

AÑO 2022 - 2023

**"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE
PEATONAL SOBRE EL RIO CHIMBO, EN
LOS SECTORES CONE - CHOBO EN LOS
CANTONES YAGUACHI Y MILAGRO DE LA
PROVINCIA DEL GUAYAS"**

Informe de Estructuras

Diseño de Superestructura

Elaborado Por:
Ing. Luis Villavicencio Cavero

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.	ANTECEDENTES.....	5
1.2.	OBJETIVOS.....	5
2.	CÓDIGOS Y NORMAS.....	5
3.	MATERIALES	6
4.	TIPO Y LUZ DEL PUENTE	6
5.	CARGAS CONSIDERADAS.....	8
5.1.	CARGAS MUERTAS	8
5.2.	CARGAS VIVAS.....	8
5.3.	CARGA DE VIENTO	8
5.4.	EFFECTOS SÍSMICOS.....	10
6.	COMBINACIONES E HIPÓTESIS DE CARGAS	11
7.	CONDICIONES DE APOYO.....	14
8.	SUPERESTRUCTURA	15
9.	INFRAESTRUCTURA.....	17
10.	RUBROS ESTRUCTURALES	18
11.	PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE.....	19
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
13.	ANEXO – DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA.....	25
14.	ANEXO – DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA	26
15.	ANEXO – COMPUTO DE MATERIALES.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elevación del puente peatonal.....	7
Figura 2 Sección transversal del puente peatonal.....	7
Figura 3 Zonas sísmicas y valores del factor Z, Ecuador.	10
Figura 4 Curva de peligro sísmico.....	11
Figura 5 Modelo matemático del puente, vista tridimensional.....	15
Figura 6 Primer modo fundamental, desplazamiento lateral.....	16
Figura 7 Segundo modo fundamental, desplazamiento vertical.....	16
Figura 8 Verificación de RDC de miembros estructurales.	17
Figura 9 Esquema de sistema de montaje por lanzamiento.	22
Figura 10 Esquema de sistema de montaje por obra falsa.	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificación de materiales.....	6
Tabla 2. Peso unitario de materiales	8
Tabla 3. Valores del factor Z	10
Tabla 4. Factores de carga y combinaciones (Tabla 3.4.1-1 AASHTO)	13
Tabla 5. Factor de reducción para carga permanente (Tabla 3.4.1-2 AASHTO).....	14
Tabla 6. Listado de rubros estructurales	18

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Guayas, comprometido con el desarrollo de la Provincia, en su afán mejorar las condiciones de vida y conectividad de los habitantes de los sectores intervenidos, de tal forma que la transportación se haga de manera segura y ágil, solicitó los **“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE PEATONAL SOBRE EL RIO CHIMBO, EN LOS SECTORES CONE - CHOBO EN LOS CANTONES YAGUACHI Y MILAGRO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS”**.

Como parte de la ejecución del estudio, se ha realizado el diseño estructural de la estructura del puente peatonal sobre el río Chimbo, de 55.60 m de longitud. En el presente informe se resumen las consideraciones realizadas durante el diseño estructural de la superestructura e infraestructura del puente.

1.2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio son establecer las características estructurales, geométricas y de resistencia de materiales permitiendo definir un requisito de diseño definitivo de las estructuras, así como su funcionamiento bajo los niveles de seguridad y serviciabilidad para los cuales fue concebido.

El estudio preliminar comprende, el análisis y diseños estructurales de la superestructura del puente peatonal y consta de los siguientes puntos:

- Cálculo de cargas de la estructura.
- Análisis estructural de los elementos
- Diseño de elementos estructurales.

2. CÓDIGOS Y NORMAS

Los códigos para el análisis y diseño estructural de puentes son:

- I. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC -15.
- II. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 8th Edition 2017.
- III. AASHTO LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges.
- IV. ACI Standard 318-19, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.
- V. ASCE 7-16, A Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.

- VI. American Association of State Highway and Transportation Officials. American Welding Society. Bridge Welding Code (AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2020), 2020.
- VII. MOP-001-F-2002 o Especificaciones Generales para Construcción de Caminos y Puentes.
- VIII. Normas Ecuatorianas Vial NEVI-12 emitida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013).

3. MATERIALES

De acuerdo a los Términos de Referencia del proyecto, las especificaciones técnicas consideradas de los materiales son:

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN
Acero de refuerzo en barras	Varillas corrugadas de acero ASTM A-706, $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructural	Acero ASTM A588 grado 50, $F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$
Hormigón estructural	Hormigón simple de replantillo, $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$ Hormigón estructural en losa colaborante, $f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ Hormigón estructural en pilas, $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ Hormigón estructural en accesos, $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 1. Especificación de materiales

4. TIPO Y LUZ DEL PUENTE

Se ha adoptado una longitud del tablero de 55.60 m, considerando las recomendaciones del informe hidrológico-hidráulico preliminar y a las condiciones particulares del proyecto. El nivel de agua máxima extraordinaria (NAME) para un periodo de retorno de 100 años es 13.00 msnm, con una altura al borde libre o gálibo de 2.00 m.

La superestructura del puente está constituida por celosías tipo Warren modificada, de paso inferior, apoyada en cabezales de hormigón armado, con cimentación directa superficial, siguiendo las recomendaciones del estudio geotécnico y de acuerdo a las características resistentes del terreno.

Son dos celosías laterales, arriostradas superior e inferiormente, que forman un conjunto tipo “túnel”, de acero estructural ASTM A 588 grado 50.

El tablero de pasarela será conformado por un conjunto compuesto entre placa ondulada de galvalum o steel deck y concreto fundido.

En las siguientes figuras se muestra la elevación y sección transversal del puente y los niveles adoptados para el proyecto.

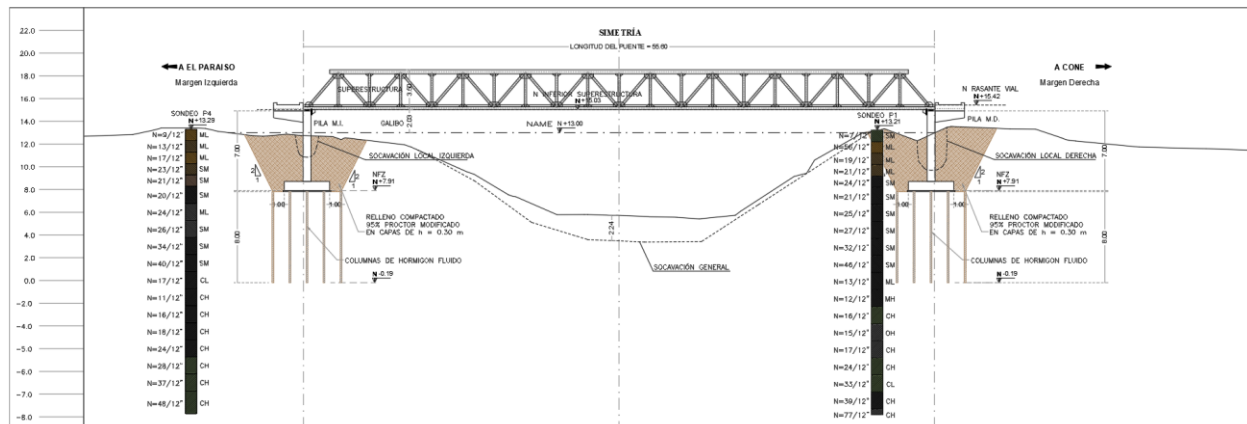


Figura 1 Elevación del puente peatonal

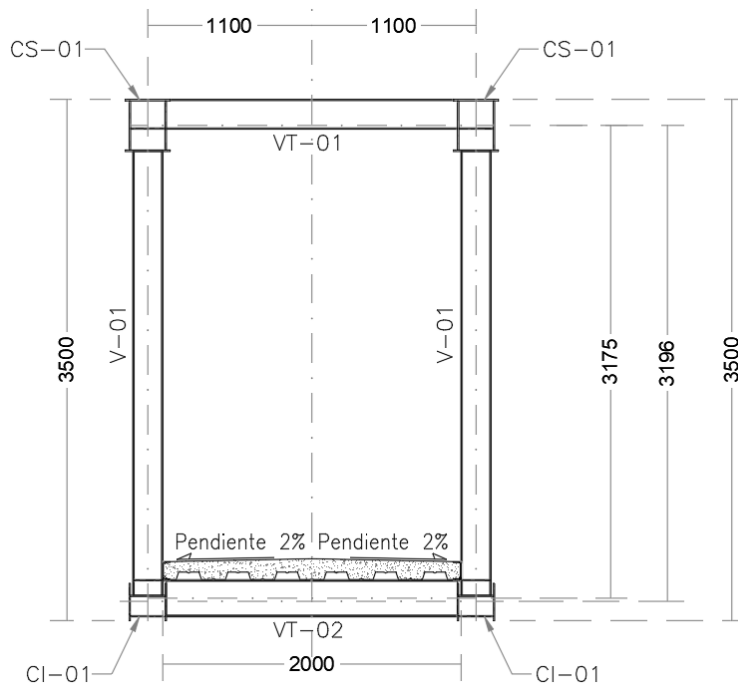


Figura 2 Sección transversal del puente peatonal

Se ha adoptado un ancho libre de caminera de 2.00 m, con el fin de permitir el paso de motocicletas y a la vez evitar el tránsito de vehículos.

5. CARGAS CONSIDERADAS

La estructura planteada se diseña para resistir el total del peso propio de los elementos que lo componen, adicionalmente se consideran las cargas peatonales.

5.1. CARGAS MUERTAS

Se consideró como cargas muertas las que actúan permanentemente, tales como el peso propio de la estructura, baranda, alumbrado, maquinarias de instalaciones diversas, etc.

MATERIAL	PESO UNITARIO (kg/m³)
Hormigón armado	2400
Asfalto	2200
Suelo compactado	1800
Acero	7850

Tabla 2. Peso unitario de materiales

5.2. CARGAS VIVAS

De acuerdo al Artículo 3.1 de la AASHTO LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges, se considera una carga viva para puentes peatonales de 90 psf (440 kg/m²). Sin embargo, de acuerdo a los requisitos de la contratante, se debe considerar el paso de vehículos motorizados unipersonales, por lo que se adopta una carga de 500 kg/m².

5.3. CARGA DE VIENTO

Se considera lo estipulado en el Artículo 3.4 de la AASHTO LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges, Carga de viento (WS). Los puentes peatonales deben estar diseñados para cargas de viento como se especifica en los Artículos 3.8 y 3.9 de la normativa AASHTO Signs. El Factor de Importancia del Viento, I_r , se tomará como 1.15. La carga se aplicará sobre el área expuesta en la elevación frontal, incluidos los cerramientos.

Además de la carga de viento especificada anteriormente, se debe aplicar simultáneamente una carga de línea de elevación vertical como se especifica en el Artículo 3.8.2 de AASHTO LRFD y determinada como la fuerza causada por una presión de 0.020 ksf (98 kg/m²) sobre el ancho total de la plataforma. Esta carga se aplicará en el cuarto de barlovento del ancho de la cubierta.

La presión del viento de diseño se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$P_z = 0.613 K_z G V^2 I_r C_d \quad [\text{Pa}]$$

Velocidad básica del viento.

Considerando la ubicación y posición del puente, se adopta una velocidad de ráfaga de viento básica de $V = 100 \text{ km/h}$ (28 m/s).

Factor de importancia del viento I_r

Según el artículo 3.4 de la AASHTO LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges, se toma un $I_r = 1.15$

Factor de exposición a la altura K_z

K_z un factor de exposición a la altura que varía con la altura sobre el suelo dependiendo de las condiciones de exposición locales y puede establecerse de forma conservadora en 1.0 para alturas inferiores a 10 m (33 pies).

Factor de efecto de ráfaga G

G es el factor de efecto de ráfaga y ajusta la presión de velocidad efectiva para la interacción dinámica de la estructura con las ráfagas de viento. Se puede tomar al factor G como el cuadrado del coeficiente de ráfaga. Considerando una velocidad de ráfaga de 3 segundos, el coeficiente de ráfaga equivale al 82% de 1.3, siendo $G = (0.82 \times 1.3)^2 = 1.14$

Coeficientes de arrastre C_d

Se toma un $C_d = 1.7$

La presión del viento es:

$$P_z = 0.613 \times 1.0 \times 1.14 \times (28 \text{ m/s})^2 \times 1.15 \times 1.7 = 1071 \text{ Pa} = 109 \text{ kg/m}^2$$

Esta presión será aplicada al modelo matemático en los nodos de la celosía, en dirección lateral, de acuerdo al área de la estructura expuesta.

5.4. EFECTOS SÍSMICOS

De acuerdo al art. 3.10 de la AASHTO LRFD, Los puentes deben estar diseñados para tener una baja probabilidad de colapso, pero pueden sufrir daños significativos y la interrupción del servicio cuando estén sujetos a movimientos de tierra con un Sismo que tenga un 7% de probabilidad de superación en 75 años, sismo de diseño con un periodo de retorno de 1000 años.

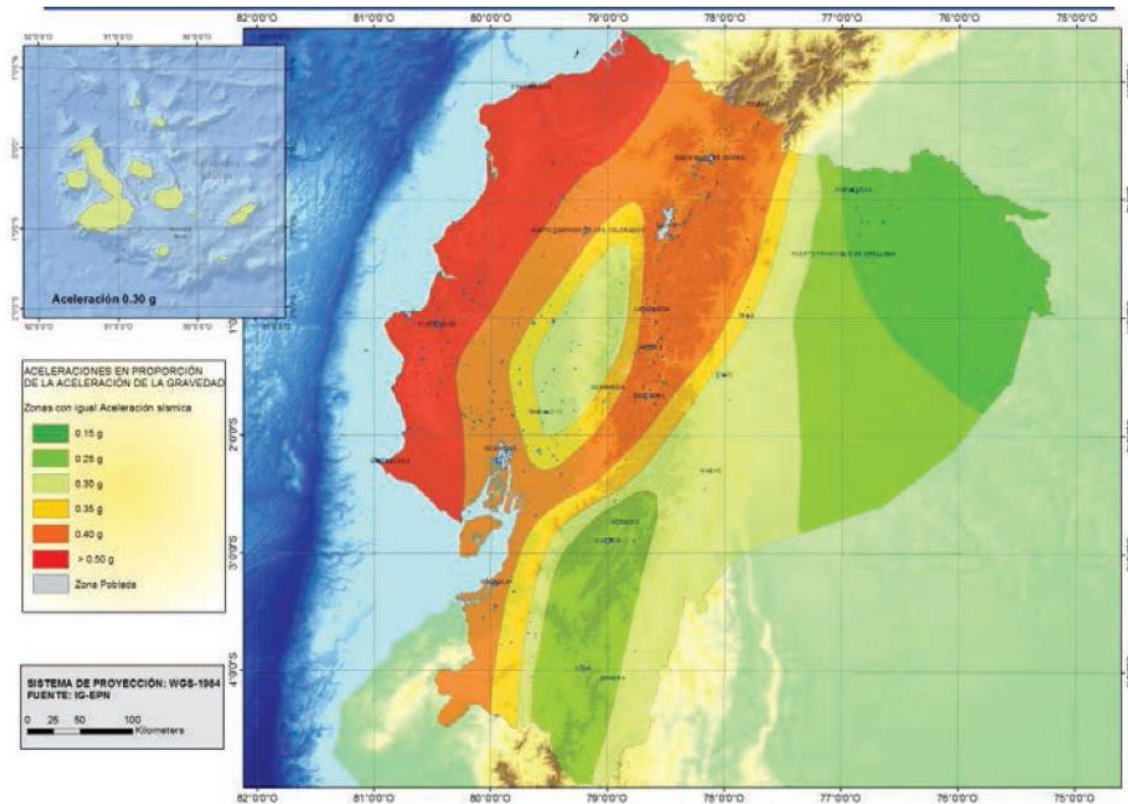


Figura 3 Zonas sísmicas y valores del factor Z, Ecuador.

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor de Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Tabla 3. Valores del factor Z

Considerando las curvas de peligro sísmico, especificado en el art. 10.4.2. del NEC-SE-DS, (Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-2015), el valor de aceleración máxima esperada para sismos de 1000 años de período de retorno, con una probabilidad de excedencia del 7% en 75 años es $Z = 0.50$ de la aceleración de la gravedad.

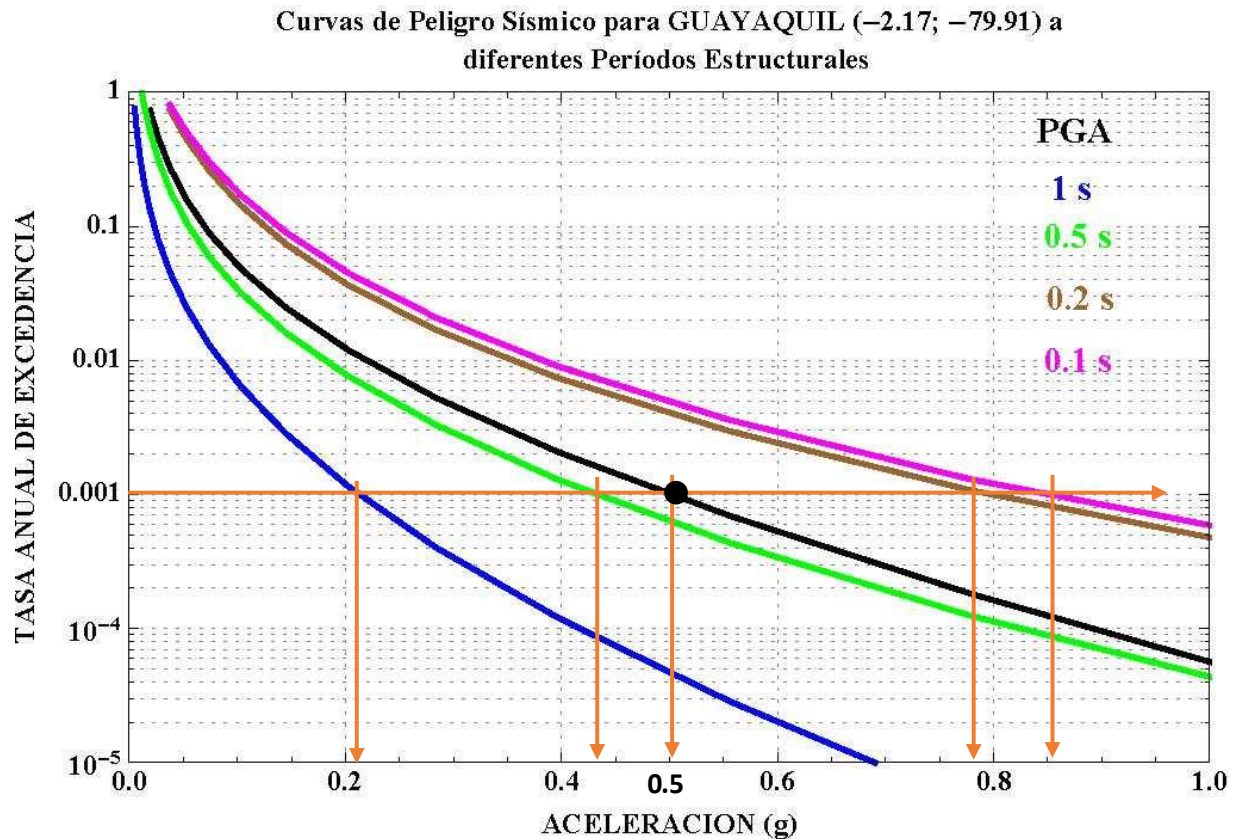


Figura 4 Curva de peligro sísmico.

En cuanto a las fuerzas sísmicas que intervienen en el diseño de los muros, se consideran las fuerzas estáticas equivalentes que debe tomar en cuenta las fuerzas de inercia del muro. Se debe incluir también las cargas sísmicas que la superestructura transfiere a través de los soportes de apoyo.

6. COMBINACIONES E HIPÓTESIS DE CARGAS

Los puentes deberán diseñarse para resistir diferentes tipos de combinaciones de carga con niveles de seguridad apropiados para cada caso, que se basan en la probabilidad de ocurrencia de acciones simultáneas correspondientes a cada tipo de carga. De acuerdo al artículo 3.4 de la AASHTO, El efecto total de la fuerza factorizada se deberá tomar como:

$$Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i \quad (3.4.1 - 1)$$

Q_i : Solicitación

γ_i : Factor de carga

El Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD) requiere satisfacer la siguiente ecuación:

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r \quad (1.3.2.1 - 1)$$

Donde:

γ_i : Factor de carga

ϕ : Factor de resistencia

η_i : Modificador de cargas. Factor relacionado con la ductilidad, la redundancia y la clasificación operacional

η_D : Factor relacionado con la ductilidad

η_R : Factor relacionado con la redundancia

η_I : Factor relacionado con la importancia operativa

Q_i : Solicitación

R_n : Resistencia nominal

R_r : Resistencia factorada o mayorada = ϕR_n

Siendo $\eta_i = \eta_D + \eta_R + \eta_I = 1$

Los estados límites aplicables al puente son:

Resistencia I: Combinación básica de cargas que representa el uso vehicular normal del puente, sin viento.

Resistencia III: Combinación de cargas que representa puente expuesto a vientos de velocidades superiores a 90 km/h.

Evento Extremo I: Combinación de cargas que incluye sismos.

Servicio I: Combinación de cargas que representa la operación normal del puente con un viento de 90 km/h, tomando todas las cargas a sus valores normales. También relacionado con el control de deflexión en estructuras metálicas enterradas, placa de revestimiento de túnel y tubería termoplástica, para controlar el ancho de fisura en estructuras de hormigón armado y para el análisis transversal relacionado con la tensión en vigas segmentadas de hormigón. Esta combinación de carga también se debe usar para la investigación de la estabilidad de taludes.

Fatiga I: Combinación de cargas de fatiga y fractura que se relacionan con la vida de fatiga infinita por carga inducida. El concepto de vida de fatiga infinita es usado en puentes con volumen de tráfico alto.

Siendo:

Cargas Permanentes:

DC: Peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales

DW: Peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos

EV: Presión vertical del peso propio del suelo de relleno

Cargas Transitorias:

EQ: Carga Sísmica

PL: Carga viva peatonal

WS: Carga de viento sobre la superestructura

Combinación de cargas Estados Límites	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Usar sólo uno por vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (excepto notas)	γ_p	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Resistencia III	γ_p	—	1.00	1.4 0	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Resistencia IV	γ_p	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—	—
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.4 0	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—	—
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.3 0	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Servicio II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—	—
Servicio III	1.00	0.80	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Servicio IV	1.00	—	1.00	0.7 0	—	1.00	1.00/1.20	—	1.0	—	—	—	—	—
Fatiga I— LL, IM & CE solamente	—	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fatiga II— LL, IM & CE solamente	—	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabla 4. Factores de carga y combinaciones (Tabla 3.4.1-1 AASHTO)

Tipo de carga, Fundación y Método Usado para Calcular Fricción Negativa (Downdrag)		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
DC: Elemento y Accesorios		1.25	0.90
DC: Sólo Resistencia IV		1.50	0.90
DD: Downdrag	Pilotes, Método Tomlinson α	1.4	0.25
	Pilotes, Método λ	1.05	0.30
	Ejes perforados. Método O' Neill and and Reese (1999)	1.25	0.35
DW: Superficies de rodamiento e instalaciones para servicios		1.50	0.65
EH: Presión Horizontal del terreno			
• Activa		1.5	0.9
• En reposo		1.35	0.9
• AEP para muros anclados		1.35	N/A
EL: Tensiones residuales en construcción		1.00	1.00
EV: Presión Vertical del Terreno			
• Estabilidad Global		1	N/A
• Muros de sostenimiento y Estribos		1.35	1
• Estructura rígida enterrada		1.3	0.9
• Marcos rígidos		1.35	0.9
• Estructuras flexibles enterradas		1.5	0.9
o Alcantarillas cajon metálicas y de placas estructurales con corrugaciones			
o Alcantarillas Termoplásticas		1.3	0.9
o Todas las demás		1.95	0.9
ES: Sobrecarga de suelo		1.50	0.75

Tabla 5. Factor de reducción para carga permanente (Tabla 3.4.1-2 AASHTO)

7. CONDICIONES DE APOYO

La superestructura se apoya en las pilas, utilizando aparatos de apoyo tipo POT, constituidos por un disco de elastómero confinado en una caja de acero, los cuales permiten absorber las rotaciones de la estructura cuando se requieren cargas y movimientos elevados alrededor de cualquier eje horizontal.

El uso de este tipo de apoyos posibilita, que la condición de cálculo de la superestructura, como simplemente apoyada, cumpla en su trabajo real, ya que este material debido a su capacidad de deformación permite desplazamientos horizontales de la estructura debido a contracciones del material (acero, concreto, etc.), cambios de temperatura y la acción misma de las cargas. El anclaje al asiento de las pilas desarrolla fuerzas que impiden grandes desplazamientos, actuando en este caso como apoyo fijo.

En la dirección transversal, para evitar grandes desplazamientos laterales por movimientos sísmicos, se ha dispuesto la colocación de trabas antisísmicas.

8. SUPERESTRUCTURA

Superestructura son todos los elementos estructurales (vigas) capaces de soportar solicitaciones o cargas (cargas muertas, cargas vivas, sismos, etc.) y que son transmitidas a la subestructura.

La superestructura del puente está constituida por celosías tipo Warren modificada, de paso inferior, arriostradas en la parte inferior por el tablero de hormigón y los nervios metálicos de apoyo y en la parte superior por riostras, que forman un conjunto tipo “túnel”, de acero estructural ASTM A 588 grado 50.

El tablero de pasarela será conformado por un conjunto compuesto entre placa ondulada de galvalum o steel deck y concreto fundido.

Los elementos estructurales se diseñan para que cumplan los factores de carga y combinaciones de carga, así como los estados límites, estipuladas en la sección 3.4 del código AASHTO LRFD.

Se elaboró un modelo matemático del puente, que simula las condiciones de apoyo y la mecánica de los miembros estructurales, como se muestra en la siguiente figura:

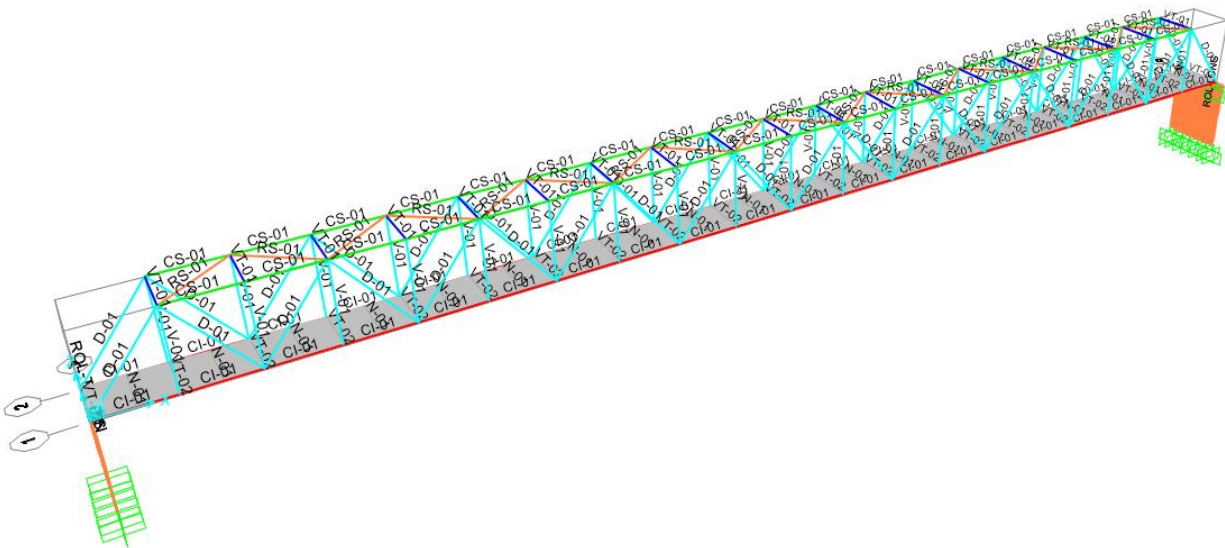


Figura 5 Modelo matemático del puente, vista tridimensional.

De acuerdo al Artículo 6 de la AASHTO LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges, Las vibraciones deben investigarse como un estado límite de servicio usando la combinación de carga Servicio I en la Tabla 3.4.1-1 de AASHTO LRFD. La vibración de la estructura no deberá causar incomodidad o preocupación a los usuarios de un puente

peatonal. La excepción de la investigación de las vibraciones se considera si la frecuencia fundamental en un modo vertical del puente peatonal sin carga viva deberá ser mayor a 3.0 hertz (Hz) para evitar el primer armónico. En sentido lateral, la frecuencia fundamental del puente peatonal deberá ser superior a 1.3 Hz. Si la frecuencia fundamental no puede satisfacer estas limitaciones, o si el segundo armónico es un problema, se debe realizar una evaluación del desempeño dinámico.

Las dimensiones de los elementos y la estructuración, considerando los sistemas de apoyo y las pilas, responden dinámicamente con frecuencias, según sus primeros modos fundamentales de vibración, de $f = 2.18$ Hz lateralmente y $f = 3.48$ Hz, cumpliendo los requisitos de vibración de la norma.

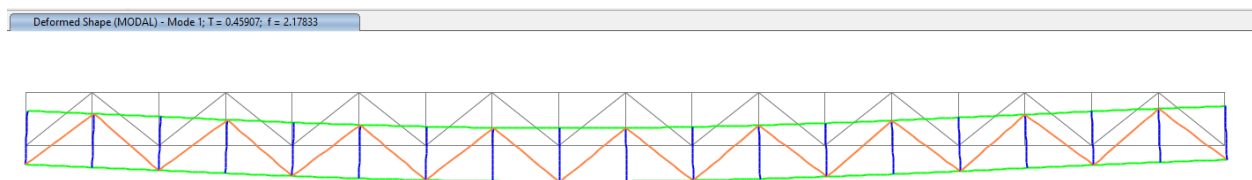


Figura 6 Primer modo fundamental, desplazamiento lateral.

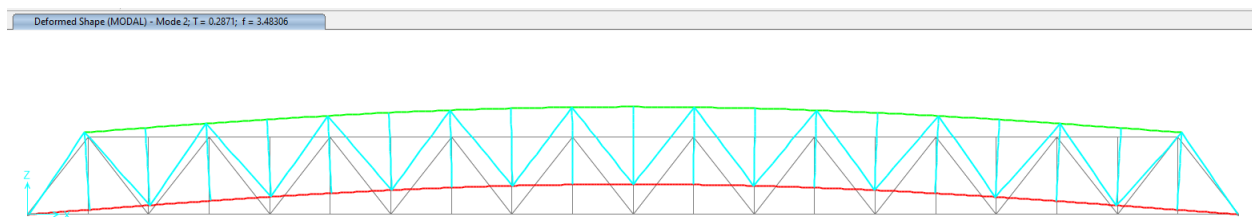


Figura 7 Segundo modo fundamental, desplazamiento vertical.

Realizando el chequeo de la relación demanda/capacidad, RDC, de los miembros estructurales, considerando las combinaciones de carga según los estados límites, estipuladas en la sección 3.4 del código AASHTO LRFD, se verifica que no se presenta sobreesfuerzos y son adecuados por resistencia.

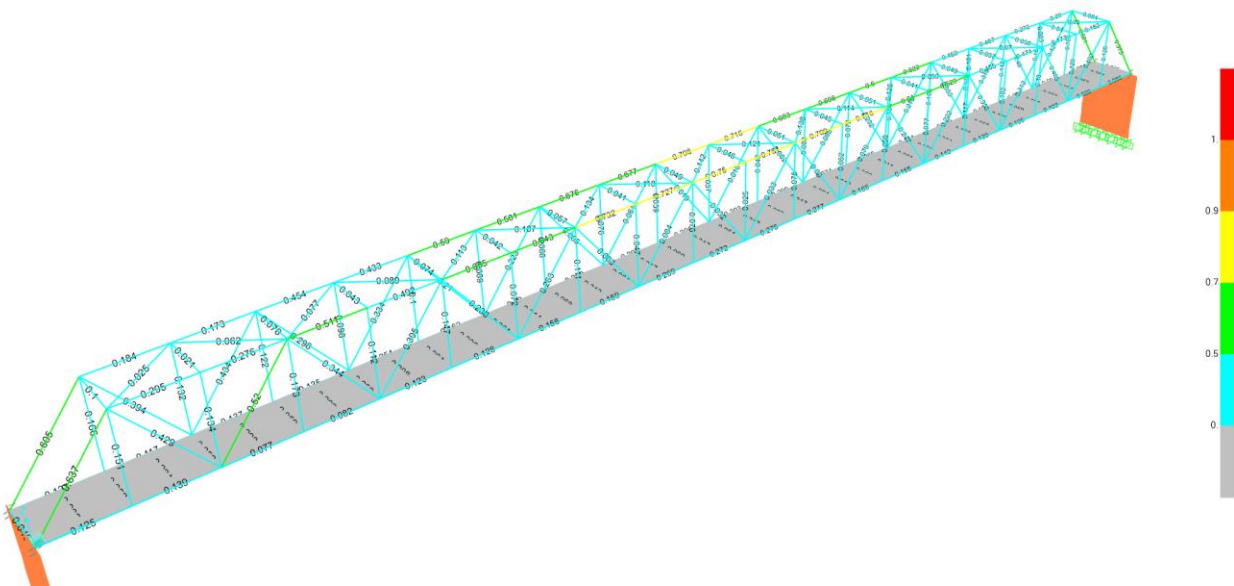


Figura 8 Verificación de RDC de miembros estructurales.

En el anexo se tiene la memoria de cálculo estructural.

9. INFRAESTRUCTURA

Se comprende como Infraestructura de puentes, a todos los elementos estructurales (pilas, estribos, muros de retención, y cimientos) diseñados para soportar cargas transmitidas por la superestructura (cargas muertas, de montaje, vivas, de viento, etc.); cargas debido a la corriente, a los efectos de temperatura y contracción; y cargas laterales debido a presiones de tierra, de agua, por causas de colisión, y por causas sísmicas.

En el anexo se tiene la memoria de cálculo estructural de las pilas de apoyo del puente.

10. RUBROS ESTRUCTURALES

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
OBRA PROVISIONAL			
303-2(1)I1	EXCAVACION A MANO	m3	18.00
503-(2)B	HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE "B" ($f_c=240$ kg/cm ²) (INC. ENCOFRADO)	m3	4.80
505(3)B	FABRICACION DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36 (inc. Inhibidor de corrosion)	kg	5,300.00
505(4)B	MONTAJE DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	kg	5,300.00
INFRAESTRUCTURA			
301-3(1)1E	Demolición de estructuras de H.A. existentes (inc. desalojo)	m3	10.00
505(2)B1	Desmontaje de estructura metálica existente (inc. desalojo)	kg	1111.00
307-2(2)	Excavación y Relleno para Puentes	m3	1292.00
503(7)*3	Columnas de hormigón $f_c = 280$ kg/cm ² D=150mm (inc. inhibidor de corrosión)	m	400.00
503-(3)C***	Hormigón no estructural clase "E" ($f_c = 180$ kg/cm ²) para replantillos***	m3	5.18
503(1)A	Hormigón estructural clase "A" ($f_c = 350$ kg/cm ²) (inc. inhibidor de corrosión y encofrado)***	m3	68.42
503(1)*A***	Hormigón estructural clase "A" ($f_c = 300$ kg/cm ²) (inc. inhibidor de corrosión y encofrado)***	m3	58.98
504(1)	Acero de refuerzo en barras ($f_y = 4200$ kg/cm ²)	kg	14489.28
505(4)A12	Apoyos de neopreno fijo tipo POT 750kN (240x240x62) mm	u	2.00
505(4)A15	Apoyos de neopreno libre tipo POT 750kN (330x270x77) mm	u	1.00
505(4)A14	Apoyos de neopreno unidireccional tipo POT 750kN (440x290x96) mm	u	1.00
SUPERESTRUCTURA			
	Losa de placa colaborante (galvalum, $e=0.75$ mm), incluye hormigón de cemento portland $f_c=240$ kg/cm ² y malla electrosoldada	m2	111.20
505(2)A	Acero estructural ASTM A-588	kg	37259.56
505(3)A	Fabricación de elementos de acero estructural ASTM A-588 (inc. inhibidor de corrosión)	kg	37259.56
505(4)A	Fabricación de elementos de acero estructural ASTM A-588	kg	37259.56
505(4)J3	Junta de dilatación módulos de (356x46x1830)mm (desplazamiento medio)	m	4.00
	Cerramiento metálico (malla 50-10)		285.29
	Barandales de hormigón armado	m	182.08
	Pasamanos de tubos redondos A-500	m	108.00

Tabla 6. Listado de rubros estructurales

11. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE

El constructor del puente deberá presentar la metodología constructiva del puente, donde detalle equipos, maquinarias y diseños de construcciones provisionales necesarias para llevar a cabo el proceso constructivo, además, deberá presentar planos de taller para la construcción de la estructura metálica.

A continuación, se describe de manera general el proceso constructivo sugerido:

Implantación general de la estructura

Mediante equipos de topografía, se procede a implantar puntos necesarios para el replanteo de la subestructura del puente.

Excavación para pilas

Se deberá realizar excavaciones a cielo abierto, mediante excavadoras de oruga. La excavación se realizará hasta alcanzar la cota de desplante especificada en los planos, con taludes 2:1 de las paredes de la excavación.

Paralelamente, se procederá a realizar las excavaciones para los cimientos de los accesos. Debido a la poca profundidad de estas excavaciones, se podrán realizar con herramientas manuales o con equipos pequeños.

Construcción de columnas de hormigón fluido

Una vez alcanzada la cota de desplante de la infraestructura, se deberá replantear las ubicaciones de las columnas de hormigón fluido.

Mediante equipos menores de barrenación por rotación, se realizará las perforaciones de diámetros indicados en los planos.

Se deberá considerar sistemas de estabilización de pozos, mediante el uso de lodos bentónicos o similar, a fin de garantizar la integridad del pozo durante el proceso de colación del hormigón.

Se coloca la barra de refuerzo especificada y se cola el hormigón mediante bomba, el hormigón deberá ser premezclado, el cual deberá tener la fluidez adecuada para llenar el pozo y evitar la generación de “ratoneras” y/o desperfectos en el hormigón.

Fundición de replantillos

Se coloca y estabiliza el encofrado y se cola el hormigón de nivelación o “replantillo”, con el fin de garantizar una superficie estable, plana y horizontal para la construcción de las zapatas de la infraestructura.

Encofrado, armado y fundición de pilas

La construcción de las pilas se realizará en dos etapas.

Construcción de zapatas.

Se procede con la colocación del encofrado y posterior armado de las zapatas. Se seguirá los cortes y doblados de la armadura especificados en los planos, en el caso de proponer cambios, se deberá garantizar las longitudes de desarrollo y traslapes. Los encofrados a emplear podrán ser metálicos, mixtos (metálicos y madera) o de madera.

Se empleará hormigón premezclado, de resistencia especificada en los planos, transportados por camiones mezcladores o “mixers” con volumen no mayor a 7 m³, con frecuencias de llegada a obra en tiempos no mayores a los 30 minutos. El vaciado del hormigón es directo a alturas no mayor a 1.20 m, mediante bomba estacionaria y se debe garantizar la compactación mediante el uso de vibradores.

Para el curado de hormigón se utilizará aditivos. Se realizará el control de temperatura mediante la utilización de sensores (termocuplas), las cuales serán monitoreadas en las primeras 48 horas después del hormigonado.

Construcción de muros.

Los encofrados deberán ser estabilizados con obra provisionales mediante puntales debidamente anclados. Los encofrados a emplear podrán ser metálicos, mixtos (metálicos y madera) o de madera.

Para el armado de los muros, se seguirá los cortes y doblados de la armadura especificados en los planos, en el caso de proponer cambios, se deberá garantizar las longitudes de desarrollo y traslapes.

El vaciado del hormigón es directo a alturas no mayor a 1.20 m, mediante bomba estacionaria y se debe garantizar la compactación mediante el uso de vibradores. Se empleará hormigón premezclado, de resistencia especificada en los planos, transportados por camiones mezcladores o “mixers” con volumen no mayor a 7 m³, con frecuencias de llegada a obra en tiempos no mayores a los 30 minutos.

Construcción de accesos.

Se procede con la colocación del encofrado, armado de refuerzo y colación de hormigón de zapatas, muros y rampas de accesos.

Relleno sobre cimientos

Se procede con el depósito de material de relleno y posterior compactación, siguiendo los lineamientos descritos en las especificaciones técnicas respectivas.

Colocación de los aparatos de apoyo.

Una vez se haya construido el muro de la pila de apoyo del puente, se deberá corroborar cotas de nivel y de ser necesario, se construirá asientos de nivelación mediante el uso de morteros autonivelantes de alta resistencia o “grout”, con el fin de alcanzar niveles de asiento requerido.

Se procede con el montaje y fijación de los aparatos de apoyos, de acuerdo a las disposiciones y orientaciones estipuladas en los planos respectivos.

Armado y montaje de superestructura.

El constructor deberá presentar planos de taller, para la fabricación y montaje de la estructura metálica de la superestructura del puente, así mismo, memorias y planos de construcciones provisionales, tales como torres de izaje, torres de apoyos provisionales, etc.

La fabricación de los elementos estructurales deberá ser realizada en talleres calificados que cumplan estándar de fabricación de estructuras metálicas o en obra, disponiendo talleres provisionales que cumplan los requisitos de calificación.

El proceso de montaje deberá ser presentado por el contratista, en la metodología de construcción. Sin embargo, a continuación, se sugiere dos alternativas para tal efecto:

Sistema de montaje por lanzamiento.

Se construirá dos plumas dispuestas en cada margen del río, que cumplirán la función de torres de izaje y lanzamiento, debidamente estabilizadas por cables de vientos. Mediante un juego de polipasto se estabiliza la viga del puente y se desplaza en el claro del cauce mediante acción de “lanzamiento”, hasta alcanzar la posición final de la viga.

El desplazamiento horizontal de la viga se la realizará por atirantamiento empleando un juego de polipasto, cables y motores, o por empuje, mediante el uso de equipos de empuje tipo bulldozer.

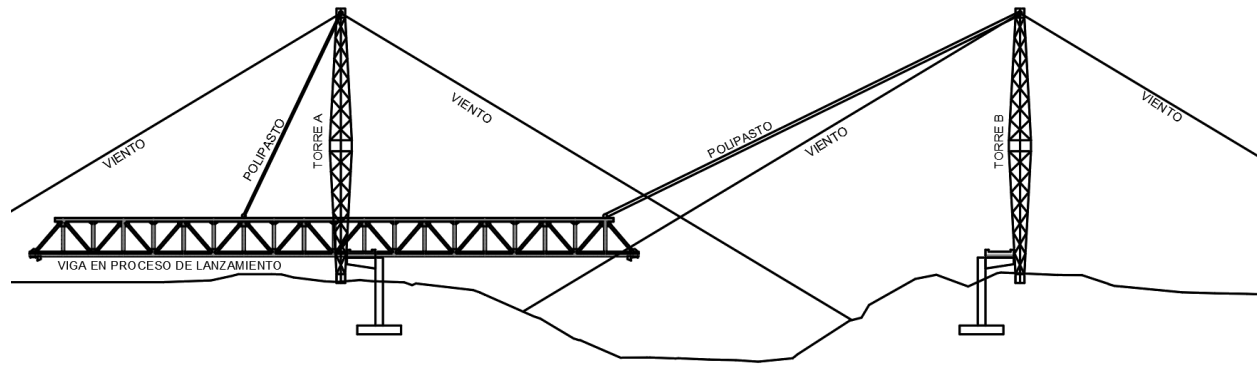


Figura 9 Esquema de sistema de montaje por lanzamiento.

Sistema de montaje por obra falsa.

Se construirá obras falsas a manera de apoyos provisionales para el montaje de las dovelas del puente, de acuerdo a la estructura provisional propuesta por la contratista, la misma que puede ser construida en sitio, pre armada o estructura alquilada. Una vez se suelde las dovelas y se estabilice la estructura se procede al retiro de los apoyos provisionales.

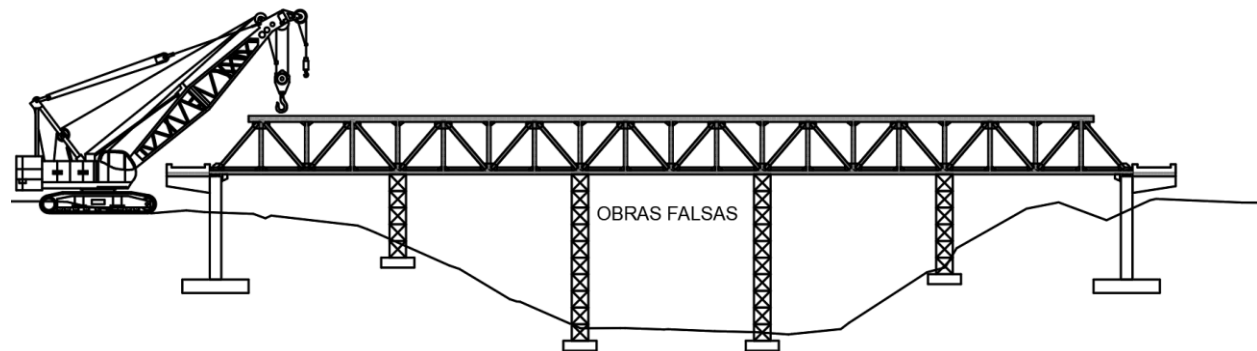


Figura 10 Esquema de sistema de montaje por obra falsa.

Montaje de deck y fundido de tablero.

Una vez montada la estructura metálica del puente, se coloca las placas acanaladas “deck”, se fijan a las vigas de apoyo, se coloca los conectores de corte y la malla de refuerzo, posteriormente se cola el hormigón por vaciado directo.

Montaje de elementos de servicios.

Se realiza el montaje de elementos de servicio, sean estos eléctricos, sanitarios, y demás.

Acabados en general.

En esta etapa, se verifica que el acabado final de la estructura metálica no haya sufrido desperfectos debido al proceso de izado y montaje. Se realiza los arreglos respectivos. Así mismo, se verifica que las superficies de acabado de elementos de hormigón no tengan desperfectos, en cuyo caso se procede a los resanes respectivos.

Aplicación de la carga de servicio.

Etapa de apertura al tránsito peatonal de servicio del puente.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. MTOP
- American Association of State Highway and Transportation Officials, (A.A.S.H.T.O.) Standard Specification for Highway Bridges 2017 / LRFD Bridge Design Specifications 2017
- American Association of State Highway and Transportation Officials, (A.A.S.H.T.O.) LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges.
- American Association of State Highway and Transportation Officials, (A.A.S.H.T.O.). Standard Specifications for Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic Signals
- Reinforced Concrete Mechanics and Design, 6th edition, James k. Wight y James G Macgregor, 2012

Elaborado:	Revisado:	Aprobado:
Ing. Luis Villavicencio C.	Ing. Humberto Pendola P.	Ing. Melanie Álvarez A.
Técnico en Diseño Estructural	Director de Proyecto	Administradora de Contrato

13. ANEXO – DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA

14. ANEXO – DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA

15. ANEXO – COMPUTO DE MATERIALES