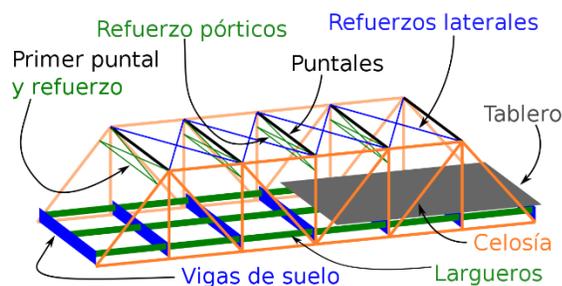


Ilustración 1 Partes estructurales del Puente Metálico (Industry, 1898)

◦ 1.2.1.1 Tablero de puentes

Es un conjunto de tableros cuyos bordes se unen entre sí formando una superficie lisa. En la construcción se suelen utilizar soportes planos de madera u otros materiales para reforzar de forma temporal (en el caso de encofrados) y permanente (en el caso de tejados) elementos estructurales. De manera similar, el término "tablero de puente" también se refiere al elemento estructural sobre el que descansa la calzada del puente. (Industry, 1898)

- **1.2.1.2 Diafragmas**

Los diafragmas proporcionan rigidez lateral a las traveses y a la superestructura en general. Estos consisten en traveses transversales a los elementos prefabricados, generalmente de concreto reforzado, que se ubican en los extremos del puente y en puntos intermedios del mismo. (Industry, 1898)

- **1.2.1.3 Celosía**

Es un puente cuya superestructura portante está formada por cerchas, estructura en la que los elementos de conexión suelen formar unidades triangulares. (Industry, 1898)

- **1.2.1.4 Refuerzos laterales y pórticos**

Los refuerzos metálicos permiten reparar estructuras en menor tiempo y a menor costo. Es una solución rápida y eficaz que proporciona mayor seguridad y habitabilidad a todo tipo de estructuras metálicas. Un pórtico de acero es un sistema de construcción liviano que utiliza almas rígidas o marcos de celosía como estructura de soporte principal, que consiste en acero soldado en forma de H (sección recta o alterna), acero en forma de H laminado en caliente o acero de paredes delgadas conformado en frío. (Industry, 1898)

- **1.2.1.5 Puntales**

Los puntales metálicos son fáciles de transportar y pueden soportar el peso necesario para la construcción. Existen varios metales para la construcción. (Industry, 1898)

- **1.2.2 Importancia de los puentes**

En todo el mundo ha aumentado el número de estructuras de ingeniería civil, especialmente puentes con largos períodos de servicio. Las evidencias más comunes de daños son la presencia de elementos metálicos corroídos y grietas en detalles estructurales debido al fenómeno de fatiga. (Pedrosa et al., 2021)

Los datos del satélite SAR permiten estudiar el comportamiento estructural en las direcciones vertical y longitudinal (es decir, a lo largo del eje del puente). Se investiga el efecto de la temperatura en el comportamiento del puente. (Giordano et al., 2023)

La principal causa de la deficiencia estructural en los puentes de acero es el daño por corrosión en los extremos de las vigas causado por la fuga de las juntas del puente. (Zhang & Zaghi, 2023)

La tensión de los conectores de corte se vuelve más complicada con el aumento de la longitud de tramo de los puentes compuestos de acero y hormigón. (Zhan et al., 2023)

- **1.2.3 Estructuras de acero**

En los últimos años, se han adoptado muchos métodos de fortalecimiento sísmico para mejorar el desempeño estructural y prevenir la fragilidad de los componentes estructurales. En el caso de estructuras de acero, las barras delgadas de pretensado sísmico se utilizan ampliamente en edificios, torres y puentes. (Matsui et al., 2021)

La corrosión tiene un gran peligro para el funcionamiento de la fatiga de los miembros de acero del puente. (Su et al., 2021)

Los datos históricos de inspección y mantenimiento de puentes recopilados por los departamentos de transporte para evaluar las condiciones de revestimiento de los puentes de acero de manera eficaz y eficiente. (Rahman et al., 2023)

- **1.2.4 Corrosión en los puentes de acero**

El problema de la corrosión de los puentes de acero viejos en funcionamiento a menudo se resuelve mediante la sustitución directa de elementos o estructuras. Solo se han hecho unos pocos estudios para determinar los esfuerzos influenciados por la corrosión en esos elementos. (Feier & Chivu, 2018)

Como sistema de cubierta ampliamente utilizado de puentes de largo alcance, la conexión de diafragma en U en la cubierta de puente de acero ortotrópico (OSBD) es propensa a agrietarse por fatiga bajo cargas repetidas del vehículo, y el medio de corrosión acelerará el agrietamiento por fatiga. (Jiang & Wang, 2023)

La corrosión es una grave amenaza para la capacidad de carga de los miembros de acero en los puentes. La memoria magnética metálica (MMM) se considera un método potencial para detectar daños por corrosión. (Yang et al., 2023)

- **1.2.5 Método de construcción de puentes**

WAAM es un método de impresión 3D de metal que se adapta bien a la industria de la construcción sensible al precio y se ha utilizado para fabricar el puente MX3D - el primer puente de metal fabricado aditivamente del mundo. (Kyvelou et al., 2022)

Un método común para eliminar los revestimientos deteriorados de los puentes de acero es la limpieza por chorro abrasivo. Aunque es eficaz, la limpieza por chorro abrasivo puede ser peligrosa para los operadores y debe llevarse a cabo utilizando una contención costosa. (Provines et al., 2022)

El software disponible no permite la incorporación de la carga dinámica inducida por los vehículos debido a la vibración resultante de la rugosidad del pavimento. (Pillai & Talukdar, 2023)

Se diseñó un nuevo tipo de viga metálica de fibra de vidrio reforzada con polímero (GFRP) con una sección transversal cerrada en forma de caja para un puente desplegable ligero. Como nueva estructura, se necesita una formulación teórica orientada al diseño sobre rigidez torsional para facilitar el diseño práctico de la viga compuesta de armazón de caja. (Provines et al., 2022)

En los últimos años, debido a las desventajas de un bajo rendimiento general y una baja reserva de seguridad, hay cada vez más casos de refuerzo para el sistema de cubierta del puente de puentes de arco de largo alcance bajo la tensión de las vigas. (Provines et al., 2022)

- **1.2.6 Comportamientos de los puentes de acero**

El comportamiento dependiente de grietas de un puente de vigas de acero reforzado con láminas de polímero reforzado con fibra de carbono. El análisis de elementos finitos se utilizó para evaluar el rendimiento del control, los casos dañados y reforzados sujetos a la carga estándar de fatiga. (Kim et al., 2023)

Los comportamientos térmicos estáticos de varios tipos de puentes, incluyendo puentes de vigas, puentes de arco, puentes atirantados y puentes colgantes. Los estudios de la distribución de la temperatura y las acciones de temperatura de cada tipo de puente se revisan

desde la perspectiva del análisis teórico, simulación numérica, pruebas experimentales y monitoreo de campo. (Li et al., 2023)

Para promover el uso y desarrollo de vigas compuestas de acero y hormigón en puentes, se investigó el comportamiento a la fatiga de pernos corroídos. Basado en la teoría del crecimiento de grietas por fatiga y el mecanismo de falla por fatiga de los clavos por corrosión, se propone un modelo de predicción de la vida por fatiga de los clavos por corrosión. (Kuang et al., 2023)

- **1.2.7 Condición estructural de los puentes**

Estructura metálica se llama estructura o construcción metálica a aquella en la que por lo menos el 80% de sus elementos o partes son de metal, normalmente de acero. (AASHTO, 2017)

La fatiga del material es un proceso de falla que ocurre cuando las piezas mecánicas se someten a cargas variables, aunque estas cargas son muchas veces menores que las que causarían fallas bajo cargas constantes. (ABASCAL, 2018)

La falla plástica es la incapacidad de un objeto de volver a su forma original cuando se elimina la fuerza que causó la deformación. En materiales metálicos, la deformación plástica se produce mediante la formación y movimiento de dislocaciones. (AASHTO, 2017)

La corrosión del acero es un término utilizado para describir el proceso de deterioro de materiales metálicos, incluidos los metales puros y sus aleaciones, mediante reacciones químicas y electroquímicas. (AASHTO, 2017)

El daño estructural se define como cualquier daño que deteriore o afecte a los miembros que soportan peso de la estructura.

El pandeo es un acontecimiento que se produce cuando una estructura más o menos alargada se somete a un cargamento de compresión y deja de ser estable. (SAMAT, 2019)

Una fractura frágil es un tipo de fractura en la que las grietas se propagan velozmente con poca deformación plástica. La fractura dúctil ocurre después de una deformación plástica severa y se caracteriza por un lento crecimiento de las grietas. (AASHTO, 2017)

La cuestión de la vigilancia de la condición estructural de los puentes se está convirtiendo en una prioridad mundial. Como es bien sabido, cualquier infraestructura sufre un deterioro progresivo de sus condiciones estructurales debido al envejecimiento por cargas de servicio normales y condiciones ambientales. (Fiandaca et al., 2022)

Fortalecer el daño por fatiga de las cubiertas de acero ortotrópico (OSD) necesita considerar exhaustivamente el efecto de fortalecimiento y el peso muerto introducido durante el proceso de fortalecimiento, cuando el peso muerto no pueda aumentarse significativamente durante la reparación y el mantenimiento. (Xin et al., 2023)

El método sistemático para la evaluación del daño por fatiga en un puente de viga existente, utilizando la respuesta inducida por un vehículo en movimiento. (Mustafa et al., 2023)

Los puentes de viga compuesta de acero se supone que se utilizan como volición para puentes de hormigón generalmente utilizados, ya que pertenecen a la capacidad de adaptar cualquier tipo de geometría. (Patil et al., 2023)

La selección de un sistema de recubrimiento adecuado puede afectar significativamente el rendimiento y la longevidad de un puente, así como su huella ambiental. (Adsetts et al., 2023)

1.3 Antecedentes Contextuales

Al igual que el resto del Ecuador, la ciudad y el estado de Santa Rosa se rigen por los municipios establecidos en la constitución política del país. La Ciudad de Santa Rosa es una unidad de gobierno departamental que gobierna el estado independientemente del gobierno estatal. Los municipios están organizados de tal manera que el poder ejecutivo, representado por el alcalde, está separado del poder legislativo, representado por los miembros de la asamblea estatal. El alcalde es la máxima autoridad administrativa y política del estado de Santa Rosa. Es el presidente del ayuntamiento y el representante de la ciudad, se encuentra a una altitud de 10 m s. n. m. y con un clima lluvioso tropical de 22 °C en promedio. (GAD, 2024)

Se le llama "la Benemérita" por su trasfondo histórico protegiendo al país contra los conflictos con el Perú. Según el censo del 2022 tiene 56,842 habitantes.

- **1.3.1 Ubicación**

Santa Rosa, se localiza al sur de la región litoral del Ecuador, en una extensa llanura, en la orilla derecha del río Santa Rosa, a una altitud de 10 m s. n. m. (GAD, 2024)

- **1.3.2 Población**

Según el censo de 2022, la ciudad tenía una población de 56.842, lo que la convierte en la 24ª ciudad más grande del país. Es parte del Área Metropolitana de Machala ya que sus actividades económicas, sociales y comerciales están estrechamente vinculadas a Machala y es una ciudad dormitorio para miles de trabajadores que se desplazan diariamente a la ciudad por vía terrestre. Con 576.772 habitantes, el grupo ocupa el séptimo lugar entre las áreas metropolitanas del Ecuador. (GAD, 2024)

- **1.3.3 Límites**

Los límites del cantón Santa Rosa están distribuidos de la siguiente manera:

Limita al norte con los cantones Machala y Pasaje

Limita al sur con los cantones Arenillas y Piñas

Limita al este con los cantones Atahualpa y Pasaje

Limita al oeste con el cantón Arenillas y con el Océano Pacífico.

- **1.3.4 División político administrativo**

El río Pital, a la altura de la cabecera cantonal, sirve de límite con el cantón Machala y desemboca en el Estero Jelí, y este a su vez en el Archipiélago de Jambelí. Hacia el Oeste, y como límite con el cantón de Arenillas, se ubica al río Arenillas, cuyas aguas son aprovechadas por los moradores del sector para el riego de cultivos, es además, el afluente principal del Humedal La Tembladera. (GAD, 2024)



Ilustración 2 División Político - Administrativo

Fuente: Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2023-2027 (GAD, 2024)

Parroquias	Superficie (Has)	Porcentaje %
Bellamaria	9.117	9.66
Bellavista	4.527	4.79
Jambelí	41.706	44.16
La Avanzada	6.132	6.49
La Victoria	13.965	14.79
San Antonio	2.524	2.67

Ilustración 3 Parroquias del cantón Santa Rosa

Fuente: Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2023-2027 (GAD, 2024)

- **1.3.5 Hidrografía**

El estado de Santa Rosa tiene dos fuentes hidrológicas: el río Caluguro, que es afluente del río Chico y del río Byron; Los afluentes del río Santa Rosa se originan en las montañas La Chilca, El Guabo y Sabayan en la Sierra Dumari. También cuenta con el río Buenavista, accidente geográfico que limita con los estados Machala y Pasach, con afluentes de los ríos Caluguro, Negro, San Agustín y Dumari. La confluencia de los ríos Santa Rosa y Buenavista forma el río Pitara, donde los barcos que realizan viajes costeros entre Guayaquil – Puerto Bolívar y Santa Rosa llegan a un puente metálico que también está a la altura de las vías del ferrocarril. (GAD, 2024)

- **1.3.6 Topografía**

La región insular está formada por todas las islas que conforman el archipiélago de Jambeli, con un terreno relativamente plano separado por estanques de camarones, que abundan en estas islas. Debido a que algunas de estas islas están cerca del mar, son propensas a inundaciones, especialmente debido a la presencia de agua de mar fuerte y/o El Niño. Topográficamente, la playa es la parte más agrícola. (GAD, 2024)

- **1.3.7 Geomorfología**

Existen cuatro pisos altitudinales que van desde los 0 msnm en el archipiélago de Jambelí hasta los 1250 msnm en la parte alta de la parroquia Torata, caracterizándose por tener barreras de escalonamiento en áreas pertenecientes a la parroquia Torata y La Avanzada. (GAD, 2024)

- **1.3.8 Vialidad**

La vía más importante es la Carretera Panamericana, que permite integrar al Estado de Santa Rosa con las provincias del norte del país (Guaya y Lojas) y las provincias del sur de la República del Perú, también gracias a su ubicación. el centro de las capitales de los estados provinciales se consideran ciudades de tránsito. (GAD, 2024)

- **1.3.9 Ubicación del puente sobre el río Pital**

El puente se encuentra ubicado sobre el río Pital en la carretera “Y” del Cambio – Santa Rosa – Arenillas, tramo “Y” del Cambio – Santa Rosa, provincia de El Oro. Es una obra construida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) en el año 2014.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas contrató los trabajos de colocación de la estructura metálica y fundición de la losa del Puente sobre río Pital, de 40 metros de luz de 4 carriles que une la ciudad de Santa Rosa con el cantón Machala y con la principal arteria estatal E 25 “Y” del Cambio con Santa Rosa en la provincia de El Oro. El cual permite circular de una manera rápida y segura a 2.500 vehículos diariamente, por esta carretera que une además los cantones Machala con Arenillas, Huaquillas y demás poblaciones de la parte alta de esta provincia eminentemente bananera, cacaoera, productos del mar, entre otros.

- **1.3.10 Vías de primer orden**

Según la normativa NEVI las vías de primera ronda serán las que califiquen, su función es integrar mayores áreas de producción y consumo en todo el país. países, y además con otros países, con puertos y aeropuertos nacionales e internacionales y su construcción. Se han logrado mejoras gracias a la participación pública, un convenio o acuerdo internacional con un volumen de tráfico igual o superior a 700 vehículos diarios, ya sean de doble calzada o de calzada única, El ancho final es mayor o igual a 7.30 m. Estas vías son administradas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO).

- **1.3.11 Vías de primer orden en El Oro**

Los proyectos viales para El Oro según el MTO, el anillo vial ubicado en Piñas – El Pache – El Osorio – Portovelo, de 17,5 km y Portovelo – Salati – Ambocas, de 22 km de longitud, el anillo vial es una obra que beneficia de manera directa a los habitantes de Piñas y Portovelo. “Son 17,5 km que serán intervenidos para brindar vías de primer orden a la provincia onense”.

CAPITULO 2: MATERIALES Y METODOS

2.1. Tipo de estudio

Análisis de casos, ya que es un proceso de investigación encaminado a estudiar en profundidad la estructura y dinámica del objeto de estudio con el fin de descubrir los factores que influyen en su estado actual.

Explorativo

Este trabajo presenta un estudio exploratorio que busca resaltar los aspectos fundamentales del problema y encontrar el procedimiento ideal para identificar datos importantes sobre las condiciones y riesgos del puente metálico.

Descriptivo

Los estudios descriptivos se basan en la observación que implican la recolección de información utilizando registros existentes. La recopilación de datos es breve y no requiere de muchas herramientas. En este sentido, la seguridad y confiabilidad de la información estudiada está garantizada por una investigación profunda en el campo, en este caso el puente sobre el río Pital, ubicado en Santa Rosa El Oro, donde se realizará una evaluación para identificar y dar soluciones técnicas a las características del puente metálico.

Explicativo

La investigación explicativa se lleva a cabo para estudiar específicamente fenómenos que no se han estudiado previamente su función es proporcionar información detallada cuando hay una pequeña cantidad de información. El estudio busca evaluar los argumentos sobre los puentes metálicos ubicados en vías de primer orden.

Correlacional

Los estudios correlacionales forman parte del enfoque no experimental, cuyo objetivo es encontrar explicaciones estudiando las relaciones entre dos o más variables, para este tipo de investigación es preciso calcular por medio de los datos obtenidos en campo, el estado de peligro en que se encuentra y que pueda afectar la función del puente metálico.

2.2. Enfoque

Este trabajo presenta una investigación de enfoque mixto que se basa en una gama de procesos sistemáticos, empíricos y críticos, que incluye la recopilación y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, ya que busca integrar y discutir esos fundamentos para sacar conclusiones de toda la información recopilada para comprender mejor la problemática que se investiga.

2.3. Población y muestra

La siguiente matriz presenta la población de puentes en la provincia de El Oro

Tabla 1 Población y muestra

Cantones	Puentes
Arenillas	13
Atahualpa	3
Balsas	8
El Guabo	7
Las Lajas	12
Machala	11
Marcabelí	8
Pasaje	13
Piñas	21
Portovelo	10
Santa Rosa	7
Zaruma	16
Total	129

Fuente: Plan de desarrollo vial integral de la provincia de El Oro (CONGOPE, 2019)

2.4. Métodos teóricos con los materiales utilizados

Estudio en el que se ha recopilado un conjunto de datos estadísticamente significativo centrado en la detección visual de grietas por fatiga en componentes de puentes de acero. (Campbell et al., 2020)

Método teórico

Según lo define Baena, delimitar el área de la investigación: es decir, seleccionar hechos conectados entre sí, mediante una teoría que dé respuesta al problema formulado. Los que van a servir como base para formular hipótesis, operacionalizar variables y esbozar teoría de técnicas y procedimientos a seguir. (Baena Paz, 2017)

2.5. Métodos empíricos con los materiales utilizados

Por medio de un informe se recaba la información de campo a través de la inspección visual, se realiza una descripción de los elementos del puente metálico, para analizar los daños o problemas estructurales que se presenten.

Realizar inspecciones visuales de puentes facilita en la determinación de su condición física y funcional, proporcionando una base para la evaluación y determinación de la capacidad de carga para iniciar las actividades de mantenimiento. Además, estas inspecciones proporcionan un registro continuo del estado y deterioro de los puentes metálicos ya que permiten priorizar la reparación o restauración.

2.5.1. Superestructura del puente

Se realizará un registro de la superestructura de puentes metálicos para evaluar los elementos estructurales del caso de estudio, para ello se aplicó el método de inspección visual.

Inspección visual

Es una habilidad utilizada a simple vista para detectar defectos y garantizar que el equipo funcione correctamente o que un producto se fabrique según las especificaciones.

Esta técnica de inspección visual puede ser cuantitativa como cualitativa, el análisis de riesgos cualitativo se basa en la percepción o evaluación individual, mientras que el análisis de riesgos cuantitativo se basa en datos concretos y verificados.

El caso de estudio utiliza las fichas de inspección visual que se muestra en los anexos desde las Tablas 18 hasta la 22, donde se pueden ver los criterios que describen las condiciones en el que se encuentran los elementos estructurales, se puede observar el estado de excelente a defectuoso y las preguntas se dan a modo de guía.

2.6. Operación de variables

Tabla 2 Variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE: EVALUACION DE PUENTES METALICOS							
CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ITEMS	TECNICA	INSTRUMENTOS	INFORMANTES
La evaluación de un puente describe su "estado o condición", cuyo propósito es monitorear la funcionalidad y operación segura del puente y advertir a tiempo sobre el desgaste observado.	Procesos	Planificación Inversión Diseño Ejecución	Factibilidad Recursos financieros Procesos del proyecto Realización de la obra	¿Qué factibilidad tiene el proyecto? ¿Existen los recursos económicos? ¿Qué diseño es conveniente? ¿Qué tipo de obra se ejecutará?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	Investigador MTOP
	Evaluación	Supervisión	Primordial Fundamental Específico	¿Qué tipo de supervisión se realizará?	Observación	Guía de observación	Investigador
	Infraestructura vial	Obra en ejecución Conservación Restauración	Condición de la obra	¿En qué condición se encontrará la	Observación	Guía de observación	Investigador

				infraestructura?			
	Tipos de puentes	Armadura tipo Voladizo Arco Atirantados	Ejecución	¿Qué tipo de ejecución se realizará?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	Investigador
	ELEMENTOS DE Puentes	Superestructura	Tablero Vigas Puntales Celosía Refuerzos Apoyos	¿Qué tipo de superestructura se aplica en la obra?	Información de estudios y construcción	Estudios preliminares	Investigador

Tabla 3 Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE: VIAS DE PRIMER ORDEN							
CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ITEMS	TECNICAS	INSTRUMENTOS	INFORMANTES
<p>Las vías de primer orden son aquellas que tienen como función integrar mayores áreas de producción todo el país. En el cual la calzada debe ser mayor o igual a 7,30 m y además deben de cumplir con otras especificaciones geométricas, que corresponden a las carreteras primarias del Manual de Diseño Geométrico del MTOP</p>	Vías	Tipos de vías	Primer orden Segundo orden Tercer orden Cuarto orden	¿Qué tipo de carretera se aplica en el proyecto?	Información de estudios	Estudios preliminares	Investigador
	Diseño	Capacidad	Corredor arterial Vías colectoras Caminos vecinales	¿Qué tipo de diseño pertenece?	Información de estudios	Estudios preliminares	Investigador
	Tipo de Pavimento	Rígido Flexible	Categoría	¿A qué tipo de pavimento pertenece?	Información de estudios	Estudios preliminares	Investigador

CAPITULO 3: PROPUESTA METODOLÓGICA

3.1. Título

Metodología de evaluación de superestructura de puentes metálicos en vías de primer orden

3.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes metálicos

El presente estudio propone evaluar visualmente el estado del puente basándose en una inspección visual con el objetivo de garantizar la seguridad e integridad del puente. Por ello, desarrollaron un método para evaluar estructuras.

Una de las principales contribuciones de estos BMS es la evaluación del estado estructural del puente y su entorno. Una evaluación visual es el primer paso para diagnosticar el estado actual de una estructura (tanto en términos de seguridad estructural como de uso) y predecir su futuro deterioro. Estas son inversiones importantes para determinar la estrategia de mantenimiento planificado, reparación, reconstrucción o reemplazo de puentes. Aquí es importante distinguir entre la evaluación del estado y la evaluación de la seguridad estructural. La evaluación de la condición estructural indica la condición de protección del puente, y con base en esta condición, se determina la idoneidad del puente para el soporte. La evaluación de seguridad estructural, por otro lado, es un análisis que comienza con la resistencia actual y las condiciones de carga actuales de los componentes del puente. La seguridad se evalúa mediante el factor de seguridad parcial o índice de confiabilidad. Una evaluación de la condición estructural puede incluir un análisis de seguridad. (Barrantes, 2017)

Guía para la determinación de la condición en puentes mediante inspección visual

La inspección visual por parte de un inspector cualificado es un método inicial imprescindible en cualquier tasación. Puede identificar el deterioro que puede afectar la capacidad de una estructura, revelar debilidades estructurales o estructurales que pueden afectar el desempeño e indicar la necesidad de una evaluación más profunda utilizando métodos específicos. Investigar y reportar daños de riesgo que requieran atención inmediata.

estructura. La práctica continua de la evaluación visual de puentes y el estudio de diferentes métodos para clasificar el estado de deterioro de los puentes han permitido reconocer algunas limitaciones prácticas al uso de las evaluaciones basadas en inspección visual actuales en nuestro país, como la falta de calidad. calificaciones. condiciones de diseño, informes de evaluación Falta de uniformidad, evaluación limitada de elementos de protección para eventos extremos y seguridad del tráfico en puentes.

3.3. JUSTIFICACIÓN

Existen muchos tipos de puentes en las vías de la provincia de El Oro, pero muchos de ellos se han deteriorado con el tiempo, se tomaron medidas cuando podían colapsar o colapsar, por lo que este estudio recomienda que se implemente en el método de evaluación de Puentes Metálicos de vías de primer orden, los cuales serán evaluados, analizando el Puente sobre el río Pital, que conecta varios cantones y parroquias a lo largo de la provincia de El Oro.

En el caso concreto de las características específicas de los puentes, el logro de estándares de calidad cobra especial importancia para lograr vías seguras que garanticen un flujo estable y seguro de personas y recursos. Obras nuevas y guardadas.

3.4. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el nivel de deterioro mediante criterios técnicos que garanticen la vida útil de la superestructura de un puente metálico en vías de primer orden

Objetivos específicos

- Fundamentar técnica y conceptualmente los criterios técnicos mediante referencias bibliográficas para la evaluación de la superestructura de puente metálico.
- Caracterizar las condiciones estructurales mediante métodos técnicos de la superestructura del puente.
- Implementar una metodología de evaluación de la superestructura de puentes metálicos en vías de primer orden.

3.5. FUNDAMENTACION CIENTIFICO - TECNICA

El propósito de este estudio es desarrollar un procedimiento sistemático y una fórmula para la evaluación del estado de puentes existentes utilizando herramientas efectivas de toma de decisiones para resolver problemas complejos con múltiples criterios de evaluación e incertidumbre. Los inspectores de puentes deben evaluar el estado de cada elemento basándose en la experiencia, la intuición y el criterio personal. (Saptarshi Sasmal, 2008)

Procesos de jerarquía analítica difusa para la evaluación del estado de daño de puente

Estos puentes se clasifican mediante inspección visual utilizando una combinación de varios criterios y subcriterios. Los principales criterios para este trabajo fueron la historia del puente, las condiciones ambientales, las posibilidades estructurales y la importancia profesional del puente. La investigación incluye un sistema de puntuación para ayudar a los ingenieros a diseñar opciones de refuerzo de puentes utilizando el método AHP. (Lallam et al., 2021)

Tabla 4 Evaluación de grado de degradación

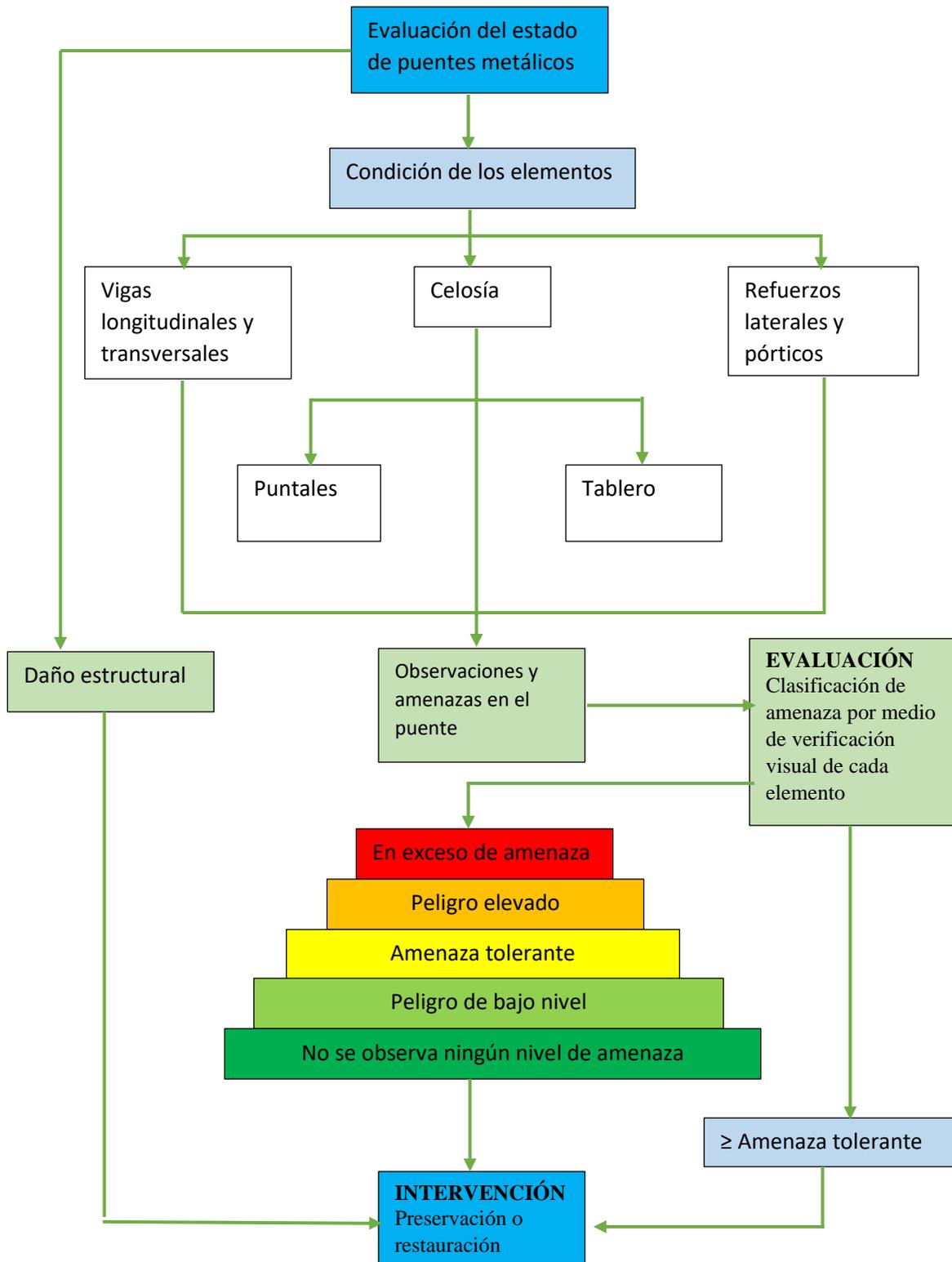
Escala	Riesgo
[0,2]	no se notó ningún grado de riesgo
[2,4]	riesgo de bajo grado
[4,6]	riesgo moderado
[6,8]	alto riesgo
[8,10]	riesgo súper alto

Fuente: Fuzzy Analytical Hierarchy Processes for Damage State Assessment of Arch Masonry Bridge.(Lallam et al., 2021)

Propuesta de metodología

Metodología	Elementos del puente a evaluar
Evaluación del estado de los puentes de hormigón armado existentes mediante un enfoque de jerarquía analítica difusa. (Saptarshi Sasmal, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de rodamiento • Largueros • Vigas • Cerchas • Pintura • Maquinaria • Remaches-Pernos • Soldaduras • Óxido • Deterioro de la madera • Grietas de hormigón • Daños por colisión • Desviación • Alineación de miembros • Vibraciones
Metodología para la evaluación preliminar de la vulnerabilidad sísmica estructural de puentes. (Candebat Sánchez & Godínez Melgares, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cimentación • Aceleración máxima del terreno • Tipo de estribos • Longitud del puente • Ancho del puente • Promedio de tráfico diario • Altura de estribos • Refuerzo de la cimentación • Longitud efectiva de columnas • Dimensión transversal de columnas • Asentamiento de terraplenes de acceso • Estado de conservación del puente • Procedimiento constructivo • Elementos no estructurales
Metodología para la evaluación de superestructura de puentes metálicos en vías de primer orden. Fuente: Elaboración propia	<ul style="list-style-type: none"> • Vigas longitudinales y transversales • Celosía • Refuerzos laterales y pórtico • Puntales • Tablero

3.6. METODOLOGIA DE EVALUACION



Fuente: Elaboración propia

3.7 PLAN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Para su uso en la evaluación, se proporciona una matriz de evaluación con base científica, que muestra qué elementos se evaluarán en función de sus respectivas calificaciones. Estas valoraciones se proporcionarán en base al cuadro de observaciones del Anexo 1 y se valorarán para cada criterio para cada elemento con valores de ponderación determinados por los criterios técnicos individuales para alcanzar el elemento de mayor a menor importancia. El valor es 1 (100%). Cada elemento detalla el tipo, nivel y características del daño que determinarán el riesgo de detección del deterioro y, por lo tanto, si se requiere intervención antes de que ocurra el desastre.

Tabla 5 Evaluación de Vigas longitudinales y transversales

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Vigas longitudinales y transversales	Vigas longitudinales	0.2	1.00
	Vigas transversales	0.2	
	Pandeo	0.1	
	Corrosión	0.1	
	Fatiga	0.1	
	Fractura frágil	0.1	
	Fractura dúctil	0.1	
	Falla plástica	0.1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Evaluación de Celosías

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Celosías	Condición de la celosía	0.25	1.00
	Pandeo	0.125	
	Corrosión	0.125	
	Fatiga	0.125	
	Fractura frágil	0.125	
	Fractura dúctil	0.125	
	Falla plástica	0.125	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Evaluación de Refuerzos laterales y pórticos

Evaluación de Refuerzos laterales y pórticos

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Refuerzos laterales y pórticos	Refuerzos laterales	0.2	1.00
	Refuerzos pórticos	0.2	
	Pandeo	0.1	
	Corrosión	0.1	
	Fatiga	0.1	
	Fractura frágil	0.1	
	Fractura dúctil	0.1	
	Falla plástica	0.1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Evaluación de Puntales

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Puntales	Condición de los puntales	0.25	1.00
	Pandeo	0.125	
	Corrosión	0.125	
	Fatiga	0.125	
	Fractura frágil	0.125	
	Fractura dúctil	0.125	
	Falla plástica	0.125	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Evaluación de Tablero

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Tablero	Superficie	0.25	1.00
	Acera	0.125	
	Baranda	0.125	
	Bordillo	0.125	
	Pintura	0.125	
	Drenaje	0.125	
	Iluminación	0.125	

Fuente: Elaboración propia

Luego de evaluar cada elemento del puente, se realiza una evaluación global, en la que se ponderan los elementos más importantes con un porcentaje de importancia operativa.

Tabla 10 Evaluación final de la condición del puente

Elementos	Valoración
Vigas longitudinales y transversales	22 %
Celosía	22 %
Refuerzos laterales y pórticos	22 %
Puntales	22 %
Tablero	12 %
Total	100 %

Fuente: Elaboración propia

Por medio de la suma de valoraciones indicaremos en qué zona de riesgo se encuentra la condición del puente.

Tabla 11 Daño del Puente

Escala	Amenaza
0% - 20%	En exceso de amenaza
20% - 40%	Peligro elevado
40% - 60%	Amenaza tolerante
60% - 80%	Peligro de bajo nivel
80% - 100%	No se observa ningún nivel de amenaza

Fuente: Elaboración propia

Para la calificación de la ficha de evaluación como se muestra en los anexos del 1 al 5 se utilizan los siguientes criterios.

Tabla 12 Calificación de los elementos estructurales del puente

Escala	Valoración
0- 2	Defectuoso
2 – 4	Mala condición
4 – 6	Regular estado del elemento
6- 8	Buena condición
8- 10	Excelente

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 4: DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS

Durante las inspecciones de la superestructura del Puente Metálico del Rio Pital no se encontraron daños graves que pudieran amenazar el puente, ya que en las vigas tanto longitudinales como transversales no se visualiza la presencia de fallas que producen pandeo, fatiga o falla plástica. Respecto a los extremos de las vigas se observa corrosión en pequeñas cantidades

Tabla 13 Evaluación de Vigas longitudinales y transversales (Anexo 1)

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Vigas longitudinales y transversales	Vigas longitudinales	0.16	0.880
	Vigas transversales	0.16	
	Pandeo	0.1	
	Corrosión	0.08	
	Fatiga	0.1	
	Fractura frágil	0.09	
	Fractura dúctil	0.09	
	Falla plástica	0.1	

Fuente: Elaboración propia

Debido a los factores como la humedad y salinidad presentes en el puente se evidencia la corrosión en varios puntos inferiores de las celosías, respecto a los demás criterios no se presentan fallos considerables en las celosías.

Tabla 14 Evaluación de Celosías (Anexo 2)

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Celosías	Condición de la celosía	0.20	0.888
	Pandeo	0.10	
	Corrosión	0.10	
	Fatiga	0.113	
	Fractura frágil	0.125	
	Fractura dúctil	0.125	
	Falla plástica	0.125	

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza una leve cantidad de corrosión superficial en el puente, en las zonas extremas de los refuerzos laterales y pórticos, en lo que se refiere a demás factores no se presencia ninguna novedad que pueda perjudicar la estructura del puente.

Tabla 15 Evaluación de Refuerzos laterales y pórticos (Anexo 3)

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Refuerzos laterales y pórticos	Refuerzos laterales	0.18	0.91
	Refuerzos pórticos	0.18	
	Pandeo	0.1	
	Corrosión	0.07	
	Fatiga	0.1	
	Fractura frágil	0.09	
	Fractura dúctil	0.09	
	Falla plástica	0.1	

Fuente: Elaboración propia

En lo que se refiere a la evaluación de los puntales presentan una leve corrosión en sus lados extremos y respecto a los demás criterios de inspección no se encontró deterioro significativo que pueda perjudicar al funcionamiento de las estructuras.

Tabla 16 Evaluación de Puntales (Anexo 4)

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Puntales	Condición de los puntales	0.225	0.963
	Pandeo	0.125	
	Corrosión	0.1125	
	Fatiga	0.125	
	Fractura frágil	0.125	
	Fractura dúctil	0.125	
	Falla plástica	0.125	

Fuente: Elaboración propia

Mediante la revisión del tablero la superficie se encuentra con depósitos de agua y restos de basura, en lo que se refiere a la acera se encuentra con humedad y suciedad, respecto al bordillo se visualiza agrietamientos, además se observa que la baranda y el bordillo presentan en varias zonas desprendimientos en la pintura, debido a la humedad, restos de basura se está obstaculizando la circulación del agua por el drenaje y por ultimo respecto a la iluminación no se presenta ningún deterioro.

Tabla 17 Evaluación de Tablero (Anexo 5)

Elementos	Criterios de inspección	Valoración	
Tablero	Superficie	0.175	0.775
	Acera	0.10	
	Baranda	0.10	
	Bordillo	0.10	
	Pintura	0.10	
	Drenaje	0.10	
	Iluminación	0.10	

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general

Tabla 18 Evaluación final de la condición del puente

Evaluación final de la condición del puente

Elementos	Valoración	
Vigas longitudinales y transversales	19.360 %	89.38 %
Celosía	19.525 %	
Refuerzos laterales y pórticos	20.020 %	
Puntales	21.175 %	
Tablero	9.300 %	

Fuente: Elaboración propia

Por último, se realiza la evaluación del deterioro de la condición del puente, las vigas longitudinales y transversales tienen una valoración de 19.360%, respecto a la valoración de la celosía tiene un 19.525%, luego se valora a los elementos estructurales como los refuerzos laterales y pórticos con un 20.020%, además de los puntales obteniendo una valoración de 21.175% y finalmente al tablero con una calificación de 9.300%. La sumatoria de estos elementos evidencia a la condición del puente sobre el Río Pital con un 89.38% en su valoración total.

CONCLUSIONES

Coexisten varias metodologías para la evaluación estructural de los puentes para ello es necesario una secuencia de cuantificación sistemática de los defectos de los puentes para la evaluación del estado con una calificación aplicable para este estudio de que no se observa ningún nivel de amenaza.

Los fundamentos necesarios para evaluar el estado de los puentes metálicos en vías de primer orden se basan en los estándares de ingeniería que se encuentran en los estudios que evalúan el riesgo de los puentes y hacen sugerencias de mantenimiento basadas en esa evaluación.

La evaluación del estado de la construcción del Puente Metálico del Río Pital permitió establecer que, juzgando este estado como una tendencia general, existen muy pocas irregularidades visibles bajo la influencia de aspectos externos. Se ha reconocido que la integración de modelos de evaluación adecuados al nuevo contexto de transformación en el campo de la ingeniería ha sido lenta, limitando en última instancia la actividad profesional para satisfacer las necesidades de los sectores económicos y de servicios.

El concepto técnico de evaluación integral presentado en el desarrollo del modelo contiene la contradicción entre la situación actual y las expectativas, y se integra en el proceso de evaluación general, basado en los aspectos de la teoría, el método de evaluación, etc. Aplicación y experiencia, a partir de los resultados de la aplicación de la metodología antes mencionado a casos de puentes metálicos.

Esta metodología se ajusta al concepto de evaluación integral y proporciona una solución alternativa al estado actual de la construcción de puentes, mejorando la eficiencia del proceso de toma de decisiones, además es consecuente con la concepción de la evaluación integral y constituye una alternativa que eleva la efectividad del proceso de toma de decisiones ante la solución de los problemas del estado constructivo de los puentes.

La presente metodología de evaluación de la condición estructural del Puente Metálico del Río Pital se basa en la evaluación del estado de los elementos principales del puente, por ejemplo: las vigas longitudinales y transversales tienen una evaluación de 19.360%, respecto a la evaluación de la celosía tiene un 19.525%, luego se valora a los elementos estructurales como los refuerzos laterales y pórticos con un 20.020%, además de los puntales obteniendo una evaluación de 21.175% y finalmente al tablero con una evaluación de 9.300%. Estos valores representan el daño estructural del puente, y en la Tabla se muestra que el puente con un periodo de construcción de 10 años, no se observa ningún nivel de amenaza.

RECOMENDACIONES

Para una correcta aplicación de la metodología se debe utilizar la inspección visual para identificar el grado de daño en el que se encuentran cada uno de sus elementos estructurales y poder así establecer la condición actual del puente de estructura metálica.

Durante esta investigación se pudo comprobar que el estado de evaluación del Puente Metálico sobre el río Pital no corría riesgo, ya que los elementos que conforman la superestructura del puente, no habían sufrido daños graves. Sin embargo, se recomienda reparar la carpeta asfáltica en las zonas afectadas, además de mejorar el drenaje para solucionar la acumulación del agua existente en la estructura del tablero del puente Pital impidiendo así el desgaste de la vía.

Se recomienda poner en práctica esta metodología en relación con la evaluación de puentes de superestructura metálica para así elevar la efectividad de la aplicación de la misma en la práctica profesional.

A las estructuras metálicas se le debe de aplicar un mantenimiento de manera periódica, para que así las estructuras no caigan en el deteriora miento por varios factores, uno de los más conocido es la corrosión.

Las inspecciones rutinarias en puentes, son necesarias para poder analizar la evolución y posible deterioro de la estructura desde el punto de vista resistente y suministrar así datos útiles para la toma de decisiones sobre su mantenimiento, reparación o refuerzo.

BIBLIOGRAFIA

- Adsetts, J. R., Ebrahimi, N., Zhang, J., Jalaei, F., & Noël, J. J. (2023). Steel Bridge-Coating Systems and Their Environmental Impacts: Current Practices and Future Trends. *Coatings*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/coatings13050850>
- Barrantes, J. M. (2017). *GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN EN PUENTES MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL* (p. 14).
- Campbell, L. E., Connor, R. J., Whitehead, J. M., & Washer, G. A. (2020). Benchmark for Evaluating Performance in Visual Inspection of Fatigue Cracking in Steel Bridges. *Journal of Bridge Engineering*, 25(1), 1–10. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)be.1943-5592.0001507](https://doi.org/10.1061/(asce)be.1943-5592.0001507)
- Candebat-Sánchez, D. (2016). *Algunas reflexiones acerca de la rehabilitación estructural sismorresistente de puentes* (p. 10). CIGET. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181349355003/html/>
- Candebat Sánchez, D., & Godínez Melgares, G. (2018). Metodología para la evaluación preliminar de la vulnerabilidad sísmica estructural de puentes de hormigón armado. *Informes de La Construcción*, 70(549), 247. <https://doi.org/10.3989/id.55418>
- Carpintero García, I. (2018). Problemática en la inspección de puentes metálicos antiguos. In *Hormigón y Acero* (Vol. 69, Issue 285, pp. 121–127). <https://doi.org/10.1016/j.hya.2017.04.020>
- Fang, L., Fu, Z., Ji, B., & Li, X. (2023). The stiffness-degradation law of base metal after fatigue cracking in steel bridge deck. *Steel and Composite Structures*, 47(2), 239–251. <https://doi.org/10.12989/scs.2023.47.2.239>
- Feier, A., & Chivu, O. R. (2018). Lamellar tearing observations regarding the application of european standards in the field of welded steel constructions. *Revista de Chimie*, 69(6), 1352–1354. <https://doi.org/10.37358/rc.18.6.6323>
- Fiandaca, D., Di Matteo, A., Patella, B., Moukri, N., Inguanta, R., Llord, D., Mulone, A., Mulone, A., Alsamahi, S., & Pirrotta, A. (2022). An Integrated Approach for Structural Health Monitoring and Damage Detection of Bridges: An Experimental Assessment. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/app122413018>
- García Giraldo, J. M., Ospina Giraldo, J., & Graciano Gómez, E. A. (2014). La infraestructura de puentes en las vías secundarias del departamento de Antioquia. In *BRIDGE INFRASTRUCTURE IN SECONDARY ROADS OF ANTIOQUIA. (English)* (Vol. 11, Issue 22, pp. 119–131). 10.14508/reia.2014.11.22.119-131%5Cn<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=102131123&lang=es&site=ehost-live>
- Giordano, P. F., Previtali, M., & Limongelli, M. P. (2023). Monitoring of a Metal Bridge Using DInSAR Data. In *Lecture Notes in Civil Engineering: Vol. 254 LNCE*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07258-1_41

- Jiang, S., & Wang, Y. (2023). Study on Fatigue Behavior of Orthotropic Steel Bridge Deck that Considers Corrosion Effects. *Journal of Bridge Engineering*, 28(3).
<https://doi.org/10.1061/JBENF2.BEENG-5963>
- Kim, Y. J., Bodenstab, E., & Ji, Y. (2023). Modelling a steel-plate girder bridge strengthened with carbon-fibre reinforced polymer. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*, 176(2), 147–160.
<https://doi.org/10.1680/jstbu.20.00146>
- Kuang, Y., Wang, K., He, Y., Zhao, H., & Xiang, P. (2023). Fatigue behaviour of corroded stud based on crack growth theory. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*, 176(1), 2–12. <https://doi.org/10.1680/jstbu.20.00135>
- Kyvelou, P., Buchanan, C., & Gardner, L. (2022). Numerical simulation and evaluation of the world's first metal additively manufactured bridge. *Structures*, 42, 405–416.
<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.06.012>
- Lallam, M., Mammeri, A., & Djebli, A. (2021). Fuzzy analytical hierarchy processes for damage state assessment of arch masonry bridge. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 7(11), 1933–1946. <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091770>
- Li, L., Chen, B., Zhou, L., Xia, Q., Zhou, Y., Zhou, X., & Xia, Y. (2023). Thermal behaviors of bridges — A literature review. *Advances in Structural Engineering*.
<https://doi.org/10.1177/13694332231153976>
- Lu, N., Liu, J., Wang, H., Yuan, H., & Luo, Y. (2023). Stochastic Propagation of Fatigue Cracks in Welded Joints of Steel Bridge Decks under Simulated Traffic Loading. *Sensors*, 23(11). <https://doi.org/10.3390/s23115067>
- Matsui, T., Suzuki, K., Sato, S., Kubokawa, Y., Nakamoto, D., Davaakhishig, S., & Matsumoto, Y. (2021). Pilot demonstration of a strengthening method for steel-bolted connections using pre-formable carbon fiber cloth with vartm. *Materials*, 14(9).
<https://doi.org/10.3390/ma14092184>
- Mustafa, S., Sekiya, H., & Hirano, S. (2023). Evaluation of fatigue damage in steel girder bridges using displacement influence lines. *Structures*, 53, 1160–1171.
<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.04.126>
- Patil, N., Pawade, P., & Dabhekar, K. (2023). Review on live load distribution on steel composite i girder bridges under vehicle loading. *AIP Conference Proceedings*, 2747.
<https://doi.org/10.1063/5.0134735>
- Pedrosa, B., Correia, J., Rebelo, C., Veljkovic, M., & Gervásio, H. (2021). Fatigue experimental characterization of preloaded injection bolts in a metallic bridge strengthening scenario. *Engineering Structures*, 234.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112005>
- Pillai, A. J., & Talukdar, S. (2023). Fatigue Life Assessment of a Plate Girder Bridge Using an Uncoupled Iterative Scheme for Bridge-Vehicle Interaction. *Journal of Bridge Engineering*, 28(2). <https://doi.org/10.1061/JBENF2.BEENG-5703>
- Provines, J., Rickard, R., & Sharp, S. (2022). Evaluation of a Continuous Laser Ablation

- Coating Removal Device for Steel Bridges. In *Transportation Research Record* (Vol. 2676, Issue 5). <https://doi.org/10.1177/03611981211070550>
- Quadros, H. S., Bersch, J. D., Pelizzoli, L., Klein, M. M. L., Ribeiro, F. R. C., 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(2). <https://doi.org/10.1007/s41024-023-00325-y>
- Rahman, M. A., Zhang, L., Lv, X., & Lau, K. (2023). Analyzing Coating Conditions of Steel Bridges at Florida: A Data-Driven Approach. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 37(2). <https://doi.org/10.1061/JPCFEV.CFENG-4111>
- Saptarshi Sasmal, K. R. (2008). *Condition evaluation of existing reinforced concrete bridges using fuzzy based analytic hierarchy approach* (p. 14). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.08.017>
- Su, S., Yang, Y., Wang, W., & Ma, X. (2021). Crack propagation characterization and statistical evaluation of fatigue life for locally corroded bridge steel based on metal magnetic memory method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 536. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2021.168136>
- Xin, H., Liu, J., Correia, J. A. F., Berto, F., Veljkovic, M., & Yang, F. (2023). Strengthening effects evaluation on fatigue damage of rib to deck joint in orthotropic steel deck. *Engineering Failure Analysis*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.107041>
- Yang, Y., Ma, X., Su, S., & Wang, W. (2023). Study on corrosion damage characterization and tensile strength evaluation for locally corroded bridge steel via metal magnetic memory method. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112406>
- Zeng, Y., Zhou, J., Shu, H., Zhang, X., & Zhou, J. (2023). Study on crack propagation life of corrosion fatigue in orthotropic steel deck in steel bridges. *Structures*, 53, 731–741. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.04.073>
- Zhan, Y., Huang, W., Li, Y., Zhang, C., Shao, J., & Tian, B. (2023). Shear behavior and analytical model of T-type perfobond rib connectors. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 23(3), 150. <https://doi.org/10.1007/s43452-023-00697-5>
- Zhang, T., & Zaghi, A. E. (2023). Estimation of the residual bearing strength of corroded bridge girders using 3D scan data. *Thin-Walled Structures*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2023.110798>
- AASHTO. (2017). Diseño de Puentes. En *Diseño de Puentes AASHTO* (págs. 14,15,69,269,316).
- ABASCAL, J. D. (Enero de 2018). La fatiga de los materiales y su tolerancia al daño. *FUTURISTAS REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA*, pág. 1.

- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- CONGOPE, B. I.-B. (2019). Plan Vial Integral Provincia de El Oro. CONGOPE.
- GAD. (enero de 2024). *GAD Municipal del cantón Santa Rosa*. Obtenido de <http://www.santarosa.gob.ec/web/>
- Industry, S. a. (1898). Members of a Truss Bridge by Benj. F. La Rue, Home Study Magazine,. *Published by the Colliery Engineer Company, Vol 3, No. 2, 67-68.*
- SAMAT. (2019). *Ingenieriasamat*. Obtenido de Pandeo: <https://ingenieriasamat.es/>
- Serquén, A. R. (2017). Puentes con AASHTO LRFD.

ANEXOS

ANEXO 1

VALORACIÓN DEL ESTADO DEL PUENTE METÁLICO SEGÚN INSPECCIÓN VISUAL	
Nombre del puente:	Puente sobre el río Pital
Ubicación del puente:	Sobre el río Pital Santa Rosa - El Oro
Fecha de evaluación:	14-10-2023
Año de construcción:	2014
Elementos del puente metálico: Vigas longitudinales y transversales	

Elementos de evaluación	Indicaciones	Descripción de amenazas	Condición: Defectuoso a excelente (1 al 10)
Vigas longitudinales (Principales)	¿Existe algún tipo de deterioro en las vigas?	No hay daños en la estructura	8
Vigas transversales (Diafragmas)	¿En qué estado se encuentran las vigas?	Se encuentran en buen estado	8
Pandeo	¿Se encuentran las vigas con pandeo?	No presentan pandeo	10
Corrosión	¿Existe corrosión en las vigas?	Presenta un poco de corrosión	8
Fatiga	¿Se contempla fatiga en las vigas?	No existen daños	10
Fractura frágil	¿Se presenta fractura frágil en la viga?	No presenta fracturas	9
Fractura dúctil	¿Se encuentran las vigas con fractura dúctil?	Se encuentra en buena condición	9
Falla plástica	¿Se presenta falla plástica en la viga?	No existen daños	10

ANEXO 2

VALORACIÓN DEL ESTADO DEL PUENTE METÁLICO SEGÚN INSPECCIÓN VISUAL	
Nombre del puente:	Puente sobre el río Pital
Ubicación del puente:	Sobre el río Pital Santa Rosa - El Oro
Fecha de evaluación:	14-10-2023
Año de construcción:	2014
Elementos del puente metálico: Celosía	

Elementos de evaluación	Indicaciones	Descripción de amenazas	Condición: Defectuoso a excelente (1 al 10)
Condición de la celosía	¿Existe algún tipo de deterioro en el acero?	No hay daños en la estructura	8
Pandeo	¿Se encuentran las celosías con pandeo?	Se encuentra en buen estado	8
Corrosión	¿Existe corrosión en las celosías?	Presenta un poco de corrosión	8
Fatiga	¿Se contempla fatiga en las celosías?	No existen daños	9
Fractura frágil	¿Se presenta fractura frágil en la celosía?	No presenta fracturas	10
Fractura dúctil	¿Se encuentran las celosías con fractura dúctil?	Se encuentra en buena condición	10
Falla plástica	¿Se presenta falla plástica en la celosía?	No presenta fallos	10

ANEXO 3

VALORACIÓN DEL ESTADO DEL PUENTE METÁLICO SEGÚN INSPECCIÓN VISUAL	
Nombre del puente:	Puente sobre el río Pital
Ubicación del puente:	Sobre el río Pital Santa Rosa - El Oro
Fecha de evaluación:	14-10-2023
Año de construcción:	2014
Elementos del puente metálico: Refuerzos laterales y pórticos	

Elementos de evaluación	Indicaciones	Descripción de amenazas	Condición: Defectuoso a excelente (1 al 10)
Refuerzos laterales	¿Existe algún tipo de deterioro en los refuerzos laterales?	No existen deterioros	9
Refuerzos pórticos	¿En qué estado se encuentran los refuerzos pórticos?	Se encuentra en buen estado	9
Pandeo	¿Se encuentran los refuerzos con pandeo?	No presentan pandeo	10
Corrosión	¿Existe corrosión en los refuerzos?	Existe poca corrosión	7
Fatiga	¿Se contempla fatiga en los refuerzos?	No existen daños	10
Fractura frágil	¿Se presenta fractura frágil en los refuerzos?	No presenta fracturas	9
Fractura dúctil	¿Se encuentran los refuerzos con fractura dúctil?	No existen daños	9
Falla plástica	¿Se presenta falla plástica en los refuerzos?	No se observan fallas	10

ANEXO 4

VALORACIÓN DEL ESTADO DEL PUENTE METÁLICO SEGÚN INSPECCIÓN VISUAL	
Nombre del puente:	Puente sobre el río Pital
Ubicación del puente:	Sobre el río Pital Santa Rosa - El Oro
Fecha de evaluación:	14-10-2023
Año de construcción:	2014
Elementos del puente metálico: Puntales	

Elementos de evaluación	Indicaciones	Descripción de amenazas	Condición: Defectuoso a excelente (1 al 10)
Condición de los puntales	¿En qué estado se encuentran los puntales?	Se encuentra en buen estado	9
Pandeo	¿Se encuentran los puntales con pandeo?	No existen daños	10
Corrosión	¿Existe corrosión en los puntales?	No presenta corrosión	9
Fatiga	¿Se contempla fatiga en los puntales?	Se presenta en buena condición	10
Fractura frágil	¿Se presenta fractura frágil en los puntales?	No presenta fracturas	10
Fractura dúctil	¿Se encuentran los puntales con fractura dúctil?	No se observan daños	10
Falla plástica	¿Se presenta falla plástica en los puntales?	No se visualizan fallos	10

ANEXO 5

VALORACIÓN DEL ESTADO DEL PUENTE METÁLICO SEGÚN INSPECCIÓN VISUAL	
Nombre del puente:	Puente sobre el río Pital
Ubicación del puente:	Sobre el río Pital Santa Rosa - El Oro
Fecha de evaluación:	14-10-2023
Año de construcción:	2014
Elementos del puente metálico: Tablero	

Elementos de evaluación	Indicaciones	Descripción de amenazas	Condición: Defectuoso a excelente (1 al 10)
Superficie	¿Existe algún tipo de deterioro como huecos, grietas, en la plataforma?	Si existe la presencia de baches	7
Acera	¿Se presenta algún tipo de obstrucción en las aceras?	Presenta lodo sobre las aceras	8
Baranda	¿Existe la baranda de protección y está en una óptima condición?	Se encuentra en buena condición	8
Bordillo	¿Se contempla a los bordillos deteriorados en el puente?	No están deteriorados	8
Pintura	¿La pintura se encuentra muy bien conservada?	En varias zonas del tablero están sin pintura	8
Drenaje	¿Los drenajes presentan obstrucciones?	Presentan poca basura y lodo	8
Iluminación	¿Existe una excelente visibilidad en el puente?	Se encuentra en buen estado	8



Ilustración 4 Puente Rio Pital

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 5 Estado actual del puente

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 6 Condición de celosía

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 7 Observación de la superficie

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 8 Estado de Puntales, Refuerzos y Celosía

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 9 Inspección de la superestructura del puente

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 10 Observación de la baranda

Fuente: Elaboración propia

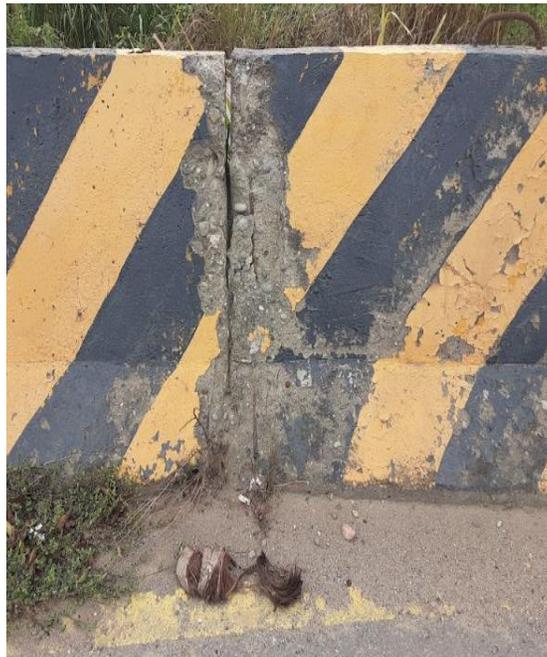


Ilustración 11 Condición del bordillo

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 12 Observación de las vigas

Fuente: Elaboración propia

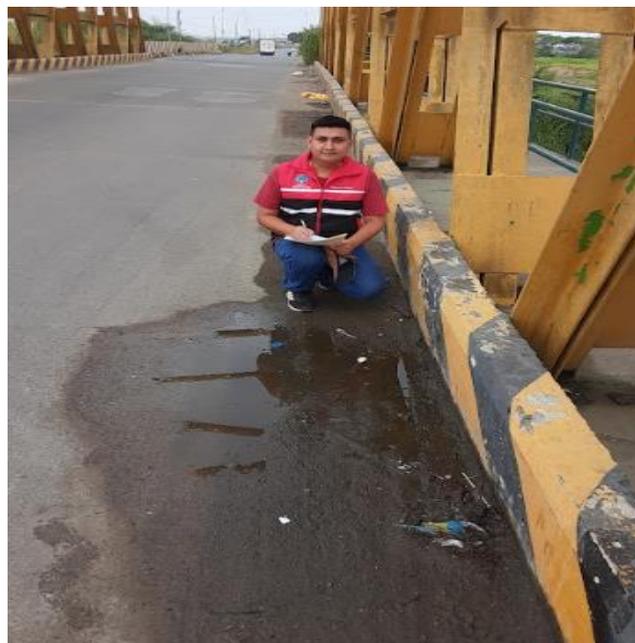


Ilustración 13 Inspección del drenaje

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 14 Observación de acera

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 15 Condición de iluminación

Fuente: Elaboración propia