



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA
SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL
DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA
DE SAN ROMÁN – PUNO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CRISTIAN CAMA TICAHUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA
SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL
DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA
DE SAN ROMÁN – PUNO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CRISTIAN CAMA TICAHUANCA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. CÉSAR GUILLERMO CAMARGO NÁJAR

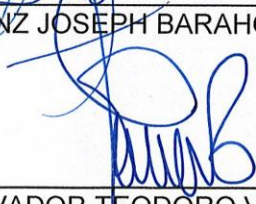
PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 0136-2026-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 01 de abril del 2026

VISTO: El expediente N° 2026-CU-000835 presentado por el (la) Bachiller: **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 09 de abril del 2026
- * **HORA** : 15:30 hr
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975

cc.
Archivo 2026
interesado (a)



Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1013-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 7031 por el señor (a): **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 754 - 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 098- 2025 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 098- 2025 **aproband** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 741-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 7421, presentado por el señor (a) **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 490-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 056 -2025 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 056 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **CRISTIAN CAMA TICAHUANCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc.
Archivo 2025
Interesado (a)





CRISTIAN CAMA TICAHUANCA

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO ...

 Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:594470548

Fecha de entrega

25 may 2026, 9:46 GMT-5

Fecha de descarga

25 may 2026, 11:35 GMT-5

Nombre del archivo

T036_73503382_T.docx

Tamaño del archivo

23.6 MB

145 páginas

14.415 palabras

78.653 caracteres



9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	CRISTIAN CAMA TICAHUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73503382
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-4084-3727
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-8660-8733
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción – P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Cabanillas - Latitud: -15.637229° - Longitud: -70.348556°  https://www.google.com/maps/place/Puente+Cabanillas/@-15.637023,-70.3500228,565m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x915d55a4e75b9ec1:0x348b61e39bfbdc918m2!3d-15.6370599!4d-70.3485839!16s%2Fg%2F11sd92m3wm?entry=ttu&g_ep=EgovMDI2MDQxMi4wIKXMDSoASAFAQAw%3D%3D
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2025 - septiembre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01
- Librería	



UNIVERSIDAD ANDINA "MESTR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS BÁSICAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, CRISTIAN CAMA TICAHUANCA identificado con DNI Nro. 73503382 en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico denominada:

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO 2025

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

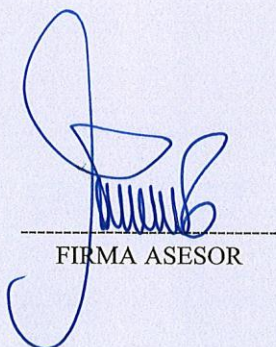
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

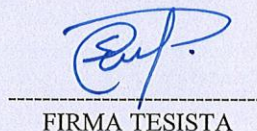
Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez 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.

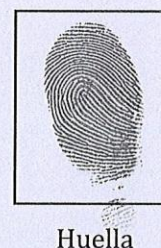
Juliaca 24 de abril del 2026



FIRMA ASESOR



FIRMA TESISTA



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios, por bendecirme con la vida y la sabiduría necesaria para culminar esta etapa. A mi madre, con profunda gratitud y amor, por enseñarme que con perseverancia no hay meta inalcanzable. Gracias por ser mi mayor ejemplo de lucha y entrega.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar con éxito esta etapa de mi vida

A mi madre, Rosa, mi mayor ejemplo de esfuerzo y sacrificio. Gracias por tu apoyo incondicional, por tu palabra de aliento en momentos de cansancio y por enseñarme que con trabajo y fe se alcanzan los sueños más grandes.

A mi asesor de tesis, Salvador, por su invaluable orientación, paciencia y por compartir sus conocimientos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación

A todos, ¡muchas gracias!



ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	15
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	15
1.2. PROBLEMA DEL ESTUDIO	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.3.1. Justificación técnica	17
1.3.2. Justificación económica	17
1.3.3. Justificación social	17
1.4. OBJETIVOS	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.5. HIPOTESIS	18
1.5.1. Hipótesis general	18
1.5.2. Hipótesis Específicos	19
1.6. VARIABLES	19
1.6.1. Variable de caracterización.....	19
1.6.2. Variable de interés	19
1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	19



1.7.1.	Indicadores.....	19
CAPÍTULO II.....		21
MARCO TEÓRICO		21
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2.	Antecedentes nacionales	21
2.1.3.	Antecedentes locales	22
2.2.	BASE TEORÍA	23
2.2.1.	Principio básico	23
2.2.2.	Partes de un Puente	23
2.2.3.	Losa de Pavimento	25
2.2.4.	Capa de Rodadura.....	25
2.2.5.	Barreras de seguridad.....	26
2.2.6.	Losa de transición	27
2.2.7.	Aceras	27
2.2.8.	Sistema Portante.....	28
2.2.9.	Disposición de membranas.....	28
2.2.10.	Juntas de extensión.	29
2.2.11.	Drenaje.....	30
2.2.12.	Gálíbos	30
2.2.12.1.	Sub sistema:	31
2.2.13.	Cimentación	32
2.2.13.1.	Superficial Cimentación.	32
2.2.13.2.	Cimentación Profunda.	32
2.2.14.	Categorización de Puentes	33
2.2.15.	Locación y selección de la clase de puente	39



2.2.16.	Sistema de puentes compuestos con vigas armadas clase I	40
2.2.17.	Disposición de los componentes estructurales e insumos	41
2.2.18.	Modelo estructural.....	43
2.2.19.	Estados límite.....	43
2.2.20.	Recomendaciones para el análisis	45
2.2.21.	Importancia operativa.....	45
2.2.22.	Normas para la deflexión y deformaciones	46
2.2.23.	Estándar para la long. de profundidad - tramo	47
2.2.24.	Combinaciones de cargas para puentes	47
2.2.25.	Sistemas en Acero	54
CAPÍTULO III.....		59
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		59
3.1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN	59
3.1.1.	Diseño de la investigación	59
3.2.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	60
3.2.1.	Técnicas:	60
3.2.2.	Instrumentos:.....	61
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	62
3.3.1.	Población.....	62
3.3.2.	Muestra	62
3.3.3.	Puente ubicado sobre el cauce del río.....	62
3.4.	PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS	64
3.4.1.	Aspectos importantes del puente.....	64
3.4.2.	Características de la superestructura del puente	64
3.4.3.	Dimensionamiento previo de la losa	66



3.4.4.	Profundidad de las vigas.....	66
3.5.	MODELAMIENTO ESTRUCTURAL	68
3.5.1.	Componentes	68
3.5.2.	Detalles	71
3.5.3.	Pesos de los modelos.	79
CAPÍTULO III.....		87
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		87
4.1.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	87
4.1.1.	Cortante en exteriores vigas y diagramas de momento.	87
4.1.2.	Cortante en interiores vigas diagramas de momento.....	90
4.1.3.	Comprobación de Límite Estado de Uso II	93
4.1.4.	Diagramas de cortante y momento en exteriores vigas.	97
4.1.5.	Elásticas Deformaciones.....	100
4.1.6.	Permanentes Deformaciones.	102
4.1.7.	Sismo (Carga)	102
4.1.8.	Combinación de pesos Máx Estado	104
CONCLUSIONES		108
RECOMENDACIONES.....		110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		112
ANEXOS		115



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Disposición de cargas vehiculares en puentes	47
Tabla 2 FC para CM	48
Tabla 3 Agente de múltiple aspecto, m.	51
Tabla 4 Fracción de tránsito	53
Tabla 5 Aumento por Dinámica Carga, IM.	53
Tabla 6 Parámetros del estudio hidrológico – hidráulico.....	63
Tabla 7 Disposición de profundidades mínimas.....	66



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imagen tridimensional de las partes de un puente.....	23
Figura 2 Puente sobre imagen transversal área típica.	24
Figura 3 Elementos de seguridad para elevada y poca velocidad	26
Figura 4 Barreras de concreto clase New Jersey	26
Figura 5 Dispositivo de transición en paso superior.	27
Figura 6 Aceras sección desviada	28
Figura 7 Elementos portantes del sistema de vigas prefabricadas	28
Figura 8 Aplicación de membranas tipo metálicas clase V.....	29
Figura 9 Apoyo elastómero.	29
Figura 10 Condiciones de la sección transversal del puente	30
Figura 11 Características de la sección transversal del puente	30
Figura 12 Partes de una base	31
Figura 13 Pilares de Viaducto	32
Figura 14 Cimentaciones con elementos de pilotaje.	33
Figura 15 Imagen del puente U Bein en Birmania	33
Figura 16 Puente de Villafer	34
Figura 17 Vigas prefabricadas como elementos portantes.....	34
Figura 18 Puente en altura	35
Figura 19 Imagen del puente de la Torre de Londres.....	36
Figura 20 Imagen del Puente Bac de Roda	36
Figura 21 Área de una viga clase artesa fabricada previamente	37
Figura 22 Imagen del área de la dovela.....	37
Figura 23 Imagen del puente colgante Akashi Kaykiō.....	38
Figura 24 Imagen del puente Brotonne en el rio Seine	38



Figura 25 Distintas configuraciones de puentes	39
Figura 26 Secciones de metálicas vigas	40
Figura 27 Componentes primarios	41
Figura 28 Rasgos y conformantes	41
Figura 29 Disposición de la combinación de cargas y FC.	48
Figura 30 Características del modelo HL - 93.....	52
Figura 31 Ubicación geográfica del puente Cabanillas sobre el cauce del Rio.....	63
Figura 32 Imagen del puente Cabanillas	65
Figura 33 Vista de la luz libre entre los ejes de apoyo del puente Cabanillas.	65
Figura 34 Elegir el área del Puente.....	69
Figura 35 Selección del área del Puente	69
Figura 36 Disposición de la luz de 90 m en 3 Tramos.....	70
Figura 37 Carril de diseño del puente.	70
Figura 38 Disposición del acero en el modelo de la estructura del puente.	71
Figura 39 Área de la sección transversal de la viga I	72
Figura 40 Área clase L	72
Figura 41 Área clase	73
Figura 42 Transversal sección L diagonales q.....	73
Figura 43 Tablero puente.	74
Figura 44 Disposición de diafragmas.	75
Figura 45 Ubicación de diafragmas en la parte interior.	75
Figura 46 Espaciamiento y ubicación	76
Figura 47 Reacciones y bases	76
Figura 48 Bases fijas	77
Figura 49 Apoyos	77
Figura 50 Selección del Spring en el modelo.....	78



Figura 51 Consideraciones para los estribos.....	78
Figura 52 Diseño de la super estructura del modelo del puente	79
Figura 53 Diseño de super estructura	79
Figura 54 Detalles de las dimensiones del puente	80
Figura 55 Modelo DC2 del puente.	80
Figura 56 Características de la elevación de separación (10 m).....	81
Figura 57 Dimensiones de la altura en barandas.	81
Figura 58 Carga considerada en las barandas del elemento.	81
Figura 59 Distribución de la carga DW	82
Figura 60 Disposición del modelo HL-93K.....	83
Figura 61 Disposición del modelo HL-93M	83
Figura 62 Disposición del modelo HL-93S.....	84
Figura 63 Camión HL-93 K, S y M.	84
Figura 64 Modelo HL-93F	84
Figura 65 Variante de varias sobrecargas para IM + LL.....	85
Figura 66 PL Peatonal Carga.....	85
Figura 67 Situaciones de carga a evaluar.....	86
Figura 68 V2 y M3 en exteriores vigas DC1.	87
Figura 69 V2 y M3 en exteriores vigas DC2.	88
Figura 70 V2 y M3 peso DW.	88
Figura 71 V2 y M3 peso exteriores PL.....	89
Figura 72 M3 y V2 IM + LL en exteriores vigas	89
Figura 73 V2 y M3 en vigas DC2.	90
Figura 74 V2 y M3 fatiga en vigas.....	90
Figura 75 Cortante V2 y Momento M3 de peso DC1 en interiores vigas.	91
Figura 76 Momento M3 y Cortante y de peso DC1 en interiores vigas.	91



Figura 77 V2 y M3 peso interiores PL.....	92
Figura 78 M3 y V2 IM + LL en interiores vigas	92
Figura 79 V2 y M3 en vigas DC1.	93
Figura 80 Ventana estructural modelo.	94
Figura 81 Estructural Modelo.	94
Figura 82 Deflexión.	95
Figura 83 Área de esbelta viga	96
Figura 84 Área esbelta viga	96
Figura 85 Arriostra perfil horizontalmente y transversal.	97
Figura 86 Área variable	97
Figura 87 Perfil consolidación de vigas.....	98
Figura 88 V2 y M3 peso vigas DC2.....	98
Figura 89 V2 y M3 peso DW	99
Figura 90 M3 y V2 IM + LL en exteriores vigas	100
Figura 91 Estructural modelo bajo deformación elástica.	101
Figura 92 Deflexión del modelo.....	101
Figura 93 Deflexión del modelo al 25 % de carga útil.....	102
Figura 94 Sísmico espectro moldeable de aceleraciones para el análisis.	103
Figura 95 Coef. F_s . de sitio	103
Figura 96 Detalles del espectro de modelo de análisis en CSI Bridge.....	104
Figura 97 Aguante V en el programa CSI BRIDGE	104
Figura 98 Situaciones de peso a evaluar para modelo de diafragmas.....	105



RESUMEN

El presente estudio investiga la metodología de cálculo estructural aplicada a la superestructura del puente ubicado en el distrito de Cabanillas en la provincia de San Román, mediante un modelamiento por el método de elementos finitos (MEF). La investigación se centra en el diseño, validación y análisis de vigas de acero de alma compacta y secciones compuestas, utilizando el software especializado CSI BRIGDE. El objetivo principal es determinar los beneficios técnicos y económicos de esta propuesta frente al modelo estructural vigente en la organización.

El proceso analítico se fundamenta en el manual de diseño de puentes del MTC, el cual establece los requisitos esenciales para infraestructuras viales en el Perú. No obstante, el estudio identifica deficiencias normativas nacionales y destaca la necesidad de integrar metodología avanzadas, como el estándar AASHTO LRFD para el modelado de cimentaciones, cuya implementación integral aun es limitada en las guías locales actuales. Los resultados permiten contrastar la eficiencia del modelo propuesto y validar su viabilidad técnica bajo estándares internacionales de seguridad y servicio.

Palabras Claves: Superestructura, infraestructura, pilares, estribos, cimientos.



ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the structural design methodology used in the design of the superstructure of the Cabanillas Bridge in Puno. This project will be carried out using the Finite Element Method. The design, validation, and analysis of compact web steel beams and composite sections for a bridge are part of our methodology. This methodology is achieved through the use of the Finite Element Method, implemented using the CSI Bridge.00 software. This is done to determine the technical and economic benefits of the proposal, as well as to compare the products with the organization's current structural model. Through the use of bridge design software, our analytical processes have allowed us to employ the MTC Bridge Design Manual. This conclusion was achieved through the use of bridge design software. The Peruvian regulations incorporate the fundamental requirements necessary for the model of the most common bridge structures. These requirements are necessary for bridge design. Despite this, the national standard for bridge construction has several significant deficiencies that need to be addressed. Furthermore, it has been discovered that the AASHTO tends to design foundations using the LRFD method, which has not yet been incorporated into the Bridge Design Manual.

Keywords: Superstructure, infrastructure, pillars, abutments, foundations.



INTRODUCCIÓN

Todo proyecto investigativo tiene una finalidad. Para cruzar ríos o lagos, se construye un puente. Generalmente, se trata de ferrocarriles o carreteras, pero además pueden aguantar líneas de distribución y tuberías. Estos tienen juntas de barras y tableros artesonados compuestos por vigas de concreto ancladas a la principal viga a través de conectores de corte y vigas de acero. Los delgados núcleos de las vigas de acero requieren rigidez lateral para evitar el colapso antes de que se produzca inestabilidad local. La composición incluye: Superestructura: cargada directamente. Las vigas de soporte (apoyo central), cerchas, cables y arcos transportan las cargas desde los tableros hasta los soportes y subestructuras. Las péndolas (apoyos finales) soportan directamente la superestructura.

La cimentación transfiere la carga estructural al terreno. La metodología sistemática LRFD (Modelo por FC y Resistencia) considera las incertidumbres de carga y aguante de los conformantes para ayudar a desarrollar proyectos racionales. Una expresión común de diseño LRFD.

Los códigos de puentes AISC y AWS limitan las tensiones de carga por fatiga. Estos códigos deberían ser fáciles de usar, pero su naturaleza empírica a menudo oculta sus orígenes basados en fallos por fatiga. La verdadera tensión no debe superar a la admisible para las estructuras cubiertas por estas regulaciones. Alternativamente, el modelador tiene la responsabilidad. El código generalmente oculta los márgenes de protección.

Los ingenieros deben priorizar la calidad estética de un puente ordenadamente de este modo: alineación vertical y horizontal y posicionamiento ambiental; tipo de superestructura (puente de arco o de vigas mixtas); posición de los pilares; ubicación y elevación de los estribos; configuraciones geométricas; barandillas y parapetos; texturas y colores de la superficie.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los ingenieros han establecido desde hace tiempo protocolos de diseño de puentes para garantizar la seguridad. Los análisis de carga y aguante de insumos sustentaron los procedimientos de modelo. Las especificaciones de puentes incluían protocolos de diseño. Las metodologías de modelo iniciales se hallan en los requerimientos Estándar AASHTO para puentes de Carretera, que fueron reemplazadas por las Especificaciones LRFD en 1994. Las Especificaciones LRFD se desarrollaron entre 1988 y 1993, junto con métodos probabilísticos con base estadística para cuantificar la seguridad. Dado que las Especificaciones LRFD son más modernas que los métodos LFD o ASD, este capítulo se centrará en ellos. Ambos métodos se encuentran en los requerimientos Estándar, pero ninguno tiene un fundamento matemático de seguridad.

Una filosofía de modelo considera la vida útil esperada de un sistema, el alcance de la conservación futura necesario para mantener su integridad, la prevención de modos de falla frágiles, la necesidad de redundancia y ductilidad, la precisión de los modelos analíticos para reflejar los efectos reales

de las fuerzas, la previsibilidad de la carga y el impacto de las pruebas rigurosas de materiales y las inspecciones exhaustivas de la construcción en los objetivos de diseño.

En el Perú, los puentes se construyen sin considerar la función de compresión del tablero de hormigón, lo que resulta en vigas demasiado grandes que requieren refuerzo adicional y lastran la superestructura y el equipo de construcción. Esta propuesta de tesis optimiza las dimensiones de las secciones y elimina refuerzos no requeridos para estudiar secciones de celosía de acero compactas que reducen la masa de la superestructura. Las autoridades públicas la recibirán próximamente.

1.2. PROBLEMA DEL ESTUDIO

1.2.1. Problema general

¿Cómo será el comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas por el Método AASHTO LRFD de las Provincia San Román - Puno?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es la capacidad y las solicitaciones de los momentos, cortantes y esfuerzos axiales, que se generan en los elementos de la superestructura debido a las combinaciones de cargas establecidas por la norma AASHTO LRFD?
2. ¿Cómo será el cálculo para el análisis del comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas por el Método AASHTO LRFD de las Provincia San Román – Puno?



1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación técnica

Este trabajo de investigación se justifica por emplear la base normativa actualizada y riguroso. Donde el desarrollo del análisis del comportamiento estructural del puente se basará en comparar las especificaciones técnicas establecidas en las disposiciones del fundamento del método AASHTO LRFD

El proyecto se asemeja a una planificación estratégica. El puente es importante para este proyecto, por lo que se está diseñando conforme con el reglamento AASHTO LRFD 2020 y las normas de modelo de puentes MTC, que incluyen directivas sobre condiciones peligrosas.

1.3.2. Justificación económica

La secuencia de análisis desarrollado debe mostrar la optimización de los componentes para evitar estructuras sobredimensionadas. Los puentes deben utilizar una nueva alternativa que puedan cumplir con las especificaciones establecidas en el reglamento AASHTO LRFD, que permita garantizar la seguridad de los que la usen esta infraestructura y a su vez optimizar al máximo los aspectos económicos.

1.3.3. Justificación social

Reconocer nuestra realidad actual. El transporte es un motor clave del crecimiento social y económico, que beneficia a la ciudadanía.

La incorporación de dos carriles mejorará el servicio comunitario en el puente compuesto. Los transportistas y la ciudadanía se beneficiarán de mejores servicios sociales, de marketing y culturales.



1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Analizar el comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas por el método AASHTO LRFD de las Provincia San Román – Puno.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar las demandas de momentos, cortantes y esfuerzos axiales en los elementos de la superestructura y analizar la capacidad resistente bajo las combinaciones de cargas de diseño establecidas por la normativa AASHTO LRFD.
2. Desarrollar el cálculo estructural del diseño de la superestructura del puente Cabanillas por el Método AASHTO LRFD de las Provincia San Román – Puno.

1.5. HIPOTESIS

1.5.1. Hipótesis general

Sera satisfactorio el comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas analizado por el método AASHTO LRFD, mostrando que la estructura llega a cumplir con los estados límite de resistencia y los estados límite de servicio dispuestos en la normativa para las combinaciones de cargas de diseño, permitiendo garantizar su seguridad y funcionalidad en la Provincia de San Román, Puno.



1.5.2. Hipótesis Específicos

1. La disposición de la capacidad resistente de las secciones críticas de la superestructura del puente Cabanillas supera el factor de seguridad $FS > 1.15$ según el criterio de diseño bajo las demandas de momentos, cortantes y esfuerzos axiales, generadas por las combinaciones de carga AASHTO LRFD.
2. El procedimiento de cálculo para el análisis del comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas es factible mediante la aplicación de un modelo de elementos finitos, aplicando las combinaciones de carga del Método AASHTO LRFD y los parámetros sísmicos de la región Puno, permitirá determinar las deflexiones y el factor de seguridad de la estructura.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variable de caracterización

Demandas y combinaciones de cargas.

1.6.2. Variable de interés

El comportamiento estructural

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

1.7.1. Indicadores



Indicadores de la variable de caracterización

- Carga Permanente
- Carga Viva Vehicular
- Combinaciones de cargas

Indicadores de la variable de interés

- Capacidad de Momento Flector Nominal y Diseño
- Capacidad de Fuerza Cortante Nominal y Diseño
- Factor de seguridad

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Li, M. y Guo, X. (2018). Se utiliza el análisis de elementos finitos para comparar los factores de distribución de los puentes de losa sobre vigas.

Utilizan el análisis de elementos finitos para evaluar la respuesta estructural con fórmulas AASHTO y producir coeficientes de distribución de carga más precisos. El estudio examina la corrección de los factores de distribución de carga en puentes de losa sobre vigas, contrastando los resultados de un análisis avanzado de elementos finitos (FEM) con los valores derivados de la metodología básica AASHTO LRFD.

Finalmente, después del desarrollo de este trabajo de investigación, se llega a la conclusión donde se recomienda utilizar el análisis de elementos finitos para obtener una evaluación más precisa y rentable del comportamiento estructural, especialmente en lo que respecta a las vigas exteriores y la fuerza cortante, aunque las fórmulas simplificadas de la AASHTO LRFD son suficientes para el diseño preliminar.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Quispe, A., y Flores, J. (2020). Realizaron un estudio titulado «Capacidad estructural de las superestructuras de puentes de hormigón en zonas sísmicas del sur de Perú». Universidad Nacional de San Agustín (UNSA).

El estudio analizó cómo se movían y cuál era la rigidez de los puentes de hormigón pretensado y armado en Arequipa y Puno. Los científicos descubrieron que las microfisuras provocaban una pérdida de rigidez en el material con el paso del tiempo debido a los repetidos terremotos y ciclos de calor. Llegamos a las siguientes conclusiones: En las zonas de altura, los gradientes térmicos hacen que las vigas sean mucho menos rígidas bajo estas condiciones.

Las estructuras con más de 20 años de antigüedad muestran signos de deterioro prematuro. Es necesario reclasificar la sismicidad y comprobar cómo se comporta bajo las cargas vivas actuales sometidas al sistema estructural.

2.1.3. Antecedentes locales

Toribio, C. y Gutiérrez, P. (2022). Modelización estructural de un puente automovilístico de hormigón armado sometido a condiciones climáticas adversas en las tierras altas de Perú. Universidad Privada de Tacna (UPT). Los autores desarrollan un modelo numérico en SAP2000 para un puente de hormigón armado que tenía que soportar cambios de temperatura muy elevados. Se analizaron las deflexiones, tensiones y deformaciones, y se compararon con los registros de campo.

Los cambios de temperatura modifican la distribución de las tensiones en la superestructura del puente. El uso de datos reales para calibrar el modelo estructural del puente puede hacer que aumente la precisión del análisis estructural. Los puentes que están expuestos a condiciones climáticas adversas o en zonas de altura es recomendable realizar su análisis mediante modelos de elementos finitos.

2.2. BASE TEORÍA

2.2.1. Principio básico

Una estructura con uno o más tramos y soportes construida sobre una obstrucción (como agua o un obstáculo que no permite la conexión de una carretera), una vía, una depresión, una autopista o una carretera férrea para acomodar el tránsito vehicular y/o peatonal o móviles cargas, y cuya total luz, al cruzar vías fluviales, supera los seis metros. Ministerio de Transporte e Infraestructura.

La AASHTO (2020) define una estructura como cualquier entidad con una abertura de 6100 mm que integra parte crucial de una vía, o que se encuentra por encima o por debajo de ella.

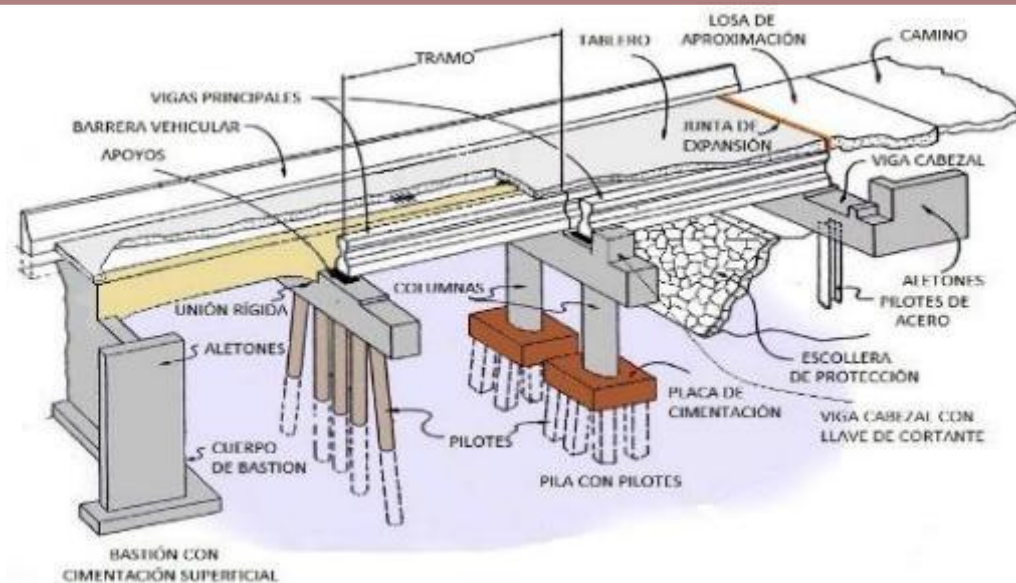
2.2.2. Partes de un Puente

Los conformantes primarios del sistema estructural de un puente se consideran los siguientes:

- Sub estructura
- Super estructura
- Cimentaciones

Figura 1

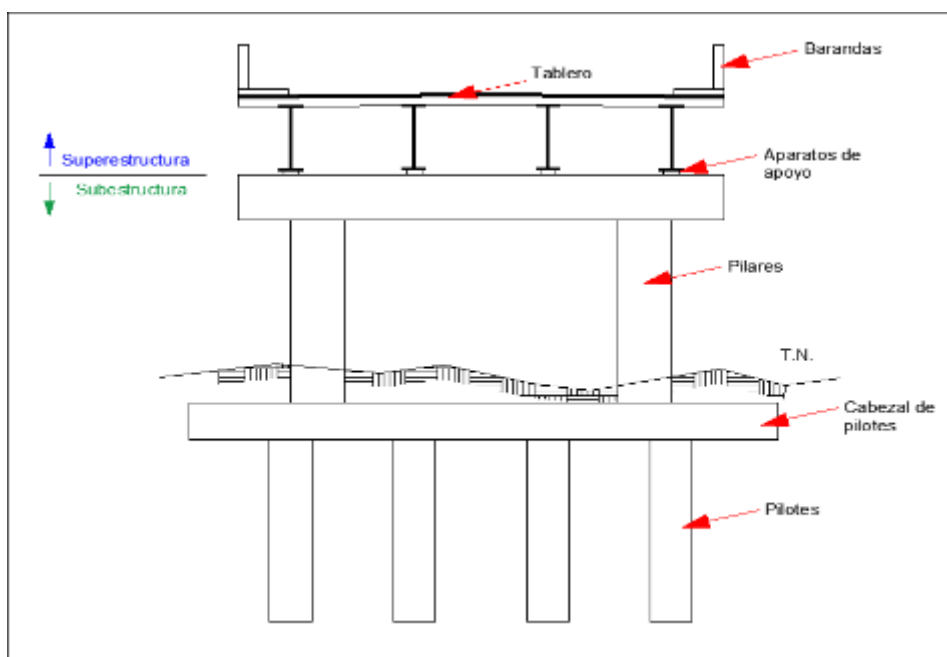
Imagen tridimensional de las partes de un puente.



Nota. Cabrera, J. (2005).

Figura 2

Puente sobre imagen transversal área típica.



Nota. Macas, F. A. (2019).

Soporta el tablero, las barandillas, los estribos y la plataforma del puente. Aquí se conservan las cargas de diseño para el transporte peatonal y vehicular.



2.2.3. Losa de Pavimento

Los pesos dinámicos de los vehículos de ruedas rectas se soportan mediante componentes adicionales si hay un cubo de rueda. Los siguientes requisitos para mesas de patio de concreto provienen de AASHTO LRFD (2020): Una losa de concreto debe tener al menos 30 cm de espesor, excluyendo la remediación, repavimentación y refuerzo, una losa de concreto es la que transmite las cargas en movimiento de los vehículos, donde su función es transmitir estas cargas hacia los elementos estructurales en la parte inferior de los puentes, donde además de ello estos deben proporcionar una parte segura para los vehículos que circulan en dicha superficie.

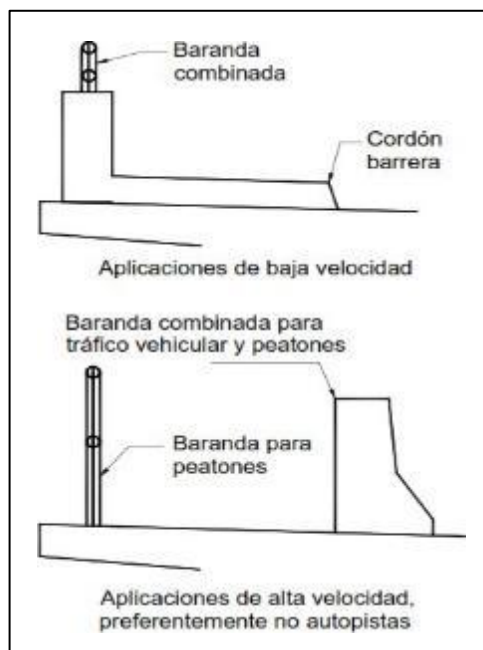
2.2.4. Capa de Rodadura

Los neumáticos entran en contacto directamente al asfalto. Se utilizan soluciones o emulsiones asfálticas en carreteras y medianas. El tráfico promedio esperado y el tipo de vehículos que circulan en dicha superficie determinarán el espesor de la capa protectora necesaria para proteger la superficie de la calzada.

Ambos extremos del puente cuentan con barricadas para proteger a los peatones. Se pueden instalar barandillas multiusos resistentes a impactos. Sin embargo, solo deben usarse en carreteras donde se impriman velocidades promedio de aproximadamente de 70 km/h. A altas velocidades, una barandilla de concreto es la mejor opción para la seguridad de los peatones.

Figura 3

Elementos de seguridad para elevada y poca velocidad



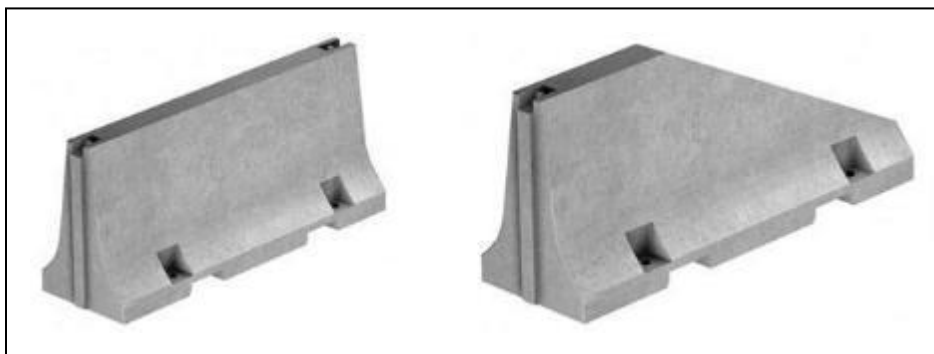
Nota. Cabrera, J. (2005).

2.2.5. Barreras de seguridad

Su objetivo primario es conservar el tránsito en el puente y cuidar al peatón de los automóviles que atraviesan en caso de colisión. Estos conformantes, ordenados geoméricamente, pueden resistir una colisión vehicular. Su distancia mínima de instalación desde el borde de la calzada es de 0,60m y el límite de 120cm.

Figura 4

Barreras de concreto clase New Jersey



Nota. Prefabricados Alberdi; (2010)

2.2.6. Losa de transición

Los vehículos se apoyan en rígidas losas antes de entrar a la infraestructura del puente. El MTC (2018) exige que las rampas de transición tengan un ancho mínimo de 20cm y una longitud límite que se ajuste al modelo del puente y a los puntos de entrada dispuestos en el sistema. Se apoyarán en el rellano y se fijarán a la estructura o pilar mediante juntas de hormigón no adherente.

Figura 5

Dispositivo de transición en paso superior.



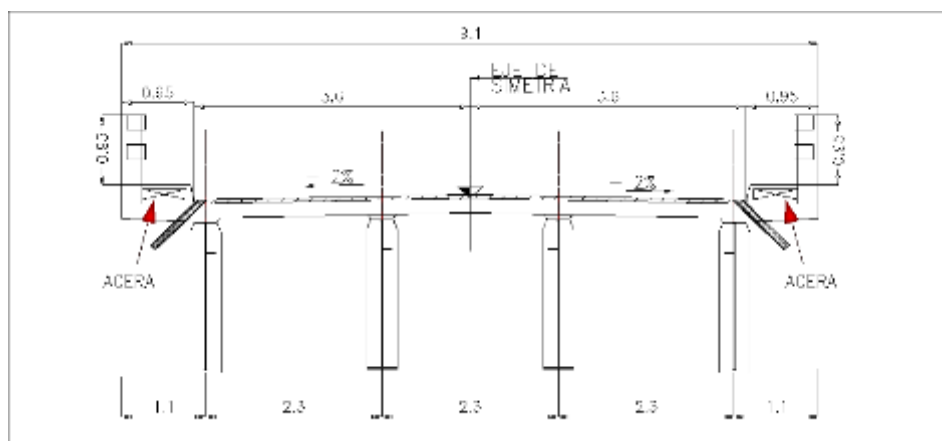
Nota. Macas, F. A. (2019).

2.2.7. Aceras

Lo más común es una elevación de 20-15cm encima del suelo de la mesa del puente, bajo estas condiciones es que recomienda la aplicación de aceras para la circulación de peatones.

Figura 6

Aceras sección desviada



Nota. Macas, F. A. (2019).

2.2.8. Sistema Portante

La lateral subestructura soporta este mecanismo estructural, que a su vez soporta el tablero y la superestructura. Las vigas portantes predominan en las portantes estructuras, pero existen otras clases de sistemas estructurales de puentes.

Figura 7

Elementos portantes del sistema de vigas prefabricadas



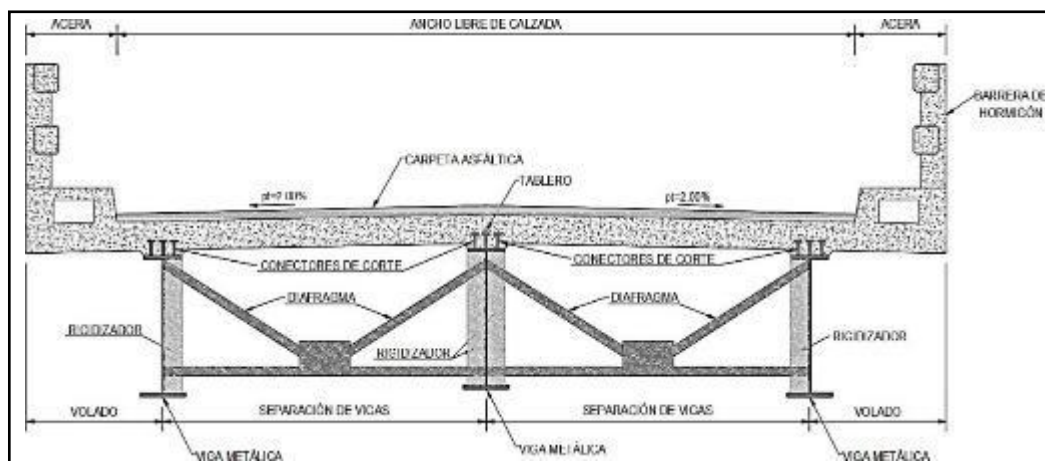
Nota. Rodríguez, A. (2018).

2.2.9. Disposición de membranas

Cuando el puente experimenta cargas dinámicas, los elementos perpendiculares a los sistemas de soporte principales, como los pilares, proporcionan estabilidad lateral y evitan su fallo.

Figura 8

Aplicación de membranas tipo metálicas clase V



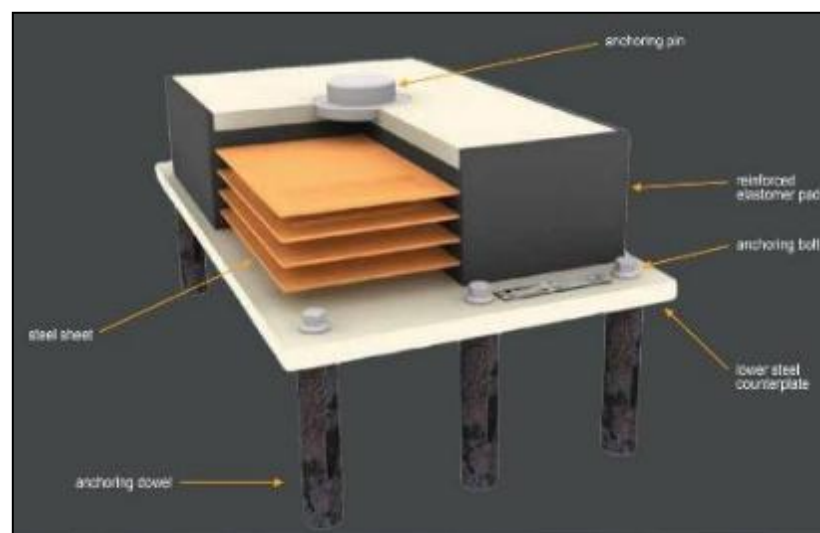
Nota. Prefabricados Alberdi; (2010)

Aparatos de base

Los edificios, puentes y otras estructuras utilizan dispositivos de soporte para transferir cargas y limitar el movimiento.

Figura 9

Apoyo elastómero.



Nota. Prefabricados Alberdi; (2010)

2.2.10. Juntas de extensión.

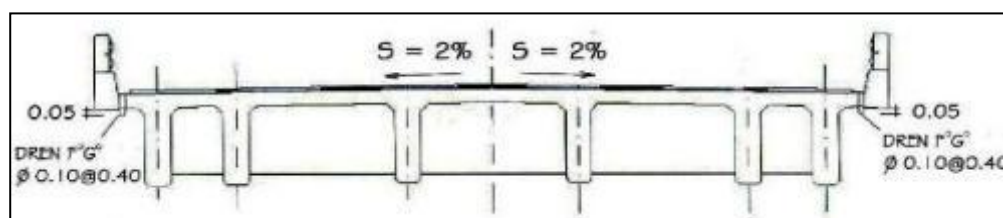
Ambos extremos de las estructuras remotas cuentan con dispositivos que absorben los movimientos horizontales.

2.2.11. Drenaje.

Para evitar la acumulación de agua, se instalan drenajes resistentes a la corrosión entre los tableros y los estribos del puente. Las especificaciones mínimas exigen orificios de diez milímetros con una separación de 400mm y a 50mm de la superficie del tablero. El agua de drenaje no debe acumularse sobre los elementos estructurales.

Figura 10

Condiciones de la sección transversal del puente



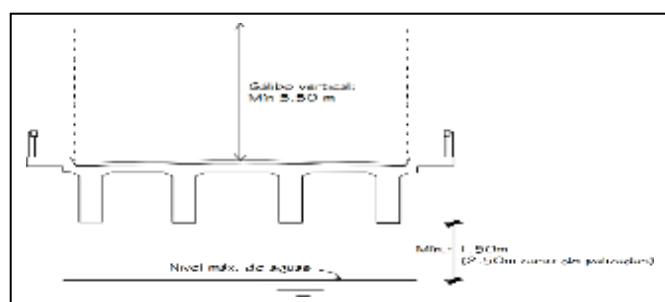
Nota. Rodríguez, A. (2018).

2.2.12. Gálibos

El tráfico vehicular se adaptará a las dimensiones horizontales y verticales de los puentes urbanos. El gálibo mínimo vertical será de 5,50 m. La altura libre recomendada es de 1,50 m. Esto se considerará si los ríos erosionan la infraestructura de los sistemas estructurales en su condición o situación actual.

Figura 11

Características de la sección transversal del puente



Nota. Rodríguez, A. (2018).

2.2.12.1. Sub sistema:

El peso de la superestructura se transfiere al suelo mediante soportes. Se utilizan hormigón, tirantes y pilastras.

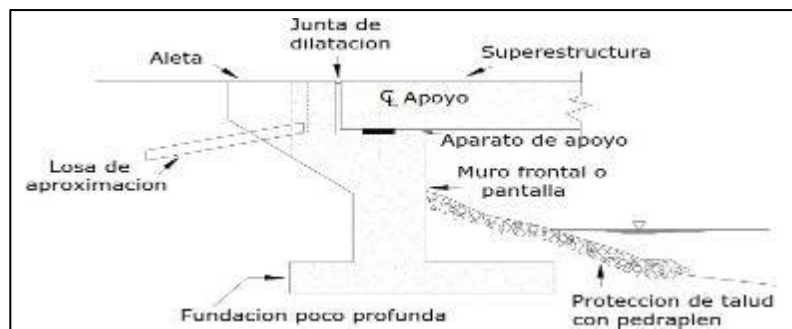
1. Estribos

Si el puente se ejecuta encima de una plataforma, sus pilas o estribos soportan la superestructura, el tramo de transición y la presión lateral del suelo en su inicio y fin.

Además de la carga de la superestructura, la zapata de concreto de un pilar, o "losa", soporta su carga, dependiendo de la clase de cimentación. El gran número de los estribos de puentes poseen muros pantalla a sus lados para reducir la erosión fluvial y estabilizar el suelo de soporte de la vía.

Figura 12

Partes de una base



Nota. Rodríguez, A. (2018).

2. Pilares

Un soporte intermedio en un puente de varios tramos. Soporta las cargas de dos tramos de tranvía en el suelo en lugar de absorber las tensiones superficiales laterales como los estribos.

Un puente fluvial debe soportar la fuerza de los estribos.

Figura 13*Pilares de Viaducto**Nota. Cabrera, J. (2005).*

2.2.13. Cimentación

En el subsuelo, transfieren las cargas de la superestructura, como vigas, columnas y pilares, al suelo. Pueden aguantar pesadas cargas según la clase de superficie.

2.2.13.1. Superficial Cimentación.

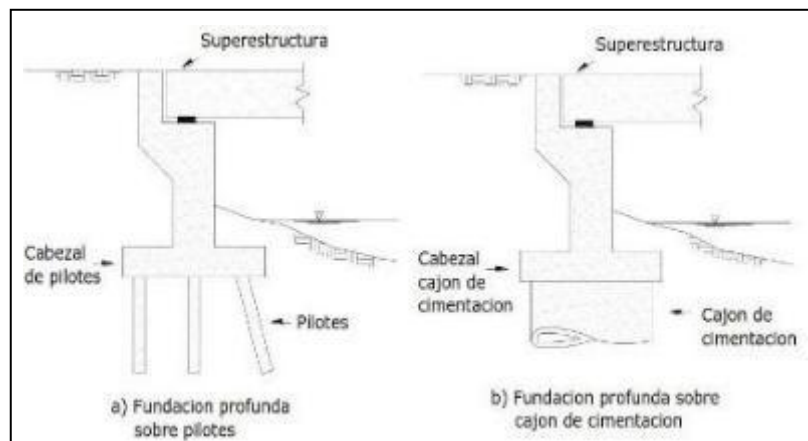
Utilizan cables para transportar la carga al suelo sin intermedias estructuras. Esta clase de base es factible gracias a que el puntal de fijación es superficial y excavable.

2.2.13.2. Cimentación Profunda.

Este ejemplo de mampostería plantea la elaboración de pilotes o pilares de mampostería colocando el rastrillo en una depresión inaccesible.

Figura 14

Cimentaciones con elementos de pilotaje.



Nota. McCormac, J., & Brown, R. (2011)

2.2.14. Categorización de Puentes

1. Conforme a la naturaleza.

Existen puentes de caballete y de acueducto.

2. Conforme a su ejecución.

Madera.

Actualmente, solo se emplean para el peatonal tránsito liviano para la conservación de los ríos del paso vehicular.

Figura 15

Imagen del puente U Bein en Birmania



Nota. Cabrera, J. (2005).

De Metal.

Gracias a sus cuantiosas ventajas, ha reemplazado a la piedra como insumo primario. Es más resistente y ligero que el hormigón, además de más dúctil y resistente a las cargas. El acero se utiliza en la gran parte de los puentes de gran longitud.

Figura 16*Puente de Villafer*

Nota. Cabrera, J. (2005).

El concreto con acero puede aguantar la F'_c , pero es rígido. Históricamente, el acero y el pretensado concreto se han utilizado para incrementar el aguante a la flexión del concreto.

Figura 17*Vigas prefabricadas como elementos portantes*

Nota. Rodríguez, A. (2018).

Compuestos o Mixtos

Los puentes de materiales mixtos combinan acero y mástil de nuevas maneras. En lugar de fusionarse como los mástiles prefabricados, funcionan juntos.

Los puentes de materiales mixtos están sustituyendo a las estructuras prefabricadas en aplicaciones de baja potencia gracias a sus numerosas ventajas, como su ligereza.

Figura 18

Puente en altura



Nota. Rodríguez, A. (2018).

3. Conforme a la movilidad del tablero.

Los puentes son grandes estructuras que permiten la navegación marítima sobre ríos u océanos, pero el mejor diseño mantiene la superestructura estacionaria, ya sea en tierra o en el aire. Así comenzó la construcción de puentes.

Los puentes tienen estribos móviles para permitir la alternancia del tráfico terrestre y marítimo. Cuando están abiertos, pueden cruzar embarcaciones, vagones de ferrocarril y ruedas.

Figura 19

Imagen del puente de la Torre de Londres.



Nota. Chen, W.F., & Duan, L. (2016).

4. Conforme a lo estructural

Cada estructural plan se construyó en relación de su ubicación, luz y facilidad de montaje. A continuación, examinaremos los sistemas estructurales utilizados:

Puentes de Arco.

La estructura del arco del puente soporta cargas y comprime las fuerzas horizontales y verticales sobre los pilares. Esto permite puentes con una visibilidad de 60 a 200 m.

Figura 20

Imagen del Puente Bac de Roda



Nota. Chen, W.F., & Duan, L. (2016).

Puentes Viga.

Su estructura se compone de componentes horizontales soportados por pilares. Los pilares transmiten fuerzas verticales y descendentes. La compresión por encima y la tensión por debajo de los pilares provocan flexión.

Figura 21

Área de una viga clase artesa fabricada previamente



Nota. Prefabricados Alberdi; (2010)

Figura 22

Imagen del área de la dovela.



Nota. Chen, W.F., & Duan, L. (2016).

Puentes Colgantes.

Una atirantada pasarela, o colgante puente, posee un suspendido tablero de un central arco mediante numerosos cables de acero. Un resistivo mecanismo que opera solo bajo tensión protege el tramo de las flexiones del puente por ayuda de su flexibilidad. Las energías sobre los pilares tienen que ser principalmente descendentes y verticales, y estar soportadas por cordones principales. La distancia de inicio óptima es de 350 m.

Figura 23

Imagen del puente colgante Akashi Kaykiō.



Nota. Chen, W.F., & Duan, L. (2016).

Puente Atirantado.

Figura 24

Imagen del puente Brotonne en el río Seine



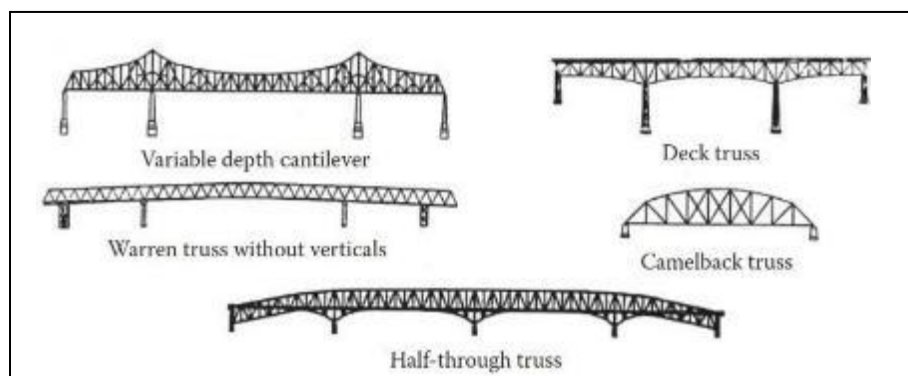
Nota. Chen, W.F., & Duan, L. (2016).

Puentes Aporticados.

Estos podrían emplear verticales pilares o inclinados en lugar de continuos. Suprimen el requerimiento de auxiliares equipos y brindan una cimentación estructural estable que puede soportar fuerzas horizontales, incluida la actividad sísmica. Rellenar los pilares con arriostramientos reduce la altura de construcción y la vida útil del puente.

Figura 25

Distintas configuraciones de puentes



Nota. Rodríguez, A. (2018).

2.2.15. Locación y selección de la clase de puente

- Con base en la investigación de Rodríguez Serquén (2016), seleccionamos el ejemplo de diseño del puente considerando estos cinco factores principales.
- La posición va acorde a la postura, la orientación, la elevación y la inclinación.
- El puente que mejor se adapta a la estética, el costo, la seguridad y la funcionalidad del sitio.
- Se analizan geométricamente los puntos de acceso, los pisos inferior y superior, el plan de circulación y los picos.

- Las barandillas, la humectación de puertas y pasarelas, el sellado y el enmasillado, la protección de los bordes, la prevención de inundaciones y la iluminación de áreas son servicios auxiliares.

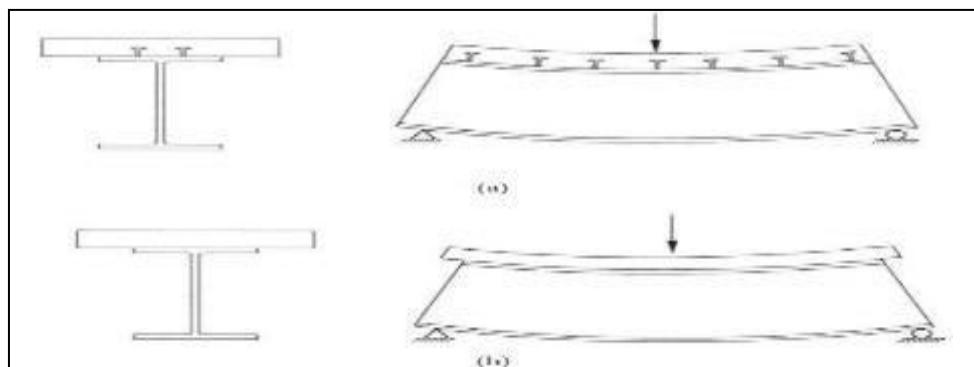
2.2.16. Sistema de puentes compuestos con vigas armadas clase I

Los puentes de vigas suelen tener luces cortas o medianas debido a su diseño simple y uso generalizado. El área en I es la opción más fácil y confiable para la reducción del deslumbramiento y la flexibilidad:

Los tableros multisección utilizan una cercha de hormigón y placas metálicas conectadas mediante conectores de cortante para evitar el movimiento de las patas y transmitir la fuerza cortante horizontal. En situaciones donde se puede sacar provecho a la flexibilidad y la cortante disposición del agente, el menor peso de este plan facilita y abarata la ejecución en comparación con los cables de acero. Los arriostramientos diagonales metálicos reducen la expansión y la torsión de vigas y pilares, y refuerzan la resistencia de la estructura al viento y a las ondas sísmicas. Diseñe los componentes del puente para luces de 550cm.

Figura 26

Secciones de metálicas vigas



Nota. Vega, J. A. (2020).

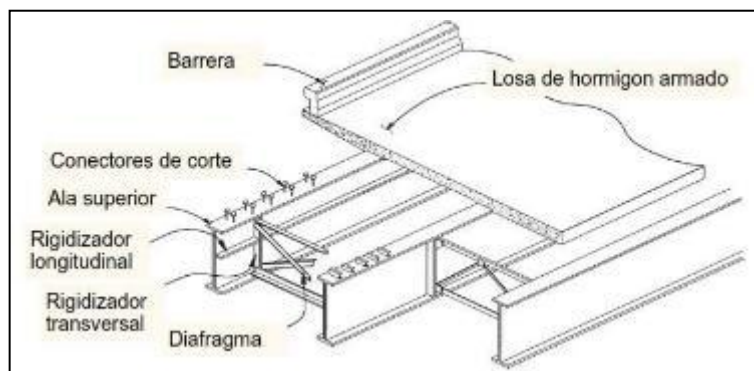
2.2.17. Disposición de los componentes estructurales e insumos

1. Estructurales Componentes.

Las ilustraciones 28 y 27 de Chen y Duan (2014) muestran los primarios conformantes y alternativos de la superestructura de un puente de cercha en "I" para garantizar la continuidad. Cada componente se examinará en el 4to cap.

Figura 27

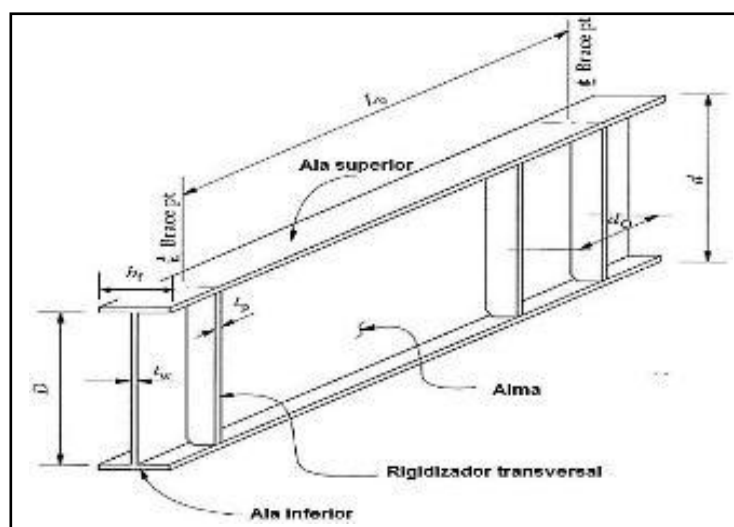
Componentes primarios



Nota. Chen, W. F., & Duan, L. (2016).

Figura 28

Rasgos y conformantes



Nota. Chen, W. F., & Duan, L. (2016).

2. Materiales e Insumos.

Los elementos estructurales que conforman la superestructura de un puente pueden estar dispuestos dependiendo el tipo de material predominante dentro del sistema estructural, para ello el sistema convencional de concreto armado es uno de los más conocidos, donde se han desarrollado las metodologías para el diseño de puentes como la norma LRFD, por diseño de resistencia última y fuerzas de impacto de modelos de carga que actúan sobre la superficie de rodadura de los puentes.

Acero estructural.

Los viaductos utilizan fibra de estructural carbono, acero de contenido menor de alcohol, térmicamente tratado y de aguante elevado tratado térmicamente. Los reglamentos siguen las especificaciones esenciales de AASHTO LRFD "Detalles para realizar el Diseño de Puentes". Las normas de las propiedades de los materiales que recomienda AASHTO y ASTM difieren en cuanto al aguante a la tracción y a la soldadura. Los puentes militares pueden utilizar placas AASHTO-M.

Concreto Armado.

Las cerchas de hormigón armado están reforzadas con hierro para una mayor resistencia a la tracción. Los materiales se adhieren bien, por lo que la tensión no los desprende. Esto mejora el rendimiento del grupo. La adhesión química entre ambos insumos, la natural regularidad de las barras y la pronunciada distancia de sus ondulaciones crean una unión superior.

2.2.18. Modelo estructural

En ella se definen los criterios de pública protección para el modelo y la ejecución del puente. Se emplea la Metodología de Modelo de Carga y Aguante, basada en estadísticas modernas de peso y rendimiento estructural.

Los puentes deben diseñarse dentro de los parámetros estatales, considerando la equidad en la construcción, la seguridad y la funcionalidad.

2.2.19. Estados límite

Sin especificaciones alternativas, todos los agentes y nexos deben seguir la fórmula 1 para las condiciones estatales límite.

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r$$

Ecuación 1: Ec. 1.3.2.1-1. AASHTO, fundado en el modo LRFD.

1. Limite Estado de Uso

Las condiciones de servicio de manera estándar definen el límite estado favorable como la deformación, la tensión y el ancho de fisura máximos. Los requerimientos fundados en prácticas históricas son complicados de predecir empleando métricas estadísticas o de durabilidad.

2. Estado Máx. de Fractura y Fatiga

Las condiciones de servicio estándar definen el estado límite favorable como la deformación, la tensión y el ancho máximo de la fisura. Los requisitos de la práctica histórica son duros de predecir empleando métricas estadísticas o de durabilidad.

3. Máx. Estado respecto a Extremos Eventos

AASHTO (2020) incluye el máximo estado que alcanza. para asegurar la estructural integridad del puente después de un terremoto o una inundación, especialmente cuando se ve afectado por una embarcación, un automóvil o la deriva de hielo durante las inundaciones presentes que afectan la infraestructura.

Ductilidad

Diseñado para permitir deformaciones grandes y perceptibles que se aproximan a los umbrales de resistencia y se asocian con extremos eventos antes de la falla del puente.

2.2.20. Comportamiento de la superestructura

1. Momentos cortantes

Puntos críticos

las demandas máximas se concentran cerca a los apoyos (estribos o pilas) y en las secciones donde los volados se unen al tramo principal.

Función

Estos esfuerzos deben ser absorbidos por el espesor de las paredes de la viga-cajon y el esfuerzo transversal (estribos) para evitar fallas por tensión diagonal.

2. Esfuerzos axiales

En superestructura

Generalmente son bajos en puentes de viga simple, a menos que el diseño incluya postensado. En ese caso, se introducen un esfuerzo axial de compresión intensional para contrarrestar las tracciones por flexión.

Transferencia

La carga axial es más relevante en la transferencia hacia la subestructura, donde el peso de la superestructura y la carga viva generan compresión pura en los apoyos elastoméricos (neoprenos).

3. Envolventes

Conjuntos de valores máximos y mínimos que resultan de la superposición de las distintas combinaciones de carga y líneas de influencia. Este diagrama constituye la base para el dimensionamiento del acero de refuerzo y la verificación de la sección compuesta de acero y concreto, garantizando que el diseño cubra los escenarios de carga más desfavorables.

2.2.21. Recomendaciones para el análisis

- Idealmente, los sistemas redundantes deberían utilizar continuas estructuras con varias vías de carga.
- La síntesis crítica y el método estructural especificado requieren procesos no redundantes para los componentes y elementos clave.
- Se necesitan componentes tolerantes a fallas y sistemas estructurales redundantes para los conformantes que no se espera que provoquen el colapso del puente. Evaluación de los factores (R).

2.2.22. Importancia operativa

Este contexto clasifica los puentes según los sociales requisitos y de protección. Este conformante impone diferentes requisitos de diseño del puente según la pendiente del plano, el volumen de tráfico vehicular y postal, y el simbolismo de la calzada.

Protección del Trafico

Las barricadas en los longitudinales lados del puente tienen que cumplir con las normas de dimensiones e integridad estructural para proteger a los usuarios. La capa asfáltica cumple con las normas AASHTO de aguante al desliz, peralte, drenaje y coronación.

2.2.23. Normas para la deflexión y deformaciones

Los puentes tienen que modelarse para evitar distorsiones estéticas o estructurales. La AASHTO exige que los vehiculares pesos consideren el aumento de la carga dinámica, para implementar los criterios de deformación. Las siguientes bases pueden controlar la deformación:

Los estudios de máxima deformación deben asumir una deformación uniforme de los componentes portantes y utilizar la capacidad portante total de diseño. Para ajustarse al presupuesto, el modelo de la transversal sección tiene que añadir toda la anchura de la calzada, así como barricadas y muros divisorios continuos estructuralmente.

La evaluación de los desplazamientos relativos máximos requiere seleccionar la disposición y cantidad la de los pesados vehículos para reducir el diferencial efecto. Se debe utilizar el segmento de CV de la mezcla de peso de Servicio I; este factor, junto con el coef. de subida de dinámico peso, se explicará más adelante.

La carga viva debe cumplir con la sección 3.6.1.3.2. Los puentes curvos y de arco curvo utilizan secciones transversales radiales, mientras que los puentes rectos utilizan secciones transversales lineales que representan su estructura.

Tabla 1*Disposición de cargas vehiculares en puentes*

Vehicular Carga, general	Longitud/800.00
Vehiculares Cargas y/o peatonales	Long./1000.00
Vehicular Carga sobre voladizos	Long./300.00
Peatonales Cargas y/o Vehiculares sobre Voladizos	Long./375.00

Nota. (AASHTO, 2020)

2.2.24. Estándar para la long. de profundidad - tramo

Las normas de la AASHTO señalan las profundidades límites para los insumos de ejecución de los puentes y las longitudes de los vanos. La Tabla 2.5.2.6.3-1, de la norma, muestra las dimensiones de los pilares de soporte del sistema estructural del puente:

2.2.25. Combinaciones de cargas para puentes

La AASHTO recomienda los siguientes límites de cumplimiento para las acciones del puente.

- Un puente expuesto a vientos por encima de 90 km/h se clasificaría como de "Resistencia III", según los pesos.
- Resistencia IV: Combinaciones de carga extremadamente intensas entre demandas permanentes y de sobrecarga.
- Las combinaciones de carga, que pueden incluir actividad sísmica, se consideran eventos extremos.
- Evento extremo II: Pesos de hielo y nieve, pesos de golpe de vehículos y embarcaciones, e hidrológicos sucesos con una magnitud inferior a la de los pesos de choque de automóviles.

Grado de Uso I: Operación estándar del puente a una rapidez del viento de 90 km/h, con todos los pesos a nominales valores. Se relacionan

las deformaciones de la estructura de acero subterránea, el revestimiento de cables eléctricos, el revestimiento de tuberías de calefacción y el ancho de grietas del blindado acero.

- Servicio II: Mezcla de peso para reducir la tensión de sobrecarga del puente de acero y del vehículo en puntos críticos.
- Servicio III: Equilibrio de carga de la superestructura de hormigón armado prefabricado para prevenir la fisuración.
- Uso IV: Equilibrio de carga de subestructura de vigas de concreto prefabricado para regulación de encofrados.
- Pesos de fractura y fatiga por sobrecargas gravitacionales recurrentes del vehículo y dinámicos productos en un modelo de chasis único con distancia entre ejes, que se analizarán más adelante.

Figura 29

Disposición de la combinación de cargas y FC.

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU/ CR SH	TG	SE	Use One of These at a Time			
										EQ	IC	CT	CV
STRENGTH I (unless noted)	γ_F	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{FG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH II	γ_F	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{FG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH III	γ_F	—	1.00	1.40	—	1.00	0.50/1.20	γ_{FG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH IV	γ_F	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—
STRENGTH V	γ_F	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{FG}	γ_{SE}	—	—	—	—
EXTREME EVENT I	γ_F	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—
EXTREME EVENT II	γ_F	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00
SERVICE I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{FG}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—
SERVICE III	1.00	0.80	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	γ_{FG}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE IV	1.00	—	1.00	0.70	—	1.00	1.00/1.20	—	1.0	—	—	—	—
FATIGUE— LL, IM & CE ONLY	—	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Nota. (AASHTO)

Tabla 2

FC para CM

Clase de peso, clase de apoyo y utilizado modo para calcular negativa Fricción.	FC	
	Máx.	Mín.
DC: Accesorios y elemento	1.25	0.90
DC: Resistencia Solo IV	1.50	0.90
DD: negativa fricción. Pilas, α modo Tomlinson.	1.40	0.25
Pilas, γ modo.	1.05	0.30
Ejes perforados, modo O'Neill y Reese (1999)	1.25	0.35
DW: Suelos de rodamiento y establecimientos para públicos servicios	1.50	0.65
EH: Horizontal Empuje del suelo	1.50	0.90
• Activo.	1.35	0.90
• En reposo.		
• AEP para paredes ancladas.	1.35	N/A
EL: Residuales Tensiones de montaje	1.00	1.00
	1.00	N/A
EV: Vertical Empuje del suelo	1.35	1.00
• Global Estabilidad.	1.30	0.90
• Estribos y Muros de sostenimiento	1.35	0.90
• Rígida Estructura enterrada		
• Rígidos Marcos		
• Flexibles enterradas Estructuras		
o Caja metálica alcantarillas, alcantarillas estructural	1.50	0.90
placa con ondulaciones profundas, alcantarillas y fibra de vidrio		
o Termoplásticas Alcantarillas	1.30	0.90
o Todos los demás	1.95	0.90
ES: Sobrecarga de suelo	1.50	0.75

Nota. (AASHTO, 2020)

Pesos muertos: DC, DW, EV

El peso del sistema, incluyendo accesorios e instalaciones de servicio, y los aumentos previstos de superficie o altura vertical constituyen la "carga permanente". Esto también debe considerar la superficie de cimentación y el posible hacinamiento o expansión.

La normativa específica el peso de los insumos de los componentes estructurales del elemento. En este proyecto se enumeran los siguientes elementos de construcción y pesos:



Densidad superficial del asfalto: 2800 kg/m^3 .

Densidad del refuerzo del hormigón: 2400 kg/m^3 - densidad del acero: 7850 kg/m^3 .

Las siguientes cargas se consideran en la mayoría de las evaluaciones y modelos de puentes:

Por ejemplo: El peso del suelo de relleno provoca presión vertical (EV).

El proyecto se centrará en la superestructura del puente, por lo que solo se incluirán DC y DW.

Sobre CV

AASHTO (2020) identifica las clases de carga a continuación: sobrecarga vehicular (LL), peatonal (PL), aumento de dinámica carga (IM), centrífuga fuerza (CE), energía de bloqueo del carro y energía de golpe del automóvil. Este proyecto evalúa y diseña la superestructura del puente para específicos pesos.

Gravitatorias Sobrecargas: PL y LL

En la fórmula para el recuento de vehículos, w es el ancho de calzada medido en milímetros entre carriles. La AASHTO recomienda 3000 mm para giros completos seguros para todos los vehículos, pero se han registrado anchos de arcén inferiores.

Presencia de Sobrecargas Múltiples.

Salvo que se señale lo contrario, la demanda de exceso de capacidad HL93 debe determinarse evaluando cada una de las mezclas factibles de cargados vehículos y multiplicándolas por un conformante de aspecto

compuesto para reflejar la posibilidad de uso simultáneo de vehículos.

AASHTO.

La siguiente lista enumera los factores de presencia basados en la carga vehicular.

Tabla 3

Agente de múltiple aspecto, m.

Cantidad de cargados carriles	Coef. de presencia múltiple, m
1	1.200
2	1.000
3	.850
> a 3	.650

Nota. (AASHTO, 2020)

Sobrecarga Vehicular de Modelo: LL

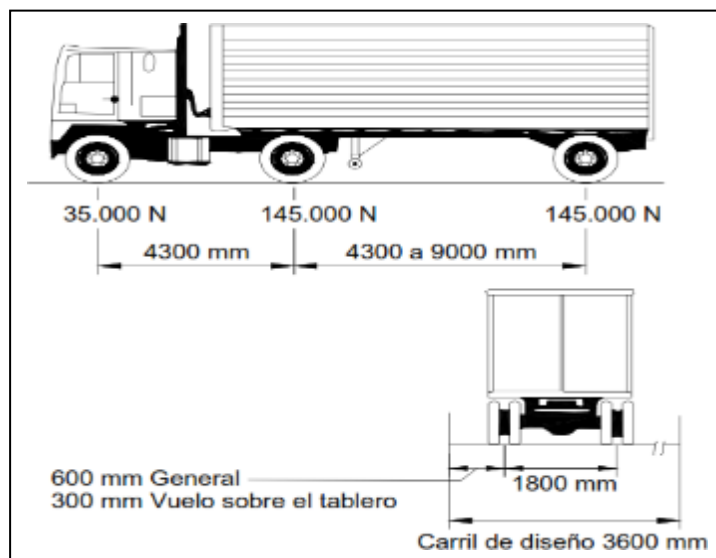
La carga vehicular del carril del puente es HL-93 e incluye lo siguiente:

Autopista + Automóvil = Diseñadores de vehículos

Este modelo de desbordamiento vehicular muestra con precisión los cierres y el congestionamiento en hora punta causados por una categoría de autorizados automóviles en las inmediaciones.

Diseño de un camión.

Como se muestra en la AASHTO, las cargas especificadas coinciden con los ejes de las ruedas de modelo. Se utilizó una carga dinámica incrementada, definida posteriormente, para calcular estos valores. Los árboles de levas están diseñados para producir cargas pesadas, de ahí el espaciado variable entre eje.

Figura 30*Características del modelo HL - 93**Nota. (AASHTO, 2020)***Peatonal Sobrecarga: PL**

Todas las vías de más de 0,60m de ancho deben mantener una peatonal carga de 360 kg/m^2 y tener en cuenta la sobrecarga vehicular durante el modelo.

Peso para el Opcional Análisis de la Deflexión por Sobrecarga.

Máxima deflexión permitida por sobrecarga vehicular.

- Deflexión debida solamente al modelo del vehículo.
- Deflexión de diseño por peso del vehículo y carga del remolque del 25 %.

Carga de Fatiga

Un camión con una distancia alero-eje constante de 9000 mm y carga administrará cargas de fatiga.

Frecuencia

Utilizando ciclos de tensión, el TDP de Camiones en un Solo Carril (ADTTSL) estima el agrietamiento y la fatiga inducidos por saturación del

vehículo. Sin datos más precisos, esta estimación se mantendrá:

Tabla 4

Fracción de tránsito

Cantidad de disponibles carriles para camiones	p
1	1
2	0.85
> a 3	0.80

Nota. (AASHTO, 2020)

En su comentario a la sección 3.6.1.4.2, AASHTO (2020) afirma que las investigaciones muestran que el tráfico diario promedio es estable. Las restricciones físicas limitan la capacidad vehicular diaria y horaria a 20 000. El área a corto plazo calculada permite calcular el rango de tensión de CV si la tabla de tensión circunferencial se aplica a flexión positiva y negativa.

Incremento de Carga (Dinámica: IM)

El cuadro 5, muestra que los estáticos efectos de los camiones tándem aumentan con los porcentajes. Los choques de vehículos causados por discontinuidades en la calzada, como grietas, juntas y surcos, o la dinámica respuesta integral del puente a los vehículos que lo pasan, causan efectos dinámicos.

Tabla 5

Aumento por Dinámica Carga, IM.

Conformantes	IM
Todos los Limites Estados	75%
Todos los conformantes.	
• fractura también fatiga	15%
• Limite estado	33%

Nota. (AASHTO, 2020)



2.2.26. Sistemas en Acero

1. Generales Conceptos

Las dimensiones tienen que alcanzar con los requerimientos máximos de resistencia, tensión, vida útil y aguante a la fatiga para los estructurales conformantes. Los factores de resistencia se utilizarán en la evaluación y modelo de vigas de acero:

2. Contraflechas para compensar las influencias de las CM

Mín. Grosor del acero

Los núcleos de losa, las nervaduras cerradas en ortotrópicas tablas, las rejillas de barras y los paneles de relleno están exentos del requisito de espesor de 8,0 mm para vigas de acero estructural, travesaños y revestimientos.

3. Diafragmas de marcos (Elementos transversales)

- Se pueden colocar diafragmas al inicio, al final y a intervalos irregulares del tranvía.
- Los siguientes factores son cruciales para la evaluación y modelo de conformantes:
- Las laterales energías se transmiten desde el apoyo del puntal hasta el tablero y luego a las columnas.
- La estabilidad del ala superior bajo compresión antes del curado de la tabla; la de la inferior alma sobre todos los pesos.
- La asignación de cargas verticales permanentes y suplementarias sobre la estructura.



4. Agentes de Sección Clase I requeridos a Flexión

Criterios de constructibilidad:

- Criterios de Límite Estados de Servicio.
- Especificaciones de Estados Límite de Fractura y Fatiga.
- Normas Estatales de Resistencia Mínima.

5. Secciones Compuestas

Personas con losa de concreto con acero y viga transversal de acero unidas a través de conectores divididos.

6. Secuencia de carga.

Cada punto de los pesos estudiados del conformado mecanismo tiene una tensión igual a las tensiones acumuladas de las cargas de cada componente:

7. Tensiones para secciones en positiva flexión.

Para dar con las positivas tensiones de flexión que puedan presentar este tipo de estructuras, el área mezclada debe contener el componente de acero y el ancho de la mesa de martillo.

Tiene que utilizarse la correspondencia del módulo a plazo corto para ajustar el área de la mesa de martillo y así satisfacer las cargas a plazo corto de la compuesta sección. La razón del módulo a plazo largo se debe utilizar para adaptar el área de la mesa de martillo para satisfacer las disposiciones de la CM en el área de compilación que se encontrara a plazo largo.

8. Ancho del tablero (w).

- Esta tesis evaluará y construirá un puente apoyado únicamente en sus extremos, por lo que se debe medir su longitud para dar con su luz efectiva. El reglamento AASHTO 2020 pide:
- El ancho efectivo mínimo de los puntales para columnas interiores es $\frac{1}{4}$ de su efectiva longitud, la separación media entre columnas aledañas o $\times 12$ el ancho promedio de la losa, más la superior alma o el top cincuenta% del ala del pilar, lo que sea mayor. El ancho efectivo de un dintel exterior se calcula promediando el ancho efectivo de un interior dintel adyacente, reducido en 1,5, y el ancho efectivo de un solo exterior dintel multiplicado por $\frac{1}{4}$ del eje eficaz de la parte de la trampa.
- La luz que se debe de aproximar debe ser $\times 6$ la luz promedio del ala de la losa adicionando el 50% de la luz del ala o $\frac{1}{4}$ del ancho del cordón de aparejo de la base, lo que sea mayor.

9. Rigidez

Si la tabla de resistencia circunferencial se aplica a la vía, la rigidez de la sección se evalúa a lo largo del tiempo para cargas permanentes. Si la tabla de resistencia circunferencial se aplica a la vía, la firmeza del área se determina en un breve lapso para cargas transitorias dispuestas para su análisis.

10. Proporciones.

- Con (rigidizadores alargados)
- Sin (rigidizadores alargados).

11. Conectores de corte.

Las estructuras compuestas necesitan puntos de conexión tipo canal entre la losa de hormigón y los componentes de acero para aguantar esfuerzos cortantes. Normalmente, un puente de un solo tramo debe tener conexiones finales en el cordón superior del acero.

12. Tipos.

Existen dos tipos de esfuerzo cortante: perno y canal. (2020) afirma: «Los puntos de corte deben tener un diseño que permita el relleno del hormigón, asegurando que todos los planos estén alineados con el hormigón». Los conectores de hormigón y acero deben soportar fuerzas verticales y horizontales.

Separación en dirección de cargas.

El nexo altura-diámetro de una conexión de perno a cortante debe ser de 4. Las conexiones tipo canal requieren juntas soldadas de 5 mm en los vértices.

Separación longitudinal.

La separación entre los cables debe cumplir los requisitos. Las conexiones deben cumplir o superar la resistencia límite. Los centros de los terminales deben estar separados 600 mm y no menos de seis veces esa distancia.

13. Rigidizadores

A continuación, analizaremos las tres clasificaciones de los rigidizadores de superestructura de puentes.



Rigidizadores intermedios longitudinales.

Las placas soldadas forman rigidizadores longitudinales. Las placas soldadas o adheridas a las cerchas forman rigidizadores transversales. Los rigidizadores deben estar firmemente fijados al pilar de presión, pero sin tocarlo completamente.

Rigidizadores (longitudinales).

Estos se sitúan a $2D_c/5$, en D_c es la elevación desde el canto, y la placa se sujeta a un costado del centro en el recorrido del eje de visión de la viga.

El espaciamiento óptimo siempre depende del tiempo.

Utilice suficiente resina epoxi en lugar de rigidizadores longitudinales debido a problemas de fabricación y puntos débiles.

14. Espaciamiento entre Vigas

Un espaciamiento entre vigas de 4,26 a 3,35 m permite un modelo de económica superestructura. Para luces inferiores a 42,67m, se debe espaciar entre 3,65 y 3,00m. Las luces de 42,67m deben tener una separación de 4,26 a 3,35m.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

- ENFOQUE: Se ha definido como un enfoque cuantitativo basado en la recolección de datos y el análisis numérico.
- TIPO: El tipo de investigación será el aplicado, ya que se utilizarán conocimiento de teorías existentes mediante su aplicación.
- NIVEL: Para el desarrollo de la investigación se ha planteado para su ejecución desarrollar la investigación a un nivel descriptivo – analítico, porque se realiza la descripción de las características y del comportamiento estructural de la superestructura de un puente mediante un modelamiento de la superestructura de un puente.

3.1.1. Diseño de la investigación

La investigación de acuerdo a su naturaleza presenta un diseño no experimental, con sentido transversal, ya que las variables no se manipulan, donde se desarrolla el análisis del comportamiento estructural de la superestructura del puente en un momento y espacio determinado.



3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.2.1. Técnicas:

1. Revisión de análisis documental

Se recopiló y revisó la información técnica relacionada con las normas de diseño (E.060, E.030, Manual de Puentes MTC), estudios previos y planos estructurales del puente del distrito de Cabanillas.

2. Trabajos de observación directa

Este instrumento se utilizó para determinar las propiedades geométricas y estructurales de la superestructura del puente, además de determinar el estado actual del puente en cuestión. Gracias a ello, fue posible identificar los elementos estructurales, la configuración del sistema de soporte de carga y cualquier irregularidad que pudiera existir.

3. Análisis estructural computacional de la superestructura

Mediante modelos analíticos, se analizó el comportamiento estructural de la superestructura del puente. Este estudio tuvo en cuenta las cargas permanentes, las sobrecargas y las acciones sísmicas, de acuerdo con los requisitos legales vigentes.

4. Análisis comparativo del modelo estructural

El análisis se utilizó para evaluar deformaciones y desplazamientos. También permitió comparar los resultados del modelo estructural con los límites permitidos establecidos por la norma técnica peruana.



3.2.2. Instrumentos:

1. Fichas de revisión técnica

Se utiliza para recopilar de forma sistemática detalles normativos, contexto de investigación, especificaciones técnicas y atributos de diseño estructural.

2. Guía de observación de campo

Esta herramienta está diseñada para evaluar el estado físico y estructural de la superestructura de un puente. Examina los tipos de componentes, los materiales utilizados y el diseño general de la estructura.

3. Aplicación del Software de análisis estructural

El comportamiento estructural del puente se modela, analiza y recopila datos utilizando software especializado, que en este caso se utilizó el SAP2000, donde se pudo desarrollar un modelo estructural sometidos a una serie de cargas y combinación de estas sumado a la fuerza del tren de cargas y las fuerzas de impacto.

4. Procesamiento en Hojas de cálculo

Este procesamiento, que se utiliza para filtrar, verificar y organizar los datos generados por el análisis estructural, también permite realizar comparaciones con puntos de referencia establecidos como parámetros de comparación de la norma técnica de puentes, lo que garantizaría su buen desempeño estructural.



3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

El estudio se centra en los puentes existentes en el distrito de Cabanillas y la provincia de San Román, que presentan características estructurales similares a las del puente objeto de evaluación.

3.3.2. Muestra

La muestra está conformada por la superestructura del puente, situada en el distrito de Cabanillas, provincia de San Román. Esta se seleccionó mediante un método de muestreo no probabilístico.

3.3.3. Puente ubicado sobre el cauce del río

1. Detalles

El puente objeto de estudio se encuentra en Cabanillas, un distrito de la provincia de San Román. Cabanillas está situado en las tierras altas de Puno, aproximadamente a $15^{\circ}38'14''$ de latitud sur y $70^{\circ}20'39''$ de longitud oeste, con una altitud media de 3885 metros sobre el nivel del mar.

Los detalles de los datos generales de ubicación política/geográfica que presentan son:

Departamento: Puno

Provincia: San Román

Distrito: Cabanillas

Figura 31

Ubicación geográfica del puente Cabanillas sobre el cauce del Río



2. Estudio Hidrológico

Estos estudios determinarán los parámetros geotécnicos e hidráulicos requeridos para dimensionar, calcular y diseñar el puente. El estudio también estima la erosión del cauce en el sitio de instalación para evaluar el riesgo de estabilidad. Dados los hallazgos y el potencial erosivo del río Cabanillas, hidráulicamente, el tramo del puente debe tener una mínima altura de 40m y el nivel de sedimentación debe estar por bajo el nivel máximo de la capa superficial.

Tabla 6

Parámetros del estudio hidrológico – hidráulico

Caudal 100 años (m ³ /s)	Socavación (m)	Velocidad (m/s)	Tirante límite (msnm)	# de froude (m)	Galibo (m)	Pendiente Cauce (m/m)
1250	2.57	9.60	545.392	1.72	2.00	0.036

Nota. Producción del autor.

3.4. PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS

3.4.1. Aspectos importantes del puente

El puente proyectado difiere del modelo actual en muchos aspectos, los más importantes se mencionan a continuación:

- Profundidad de la mesa
- Esparcidor de mesa de concreto con acero.
- Máxima calidad
- Senderos peatonales y barandillas

Esta decisión permite revisar el sistema de la superestructura del puente por separado de la cimentación, que añade pilares y hormigón, lo que facilita el diseño de esta tesis. Otro objetivo es comparar los puntales estrechos del diseño actual con los transversales y longitudinales rigidizadores.

3.4.2. Características de la superestructura del puente

La superestructura se caracteriza por generales cualidades múltiples.

- El puente tiene una luz de 90m y un canto del tablero de 11 metros.
- A ambos lados del puente se encuentran estribos de 0,95 metros de ancho para dos calzadas de 3,60 metros.
- Los pasos de rueda del pavimento tienen una profundidad de 0.7cm.
- Drenaje de corona del 2,00 %.
- Un pie de hormigón de 0,20m es el grosor de la losa.
- Los puentes cuentan con barreras a ambos lados.
- Los compuestos pilares de acero de área consolidada clase I con cabezas de hormigón armado están separados por 2,30 metros.
- Voladizo cable de hierro con diseño de martillo de 1,10 m.

- Disposición del diafragma de acero con modelo de V.
- Armadura del soporte transversal flexible con aguante medio.

Figura 32

Imagen del puente Cabanillas



Figura 33

Vista de la luz libre entre los ejes de apoyo del puente Cabanillas.



3.4.3. Dimensionamiento previo de la losa

La alcantarilla está predimensionada para establecer espesores mínimos de seguridad. La Sección 3.8 de este proyecto enumera los cantos de los materiales de la superestructura en la Tabla 7.

Tabla 7

Disposición de profundidades mínimas.

Insumos	Tipo	Tramos
Hormigón con acero	Losa con primaria paralela armadura al tránsito	$\frac{1.2(S + 3000)}{30}$

Nota. Producción del autor.

Esta fórmula se emplea para construir un puente de celosía reforzado con hormigón, ya que soporta compresión y tracción. Las secciones compuestas necesitan menos tablones de madera noble, ya que el pilar puede soportar esfuerzos de consolidación y pasar cargas a los montantes. Para ello, (Sánchez, 2018), recomienda utilizar la fórmula para la determinación de las dimensiones previas que se tienen en la bibliografía del tema de manera específica.

3.4.4. Profundidad de las vigas

Determinamos nuevamente el canto de la celosía según la AASHTO.

Análisis (Viga Compacta)

El diseño de componentes de celosía en forma de L en el plan CSI Bridge proporciona las internas fuerzas de cada elemento de la celosía necesarias para construir la compacta, que tiene que alcanzar con todos los reglamentos AASHTO.

Proporciones.

El aguante a la tracción del duramen de las vigas es fiable. La novena ecuación de la sección 3.12.7.1.1 ayuda a estimar el espesor de la transversal sección de las vigas compactas. Esta investigación explora las relaciones alma-viga de columnas compactas sin refuerzo longitudinal.

Chen y Duan (2014) recomiendan conservar el grosor arriba de 0.12cm y eliminar los longitudinales rigidizadores del sistema para evitar la deformación por soldadura (página 178).

Por lo tanto, esta tensión emplea un altímetro $t_w = 0.15\text{cm}$. Tras comprobar lo expresado en la fórmula 8.

Dimensiones (tensión y compresión).

Las predimensionadas vigas deben cumplir las especificaciones. Los cuadros 17 y 18 de la bibliografía de, Macas Jaramillo, 2018 indican el tamaño del ala y las calidades requeridas para este elemento que cumple función portante.

$$0.1 \leq \frac{I_{yc}}{I_{yt}} \leq 10$$

$$0.1 \leq \frac{1600000000\text{mm}^3}{1600000000\text{mm}^3} \leq 10$$

$$0.1 \leq 1 \leq 10 \quad \therefore \quad \text{OK}$$

La ecuación 13 permite determinar la inercia a partir de las dimensiones del ala comprimida y expandida del elemento de la viga con las dimensiones pre dimensionadas.

3.5. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL

El plan CSI Bridge calcula los momentos flectores, cortantes y torsionales para la construcción de puentes. Es una herramienta independiente que mezcla el modelado, la evaluación y el modelo de puentes.

Gracias a su fluida gestión de múltiples tareas, CSiBridge es el programa más flexible y eficiente. CSiBridge simplifica los modelos de puentes con diversos pesos e investigaciones de ingeniería. Términos como "franjas de línea" y "tranvías" se basan en definiciones paramétricas. El programa crea modelos de columna vertebral, lámina o sólidos que se actualizan automáticamente a medida que cambian las dimensiones del puente.

Destacamos los puentes compuestos, asimétricos, de arco y de caballete, entre otros. Con CSiBridge es posible modelar y modernizar de forma rápida y eficiente puentes de hierro forjado y acero. Incluya impactos secundarios como la carga cruzada automática en carriles y calzadas.

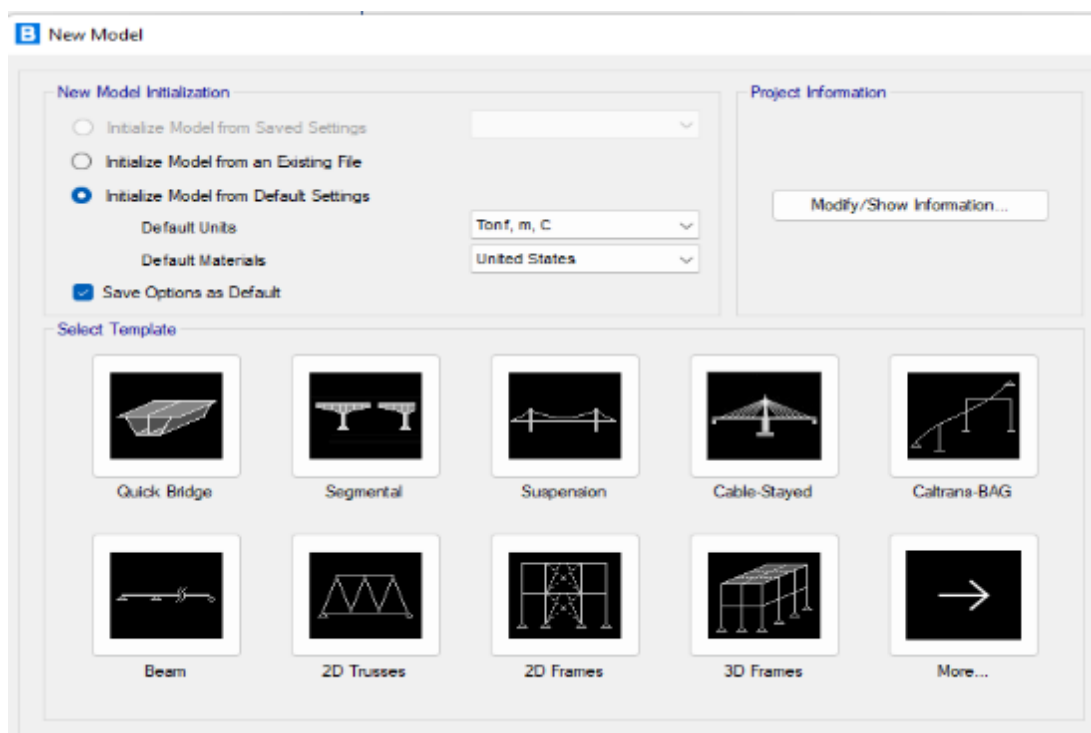
El planificador de construcción es una herramienta útil para configurar la duración, las condiciones de apoyo, el peso de trabajo y otros parámetros para cada fase de construcción. Se pueden simular puentes prefabricados, puentes asistidos y puentes contra avalanchas con CSiBridge. El módulo y el motor están completamente añadidos en CSI Bridge y brindan numerosas funciones servibles. Geométricas No linealidades.

3.5.1. Componentes

Tiempo de observación. Tras crear un modelo en blanco, evalúe el tipo de sistema estructural del puente. La longitud de 90 metros se separará en 3 tramos de 30m.

Figura 34

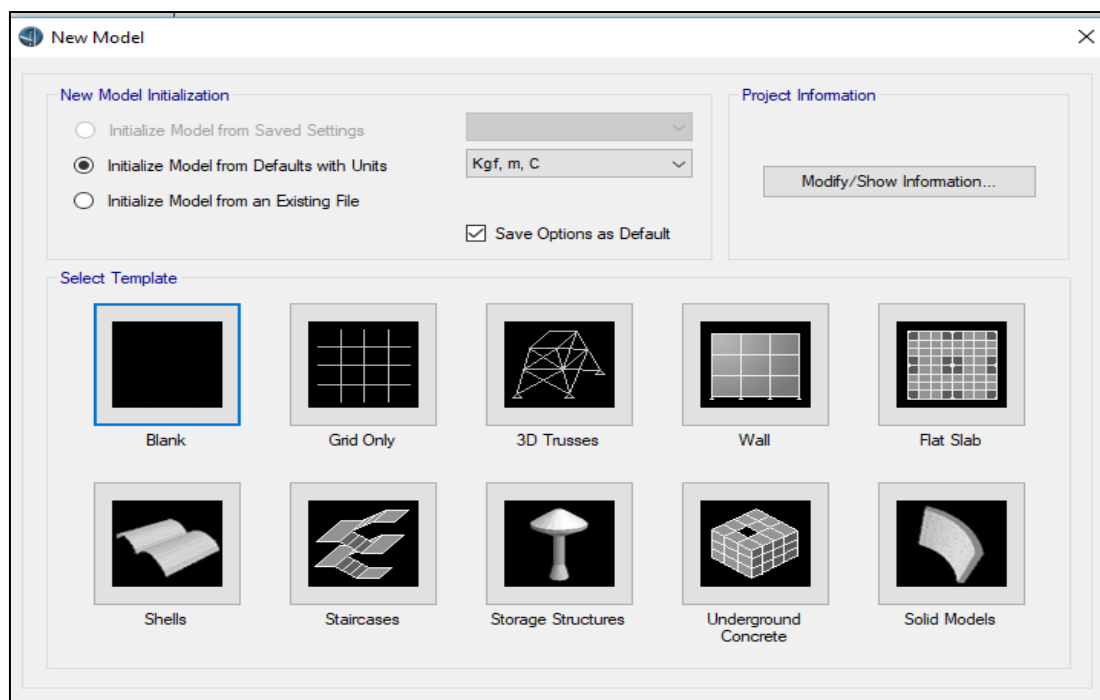
Elegir el área del Puente



Nota. Producción del autor.

Figura 35

Selección del área del Puente



Nota. Producción del autor.

Figura 36

Disposición de la luz de 90 m en 3 Tramos.

Nota. Producción del autor.

Puente: Cuenta con 3.60m de ancho

Figura 37

Carril de diseño del puente.

3.5.2. Detalles

Requisitos del modelado de la estructura. El puente de celosía mixta está conformado principalmente de acero y concreto armado. Chen y Duan (2014) sugieren acero ASTM 772 °50 para la construcción de puentes (página 173). La planificación utilizará acero °50, lo común para puentes peruanos. Elástico módulo del metal con tensión aplicada:

Figura 38

Disposición del acero en el modelo de la estructura del puente.

Property	Steel (Astm503G50)	Concrete (fc=280 Kg/cm2)
Material Name and Display Color	Astm503G50	fc=280 Kg/cm2
Material Type	Steel	Concrete
Weight per Unit Volume	7.849E-03	2.403E-03
Mass per Unit Volume	8.004E-08	2.450E-06
Modulus of Elasticity, E	200000	200798.41
Poisson, U	0.3	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05	9.900E-06
Shear Modulus, G	76820.0	83666
Minimum Yield Stress, Fy	3515	
Minimum Tensile Stress, Fu	4570	
Expected Yield Stress, Fye	3867	
Expected Tensile Stress, Fue	5027	
Specified Concrete Compressive Strength, Fc		280
Expected Concrete Compressive Strength		280
Lightweight Concrete		☐
Shear Strength Reduction Factor		

Nota. Producción del autor.

Concepto de la sección transversal del puente.

A continuación, mida los segmentos del puente. La ilustración 38 presenta las medidas milimétricas del equipo compacto, mientras que las Figuras 39 y 40 ilustran los perfiles diagonales y horizontales del diafragma.

Figura 39*Área de la sección transversal de la viga I*

I/Wide Flange Section

Section Name: V-1550-400-30

Section Notes: Modify/Show Notes...

Dimensions:

- Outside height (t3) : 1610.
- Top flange width (t2) : 400.
- Top flange thickness (tf) : 30.
- Web thickness (tw) : 15.
- Bottom flange width (t2b) : 400.
- Bottom flange thickness (tfb) : 30.

Material: + Astm709Gr50

Property Modifiers: Set Modifiers...

Properties: Section Properties..., Time Dependent Properties...

OK Cancel

Nota. Producción del autor.

A continuación, se dispone de los datos del área de la sección tipo L del modelo estructural para su análisis.

Figura 40*Área clase L*

Angle Section

Section Name: L75x75x8 (interior diagonal)

Section Notes: Modify/Show Notes...

Dimensions:

- Outside vertical leg (t3) : 75.
- Outside horizontal leg (t2) : 75.
- Horizontal leg thickness (tf) : 8.
- Vertical leg thickness (tw) : 8.

Material: + Astm709Gr50

Property Modifiers: Set Modifiers...

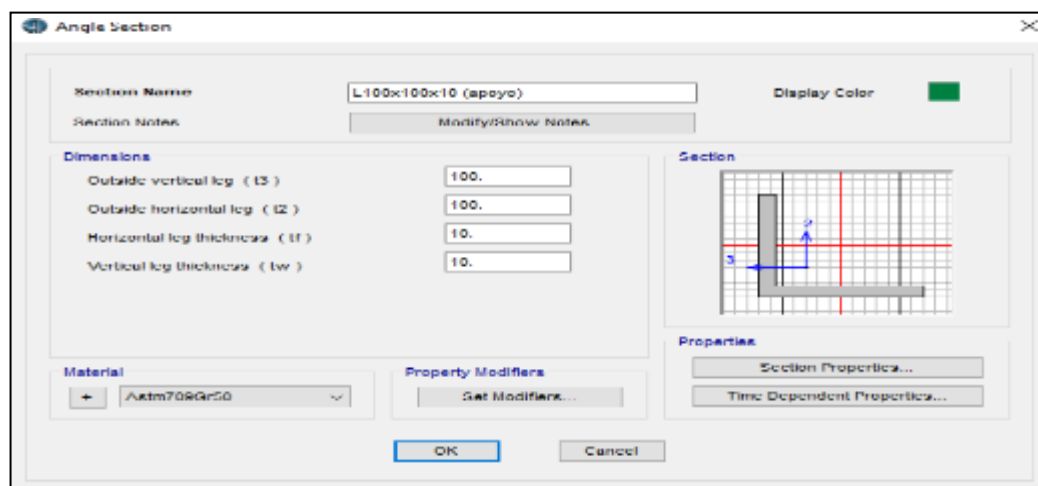
Properties: Section Properties..., Time Dependent Properties...

OK Cancel

Nota. Producción del autor.

Figura 41

Área clase



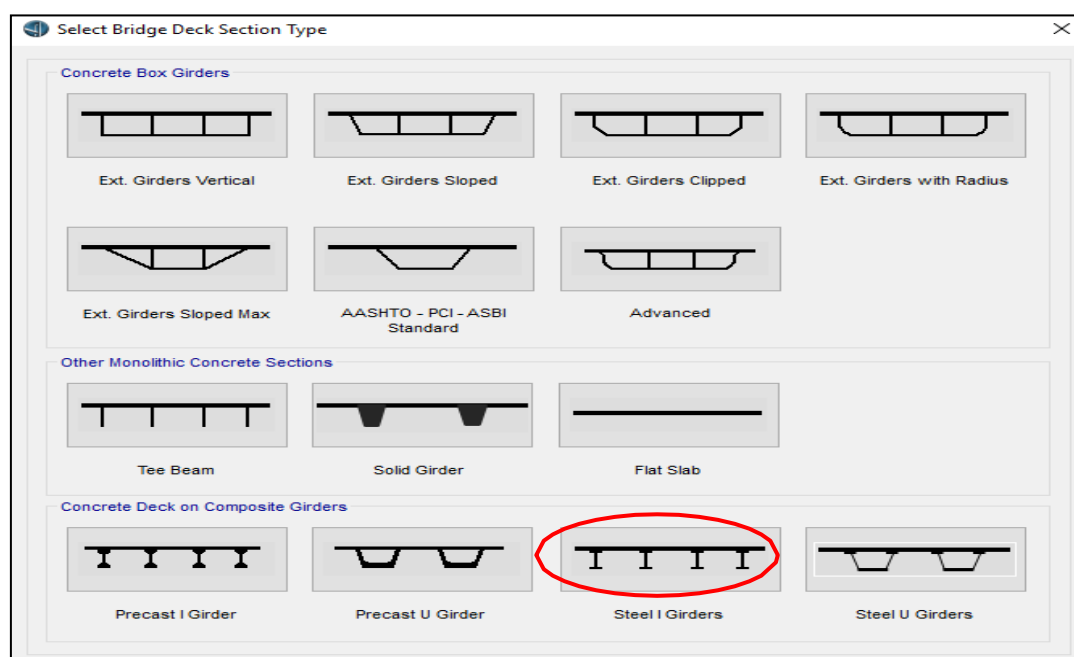
Nota. Producción del autor.

Detalles del tipo de puente

Se deben dar con los tipos de tablero del puente. Al abrir la ventana, se observan varias opciones de tablero para la construcción de la superestructura. Elegimos la sección de celosía de acero clase I.

Figura 42

Transversal sección L diagonales q

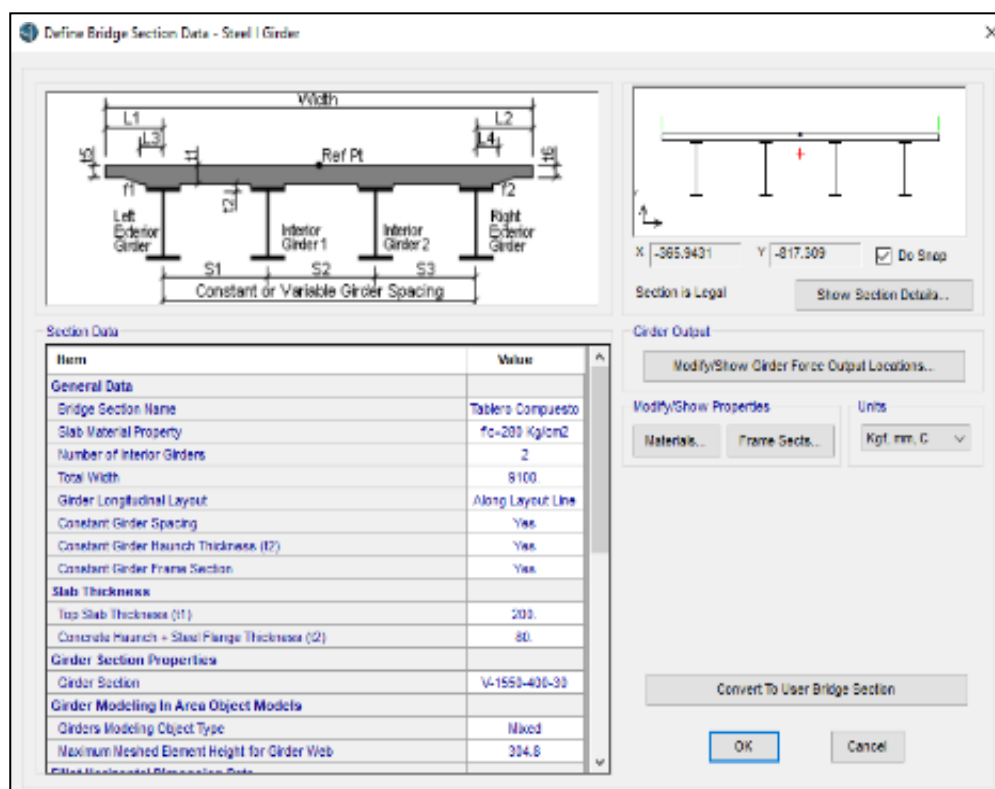


Nota. Producción del autor.

La geometría del super sistema depende de la anchura de la cubierta, el # de internas vigas, la clase y grosor de la losa, la transversal sección de las vigas, la altura del concreto y del ala y longitud del hormigón.

Figura 43

Tablero puente.



Nota. Producción del autor.

Diafragmas.

El puente CSI permite combinaciones de arriostramientos diagonales; este es en "V". Este diseño consta de un rigidizador longitudinal en la parte inferior del puente horizontal, fijado a las placas base de las vigas, y 2 perfiles que se unen en la mitad del perfil.

Los pilares de estribo, que son más anchos debido a las cargas de la superestructura del puente, y los pilares internos, que están espaciados por diseño.

Se emplearán los perfiles de usuario seguidamente.

- 75.00mm*75.00mm*8.00 mm;
- 100.00*100.00*10.00mm

Figura 44

Disposición de diafragmas.

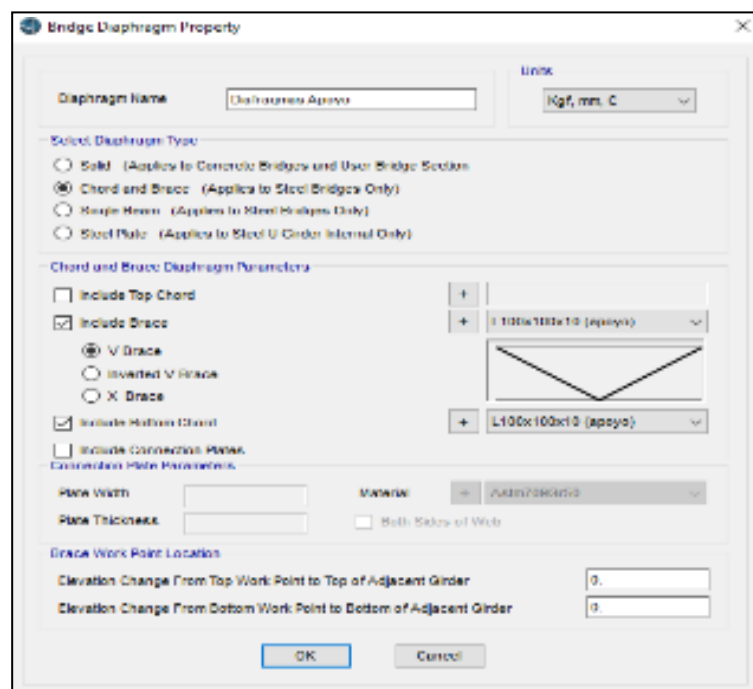


Figura 45

Ubicación de diafragmas en la parte interior.

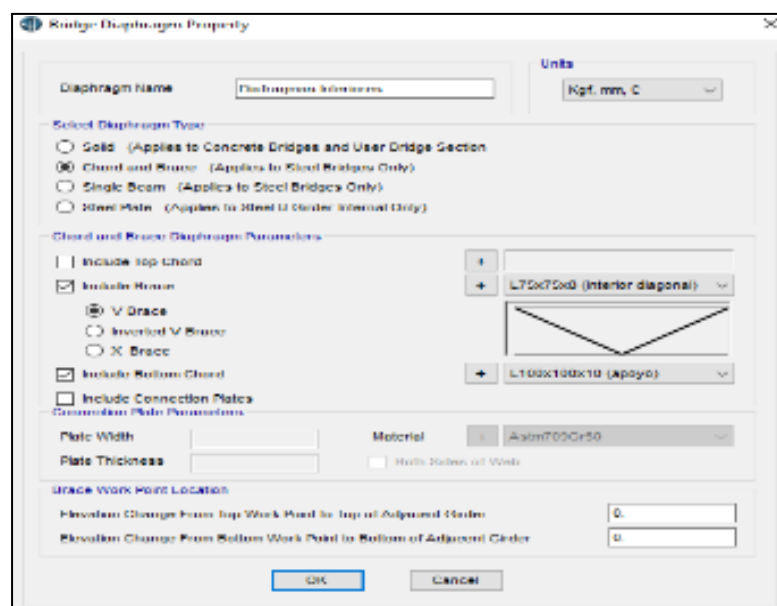


Figura 46

Espaciamiento y ubicación

Span	Diaphragm Property	Location	Bearing	Distance	Ref Line
Luz 40 m	Diafragmas Apoyo	All Spaces	Default	0.4	Layout Line
Luz 40 m	Diafragmas Interiores	All Spaces	Default	7.	Layout Line
Luz 40 m	Diafragmas Interiores	All Spaces	Default	13.5	Layout Line
Luz 40 m	Diafragmas Interiores	All Spaces	Default	20.	Layout Line
Luz 40 m	Diafragmas Interiores	All Spaces	Default	26.5	Layout Line
Luz 40 m	Diafragmas Interiores	All Spaces	Default	33.	Layout Line
Luz 40 m	Diafragmas Apoyo	All Spaces	Default	39.6	Layout Line

Bases.

La idealización arquitectónica de componentes tridimensionales, como los soportes, permite el análisis matemático como piezas bidimensionales en una estructura isostática.

Los extremos contarán con soportes articulados para limitar el movimiento vertical y horizontal. Se pueden utilizar técnicas isostáticas en los modelos para simular soportes con movimientos variables en el plano.

Se describen ambas formas de asistencia del puente CSI y sus tiempos de asentamiento.

Figura 47

Reacciones y bases



Nota. Macas J., (2018)

Figura 48

Bases fijas

The screenshot shows the 'Bridge Bearing Data' dialog box. The 'Bridge Bearing Name' is 'Apoyo fijo'. The 'Units' are 'Kgf, mm, C'. Under 'Bridge Bearing Is Defined By:', 'User Definition' is selected. The 'User Bearing Properties' table is as follows:

DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Fixed	
Translation Normal to Layout Line (U2)	Fixed	
Translation Along Layout Line (U3)	Fixed	
Rotation About Vertical (R1)	Free	
Rotation About Normal to Layout Line (R2)	Free	
Rotation About Layout Line (R3)	Free	

Nota. Producción del autor.

Figura 49

Apoyos

The screenshot shows the 'Bridge Bearing Data' dialog box. The 'Bridge Bearing Name' is 'Apoyo movil'. The 'Units' are 'Kgf, mm, C'. Under 'Bridge Bearing Is Defined By:', 'User Definition' is selected. The 'User Bearing Properties' table is as follows:

DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Fixed	
Translation Normal to Layout Line (U2)	Fixed	
Translation Along Layout Line (U3)	Free	
Rotation About Vertical (R1)	Free	
Rotation About Normal to Layout Line (R2)	Free	
Rotation About Layout Line (R3)	Free	

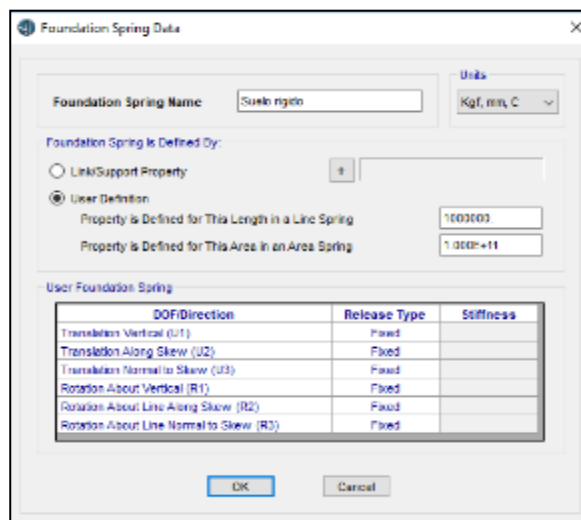
Nota. Producción del autor.

Bobinas.

Al ser rígidos e inmóviles, los soportes de neopreno del puente CSI son fijos. Las bases de neopreno quedan fuera del alcance de este proyecto, por lo que se entiende que los pesos de la superestructura se pasan a la superficie, una roca altamente resistente con una deformación insignificante.

Figura 50

Selección del Spring en el modelo



DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Fixed	
Translation Along Skew (U2)	Fixed	
Translation Normal to Skew (U3)	Fixed	
Rotation About Vertical (R1)	Fixed	
Rotation About Line Along Skew (R2)	Fixed	
Rotation About Line Normal to Skew (R3)	Fixed	

Nota. Producción del autor.

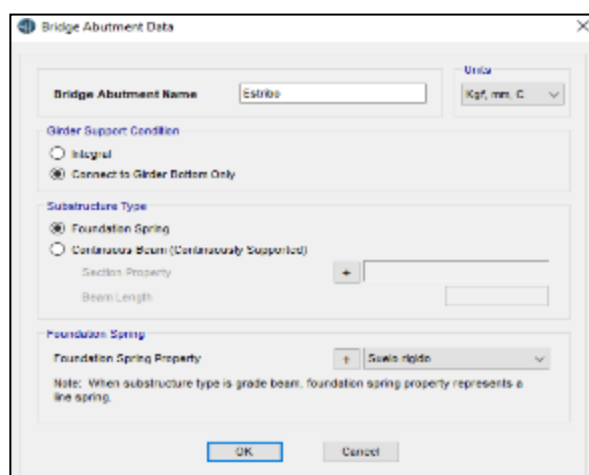
Soportes.

El software recomienda conceptualizar la disposición de los estribos de bridge.

Esto es irrelevante para el diseño.

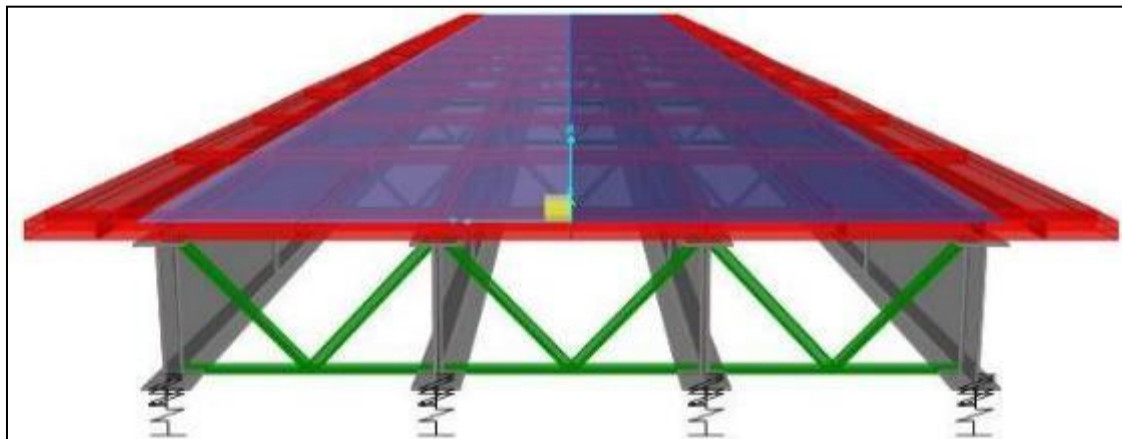
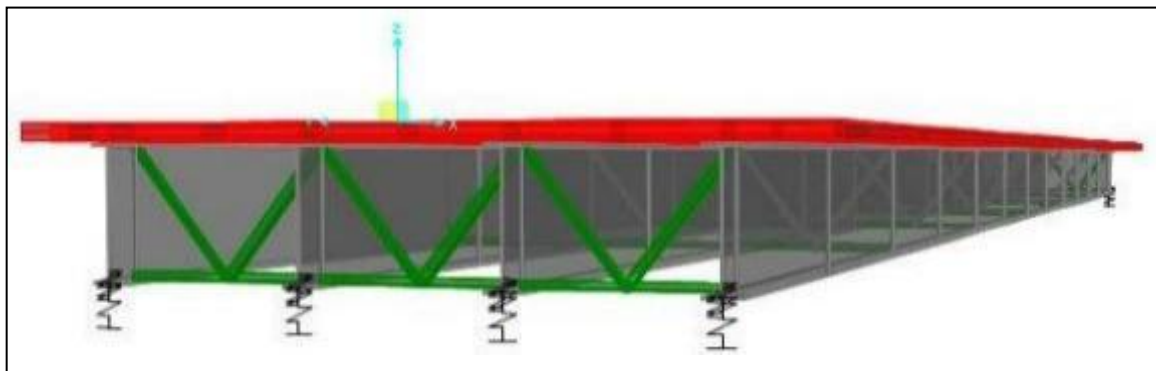
Figura 51

Consideraciones para los estribos.



Nota. Producción del autor.

Después de configurar los conformantes del puente en el programa, estos aparecen en el tridimensional modelo. Los postes, tirantes, vigas, etc. de la superestructura son visibles.

Figura 52*Diseño de la super estructura del modelo del puente***Figura 53***Diseño de super estructura*

3.5.3. Pesos de los modelos.

Disposición de cargas estructurales

Las subestructuras reciben cargas de las partes estructurales aparentes del modelo, incluyendo losas de hormigón armado, vigas de acero y arriostramientos diagonales.

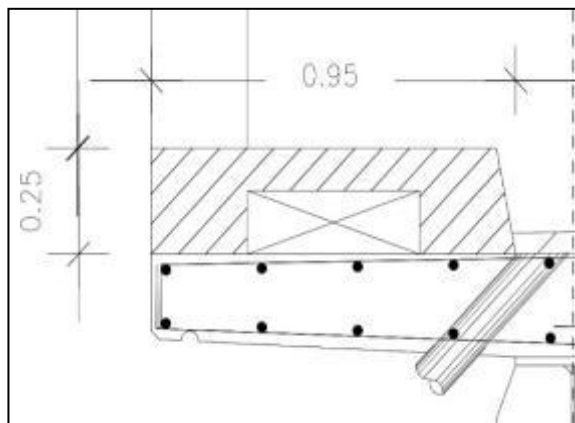
Carga DC2 no estructural

Las entidades sin modelado estructural experimentan cargas no estructurales, determinadas externamente y aplicadas a la parte de soporte.

Los componentes DC2 se explicarán a continuación:

Figura 54

Detalles de las dimensiones del puente



$$A_{acera} = 0.17m^2$$

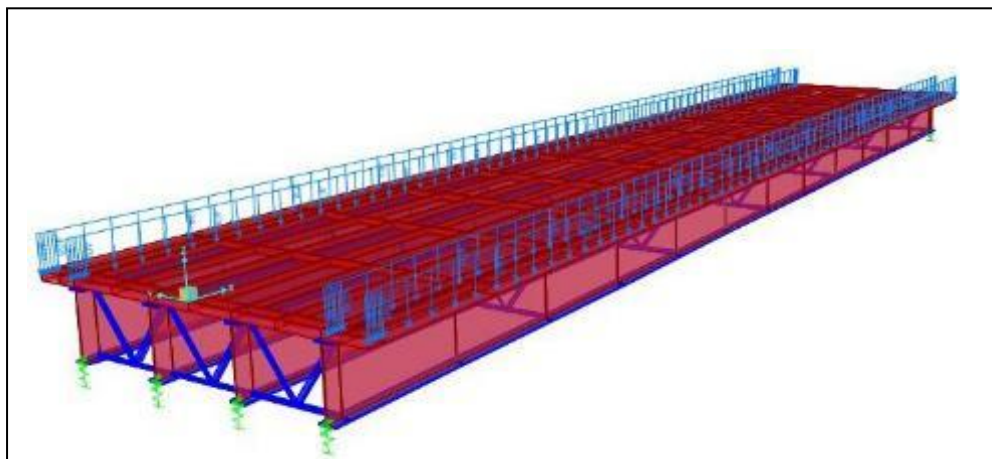
La disposición del peso debe asignarse por cada m^2 preasignados a la losa del tablero y luego distribuirse a lo largo de 40 metros a lo largo del puente.

$$W_{acera} = \frac{W_{acera} * \gamma_{H.A.}}{L}$$

$$W_{acera} = \frac{(0.17m^2)(2400Kg / m^3)}{40m} = 408Kg / m^2$$

Figura 55

Modelo DC2 del puente.



Nota. Producción del autor.

Figura 56

Características de la elevación de separación (10 m).

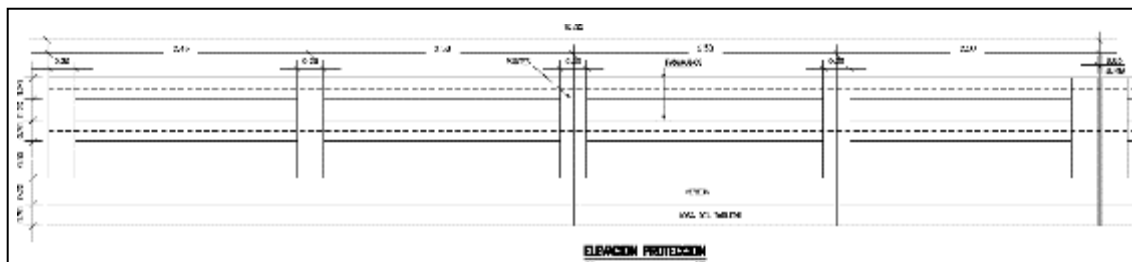
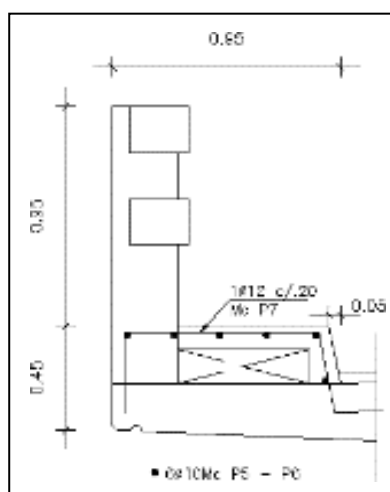


Figura 57

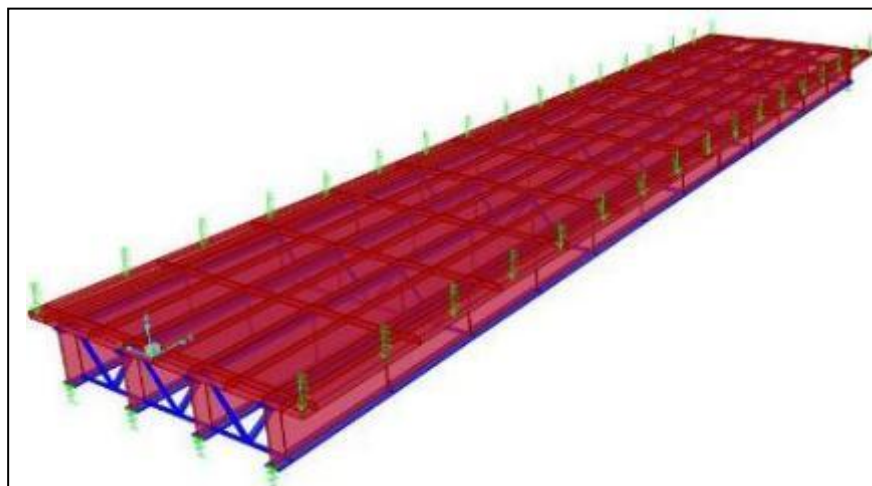
Dimensiones de la altura en barandas.



$$W_{barandas} = 442.5\text{Kg} \times 250\text{cm}, \text{ por cada } 100\text{cm de alcance}.$$

Figura 58

Carga considerada en las barandas del elemento.



$$W_{acera} = 408 Kg / m^2$$

$$W_{barandas} = 442.5 Kg$$

$$W_{barandas} = 442.5 Kg \times 250cm, \text{ por cada } 100cm \text{ de alcance.}$$

Cargas móviles

La biblioteca de valores de CSI Bridge contiene vehículos de modelo que alcanzan con los principales estándares mundiales, incluyendo AASHTO.

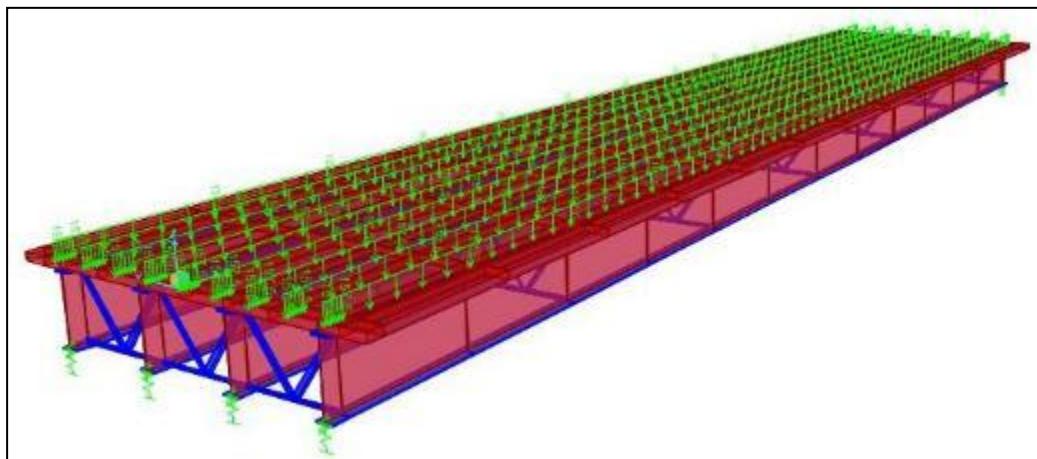
Los resultados garantizan la seguridad del diseño:

$$DW = e * \gamma_{asfalto}$$

$$DW = (0.07m)(2250 Kg / m^3) = 157.5 Kg / m^2$$

Figura 59

Distribución de la carga DW



Nota. Producción del autor.

Cargas móviles consideradas

El programa es compatible con los cuatro módems HL-93.

El HL-93S tiene capacidad de carga para dos pisos más remolque. HL-93F

"Tren de Fatiga".

Los valores máximos de carga de la celosía de sección compacta se determinarán mediante una prueba de carga envolvente con tres camiones. El Camión de Fatiga solo funciona en estado de fatiga.

Figura 60

Disposición del modelo HL-93K

Nota. Producción del autor.

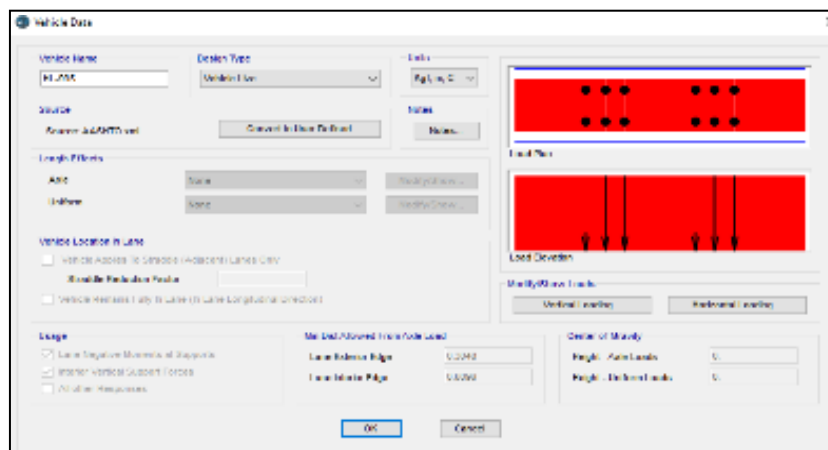
Figura 61

Disposición del modelo HL-93M

Nota. Producción del autor.

Figura 62

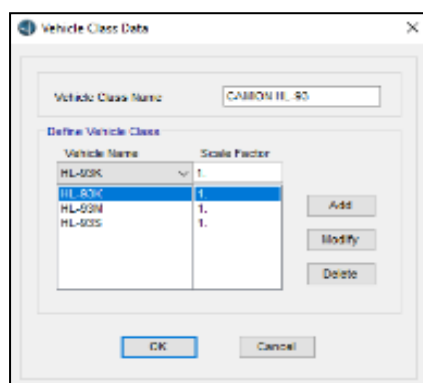
Disposición del modelo HL-93S



Nota. Producción del autor.

Figura 63

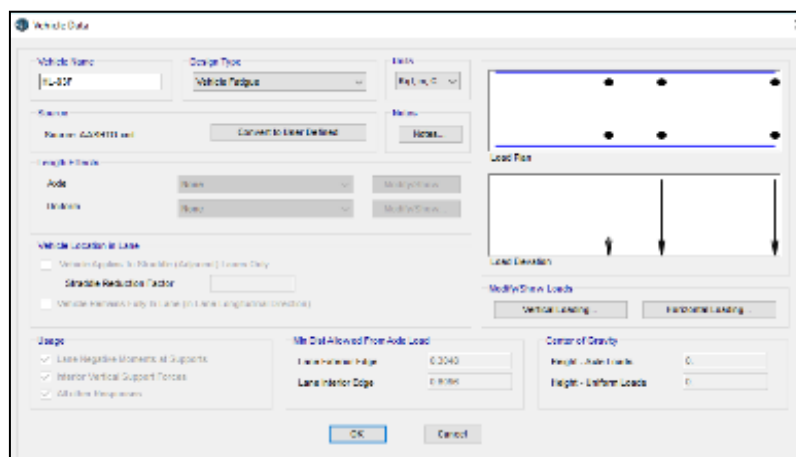
Camión HL-93 K, S y M.



Nota. Producción del autor.

Figura 64

Modelo HL-93F

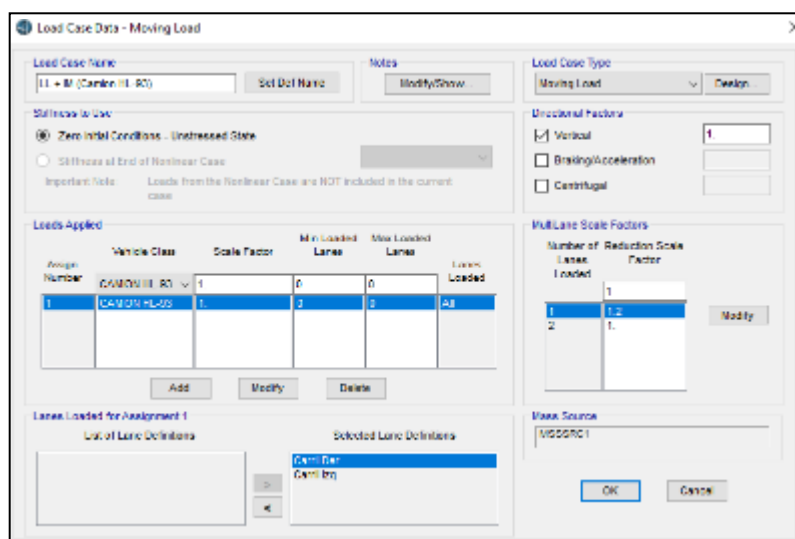


Nota. Producción del autor.

La sección 3.11.1.2 de esta tesis confirma la presencia de múltiples carriles congestionados. La Figura 63 muestra que LL+IM es un dinámico peso con carriles asignados y factores de sobrecarga. Con estos estandartes, el programa realiza un análisis dinámico de LL+IM. Los Camiones de Fatiga emplean la misma estrategia.

Figura 65

Variante de varias sobrecargas para IM + LL.



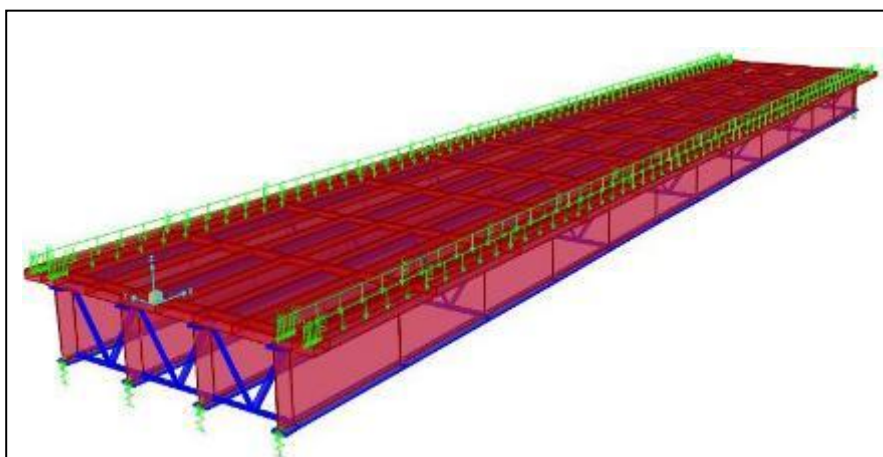
Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	CAMION HLAS	1	0	0	AB

PL Carga

$$PL = 360\text{Kg} / \text{m}^2$$

Figura 66

PL Peatonal Carga.



Ejecución (análisis)

La aplicación puede analizar la superestructura del puente tras establecer sus especificaciones y aplicar cargas compactas sobre pilares.

Figura 67

Situaciones de carga a evaluar

Case Name	Type	Status	Action
DC1 (Estructural)	Linear Static	Not Run	Run
MODAL	Modal	Not Run	Run
DW (Asfalto)	Linear Static	Not Run	Run
PL (Peatonal)	Linear Static	Not Run	Run
LL + IM (Camion HL-93)	Moving Load	Not Run	Run
LL + IM (Fatiga HL-93)	Moving Load	Not Run	Run
DC2 (No Estructural)	Linear Static	Not Run	Run
SOLO HL-93	Moving Load	Not Run	Run
25% LL + IM (Camion HL-93)	Moving Load	Not Run	Run

Click to:

Run/Do Not Run Case

Show Case...

Delete Results for Case

Run/Do Not Run All

Delete All Results

Show Load Case Tree...

Analysis Monitor Options

☐ Always Show

☐ Never Show

☒ Show After seconds

☐ Model-Alive

Run Now

OK Cancel

Nota. Producción del autor.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

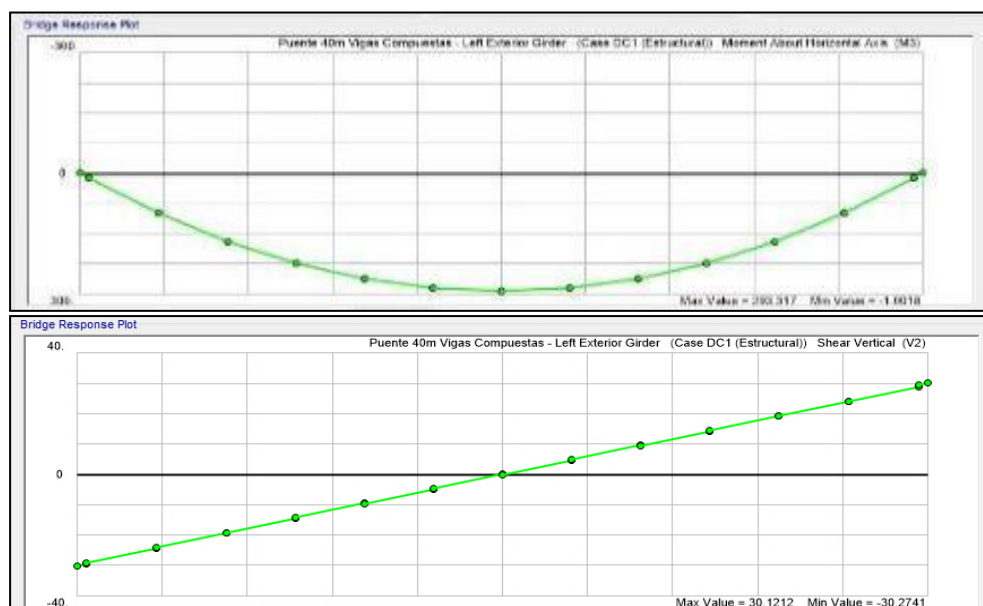
4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Nos centramos en la flexión, los momentos cortantes y las deformaciones de los puntales y tirantes, como se ilustra en la investigación del Puente CSI. Independientemente de la ubicación de los puntales, su espaciamiento simétrico produce los mismos resultados.

4.1.1. Cortante en exteriores vigas y diagramas de momento.

Figura 68

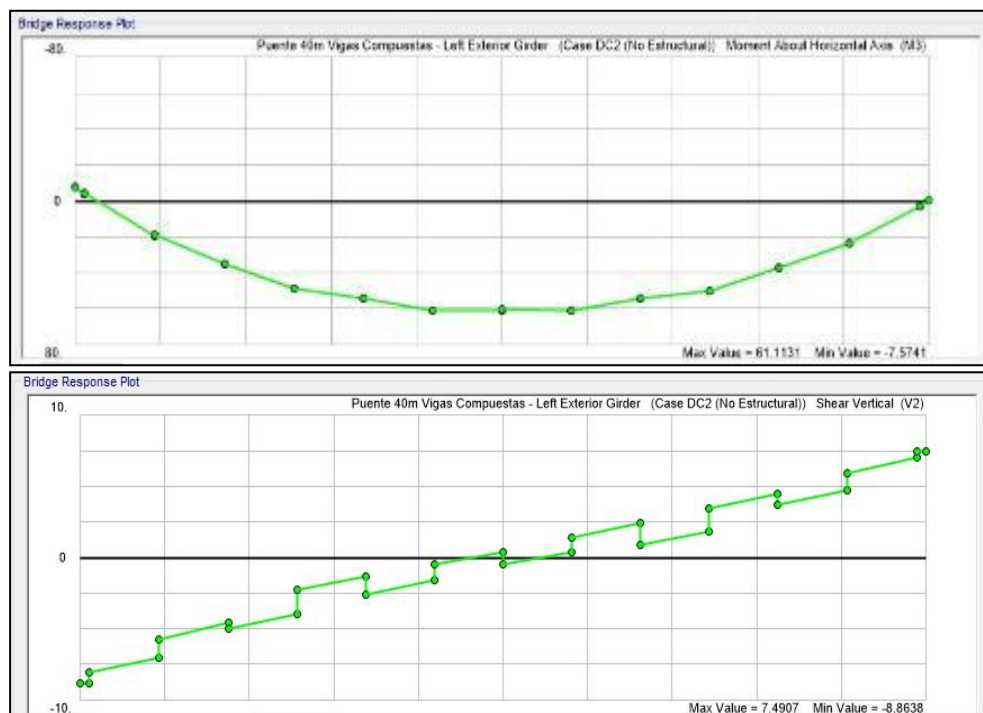
V2 y M3 en exteriores vigas DC1.



Nota. Producción del autor.

Figura 69

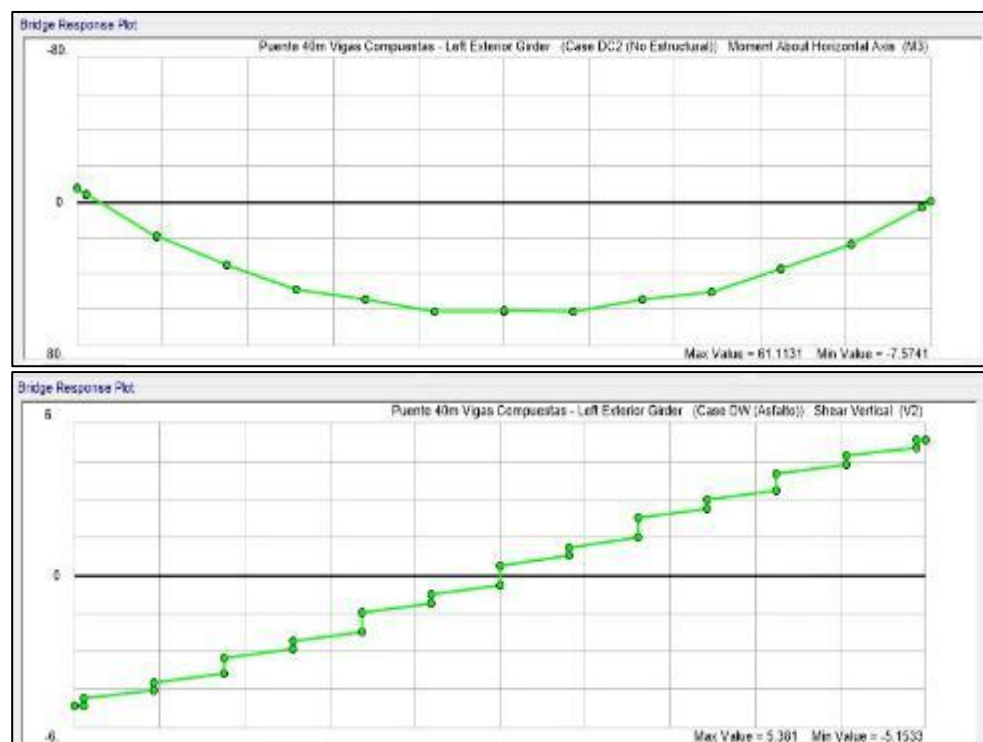
V2 y M3 en exteriores vigas DC2.



Nota. Producción del autor.

Figura 70

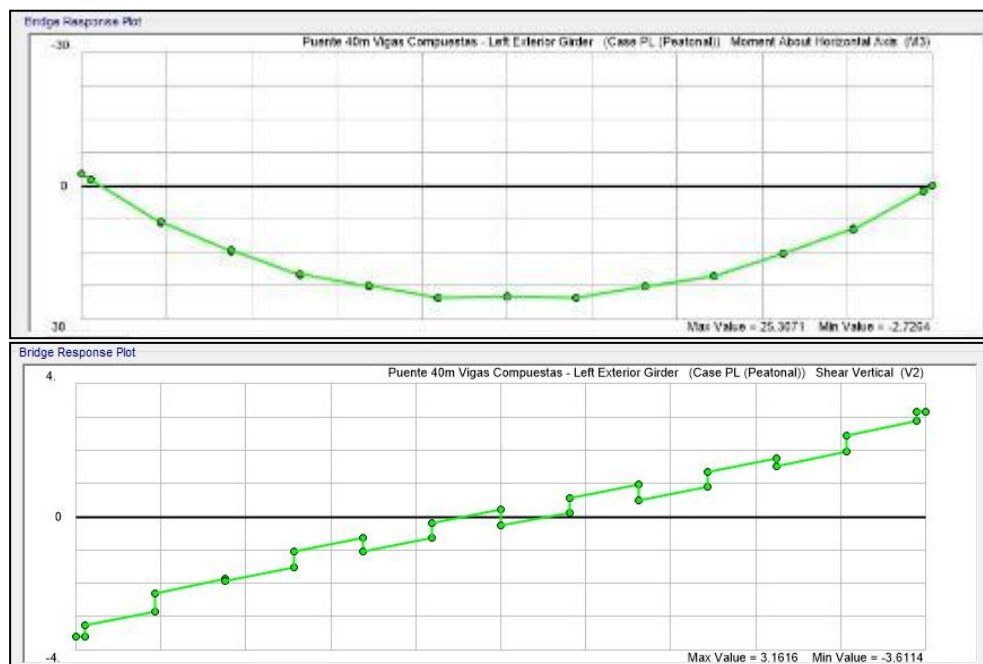
V2 y M3 peso DW.



Nota. Producción del autor.

Figura 71

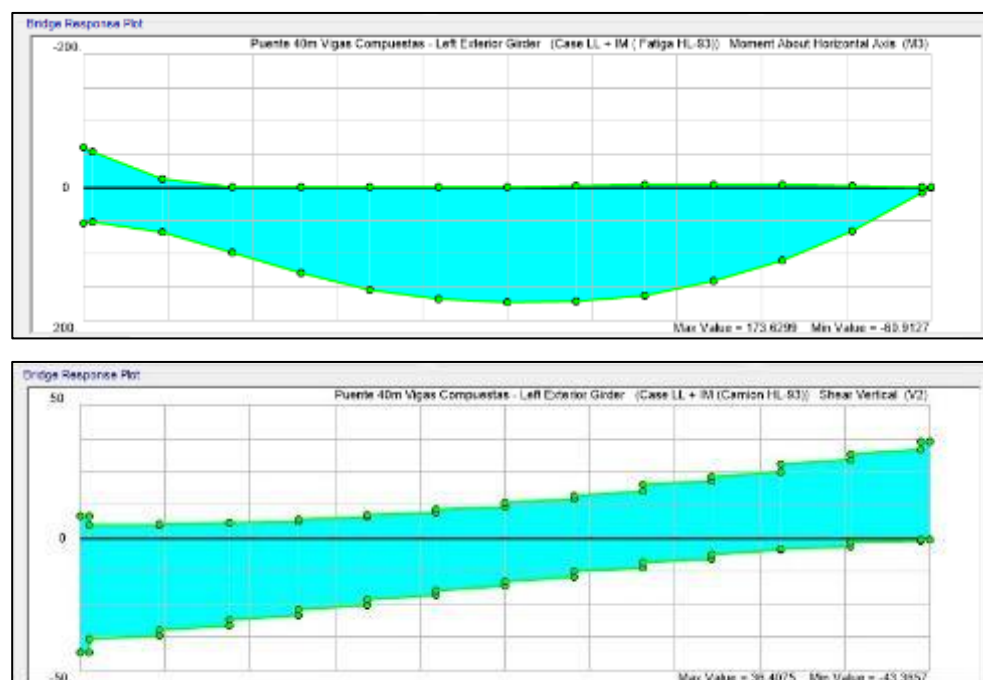
V2 y M3 peso exteriores PL.



Nota. Producción del autor.

Figura 72

M3 y V2 IM + LL en exteriores vigas



Nota. Producción del autor.

Figura 73

V2 y M3 en vigas DC2.

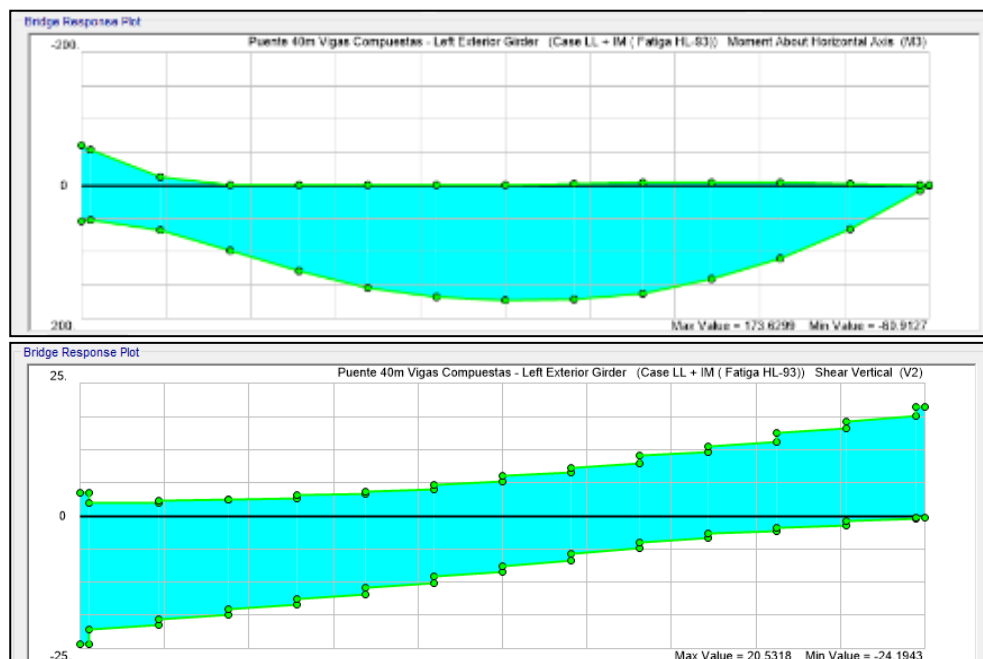
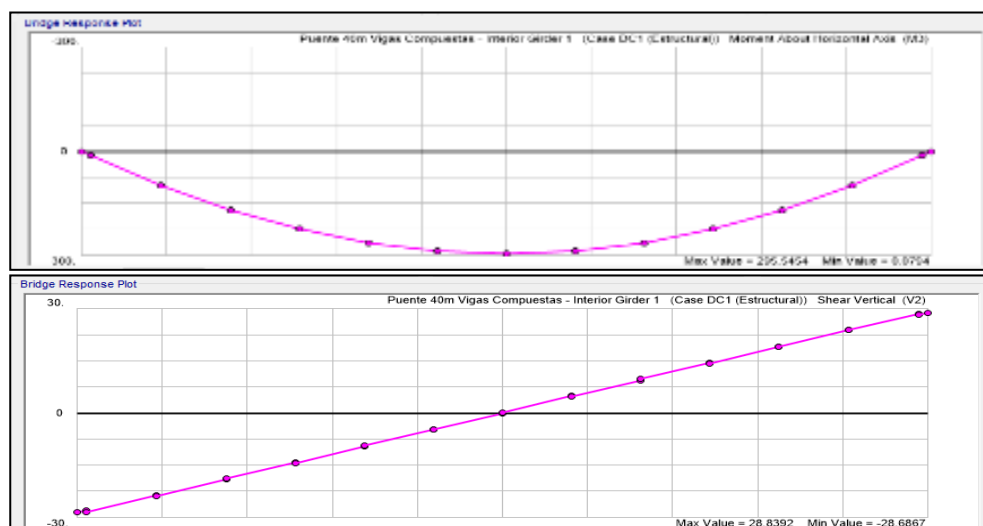


Figura 74

V2 y M3 fatiga en vigas

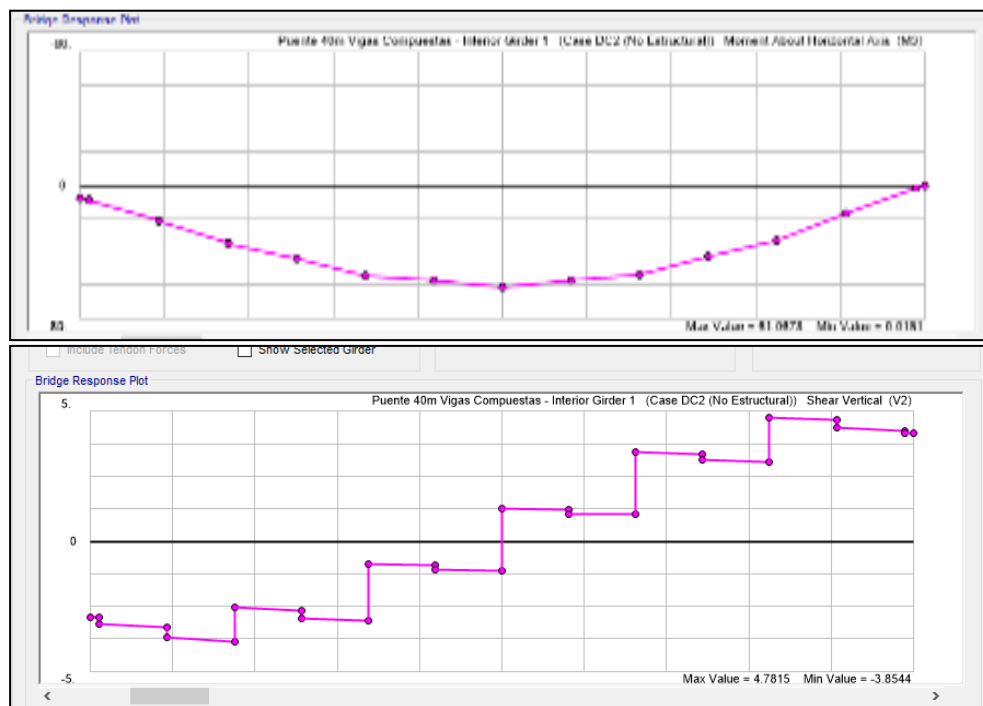


4.1.2. Cortante en interiores vigas diagramas de momento.

A continuación, se muestra los esfuerzos cortantes y los diagramas de los momentos de la superestructura, sometido a las combinaciones de cargas actuantes.

Figura 75

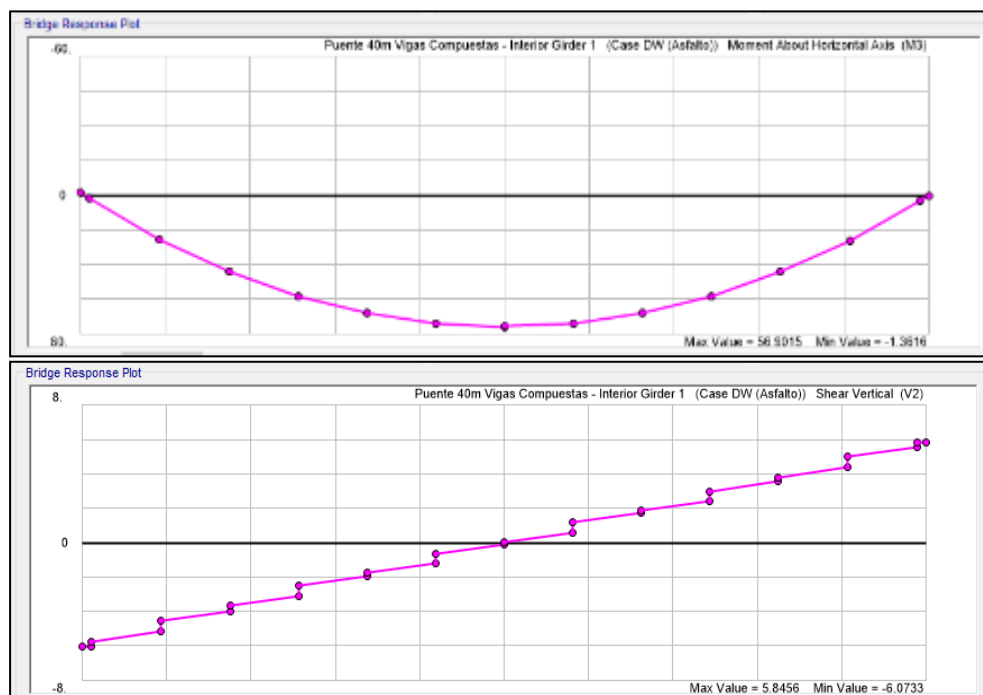
Cortante V2 y Momento M3 de peso DC1 en interiores vigas.



Nota. Producción del autor.

Figura 76

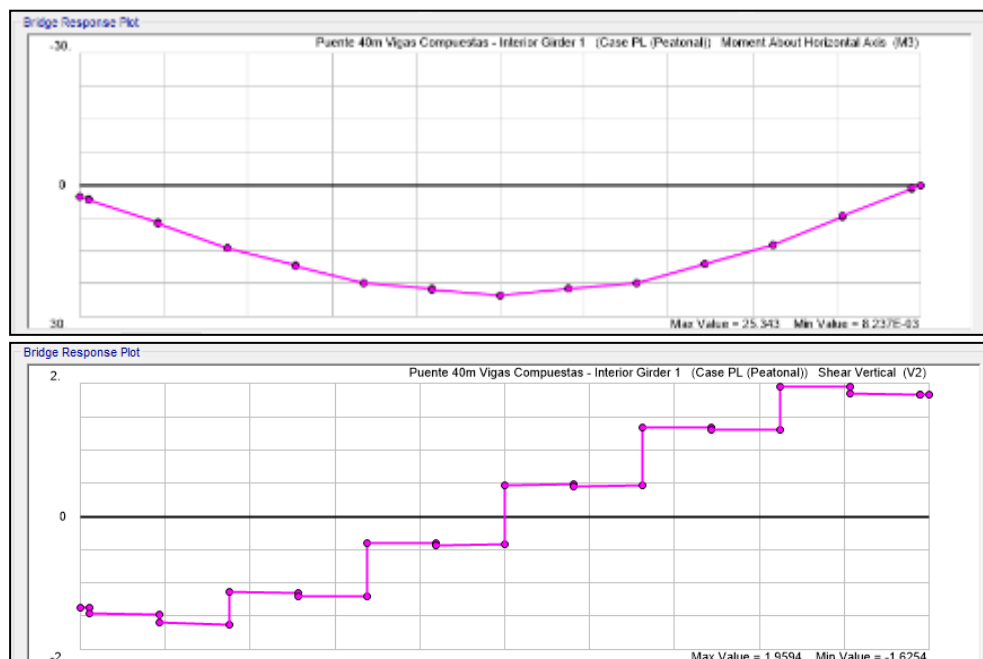
Momento M3 y Cortante y de peso DC1 en interiores vigas.



Nota. Producción del autor.

Figura 77

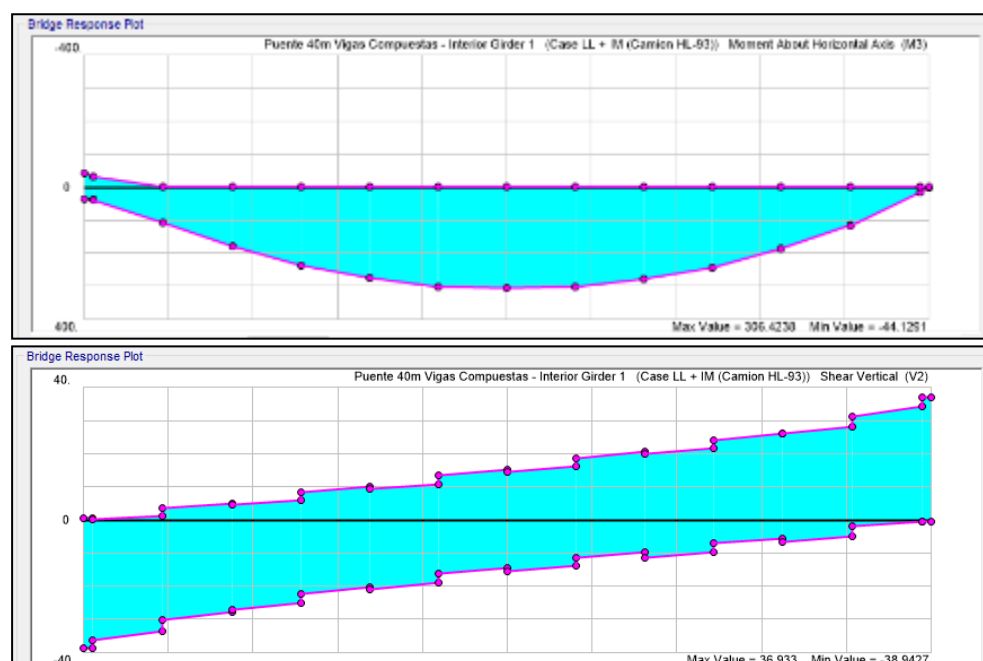
V2 y M3 peso interiores PL.



Nota. Producción del autor.

Figura 78

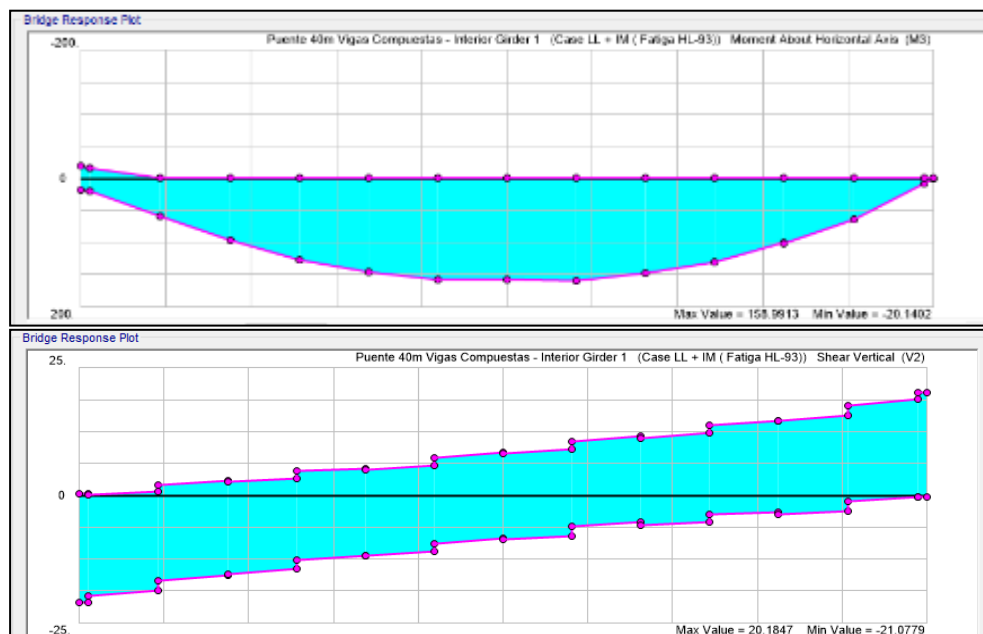
M3 y V2 IM + LL en interiores vigas



Nota. Producción del autor.

Figura 79

V2 y M3 en vigas DC1.



Nota. Producción del autor.

4.1.3. Comprobación de Límite Estado de Uso II

Elásticas Deformaciones.

La Tabla 8 define la deformación elástica permitida por los pesos de vehículos y peatones.

Pesos de peatones y vehículos:

$$Longitud/1000$$

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{1000} = \frac{40,000.00mm}{1000}$$

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{1000} = \frac{40,000.00mm}{1000}$$

$$\Delta_{adm} = 40mm$$

Según la sección 3.11.1.5, la deformación por sobrecarga se limita al máximo de los datos a continuación:

- Flexión inducida por el diseño.
- Deflexión por un aumento del 25 % del peso del equipo de modelo y de la carga del vehículo.

El análisis de la deformación mediante modelado estructural en el Puente desarrollado en el programa CSI, para esta propuesta, se muestra en las Figuras 80 y 81:

Figura 80

Ventana estructural modelo.

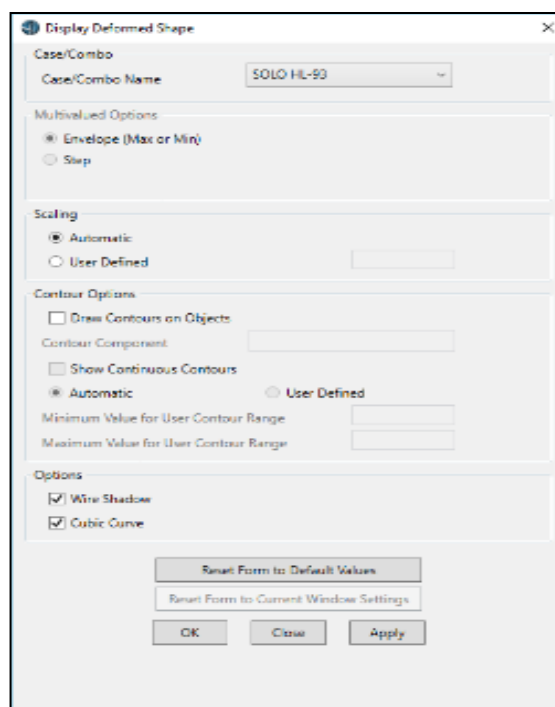
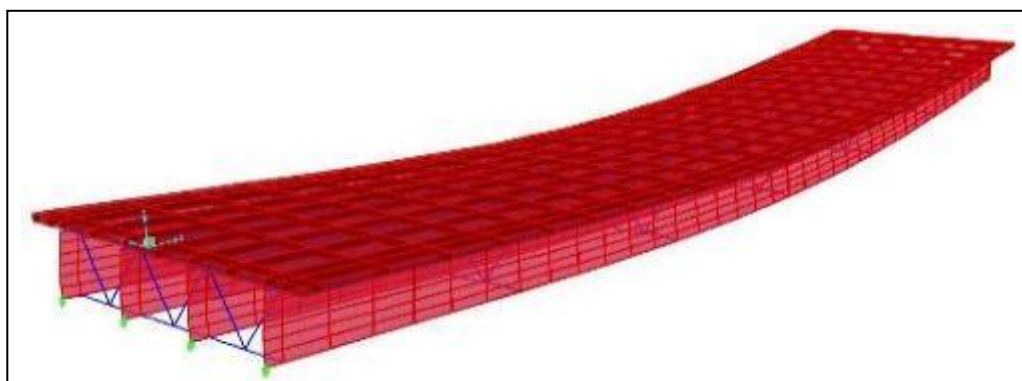


Figura 81

Estructural Modelo.

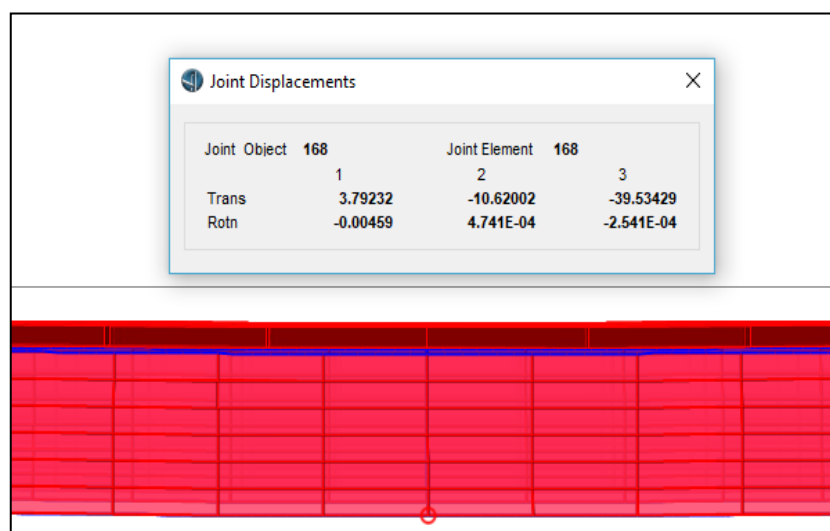


El pico de la super estructura del elemento se encuentra justamente en el medio ($L = 2000\text{cm}$).

La ilustración 82, con la deformación vertical indicada por 3, muestra la deflexión de diseño solo para el carro:

Figura 82

Deflexión.



Por tanto:

$$\Delta_{SOLOcamion} = 39.53\text{mm} :$$

$$\Delta_{25\%(camion+carril)} = 15.41\text{mm}$$

$$\Delta_{\max} = 39.53\text{mm}$$

$$39.53\text{mm} \leq 40.00\text{mm} \therefore \text{OK}$$

La sección seleccionada cumple con el Punto Final de Servicio Condicional II. Las fundamentales secciones de la viñeta delgada se muestran en las Figuras 83 y 84.

Figura 83*Área de esbelta viga*

I/Wide Flange Section

Section Name: V2000-300-350 (inicio) Display Color: [Red]

Section Notes: [Modify/Show Notes...]

Dimensions:

- Outside height (t3) : 2045.
- Top flange width (t2) : 300.
- Top flange thickness (tf) : 20.
- Web thickness (tw) : 8.
- Bottom flange width (t2b) : 350.
- Bottom flange thickness (tfb) : 25.

Material: [+] Astm709Gr50 [v]

Property Modifiers: [Set Modifiers...]

Properties: [Section Properties...] [Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

Figura 84*Área esbelta viga*

I/Wide Flange Section

Section Name: V2000-40-50 (centro) Display Color: [Yellow]

Section Notes: [Modify/Show Notes...]

Dimensions:

- Outside height (t3) : 2050.
- Top flange width (t2) : 400.
- Top flange thickness (tf) : 20.
- Web thickness (tw) : 8.
- Bottom flange width (t2b) : 500.
- Bottom flange thickness (tfb) : 30.

Material: [+] Astm709Gr50 [v]

Property Modifiers: [Set Modifiers...]

Properties: [Section Properties...] [Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

La ventana de puntal de sección variable se muestra en la ilustración 85.

Las vigas más estrechas acortan el primer y el último travesaño, con una luz de 10,15 m. El teleférico central tiene 19,70 m de longitud, siendo más largo en los laterales.

Figura 85

Arriostro perfil horizontalmente y transversal.

Figura 86

Área variable

Start Section	End Section	Length	Length Type	EI33 Variation	EI22 Variation
V2000-300-350	V2000-300-350	10150.	Absolute	Parabolic	Linear
V2000-300-350 (ini)	V2000-300-350 (ini)	10150.	Absolute	Parabolic	Linear
V2000-40-50 (cent)	V2000-40-50 (cent)	19700.	Absolute	Parabolic	Linear
V2000-300-350 (ini)	V2000-300-350 (ini)	10150.	Absolute	Parabolic	Linear

4.1.4. Diagramas de cortante y momento en exteriores vigas.

Un análisis de las fuerzas de momento y cortante en los tirantes exteriores e interiores mostró que el tirante interior requería más fuerza para aguantar el peso de las velas durante un cambio de vela debido a su longitud. El

cortante de las exteriores vigas y los diagramas de momento empalmadas se emplearán en el modelo.

Figura 87

Perfil consolidación de vigas

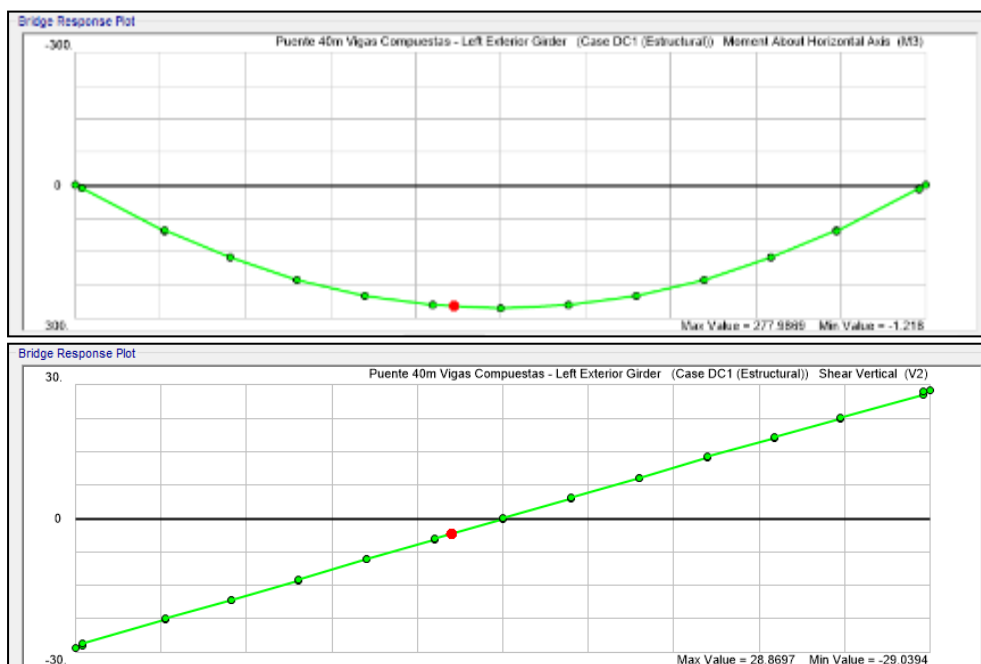


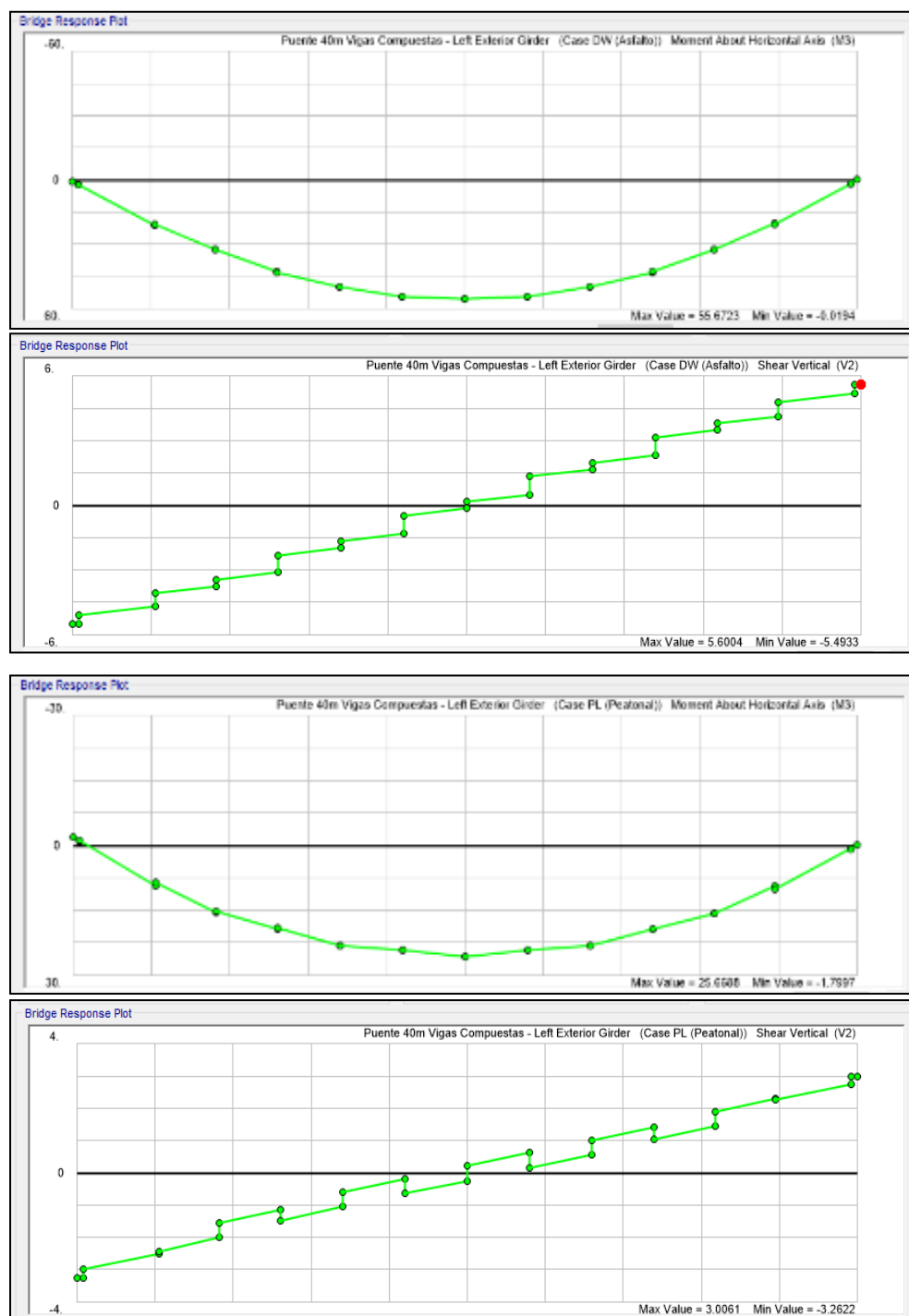
Figura 88

V2 y M3 peso vigas DC2



Figura 89

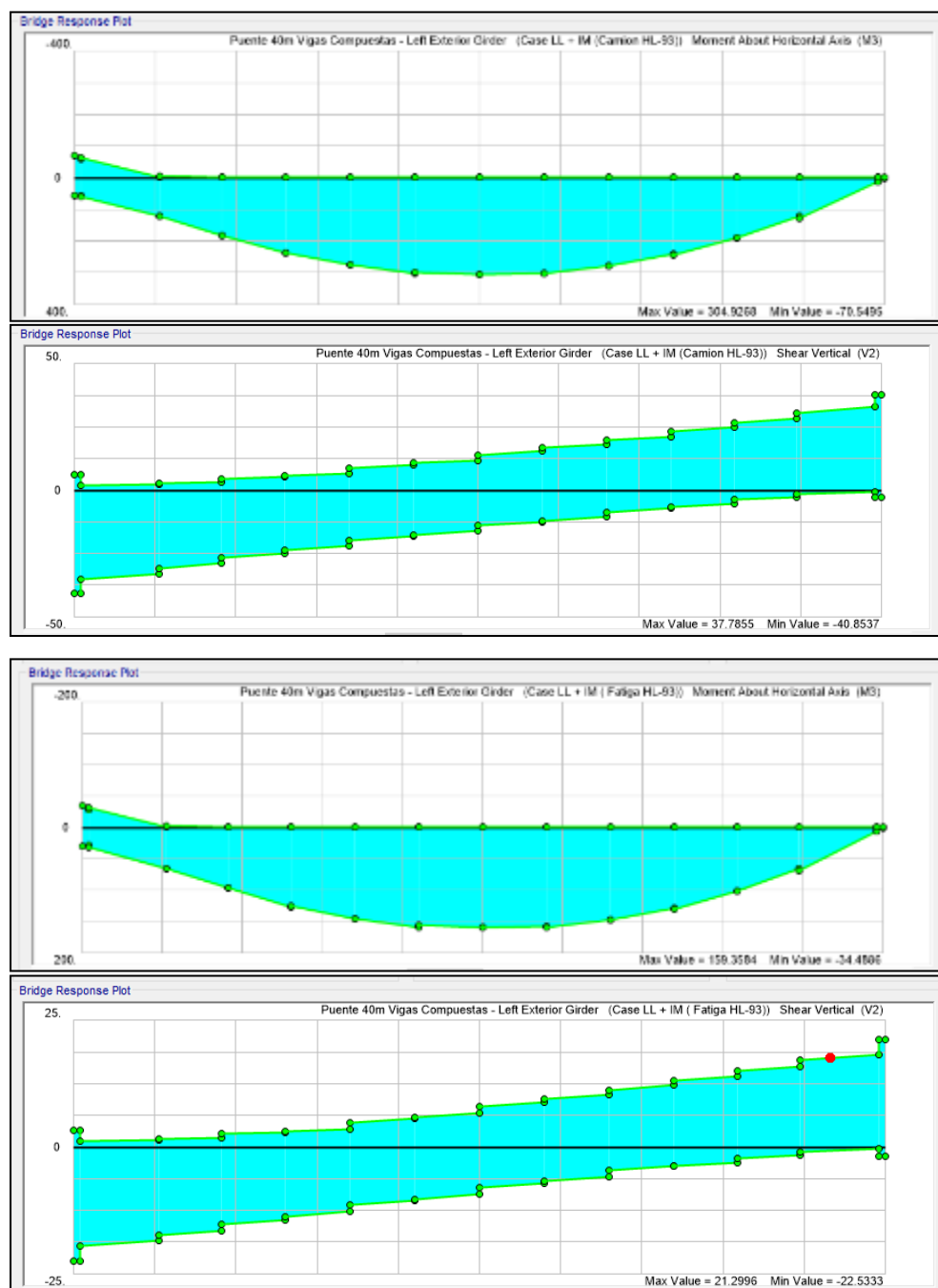
V2 y M3 peso DW



Los resultados mostrados de los momentos y cortantes sometido a cargas distribuidas del modelo estructural del puente, nos da el desempeño estructural de la superestructura del mostrado en la figura 89.

Figura 90

M3 y V2 IM + LL en exteriores vigas



4.1.5. Elásticas Deformaciones.

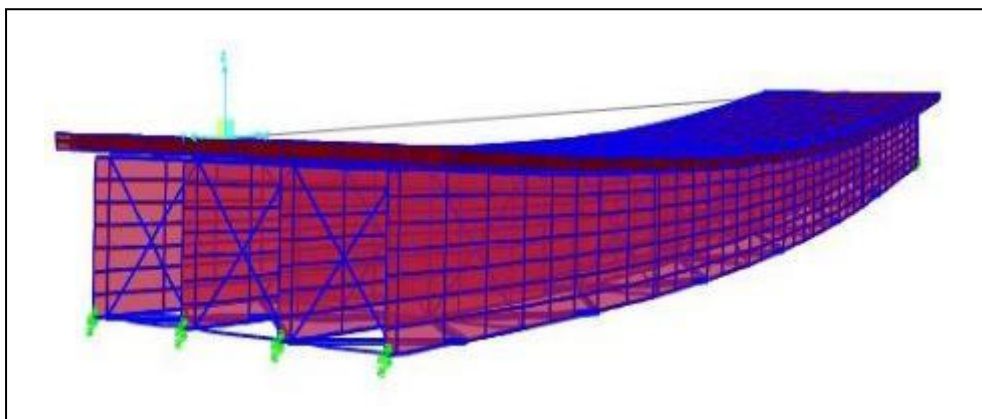
$$Longitud/1000$$

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{1000} = \frac{40,000.000 \text{ mm}}{1000.00}$$

$$\Delta_{adm} = 40 \text{ mm} .$$

Figura 91

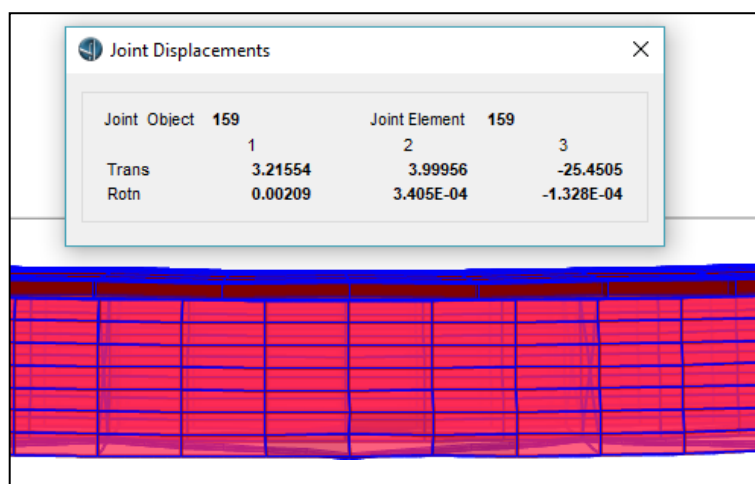
Estructural modelo bajo deformación elástica.



Nota. Producción del autor.

Figura 92

Deflexión del modelo.



Nota. Producción del autor.

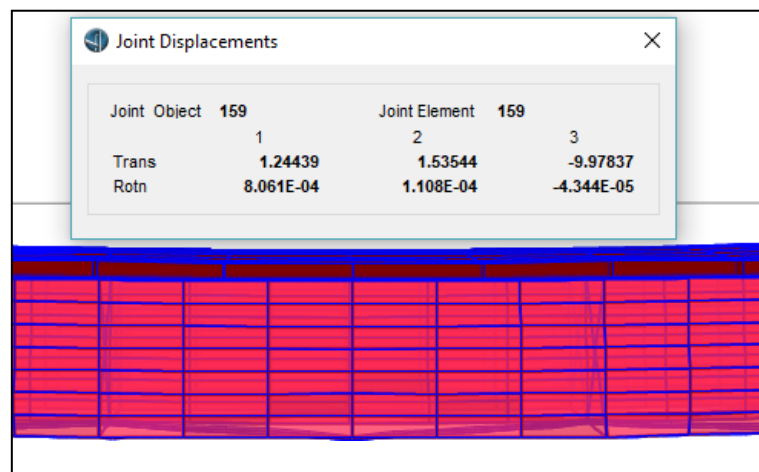
Así:

$$\Delta_{SOLO\ camion} = 25.45\ mm$$

Al examinar la deformación provocada por el veinticinco por ciento de la carga útil planificada del camión y del peso del remolque se obtiene el resultado 116:

Figura 93

Deflexión del modelo al 25 % de carga útil.



Nota. (Computers and Structures)

Así:

$$\Delta_{25\%(\text{camion+carril})} = 9.97 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\max} = 25.45 \text{ mm}$$

$$25.45 \text{ mm} \leq 40.00 \text{ mm} \quad \therefore \quad \text{OK}$$

4.1.6. Permanentes Deformaciones.

Límite Estado en momento de Uso II son:

$$M_{DC1} = 277.99 \text{ Ton-m} = 27,798.69 \text{ Ton-cm}$$

$$M_{DC2} = 62.68 \text{ Ton-m} = 6,268.00 \text{ Ton-cm}$$

$$M_{DW} = 55.67 \text{ Ton-m} = 5,567.00 \text{ Ton-cm}$$

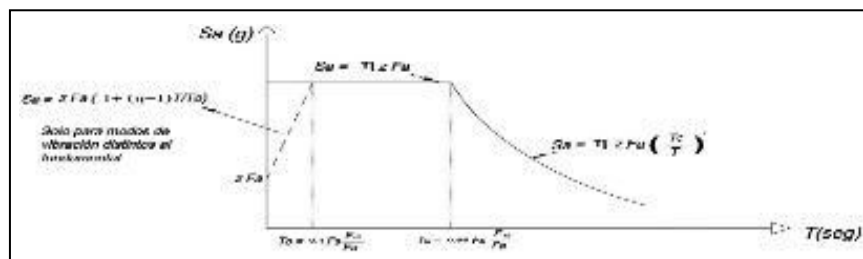
$$M_{LL+IM} = 396.40 \text{ Ton-m} = 39,640.48 \text{ Ton-cm}$$

4.1.7. Sismo (Carga)

La investigación sísmica de la superestructura del elemento emplea el espectro de modelo sísmico de la (NEC, 2015).

Figura 94

Sísmico espectro moldeable de aceleraciones para el análisis.



Nota. NEC, (2016)

De acuerdo con la NEC de 2015, la superestructura del puente se evalúa sísmicamente. El puente se ubicará en el perímetro de Portovelo, y el cuadro 10.2 del NEC, 2015 especifica un Coef. C de 0,30. El Anexo III define la sísmica zonificación.

Figura 95

Coef. F_s de sitio

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 . Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

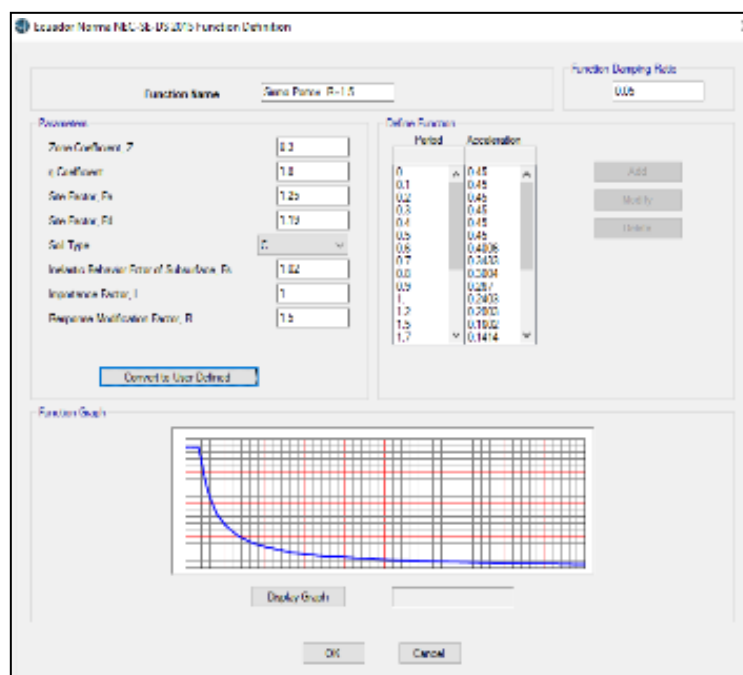
Nota. NEC, (2016)

En la figura 95, se muestra el coeficiente del factor del suelo considerado para el análisis, para la aplicación del espectro de modelo y sus promedios.

En la ilustración 96, CSI Bridge define su tipo de espectro de diseño para ser considerado en el análisis:

Figura 96

Detalles del espectro de modelo de análisis en CSI Bridge.



4.1.8. Combinación de pesos Máx Estado

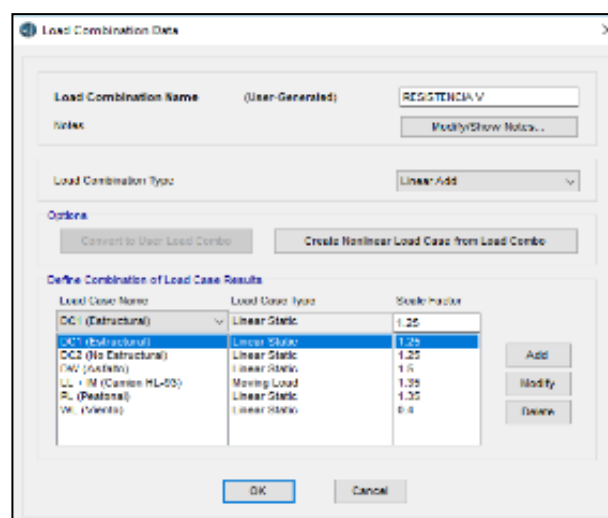
Resistencia V: $1.25(DC1+DC2)+1.5(DW)+1.35(LL+IM)+1.35(PL)+0.4(WS)$

Resistencia III: $1.25(DC1+DC2)+1.5(DW)+1.4(WS)$

Extremo Evento I: $1.25(DC1+DC2)+1.5(DW)+0.5(LL+IM)+0.5(PL)+1.0(EQ)$

Figura 97

Aguante V en el programa CSI BRIDGE

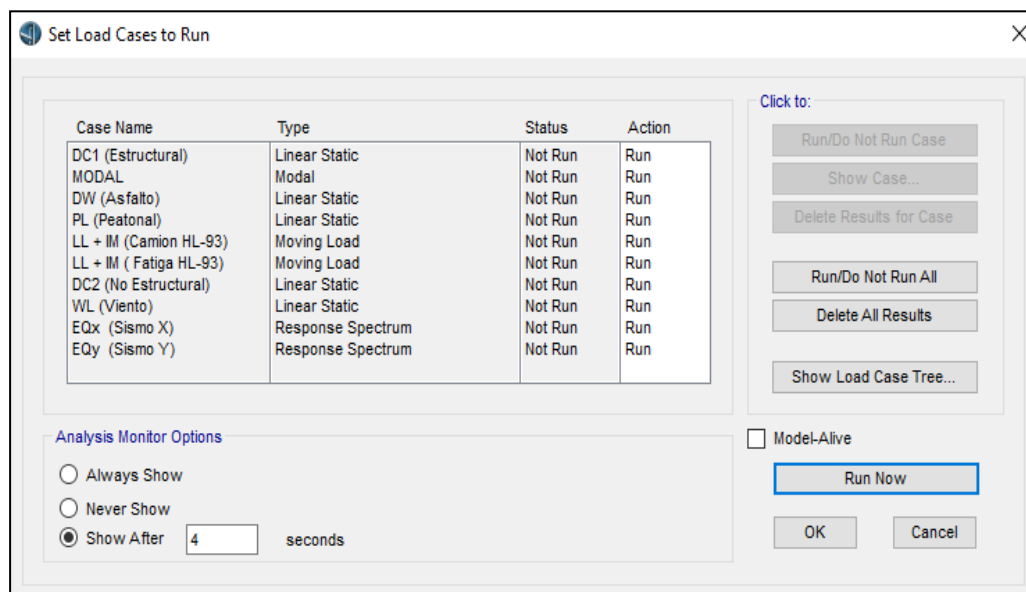


Desarrollo.

El análisis se realiza mediante software tras determinar los modelos de la superestructura del puente y los pesos de modelo.

Figura 98

Situaciones de peso a evaluar para modelo de diafragmas.



Nota. Producción del autor.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Análisis del Comportamiento Mecánico (Momentos y Cortantes)

Al determinar las demandas de momentos (M3) y cortantes (V2), se observa una distribución coherente con el comportamiento de una superestructura de sección variable y vigas longitudinales.

Comparación de Vigas: Los resultados indican que las vigas interiores (Figura 75 - 77) presentan una demanda significativamente mayor que las exteriores bajo la carga viva (IM + LL). Esto se debe al ancho de tributación y a la rigidez del sistema de tablero. Este hallazgo es fundamental, ya que

valida que el diseño debe priorizar la capacidad resistente de los elementos centrales para evitar fallas por fatiga o sobrecarga.

Influencia de la Geometría: El uso de una sección variable (Figura 86) ayuda a aprovechar mejor el material, ya que concentra mayor rigidez en las zonas donde los momentos son más altos. Además, mantener una distribución simétrica en el espaciamiento de los puntales, como se observa en los resultados, permite que las cargas se transmitan de manera más uniforme hacia los estribos, reduciendo la aparición de esfuerzos de torsión inesperados en la superestructura.

4.2.2. Evaluación del Estado Límite de Servicio II (Deflexiones)

Uno de los puntos más críticos en el diseño de puentes según la normativa AASHTO LRFD es la funcionalidad, evaluada a través de las deformaciones elásticas.

Verificación de Flecha Máxima: Según los resultados presentados, la deflexión calculada bajo carga de camión más el incremento de carga dinámica fue de 1.267 cm (Figura 82). Al contrastarlo con el límite normativo de $L/1000$ (para una luz de 20 m, el límite es 2.0 cm), se obtiene una relación de cumplimiento holgada: $1.267 \text{ cm} < 2.000 \text{ cm}$.

Margen de Seguridad: Que la deflexión real sea un 36% menor que la permitida muestra que la superestructura en el distrito de Cabanillas es bastante rígida. Esto no solo aporta mayor seguridad estructural, sino que también disminuye la sensación de vibraciones para los usuarios y ayuda a que la capa de rodadura (DW) tenga una mayor durabilidad.



4.2.3. Análisis de las Combinaciones de Carga

La discusión de las Figuras 68 a 74, demuestra que la combinación de Carga Muerta (DC1, DC2) y Carga de Rodadura (DW) representa un porcentaje constante de la demanda, pero es la Carga Viva de Diseño (LL) la que genera los picos de esfuerzo que definen el peralte de las vigas.

Esfuerzos Axiales y Arriostramientos: La inclusión de perfiles de consolidación y arriostres horizontales (Figura 85) es vital en la zona de Puno debido a las variaciones térmicas y posibles asentamientos. Estos elementos secundarios absorben esfuerzos axiales que, aunque menores que la flexión, previenen el pandeo lateral-torsional de las vigas principales.

CONCLUSIONES

Primera: En conclusión, la superestructura del puente Cabanillas muestra un comportamiento estable y eficiente cuando se evalúa con la metodología AASHTO LRFD. El modelado realizado en CSI evidenció que la distribución de rigideces, optimizada mediante secciones variables, favorece una transmisión de esfuerzos más suave y continua. En conjunto, la estructura no solo cumple con las exigencias de resistencia frente a cargas extremas, sino que también mantiene un buen desempeño en condiciones de servicio, asegurando la seguridad estructural para la provincia de San Román.

Segunda: Se determinó que las demandas máximas de momentos (M_3) y cortantes (V_2), son absorbidas principalmente por las vigas interiores, las cuales presentan una mayor sollicitación bajo la combinación de carga Resistencia I debido al ancho de banda tributaria. Los diagramas obtenidos (Figuras 73 a 76) confirman que la capacidad resistente de los elementos diseñados supera las demandas actuantes, manteniendo factores de seguridad dentro de los rangos normativos. El análisis de esfuerzos axiales en los arriostramientos transversales confirmó que estos elementos son fundamentales para la estabilidad lateral, evitando efectos de pandeo en las vigas principales.

Tercera: El desarrollo del cálculo estructural bajo el estándar AASHTO LRFD permitió validar la geometría de la superestructura para el distrito de Cabanillas. Se verificó que la deflexión máxima ante la carga del camión



de diseño (1.267 cm) y ante el incremento del 25% de carga útil (1.583 cm) se encuentran por debajo del límite permisible de $L/1000$ (2.00 cm). Estos resultados concluyen que la sección transversal propuesta posee la rigidez flexional adecuada, minimizando las vibraciones y previniendo el deterioro prematuro de la capa de rodadura por deformaciones excesivas.



RECOMENDACIONES

Primera: Dado que el análisis estructural mostró que la superestructura trabaja con secciones variables y vigas esbeltas (Figuras 81 y 82), es fundamental asegurarse de que el valor de f'_c (resistencia a la compresión del concreto) en obra sea el mismo que se utilizó en el modelado en CSI. Si este valor resulta menor en la práctica, el módulo de elasticidad del concreto también disminuiría, lo que podría hacer que las deflexiones reales superen el límite de 1.267 cm estimado.

Segunda: El empleo de algoritmos de calculo de CSI permite una convergencia analítica más eficiente, facilitando el diseño de las superestructuras que satisfacen rigurosamente los estados limite de servicio y resistencia. El fomento de estas herramientas digitales es clave para la transición hacia una ingeniería de precisión, permitiendo al proyectista validar comportamiento no lineales y dinámicos que superan las limitaciones de los métodos de cálculos simplificados.

Tercera: Se recomienda llevar a cabo una prueba de carga, tanto estática como dinámica, antes de poner en servicio el puente. La idea es comparar la deflexión real medida en el centro ($L = 2000$ cm) con los resultados obtenidos en el modelo estructural (Estado Límite de Servicio II). De esta manera, se podrá comprobar qué tan preciso fue el software utilizado y verificar la calidad de la construcción.



Cuarta: Para reducir riesgos de accidentes o situaciones peligrosas en proyectos de infraestructura tan importantes como los puentes, es clave planificar con cuidado tanto la eficiencia en la construcción como el desempeño estructural.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. (2020). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (8 ed.).
Washington DC: IHS Markit.

Cabrera Martinez, J. (2005). Estudio aplicado de los costes de la prevención
de riesgos laborales en la construcción de puentes de hormigón.
Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

Chen, W.-F., & Duan, L. (2014). Bridge Engineering Handbook: Superstructure
Design. Boca Raton: Taylor & Francis.

Computers and Structures, Inc. (2020). CSI Bridge. California, Estados Unidos.

Construblog. (2013, Septiembre 26). Construblog. Recuperado el Junio 3,
2018, de [https://construblogspain.wordpress.com/2013/09/26/cunas-
de-transicion-en-obras-de-alta-velocidad/](https://construblogspain.wordpress.com/2013/09/26/cunas-de-transicion-en-obras-de-alta-velocidad/)

FIP Industriale. (2016). FIP Industriale. Recuperado el Junio 10, 2018, de
<https://www.fipindustriale.it/index.php?area=106&menu=7&página=142&lingua=5>

Macas Jaramillo, F. A. (2018). Estudio del comportamiento de un puente de 40
metros sobre el Rio Amarillo conformado por vigas metálicas con alma
compacta y trabajando como sección compuesta con la losa del
tablero. Guayaquil.

McCormac, J., & Brown, R. (2011). Diseño de Concreto Reforzado. New
Jersey: Alfaomega.



Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). Volumen No. 3
Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y
Puentes. Quito: Subsecretaria de Infraestructura del Transporte.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Puentes.
Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

NEC. (2015). Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente. Quito: Dirección de
Comunicación Social, MIDUVI.

Patrimonio Industrial Arquitectónico. (2013, Julio 11). Patrimonio Industrial
Arquitectónico. Recuperado el Junio 11, 2018, de
[http://patrindustrialarquitectonico.blogspot.com/2013/07/articulo-
puentes-metalicos-en-villafer.html](http://patrindustrialarquitectonico.blogspot.com/2013/07/articulo-puentes-metalicos-en-villafer.html)

Prefabricados Alberdi. (2012). Prefabricados Alberdi. Recuperado el Junio 3,
2018, de <http://www.prefabricadosalberdi.com/>

Ramírez Coria, P. E., & León Avila, N. J. (2010). Apoyo didáctico en la
Asignatura de Puentes CIV 312. Cochabamba, Bolivia: Universidad
Mayor de San Simón.

Rodríguez Serquén, A. (2016). Puentes con AASHTO-LRFD 2014. Lima.

Rotzel, K. (2005, Diciembre 1). Wikipedia: The Free Encyclopedia. Recuperado
el Junio 11, 2018, de
[https://en.wikipedia.org/wiki/Akashi_Kaikyo%C5%8D_Bridge#/media/Fi
le:Akashi_Bridge.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Akashi_Kaikyo%C5%8D_Bridge#/media/File:Akashi_Bridge.JPG)

Sanchez, F. (2018). Diseño de la Vía de Acceso al Relleno Sanitario de la



Mancomunidad de Desechos Sólidos. (Sector Los Ceibos - El Chiche).

Loja: Fausto Sánchez.

SEMAICA. (2018, Junio 11). SEMAICA. Recuperado el Junio 11, 2018, de
<http://semaica.com/project/885/>

Uribe Escamilla, J. (2000). Análisis de Estructuras. Bogotá: ECOE.

Vega Hernández, J. A. (2020). Análisis comparativo del Comportamiento Estructural de vigas metálicas compactas y esbeltas del puente sobre el Rio Tumbavacas, de un solo tramo cuya longitud es de 32.00 metros empleando el software CSI Bridge, ubicado en el canton San Miguel de los Banc. Guayaquil: Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas.

Villarino Otero, A. (2010, Noviembre 1). Breve Resumen de la Ingeniería Civil. Avila: Escuela Politécnica Superior de Avila.



ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO 2025

LINEA DE INVESTIGACION: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

RESPONSABLE: Bach. CRISTIAN CAMA TICAHUANCA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
Problema general ¿Cómo será el comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas por el Método AASHTO LRFD de las Provincia San Román - Puno? Problemas específicos ¿Cuál es la capacidad y las solicitaciones de los momentos, cortantes y esfuerzos axiales, que se generan en los elementos de la superestructura debido a las combinaciones de cargas establecidas por la norma AASHTO LRFD? ¿Cómo será el cálculo para el análisis del comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas por el Método AASHTO LRFD de las Provincia San Román – Puno?	Objetivo general Analizar el comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas por el método AASHTO LRFD de las Provincia San Román – Puno. Objetivos específicos Determinar las demandas de momentos, cortantes y esfuerzos axiales en los elementos de la superestructura y analizar la capacidad resistente bajo las combinaciones de cargas de diseño establecidas por la normativa AASHTO LRFD. Desarrollar el cálculo estructural del diseño de la superestructura del puente Cabanillas por el Método AASHTO LRFD de las Provincia San Román – Puno.	Hipótesis general Sera satisfactorio el comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas analizado por el método AASHTO LRFD, mostrando que la estructura llega a cumplir con los estados límite de resistencia y los estados límite de servicio dispuestos en la normativa para las combinaciones de cargas de diseño, permitiendo garantizar su seguridad y funcionalidad en la Provincia de San Román, Puno. Hipótesis específicas La disposición de la capacidad resistente de las secciones críticas de la superestructura del puente Cabanillas supera el factor de seguridad $FS > 1.15$ según el criterio de diseño bajo las demandas de momentos, cortantes y esfuerzos axiales, generadas por las combinaciones de carga AASHTO LRFD. El procedimiento de cálculo para el análisis del comportamiento estructural de la superestructura del puente Cabanillas es factible mediante la aplicación de un modelo de elementos finitos, aplicando las combinaciones de carga del Método AASHTO LRFD y los parámetros sísmicos de la región Puno, permitirá determinar las deflexiones y el factor de seguridad de la estructura.	Variables de caracterización Demandas y combinaciones de cargas. Variables de interés El comportamiento estructural	- Carga Permanente - Carga Viva Vehicular - Combinaciones de cargas - Tipo de puente - Capacidad de Momento Flector Nominal y Diseño - Capacidad de Fuerza Cortante Nominal y Diseño - Factor de seguridad	Diseño de la investigación No experimental transversal Tipo y nivel de investigación Aplicada descriptiva Enfoque de la investigación Cuantitativo Instrumentos · Antecedentes. · Normas vigentes · Modelamiento asistido por computadora · Análisis estructural Población Puentes existentes en el distrito de Cabanillas y la provincia de San Román. Muestra La muestra está conformada por la superestructura del puente, situada en el distrito de Cabanillas, provincia de San Román.

ANEXO 2

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Imagen del puente Cabanillas antes de su mantenimiento.



Fotografía 2. Vista del puente Cabanillas.



Fotografía 3. Vista de la sección de los pilares del puente.



Fotografía 4. Imagen de la luz libre en un tramo del puente Cabanillas.



Fotografía 5. Sección de inicio de la estructura del puente.



Fotografía 6. Barandas de seguridad del puente Cabanillas.



Fotografía 7. Imagen del cauce del rio Cabanillas.



Fotografía 8. Imagen de la vereda del puente Cabanillas.



Fotografía 9. Verificación del estado de conservación de las barandas de seguridad.



Fotografía 10. Verificación del espesor de la vereda.



Fotografía 11. Verificación de la altura del peralte de la viga del puente.



Fotografía 12. Realizando la medición del peralte de la viga de la superestructura.



Fotografía 13. Sección de la luz libre de un tramo de puente.



Fotografía 14. Imagen del estado de conservación de la viga del puente.



Fotografía 15. Imagen de los pilares del puente Cabanillas.



Fotografía 16. Imagen de la sección transversal del puente Cabanillas.



Fotografía 17. Imagen del desprendimiento del concreto en el apoyo de la baranda.



Fotografía 18. Estado de conservación de la superficie de la calzada del puente.



ANEXO 3

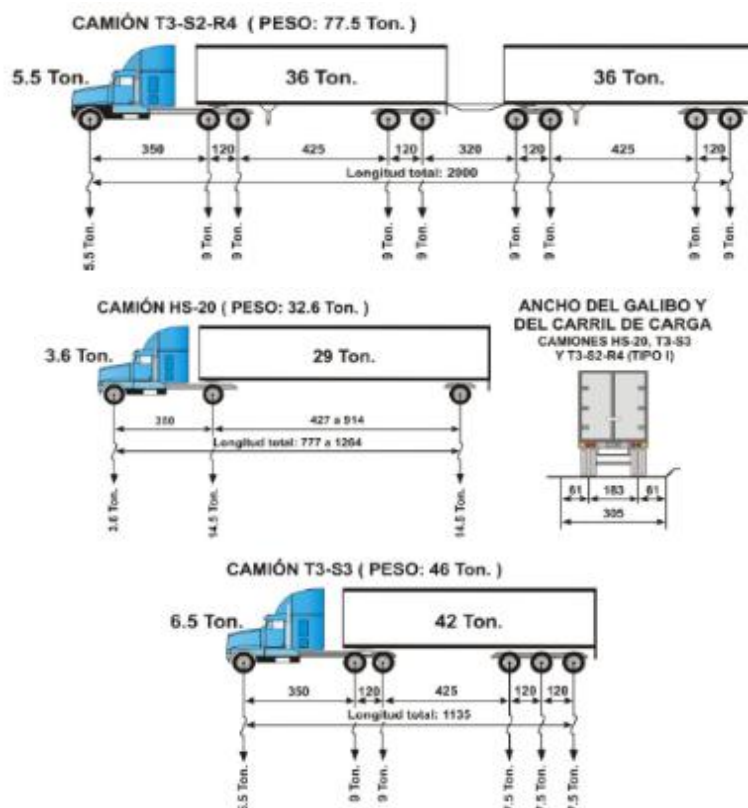
MEMORIA DE CALCULO

Grupo		Coeficiente β para cargas											Factor de carga	Factor de incremento de esfuerzos
		Perma- nentes		Variables		Eventuales								
		β_{CM}	β_{LT}	β_V	β_{TC}	β_{VE}	β_{VCV}	β_s	β_{TL}	β_{ACT}	β_{PL}	β_{SP}		
Cargas de trabajo	I	1		1	1	0	0	0	0	0	1	1		1
	II	0		0	0	1	0	0	0	0	1	1		1.25
	III	1		1	1	0.3	1	0	1	0	1	1		1.25
	IV	1		1	1	0	0	0	0	1	1	1		1.25
	V	1		0	0	1	0	0	0	1	1	1		1.4
	VI	1		1	1	0.3	1	0	1	1	1	1		1.4
	VII	1		0	0	0	0	1	0	0	1	1		1.33
Factores de Cargas	I			1.5	1	0	0	0	0	0	1	1	1.3	
	II			0	0	1	0	0	0	0	1	1	1.3	
	III			1.2	1	0.3	1	0	1	0	1	1	1.3	
	IV			1.2	1	0	0	0	0	1	1	1	1.25	
	V			0	0	1	0	0	0	1	1	1	1.25	
	VI			1.2	1	0.3	1	0	1	1	1	1	1.25	
	VII			0	0	0	0	1	0	0	1	1	1.3	

Abreviatura	Concepto
CM	Carga muerta
ET	Empuje de tierra
V	Carga Viva
I	Impacto
FC	Fuerza centrífuga
VE	Viento sobre la estructura
VCV	Viento sobre la carga viva
S	Sismo
FL	Frenaje
A	Acotamiento de arcos
C	Efecto de la contracción por fraguado
T	Efecto de temperatura
PL	Empuje dinámico del agua
SP	Subpresión

CARGA VIVA VEHICULAR

La S.C.T. en la Ley General de Vías de Comunicación contempla tres sistemas de cargas para considerarse en el proyecto estructural de puentes o estructuras similares, éstas se muestran a continuación.



BAJADA DE CARGAS DE LA SUPERESTRUCTURA

BAJADA DE CARGAS TRAMO 1-2

DATOS										
Longitud de la Trabe (m)	Altura de la Losa (m)	Altura de la Carpeta Asfáltica (m)	Área de la Trabe (m ²)	Área del Zócalo (m ²)	Área de la Guarnición (m ²)	Área de la banqueta (m ²)	Peso del Parapeto (Ton/m)	Distancia entre traveses	Área del camellón central	Concreto (Ton/m ³)
23.40	0.15	0.12	0.403	0.002	0.24	0.00	0.036	1.00	0.00	2.40
Número de traveses	Longitud del claro	Distancia del paño de la trabe al eje de apoyo IZQ.	Distancia del paño de la trabe al eje de apoyo DER.	Área del Diafragma (m ²)						
15	22.60	0.40	0.40	0.00						
ANÁLISIS DE CARGA MUERTA POR TRABE										
Número de Trabe	W Losa (Ton/m)	W Carpeta (Ton/m)	W Trabe (Ton/m)	W Zócalo (Ton/m)	W Camellón (Ton/m)	W Diafragma (Ton/m)	W Guarnición, Parapeto y Banqueta (Ton/m)	Σ Carga Muerta por metro (Ton/m)	Σ Carga Muerta Claro (Ton/m)	Σ Carga Muerta Eje (Ton/m)
1	0.360	0.144	0.967	0.005	0.000	0.000	0.122	1.598	37.396	18.698
2	0.360	0.288	0.967	0.005	0.000	0.000	0.122	1.742	40.765	20.383
3	0.360	0.288	0.967	0.005	0.000	0.000	0.122	1.742	40.765	20.383
4	0.360	0.288	0.967	0.005	0.000	0.000	0.122	1.742	40.765	20.383
5	0.360	0.288	0.967	0.005	0.000	0.000	0.122	1.742	40.765	20.383
								8.567	200.456	100.228

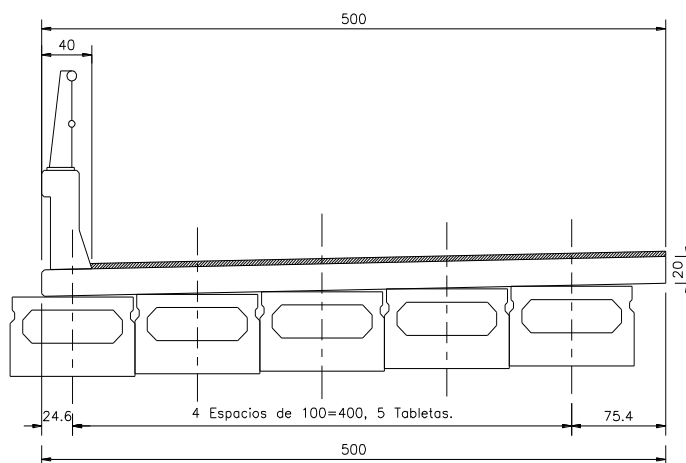
ANÁLISIS DE LA LOSA

DISEÑO DE LOSA DE SUPERESTRUCTURA

DATOS GENERALES:

Ancho total de la losa	=	4.67	m
Espesor de carpeta	=	0.04	m
No. de tabletas	=	5.00	pzas.
Separación entre tabletas	=	1.00	m
Ancho de la guarnición	=	0.40	m
Deflector central	=	0.00	m
Peso vol del concreto	=	2400.00	kg/m ³
Ancho de patín superior	=	0.97	m
Ancho del patín inferior de tableta	=	1.00	m

Espesor de losa entre tabletas	=	0.20	m
Espesor de losa en volado	=	0.20	m
Recubrimiento del acero de refuerzo	=	0.03	m
Peso vol del concreto asfáltico	=	2200	kg/m ³
Concreto de la losa f'c	=	250.00	kg/cm ²
Acero de refuerzo f'y	=	4200	kg/cm ²

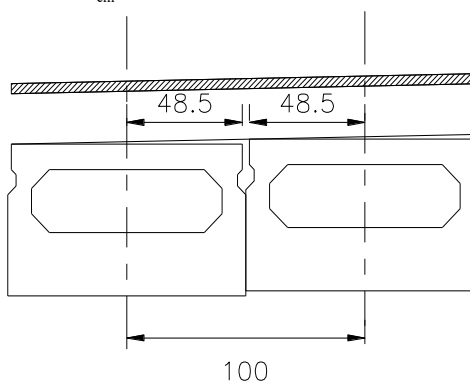


DISEÑO DE LOSA INTERMEDIA

Solicitaciones de carga muerta:

1.- Losa	0.20 m x	2.4 Ton/m ³	=	0.480	Ton/m
2.- Carpeta asfáltica	0.04 m x	2.2 Ton/m ³	=	0.088	Ton/m
		W_{cm}	=	0.568	Ton/m

Donde: L = Distancia entre tableta y tableta



$$L = 0.030 \text{ m}$$

$$M_{cm} = \frac{w L^2}{10} = \frac{0.568 \text{ tn/m} \times (0.030)^2 \text{ m}}{10} = 0.000 \text{ Tn/m}$$

$$V_{cm} = \frac{w L}{2} = \frac{0.568 \text{ tn/m} \times 0.030 \text{ m}}{2} = 0.009 \text{ Tn/m}$$

Solicitaciones de carga viva

Carga viva del camión

Caso A : Refuerzo Principal Perpendicular al eje del camión (sección 3.24.3.1 AASHTO)

Para un Camión HS-20

$$\begin{aligned} P &= 7.260 \text{ Ton} \\ L &= 0.030 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_{cv} = \left\{ \frac{L + 0.61}{9.74} \right\} \times P$$

$$M_{cv} = \left\{ \frac{0.030 \text{ m} + 0.61}{9.74} \right\} \times 7.260 \text{ Ton} = 0.47704 \text{ Ton-m/m}$$

Para mas de 2 traves, Factor de Continuidad = 0.8 AASHTO 3.24.3.1

$$M_{cv} \times F. \text{ Continuidad} = 0.477 \times 0.8 = 0.3816 \text{ Ton-m/m}$$

Calculo del factor de impacto AASTHO 3.8.2.1

$$I = \frac{15.24}{L + 38}$$

$$I = \frac{15.24}{0.030 + 38} = 0.401 = 40.074 \% \text{ De la Carga viva (Maximo 30\%)}$$

Por lo tanto

$$I = 1.300$$

$$M_{cv} + I = 0.382 \text{ Ton-m/m} \times 1.300 = 0.496 \text{ Ton-m/m}$$

$$V_{cv} = \frac{P \times I}{2} = \frac{7.260 \times 1.3}{2} = 4.719 \text{ Ton}$$

Obteniendo momento y cortante último con la combinación de carga viva y carga muerta

$$M_{cv} + I = 0.496 \text{ Ton-m/m} \quad \beta = 5/3 = 1.67$$

$$M_u = 1.3 (M_{cm} + \beta M_{cv} + i)$$

$$M_u = 1.3 (0.000 + 1.7 \times 0.496)$$

$$M_u = 1.075 \text{ Ton-m/m}$$

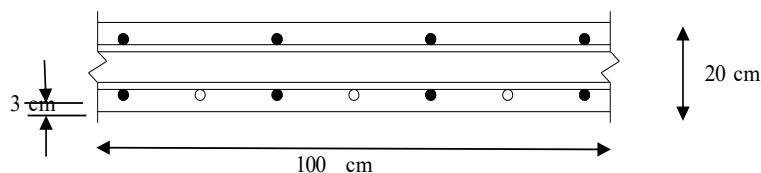
$$V_u = 1.3 (V_{cm} + \beta V_{cv})$$

$$V_u = 1.3 (0.009 + 1.7 \times 4.719)$$

$$V_u = 10.24 \text{ Ton}$$



Diseñando un metro de ancho de losa al centro de trabes en el sentido transversal



DATOS

$b = 100 \text{ cm}$
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi = 0.9$ Flexión
 $\phi = 0.85$ Cortante
 Peralte $d = 17.0 \text{ cm}$
 Espesor Losa = 20 cm
 Rec. Inferior = 3.00 cm

$$A_{s \min} = \frac{M_u}{0.9 f_y d}$$

$$A_{s \min} = 1.67 \text{ cm}^2$$

Proponiendo varillas

No. **4 @ 30 cm** $A_v = 1.27 \text{ cm}^2$

$$A_s = \frac{100 A_v}{s}$$

$$A_s = 4.23333$$

Calculo del momento resistente en el centro

$$M_R = \phi \left[A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

Donde $a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c}$

$$a = \frac{4.23 \times 4200}{0.85 \times 100 \times 250} = 0.84$$

$$M_R = 0.9 \times \left[4.23 \times 4200 \times \left(17 - \frac{0.84}{2} \right) \right] = 265339.52 \text{ kg-m} = \mathbf{2.653 \text{ Ton-m}}$$

$$M_R > M_u$$

$$\mathbf{2.653 \text{ Ton-m} > 1.075 \text{ Ton-m} \quad \text{BIEN}}$$

Se colocaran varillas # **4 @ 30 cm**

Acero longitudinal por distribucion, se colocara un porcentaje no mayor a: **67 %** AASHTO 3.24.10.2

$$S = 0.030 \text{ m} \quad \% = \frac{220}{\sqrt{S}} = 701.245$$

$$S = 0.0984 \text{ ft}$$

Proponiendo varillas de
No. **4** = 1.27 cm^2

$$A_s = 0.67 \times 1.67$$

$$A_s = 1.1208 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{100 A_v}{A_s}$$

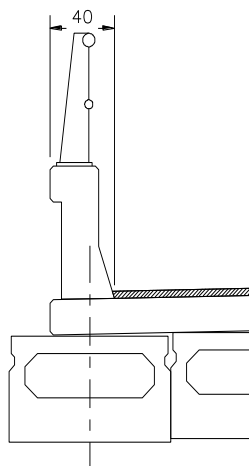
$$S = 113 \text{ cm}$$

Se colocaran varillas del No. **4 @ 113 cm** el acero se debera colocar a no menos de 30cm
 Acero minimo calculado: Varillas del # **4 @ 76 cm**
 Se colocaran acero del No. **4 @ 30 cm**

DISEÑO DE LOSA EN VOLADO

ANÁLISIS DE CARGA MUERTA:

						Peso		Brazo		Momento			
1.- Losa	0.20	m	x	2.2	Ton/m ³	=	0.440	Ton/m	x	0	m =	0.000	Ton-m/m
2.- Carpeta asfaltica	0.04	m	x	2.2	Ton/m ³	=	0.088	Ton/m	x	0	m =	0	Ton-m/m
3.- Guarnicion y parapeto						=	0.675	Ton/m	x	0	m =	0	Ton-m/m
					W _{cm}	=	1.203	Ton/m		M _{cm}	=	0.000	Ton-m/m



SOLICITACIONES POR CARGA VIVA EN EL VOLADO

CARGA VIVA VEHICULAR $P = 7.26$ Ton (AASHTO SECCIÓN 3,14,1,1)
 $X = 0.000$ m Eje de la trabe a eje de la llanta de un HS-20
 La llanta a 30 cm de la guarnición, no genera momentos negativos en el volado

$$X = 0.000 \text{ m}$$

$$M_{cv} = \frac{P_v \times X}{E}$$

$$M_{cv} = \frac{7.26 \times 0.000}{1.1} = 0 \text{ Ton-m/m}$$

$$E = 0.8 X + 1.143$$

$$E = 1.14 \text{ m Ancho de distribución de la carga en el volado}$$

$$V_{cv} = \frac{P_v}{E}$$

$$V_{cv} = \frac{7.26}{1.1} = 6.3517 \text{ Ton/m}$$

$$M_{cv} = 0.000 \text{ tn-m/m}$$

$$V_{cv} = 6.352 \text{ Tn/m}$$

Obteniendo momento y cortante último con la combinación de carga viva y carga muerta

$$\beta = 1.0 \quad (\text{AASHTO SECCIÓN 3,24,2,2}) \quad \text{Solo en el volado}$$

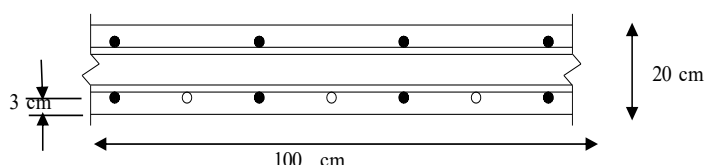
$$M_u = 1.3 (M_{cm} + \beta M_{cv})$$

$$M_u = 1.3 (0.000 + 1.0 \times 0.000) \quad M_u = 0.000 \text{ Tn-m/m}$$

$$V_u = 1.3 (V_{cm} + \beta V_{cv})$$

$$V_u = 1.3 (1.203 + 1.0 \times 6.3517) \quad V_u = 9.821 \text{ Tn/m}$$

Diseñando un metro de ancho de losa en el volado en el sentido transversal





DATOS

$$\begin{aligned} b &= 100 \text{ cm} \\ f_y &= 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ f_c &= 250 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi &= 0.9 \text{ Flexión} \\ \phi &= 0.85 \text{ Cortante} \\ \text{Peralte } d &= 17 \text{ cm} \\ \text{Espesor losa} &= 20.00 \text{ cm} \\ \text{Rec. Superior} &= 3.00 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ min} = \frac{M_u}{0.9 f_y d}$$

$$A_s \text{ min} = 0.00 \text{ cm}^2$$

Proponiendo varillas

$$\begin{aligned} \text{No. } 4 @ 30 \text{ cm} \quad A_v &= 1.27 \text{ cm}^2 \\ A_s &= 4.23333 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

CALCULO DEL MOMENTO RESISTENTE EN EL VOLADO

$$M_R = \phi A_s \left[f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

$$\text{Donde } a = \frac{A_s f_y}{0.85 b f_c}$$

$$a = \frac{4.23 \times 4200}{0.85 \times 100 \times 250} = 0.84$$

$$M_R = 0.9 \times \left[4.23 \times 4200 \times \left(17 - \frac{0.84}{2} \right) \right] = 265339.516 \text{ kg-m}$$

$$M_R = 2.653 \text{ tn-m}$$

$$\begin{aligned} M_R &> M_u \\ 2.653 \text{ tn-m} &> 0.000 \text{ tn-m} \quad \text{BIEN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ minimo necesario} &= 4.233 \text{ cm}^2 \\ \text{Se aceptan y se colocaran varillas} &\quad \text{No. } 4 @ 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

REVISION POR CORTANTE

$$V_{CR} = \phi \times 0.53 \times b \times d \times \sqrt{f_c}$$

$$V_{CR} = 0.85 \times 0.53 \times 100 \times 17 \times \sqrt{250}$$

$$V_{CR} = 12.11 \text{ Tn}$$

$$\begin{aligned} V_{CR} &> V_u \\ 12.11 \text{ tn-m} &> 9.821 \text{ tn-m} \quad \text{BIEN} \end{aligned}$$

ACERO LONGITUDINAL POR DISTRIBUCIÓN SE COLOCARÁ EL SIGUIENTE PORCENTAJE
(SECCIÓN 3.24.10.2)

$$\begin{aligned} \% &= \frac{220}{\sqrt{S}} = 0 \% \\ S &= 0.000 \text{ m} \quad \text{Ancho del volado} \\ S &= 0 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$A_s = 0 \times 4.2333 \quad \text{El porcentaje de acero no debera ser mayor del } 67 \%$$

$$A_s = 0 \text{ cm}^2$$

Proponiendo varillas de

$$\text{No. } 4 \quad A_v = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{100 A_v}{A_s}$$

$$\text{Se colocaran varillas del } \quad \text{No. } 4 @ 0 \text{ cm}$$

$$S = 0.00 \text{ cm}$$

ACERO POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA
DE ACUERDO A LA AASHTO SECCION 8.20.1

$$A_s = 2.65 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Proponiendo varillas de

$$\text{No. } 4 \quad A_v = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{100 A_v}{A_s}$$

$$S = \frac{100 \times 1.27}{2.65}$$

$$S = 47.925 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

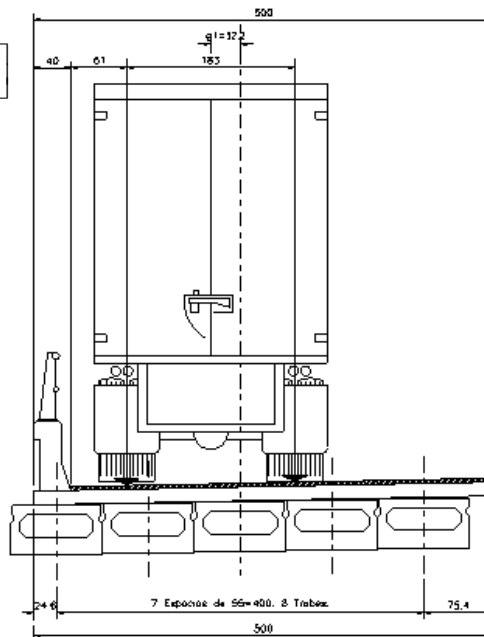
$$\text{Se colocaran varillas del } \quad \text{No. } 4 @ 30 \text{ cm}$$

$$R_i = \frac{P}{n} \left[1 + 6 \left(\frac{n+1-2i}{n^2-1} \right) \frac{e}{S} \right]$$

1.- Tomando en cuenta un carril cargado

Datos				
Excentricidad (m)	Factor de reduccion	No. De vigas	Separacion (m)	Carga (P)
0.322	1.00	5.00	1.00	1.00

Analisis		
Viga	Ri	Ri x FR
1	0.264	0.264
2	0.232	0.232
3	0.200	0.200
4	0.168	0.168
5	0.136	0.136
	1.000	



2.- Tomando en cuenta dos carriles cargados

Datos				
Excentricidad (m)	Factor de reduccion	No. De vigas	Separacion (m)	Carga (P)
2.20	1.00	5.00	1.00	0.00

$$R_i = \frac{P}{n} \left[1 + 6 \left(\frac{n+1-2i}{n^2-1} \right) \frac{e}{S} \right]$$

Analisis		
Viga	Ri	Ri x FR
1	0.000	0.000
2	0.000	0.000
3	0.000	0.000
4	0.000	0.000
5	0.000	0.000
	0.000	

Datos	
Longitud de la Trabe (m)=	23.400
Longitud de la Trabe (ft)=	76.772

$$I = \frac{50}{L + 25} = \boxed{0.248}$$

Incremento por impacto =	1.248
--------------------------	-------

ANÁLISIS		DESCARGA DE CAMIÓN	DESCARGA FACTORIZADA
FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DE CARGA POR TRABE			
T1	0.330	46.345	15.290
T2	0.290	46.345	13.428
T3	0.250	46.345	11.566
T4	0.169	46.345	7.842
T5	0.169	46.345	7.842
DESCARGA TOTAL =			48.125

ESFUERZOS PERMISIBLES

A LA TRANSFERENCIA

COMPRESIÓN $f_c = 198.0 \text{ kg/cm}^2$

TENSIÓN $f_t = -14.53 \text{ kg/cm}^2$

EN SERVICIO

COMPRESIÓN $f_c = 192.5 \text{ kg/cm}^2$

TENSIÓN $f_t = -29.93 \text{ kg/cm}^2$

RESUMEN DE RESULTADOS

A LA TRANSFERENCIA

$f_{s\text{MIN}} = -8.70 \text{ kg/cm}^2$ **PASA**

$f_{t\text{MAX}} = 141.0 \text{ kg/cm}^2$ **PASA**

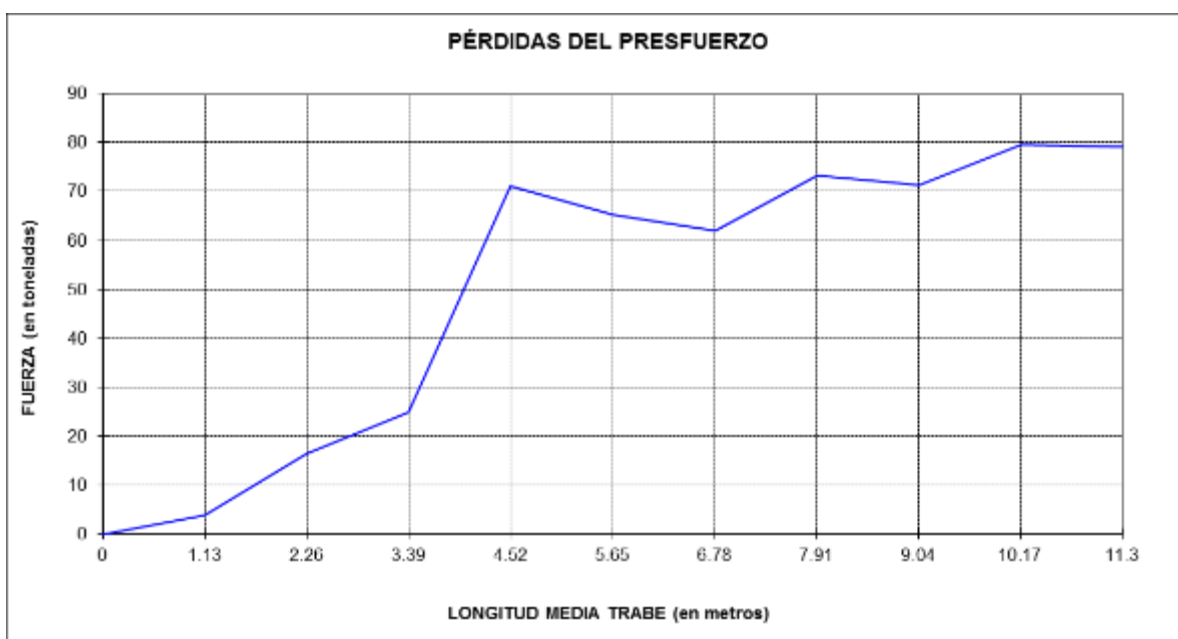
EN SERVICIO

$f_{s\text{MAX}} = 173.280 \text{ kg/cm}^2$ **PASA**

$f_{t\text{MIN}} = -29.922 \text{ kg/cm}^2$ **PASA**

Longitud de Enductado	Distancia del paño inferior de la trabe al Toron					
	5	10	15	20	25	31.5
0.0 L 0						
0.01 L 0.30	2					
0.05 L 1.13						
0.10 L 2.26	6					
0.15 L 3.39	5					
0.20 L 4.52		12				
0.25 L 5.65						
0.30 L 6.78						
0.35 L 7.91		3				
0.40 L 9.04						
0.45 L 10.17			2			
0.50 L 11.30						

BIEN POR MOMENTO RESISTENTE



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓNAUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCVFormato digital ☒

Fecha de entrega: _____

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CRISTIAN CAMA TICAHUANCADirección: JR. JOSE MARIA ARGUEDAS N° 705DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73503382Teléfono: 932627676 email: cama.cristian.ooo@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASEscuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVILTítulo o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVILAsesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CAROENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐Título: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA SUPER ESTRUCTURA
DEL PUENTE UBICADO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS DE LA PROVINCIA DE
SAN ROMAN - PUNO 2025Palabras claves, (3 a 5 términos): SUPER ESTRUCTURA, INFRA ESTRUCTURA, PILARES, ESTRIBOS¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:**a) Licencia estándar:**

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐

Internacional

☒

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

24 DE ABRIL DEL 2026

Fecha