



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DEL PUENTE
SOBRE LA QUEBRADA EL TORO, PARROQUIA PINDAL - PROVINCIA
DE LOJA

SEGOVIA PUGA KEVIN PAUL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DEL PUENTE
SOBRE LA QUEBRADA EL TORO, PARROQUIA PINDAL -
PROVINCIA DE LOJA

SEGOVIA PUGA KEVIN PAUL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DEL PUENTE SOBRE LA
QUEBRADA EL TORO, PARROQUIA PINDAL - PROVINCIA DE LOJA

SEGOVIA PUGA KEVIN PAUL
INGENIERO CIVIL

BERRU CABRERA JUAN CARLOS

MACHALA, 21 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
21 de septiembre de 2021

ANÁLISIS LA METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA EL TORO, PARROQUIA PINDAL - PROVINCIA DE LOJA

por Kevin Paul Segovia Puga

Fecha de entrega: 20-ago-2021 10:23a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1633697387

Nombre del archivo: TRABAJO_DE_TITULACION_FINAL.docx (6.21M)

Total de palabras: 7083

Total de caracteres: 36520

ANÁLISIS LA METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA EL TORO, PARROQUIA PINDAL - PROVINCIA DE LOJA

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

1%

★ www.slideshare.net

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, SEGOVIA PUGA KEVIN PAUL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA EL TORO, PARROQUIA PINDAL - PROVINCIA DE LOJA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

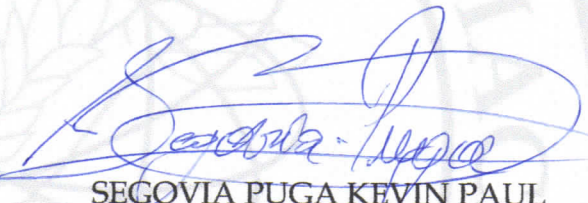
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de septiembre de 2021



SEGOVIA PUGA KEVIN PAUL
0704605138

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, ser omnipotente quien ha sido un apoyo incondicional y me ha ayudado a afrontar y superar los momentos de adversidad que se han presentado en el camino.

Muchas gracias mamá, abuelos, tíos y a mi novia quienes han sido el pilar fundamental donde me he apoyado y quienes me han aportado las fuerzas necesarias para culminar la carrera de ingeniería civil.

Gracias a todos mis compañeros quienes me han ayudado durante las diferentes situaciones académicas que se han presentado.

Agradecido con los profesores de la facultad de ingeniería civil quienes me han brindado su conocimiento teórico y práctico durante la carrera, en especial agradecido con mi tutor el Ing. Juan Carlos Berrú Cabrera, Phd, por ser la guía y apoyo necesario para culminar esta última etapa de la carrera de ingeniería civil.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en especial a mi familia y mi novia quienes siempre han estado a mi lado en pie de lucha afrontando cualquier situación que se presentará y brindándome su apoyo y consejo para siempre hacer las cosas de la mejor manera no solo en el ámbito académico, sino en vida mismo donde me desarrollaré como futuro ingeniero civil de El Ecuador.

Le dedico el trabajo a mis compañeros de aula quienes me han ayudado siempre que me ha hecho falta y han sido durante toda la carrera un gran apoyo.

RESUMEN

El conocer el proceso constructivo de las diferentes obras civiles es de gran importancia ya que incide directamente en la correcta elaboración de presupuestos, cálculos estructurales, la elaboración de informes y planos. Para analizar la metodología funcional de un puente de hormigón armado y estructura metálica se debe tomar en cuenta los diferentes procesos y etapas para llevar a cabo la obra civil, para ello es necesario establecer los planos de construcción que sean claros y legibles, de esta manera la implantación en el terreno del puente se originara de forma clara para así poder llevar a cabo los demás procesos constructivos desde el armado del tablero, estribos y las vigas principalmente, así mismo se definirán los elementos principales en la superestructura y en la subestructura de un puente con estas características. En la elaboración de un proyecto ingenieril se deben tomar en cuenta los criterios de diseño como las cargas, vida útil y los factores de mayoración necesarios a considerar, sin embargo algo que no podemos obviar de toda obra civil son los estudios que se deben realizar para con ellos tener claro las características y condiciones en las que se encuentra el entorno donde se desarrollará el proyecto como por ejemplo los estudios hidrológicos, estudios de riesgo sísmico, estudios de suelo, topografía y relieve principalmente, todos estos procesos nos brinda una idea más clara y concisa sobre cómo se lleva a cabo el proceso constructivo de un puente de hormigón armado y estructura metálica.

Palabras claves: Puente, criterios de diseño, Estudios, Cargas, metodología constructiva.

ABSTRACT

Knowing the construction process of the different civil works is of great importance since it directly affects the correct preparation of budgets, structural calculations, the preparation of reports and plans. To analyze the functional methodology of a reinforced concrete bridge and metal structure, the different processes and stages to carry out a civil work must be taken into account, for this it is necessary to establish construction plans that are clear and legible, of In this way, the implantation of the bridge in the terrain will originate clearly in order to carry out the other construction processes from the assembly of the deck, abutments and the beams mainly, likewise the main elements in the superstructure and in the substructure will be defined. of a bridge with these characteristics. In the development of an engineering project, design criteria such as loads, useful life and the necessary aging factors must be taken into account, however, something that we cannot ignore from all civil works are the studies that must be carried out to With them to be clear about the characteristics and conditions in which the environment where the project will be developed is located, such as hydrological studies, seismic risk studies, soil studies, topography and relief mainly, all these processes give us a clearer idea and concise on how the construction of a reinforced concrete process bridge and metal structure is carried out.

Keywords: Bridge, design criteria, Studies, Loads, construction methodology.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	4
DEDICATORIA	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
ÍNDICE DE CONTENIDO	8
1.1 Objetivo general.	12
1.1.1 Objetivos específicos	12
1.2 Planteamiento del Problema.	12
2. DESARROLLO	13
2.1 Superestructura	13
2.1.1 Barreras de protección en un puente.	13
2.1.2 Aceras y veredas de un puente.	13
2.1.3 Capa de rodadura de hormigón asfáltico.	14
2.1.4 Tablero tipo losa de hormigón armado de un puente	14
2.1.5 Sistema de desagüe.	15
2.1.6 Perfiles de acero estructural para un puente.	15
2.2 Subestructura	15
2.2.1 Estribos de hormigón armado de un puente.	15
2.2.2 Cimentación superficial.	16
2.2.3 Muro de gaviones.	16
2.3 Criterios de diseño generales	17
2.3.1 Cargas de diseño	17
2.3.2 Vida útil	19
2.4 Estudios fundamentales para la construcción de un puente.	19
2.4.1 Estudios de hidrología e hidráulica.	19

2.4.2 Estudio de geotécnicos.	20
2.4.3 Topografía y relieve.	20
2.4.4 Estudios de riesgo sísmico.	20
2.4.5 Estudios financieros.	21
2.4.6 Estudios de impacto ambiental.	22
2.5 Metodología constructiva de un puente de hormigón armado y estructura metálica.	23
2.5.1 Diseño y elaboración de planos constructivos.	23
2.5.2 Limpieza, trazado, replanteo e implantación donde se construirá el puente.	23
2.5.3 Adquisición de materiales para la construcción del puente, inicio de fabricación de la estructura metálica en el taller, excavación con maquinaria en el terreno hasta la cota de cimentación en ambas márgenes del río.	23
2.5.4 Colocación del replantillo, armado, encofrado y fundición de los estribos del puente en ambas márgenes del río.	25
2.5.5 Relleno y compactado tras los estribos en ambos lados.	25
2.5.6 Transporte y armado de los elementos estructurales metálicos hasta el lugar de ubicación del puente.	26
2.5.7 Encofrado, armado y fundición del tablero del puente.	27
2.5.8 Obras de protección tipo gaviones a los márgenes del río.	27
2.5.9 Relleno compactado tras los estribos.	28
2.5.10 Pavimentación de la vía del puente.	28
3. CONCLUSIONES	29
4. BIBLIOGRAFÍA	30
5. ANEXOS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelos de barandas para tránsito vehicular.	13
Figura 2 Acera para puente vehicular - peatonal	13
Figura 3 Distribución de Cargas del pavimento flexible.	14
Figura 4 Tablero de hormigón armado.	14
Figura 5 Estructura básica de un estribo de hormigón armado	16
Figura 6 Muro de gaviones	17
Figura 7 Combinación de cargas AASHTO - LRFD 2017	18
Figura 8 Mapa de zonificación sísmica de Ecuador	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Barandales del puente sobre la quebrada el Toro	32
Anexo 2 Aceras en el puente sobre la quebrada El Toro	33
Anexo 3 Calzada en el puente sobre la quebrada El Toro	34
Anexo 4 Sistema de Desagüe en el puente sobre la quebrada El Toro	35
Anexo 5 Sistema estructural de acero en el puente sobre la quebrada El Toro	36
Anexo 6 Sistema de protección tipo gaviones en ambas márgenes de la quebrada El Toro	38
Anexo 7 Toma de medidas de las secciones de acero en el puente sobre la quebrada El Toro	39
Anexo 8 Visita técnica al puente sobre la quebrada El Toro en el cantón Pindal, provincia de Loja	40
Anexo 9 Encofrado utilizado en la fundición del tablero.	41
Anexo 10 Detalle del refuerzo en el patín inferior de las vigas de acero colocados en el puente	42
Anexo 11 Rigidizadores Verticales y horizontales utilizados en las vigas de acero estructural en el puente	43
Anexo 12 Arriostramientos horizontales sobre el puente.	44

1. INTRODUCCIÓN.

En la ingeniería civil el ámbito de la construcción, es un proceso en el que siempre estaremos inmersos para diferentes tipos de obras civiles y el correcto conocimiento previo de los procesos constructivos que se dan en obra, conlleva a que se ejecute de mejor forma las diferentes etapas de un proyecto civil. La importancia de un puente está relacionada directamente con el desarrollo vial y económico de un país, dependiendo de su composición estructural serán más óptimos para salvar pequeñas, medianas y grandes luces proveniente de ríos o depresiones en el terreno, de esta forma poder comunicar dos o más pueblos, ciudades y países entre sí.[1]

Para elaborar el diseño es necesario levantar información del lugar, realizar los correctos estudios de ingeniería relacionados a la estructura, tener una noción clara acerca de la metodología constructiva de un puente para que así el criterio del proyectista sobre el diseño sea más adecuado y pueda estar preparado para soluciones atípicas que puedan resultar en obra. Es necesario llevar siempre un control constante en la calidad de los materiales en los procesos constructivos donde se involucra la mano de obra y responsables técnicos cualificados, de esta manera poder contar con construcciones adecuadas para cumplir con las solicitaciones de carga, vida útil y satisfacer las necesidades de los usuarios.[2]

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento acerca de la metodología constructiva de un puente de hormigón armado y estructura metálica con el fin de dar a entender el ámbito profesional fuera oficina, llevado a cabo en el campo.

1.1 Objetivo general.

Analizar la metodología constructiva de un puente de hormigón armado y estructura metálica mediante el ámbito investigativo, que sirva de guía y apoyo a aquellos profesionales que se dedican al ámbito constructivo de puentes.

1.1.1 Objetivos específicos

- Fundamentar y conceptualizar bibliográficamente los elementos que constituyen un puente.
- Caracterizar e identificar los criterios de diseño y estudios realizados en la construcción de un puente.
- Esclarecer el proceso constructivo de un puente de hormigón armado y estructura metálica.

1.2 Planteamiento del Problema.

La construcción de un puente es de gran importancia para el desarrollo de un país es por ello que todo especialista en el ámbito de la ingeniería civil debe tener claro los conceptos y procesos constructivos que se deben realizar en la ejecución de un puente, para así garantizar la calidad de los materiales, mantenimientos necesarios y procesos constructivos a realizarse, de esta manera llevar a cabo la correcta puesta en servicio de la estructura, para así no incursionar en posibles fallas de la estructura que dejen incomunicados diferentes sectores de la población y además que involucren pérdida de vidas humanas, pérdida de recursos económicos y recursos ambientales.[3]

2. DESARROLLO

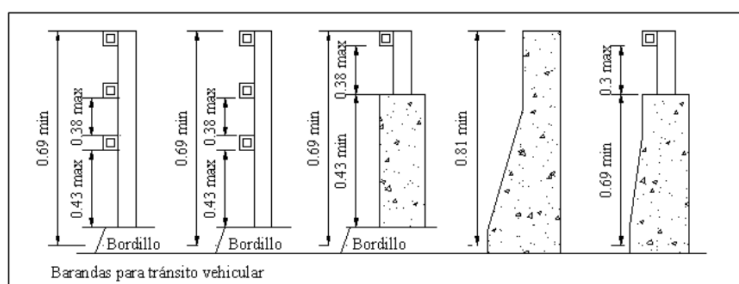
2.1 Superestructura

2.1.1 C

Una estructura del tipo puente debe poseer obras complementarias del tipo barandas o sistemas de barreras para darle mayor seguridad y proteger a los usuarios tanto en vehículos como a los peatones. Estos sistemas deben ser diseñados y construidos de tal manera que puedan soportar los esfuerzos demandados en varias direcciones de la misma.[4]

Algunas de estas barreras pueden ser de hormigón armado, metálicos o un sistema mixto de hormigón armado y estructura metálica, tal y como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 1 Modelos de barandas para tránsito vehicular.



Fuente: Guía para el diseño de puentes con vigas y losas

2.1.2 Aceras y veredas de un puente.

Las aceras que forman parte de un puente vehicular y peatonal suelen estar presentes en ambos lados de la calzada, permitiendo la libre circulación peatonal y junto con las medidas necesarias proporcionar seguridad a los peatones. Su proceso de construcción suele ser de forma monolítica como una losa de hormigón armado, las cuales deben poseer juntas de dilatación para evitar fisuraciones en el hormigón, también pueden construirse con mampostería, metálicas o de madera.[5]

Figura 2 Acera para puente vehicular - peatonal

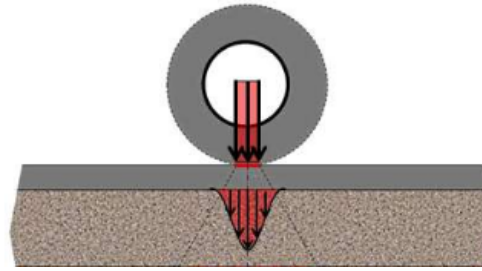


Fuente: Sebastián Araya, diario online "epicentrochile".

2.1.3 Capa de rodadura de hormigón asfáltico.

La capa de rodadura de hormigón asfáltico forma parte de un sistema de pavimentación, siendo esta la última capa, sobre ella actúan diversas cargas que son transmitidas de forma puntual debido a que es un pavimento flexible y estas se distribuyen al tablero del puente durante el tiempo de su vida útil, y estas cargas no deben ser mayores a las diseñadas para evitar fallas en el pavimento.[6]

Figura 3 Distribución de Cargas del pavimento flexible.



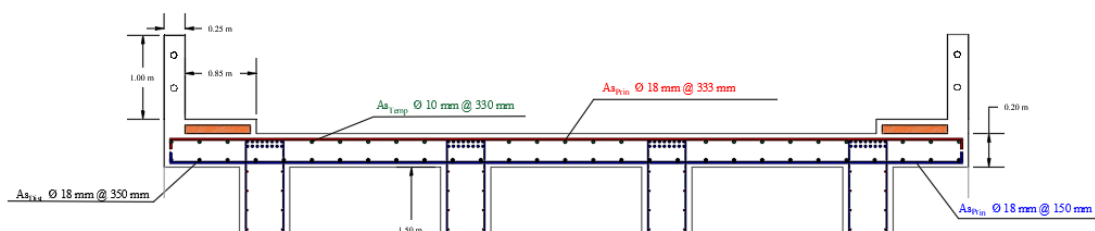
Fuente: Asociación Argentina del hormigón elaborado.

Para la colocación de la capa de hormigón asfáltico bituminoso se debe preparar correctamente la superficie imprimándola de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas, la mezcla bituminosa se compone de agregados gruesos, finos, filler mineral y el propio material bituminoso.[6]

2.1.4 Tablero tipo losa de hormigón armado de un puente

El tablero de un puente es la parte de la estructura que se encarga de transmitir las cargas dinámicas y a través del armado de acero distribuye los esfuerzos hacia las vigas que lo soportan y descargando en pilas y estribos que van directamente a la cimentación. El tablero por lo general está conformado por una losa de hormigón armado, aunque este también puede estar conformado por acero estructural acorde al proyecto, suele estar apoyado sobre vigas o estar conformado de forma monolítica entre la losa y las vigas.[4]

Figura 4 Tablero de hormigón armado.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.5 Sistema de desagüe.

Es importante el desagüe de las aguas lluvias en una vía, por eso los sistemas de desagües se convierten en una parte fundamental y deben ser diseñados y para que evacuen de forma correcta el agua. El sistema de desagüe no solo se hace presente en el tablero de la estructura, este también se suele dar en los estribos de un puente a manera que evacue el agua propia del tablero o bien evacue el agua que se infiltre en el terreno, pudiendo ser evacuado al inicio y final de un puente o en varios tramos del puente, en ambos casos se debe dar una pendiente de tal manera que al agua pueda escurrir hasta el punto de desagüe, está pendiente oscila entre el 1 – 3 %.[5]

2.1.6 Perfiles de acero estructural para un puente.

En acuerdo con el ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, “*Las piezas de acero estructural pueden ser tubería, barras redondas, cuadradas o planas, planchas, láminas, pernos; y perfiles estructurales, de las dimensiones establecidas en los planos de la obra*”. [6]

En obras del tipo puentes que poseen acero estructural es necesario determinar el tipo de acero que se usará, el grado y las especificaciones técnicas para su operación y un correcto mantenimiento, en el tipo de puente que analizaremos nos encontraremos que las vigas se componen de acero estructural, se deben detallar el tipo de conexión o conexiones que se usarán así mismo el tipo de material que usará para realizarlas, es muy importante que la mano de obra sea cualificada y cuente con experiencia trabajando acero estructural para este tipo de obras.[7]

2.2 Subestructura

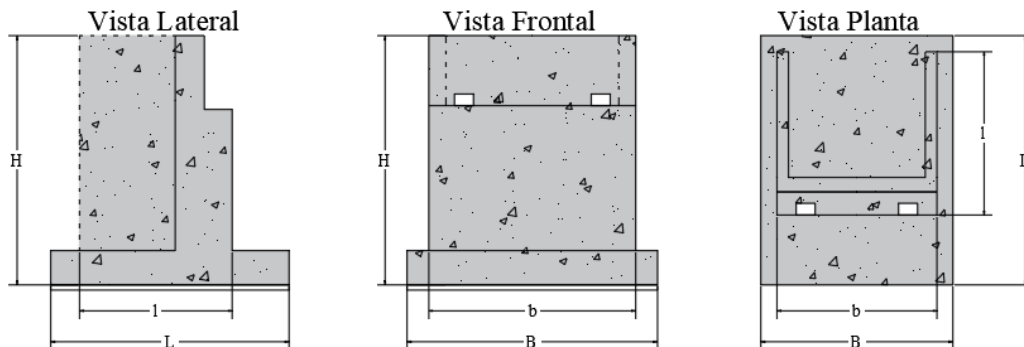
2.2.1 Estribos de hormigón armado de un puente.

Los estribos que conforman parte de un puente se los puede considerar como un tipo de muro de contención que funciona principalmente para darle estabilidad al puente y que este se apoye transmitiendo sus cargas directamente a la cimentación. El estribo también debe ser capaz de resistir la presión de tierras por el terraplén, la presión del cauce y ambos esfuerzos en épocas de crecidas, adicional de otras obras colocadas a fin de asegurar la estabilidad del puente.[4]

Los estribos normalmente se los diseña como muros de contención por gravedad, en voladizos o como contrafuertes, el material predominante en este tipo de subestructuras

es el hormigón armado debido a su gran durabilidad y el buen funcionamiento estructural.[5]

Figura 5 Estructura básica de un estribo de hormigón armado



Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Cimentación superficial.

Las cimentaciones superficiales se conforman principalmente de aquellas cuyo desplante no supera el ancho de la misma cimentación, sin embargo, también se la puede considerar como aquella cuyo “desplante sea menor a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación”, tal y como nos menciona el autor Jéser Esaú de Jesús en la guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas.[8]

Las cimentaciones superficiales deben ser diseñadas para soportar los esfuerzos transmitidos por el suelo o de la roca, y así mismo que los esfuerzos sean distribuidos de forma homogénea evitando así asentamientos diferenciales, la cimentación debe tener una profundidad de acuerdo al tipo de suelo existente, para este caso dando seguridad para evitar la socavación.[6]

2.2.3 Muro de gaviones.

Los muros de tipo gaviones son colocados cuando en el terreno se presentan condiciones de inestabilidad de suelo de esta forma darle más estabilidad para evitar los posibles deslaves y ayudando a mantener el cauce del río y que este no se desvíe.[5]

Figura 6 Muro de gaviones



Fuente: Imagen tomada de "Ecomur, empresa de construcción", página web.

2.3 Criterios de diseño generales

2.3.1 Cargas de diseño

Cada obra civil, debe regirse a un sistema de análisis de cargas ya sea LRFD o ASD y dependiendo del tipo de obra civil que se trate usarán una serie de factores de mayoración o se tratará bajo los estados límites, para el caso de estructuras tipo puente se debe trabajar con los estados límites de resistencia, los cuales se definen en las normas AASTHO, principalmente se mencionan los estados límites de servicio, de evento extremo y fatiga, cada uno tiene subdivisiones que en consideración de las características del proyecto se usará las combinaciones del estado límite de resistencia adecuado, para ello se debe tomar en cuenta la posible participación de las siguientes cargas:[9][10]

- Cargas permanentes:

- CR= Efectos del creep.
- DD= Fricción negativa.
- DC= Peso propio de la estructura.
- DW= Peso propio de la superficie de rodamiento.
- EH= Empuje horizontal.
- EL= Tensiones residuales acumuladas.
- ES= Sobrecarga del suelo.
- EV= Presión vertical del peso propio del suelo relleno.

- PS= Fuerzas secundarias de postensado.
- SH= Contracción.

- Cargas transitorias:

- BL= Explosiones
- BR= Frenado de vehículos
- CE= Fuerza centrífuga de vehículos.
- CR= Fluencia lenta.
- CT= Colisión de un vehículo.
- CV= Colisión de embarcación.
- EQ= Sismo.
- FR= Fricción.

- IC= Carga de hielo.
- IM= Carga dinámica vehicular.
- LL= Sobrecarga vehicular.
- LS= Sobrecarga de carga viva.
- PL= Sobrecarga peatonal.
- SE= Asentamiento.
- TG= Gradiente de temperatura.
- TU= Temperatura uniforme.
- WA= Presión de flujo de agua y carga hidráulica.
- WL= Viento sobre la sobrecarga
- WS= Viento sobre la estructura

[9]

Figura 7 Combinación de cargas AASHTO - LRFD 2017

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use One of These at a Time				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Strength I (unless noted)	γ_p	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Strength II	γ_p	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Strength III	γ_p	—	1.00	1.00	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Strength IV	γ_p	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—	—
Strength V	γ_p	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Extreme Event I	1.00	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—	—
Extreme Event II	1.00	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00	1.00
Service I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Service II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—	—
Service III	1.00	γ_{LL}	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Service IV	1.00	—	1.00	1.00	—	1.00	1.00/1.20	—	1.00	—	—	—	—	—
Fatigue I— LL, IM & CE only	—	1.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fatigue II— LL, IM & CE only	—	0.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag		Load Factor	
		Maximum	Minimum
DC: Component and Attachments		1.25	0.90
DC: Strength IV only		1.50	0.90
DD: Downdrag	Piles, α Tomlinson Method	1.40	0.25
	Piles, λ Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (2010) Method	1.25	0.35
DW: Wearing Surfaces and Utilities		1.50	0.65
EH: Horizontal Earth Pressure			
• Active		1.50	0.90
• At-Rest		1.35	0.90
• AEP for anchored walls		1.35	N/A
EL: Locked-in Construction Stresses		1.00	1.00
EV: Vertical Earth Pressure			
• Overall Stability		1.00	N/A
• Retaining Walls and Abutments		1.35	1.00
• Rigid Buried Structure		1.30	0.90
• Rigid Frames		1.35	0.90
• Flexible Buried Structures			
o Metal Box Culverts, Structural Plate Culverts with Deep Corrugations, and Fiberglass Culverts		1.50	0.90
o Thermoplastic Culverts		1.30	0.90
o All others		1.95	0.90
ES: Earth Surcharge		1.50	0.75

Bridge Component	PS	CR, SH
Superstructures—Segmental Concrete Substructures supporting Segmental Superstructures (see 3.12.4, 3.12.5)	1.0	See γ_p for DC, Table 3.4.1-2
Concrete Superstructures—non-segmental	1.0	1.0
Substructures supporting non-segmental Superstructures		
• using I_g	0.5	0.5
• using $I_{effective}$	1.0	1.0
Steel Substructures	1.0	1.0

Component	γ_{LL}
Prestressed concrete components designed using the refined estimates of time-dependent losses as specified in Article 5.9.5.4 in conjunction with taking advantage of the elastic gain	1.0
All other prestressed concrete components	0.8

Fuente: AASHTO. Standard Specifications for Highway Bridges – LRFD 2017

Es muy poco probable que todas las acciones ocurran de forma simultánea con todos sus factores de mayoración, es por ello que el profesional a cargo debe analizar las acciones que intervienen y los factores de mayoración adecuados.[9]

2.3.2 Vida útil

Para el cálculo de la vida útil de un puente se suele tomar valores entre los cien y doscientos años respectivamente, aunque este rango de valores es más bien una referencia para tener una valoración de la probabilidad de que este pueda llegar a fallar y se lo suele utilizar de referencia para realizar los procesos de cálculo respectivos en los estudios necesarios para la construcción de un puente, en muchas ocasiones el periodo de vida útil se puede tomar una referencia de algún otro puente ya construido con características similares.[11]

2.4 Estudios fundamentales para la construcción de un puente.

2.4.1 Estudios de hidrología e hidráulica.

La hidrología e hidráulica en el estudio de un puente sobre alguna fuente hídrica es muy importante para para estimar caudales máximos en épocas de crecidas y caudales mínimos en épocas de estiaje, sin embargo, el comportamiento que presenta la hidráulica del área de estudio nos puede determinar la ubicación y requisitos mínimos para el diseño pensando en darle la seguridad necesaria y logrando posibles riesgos dentro de un rango aceptable. Siempre que exista la información, podemos tomar como referencia estudios realizados en otra ubicación cercana al lugar de estudio, de tal manera poder tener una idea orientativa de las posibles condiciones y características

donde se ubicará la obra civil, para ello se recomienda hacer visita en campo obteniendo una memoria fotográfica y datos de actuales del lugar, realizar la topografía del lugar, es necesario delimitar la cuenca de estudio y tomar la información meteorológica del INAMHI, así poder obtener las precipitaciones necesarias para el análisis.[5]

2.4.2 Estudio de geotécnicos.

Los estudios geotécnicos conllevan a realizar un estudio de suelos con el fin de determinar las características que se encuentran en el subsuelo donde se ubicaran los estribos, y de esta manera poder determinar si se necesita mejorar el suelo o no, el objetivo principal de un estudio de suelos para un puente es:[5]

- Tipo de suelo.
- Humedad.
- Compacidad.
- Densidad seca máxima.
- Ángulo de fricción interna del suelo.
- Cohesión del suelo.
- Límite líquido.
- Límite plástico.
- Índice de plasticidad.
- Coeficiente de permeabilidad.
- Factor “k” del suelo.[5]

Para el diseño de la subestructura que conforma un puente se debe tomar en cuenta los estudios hidrológicos e hidráulicos y los estudios geotécnicos, con ellos llevar a cabo el correcto análisis estructural determinando la geometría y el tipo de cimentación para la subestructura, la cual se recomienda que se ubique por debajo de los niveles de socavación.[4][12]

2.4.3 Topografía y relieve.

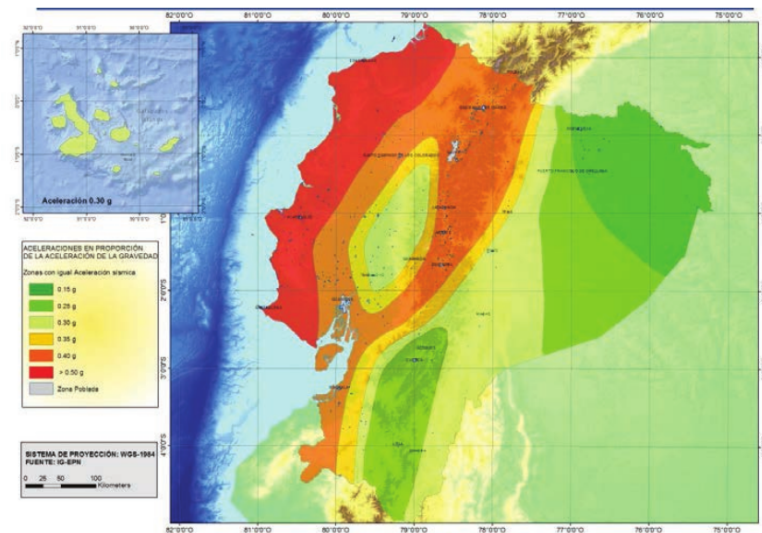
La topografía y el relieve son estudios que nos permiten conocer las características del terreno y con esta información obtener cotas y niveles para definir la ubicación exacta del puente, establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción, además aportan mucha información que nos pueden ayudar a complementar otros estudios como los hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y ambientales.[5]

2.4.4 Estudios de riesgo sísmico.

Los estudios de riesgo sísmico son importantes para determinar los espectros de diseño para definir la componente horizontal y vertical del sismo para ello es muy importante las propiedades físicas y mecánicas del suelo donde se ubicará la estructura. Según la

zona sísmica donde se ubique la obra civil en Ecuador, dentro de la NEC, en el capítulo de riesgo sísmico podemos encontrar información de relevancia para el análisis de las curvas de peligro sísmico para diferentes periodos estructurales, también podemos encontrar el mapeo de la zonificación sísmica, obteniendo en factor de zona “Z” en Ecuador.[6] [13]

Figura 8 Mapa de zonificación sísmica de Ecuador



Fuente: NEC-2015- Peligro sísmico, diseño sismo resistente

2.4.5 Estudios financieros.

Cuando hablamos de estudios financieros nos referimos a los procesos y análisis llevados a cabo con el fin de que la obra civil sea viable, para se debe incursionar en análisis de:[5]

- Prefactibilidad dando la oportunidad a comparar varios modelos de diseño para satisfacer las necesidades requeridas.
- Factibilidad: como resultado el planteamiento más factible a ejecutarse para cumplir con requerimientos del lugar.
- Análisis de precios unitarios: englobando todos los recursos que sean necesarios para poder ejecutar con éxito la obra civil como la maquinaria, la mano de obra, materiales, transportes, etc. Por lo general se suele dar un reajuste de precios a medida que el proyecto va avanzado.
- Cumplimiento de cronogramas, planillas e informes con la entidad contratante, así evitar problemas legales y logrando obtener los recursos económicos necesarios para culminar con éxito la obra.[6]

2.4.6 Estudios de impacto ambiental.

Toda obra civil modifica el medio ambiente y su entorno, en consecuencia, a veces esto ocasiona alteraciones en los ecosistemas de un lugar, pudiendo ocasionar problemas económicos, culturales y ecológicos. La importancia de un estudio ambiental radica en minimizar los impactos negativos que una obra produce y maximizar los beneficios hacia el medio ambiente, de manera la capacidad de renovar los recursos naturales se minimiza, es por ello que desde la ubicación donde se situará el puente ya debemos contar con una correcta planificación para reducir al máximo los impactos ambientales y no tener problemas durante la etapa de operación y la fase de construcción del proyecto.[14]

2.5 Metodología constructiva de un puente de hormigón armado y estructura metálica.

2.5.1 Diseño y elaboración de planos constructivos.

Para el diseño y la elaboración de los planos constructivos es necesario contar con los estudios necesarios para la construcción del puente, de esta manera poder lograr de forma más clara el diseño definitivo en el cual se incluyen el análisis de precios unitarios, los cronogramas valorados y el presupuesto de la obra.[15]

La elaboración de los planos constructivos es el resultado de correcciones realizadas al momento de llevar el proyecto elaborado y desarrollado en oficina a su ejecución en campo, en muchas ocasiones es necesario realizar correcciones, las cuales deben ser evaluadas a fin de que no modifiquen los tiempos de ejecución, cálculos estructurales, informes y presupuestos, en caso de que se vean afectados estos cambios deberán ser informados ante la entidad controladora para su respectiva aprobación, de esta forma no incurrir en problemas legales.

2.5.2 Limpieza, trazado, replanteo e implantación donde se construirá el puente.

En muchas ocasiones es necesario realizar una limpieza previa a la construcción de una obra civil, con el fin de poder obtener la mayor cantidad de datos posibles, en la quebrada de El Toro, de acuerdo con los rubros solicitados no fue necesaria la limpieza del terreno.

En la topografía del terreno se lo realizó sobre una extensión de 1.2 Ha, mediante la radiación de puntos utilizando estación total, de esta forma poder obtener la planimetría y altimetría de la zona de estudio. Para el trazado y el replanteo sobre la quebrada El Toro es necesario colocar hitos para llevar a cabo las obras de excavación, colocar los ejes donde se implantará el puente, además estos no deben ser removidos durante el plazo de la construcción y deben ser comprobados por el fiscalizador.

2.5.3 Adquisición de materiales para la construcción del puente, inicio de fabricación de la estructura metálica en el taller, excavación con maquinaria en el terreno hasta la cota de cimentación en ambas márgenes del río.

Durante la etapa de construcción del puente según los cronogramas establecidos hay actividades que se pueden hacer de forma simultánea, logrando así, reducir tiempos de ejecución durante la obra.

La adquisición de materiales para la construcción, depende mucho del presupuesto que se obtiene al momento de adjudicar un contrato, pudiendo de esta forma adquirir la totalidad de materiales necesarios y guardarlos en bodegas o almacenes, o un porcentaje de la totalidad acorde a los cronogramas y tiempos de ejecución establecidos, la segunda forma es la más habitual en la que se adquiere los materiales necesarios en primera instancia o aquellos que requieren un proceso constructivo alterno conforme avanza la obra, tales como la fabricación de estructura metálica en taller, la adquisición de materiales debe estar controlada por la fiscalización, la misma que se encargará de corroborar que los materiales utilizados en obra coincidan con los materiales emitidos en planillas e informes.

A medida que se desarrolló el proyecto la cantidad de mano de obra se puede ver incrementada y reducida en diferentes etapas constructivas, por lo general en etapas que involucran fundición de elementos de hormigón armado se requiere una mayor cantidad de mano de obra que en las etapas constructivas que involucran acabados.

La fabricación de la estructura metálica se realizará en el taller con el método de soldadura por electrodo acorde a las especificaciones técnicas, debido a que el puente cuenta con cinco diferentes tramos y secciones de vigas de acero estructural las cuales poseen rigidizadores transversales y longitudinales, adicional presenta un refuerzo de acero estructural en el patín inferior de los tramos centrales.

La excavación es de los primeros procesos que llevan a cabo en la construcción de un puente, la excavación se puede dar para la reposición de material, para cimentar estructuras como los estribos y pilares de un puente o para colocar estructuras adicionales para correcta ejecución de la obra, por los volúmenes de excavación que se requieren para un puente se recomienda utilizar maquinaria a fin de optimizar tiempos de ejecución. La excavación de los estribos debe ser tal que llegue hasta el nivel de cimentación como indica los planos, el fiscalizador debe aprobar dichas profundidades.

Según las indicaciones de los estudios de suelo se necesitará reponer el material de la cimentación si este no es adecuado, conforme lo indiquen las especificaciones técnicas y los planos.

2.5.4 Colocación del replantillo, armado, encofrado y fundición de los estribos del puente en ambas márgenes del río.

En la construcción del puente una vez finalizada y aprobada la excavación hasta la cota de cimentación siendo el suelo apto para cimentar, al tratarse de un lecho hídrico se necesitará colocar tablestaca para impermeabilizar la zona de trabajo y de esa manera poder colocar el replantillo de la cimentación que suele darse por un hormigón ciclópeo de baja resistencia.

Para el siguiente proceso que es colocar la armadura de acero del estribo, durante los procesos de excavación e impermeabilización de la zona de trabajo los obreros pueden ir armando la estructura de acero acorde a lo especificado en los planos. Una vez el hormigón ciclópeo alcanzó cierta resistencia, como referencia: que sea capaz de soportar la estructura de acero, se procede a colocar la estructura de acero para la fundición por etapas empezando por las zapatas en ambas márgenes de la quebrada, continuando por el cuerpo del estribo y terminando por la cabeza del estribo es recomendable colocar tuberías para el drenaje de las aguas que puedan infiltrarse, para ello se recomienda encofrado metálico por la facilidad de encofrar y desencofrar. El fiscalizador encargado debe aprobar los procesos que se lleven a cabo al momento de fundir los estribos ya que estos deben cumplir con lo especificado y aprobado en los planos, en cualquier caso, que se modifique algo, los cambios deben ser notificados por escrito y los gastos correrán por parte del contratista, el hormigón usado es hormigón estructural tipo “B” con una resistencia a la compresión de 240 kg/cm².

2.5.5 Relleno y compactado tras los estribos en ambos lados.

Una vez los estribos alcanzaron la resistencia mínima según las especificaciones técnicas para poderlos desencofrar se lo debe seguir curando hasta un mínimo de 28 días para que alcance la resistencia de diseño.

Se debe colocar material de relleno tras los estribos hasta una cota inferior que el nivel de la rasante de esta forma confinar el estribo y poder trabajar en las posteriores instalaciones en el puente, este material se deberá compactar hasta alcanzar un ángulo de fricción de 35 ° y un peso específico de 1.90 tn/m³ como mínimo, de acuerdo con las especificaciones técnicas en la MOP -001-F- 2002.

La compactación se da por capas de 20 cm, las cuales deben ser humedecidas hasta lograr el contenido de humedad óptima, luego se utiliza máquina compactadora hasta alcanzar la densidad requerida.

2.5.6 Transporte y armado de los elementos estructurales metálicos hasta el lugar de ubicación del puente.

Los elementos de acero estructural empleados en la construcción del puente son ASTM A – 588 con un límite de fluencia $f_y = 3,5 \text{ tn/cm}^2$ para las planchas y ASTM A - 36 con un límite de fluencia $f_y = 2,52 \text{ tn/cm}^2$ para los perfiles, como se puede ver en el anexo 5.

En obra, se debe colocar los apoyos de neopreno sobre los estribos, estos deberán estar colocados bajo alta precisión en ambas márgenes, el apoyo de neopreno debe quedar colocado de tal manera que cuando se apoyen las vigas, estas no queden inclinadas o tengas un falso apoyo.

Los perfiles metálicos fabricados en el taller deberán ser transportados hasta el lugar de trabajo, y estos se deberán armar y colocar acorde a los planos, en caso de que requieran ciertas modificaciones éstas deben ser consultadas con el fiscalizador y tomando en cuenta que el perfil de acero no vea comprometida su resistencia. Para la colocación de los perfiles de acero se colocan obras falsas sobre el cauce de la quebrada y se hace uso de maquinaria, de esta manera los especialistas pueden trabajar en la colocación y soldadura de los perfiles.[16]

En ocasiones el cauce de la quebrada impide la colocación de obras falsas debido al calado y su velocidad, es necesario llevar a cabo el desvío de la quebrada, este desvío suele darse de forma temporal mediante el relleno de material sobre el cauce, logrando un desvío previo y la escasa infiltración, para poder trabajar en la colocación de los perfiles de acero.

La viga se empezará a colocar tramo por tramo y debe estar protegida con pintura anticorrosiva, empezando por el estribo hasta la mitad de la longitud del puente, durante la colocación el ingeniero deberá estar comprobando los niveles y correcta colocación de las vigas, el fiscalizador deberá estar al tanto de los materiales reales que se están empleando para el armado de las vigas, como por ejemplo los pernos, remaches y el tipo de electrodo a usar, se repite el mismo proceso para la segunda viga del puente.[17]

Las vigas cuentan con rigidizadores horizontales y verticales soldados al alma de la viga, le aportan a la sección mayor resistencia tanto a corte, flexión y pandeo lateral,

estos pueden ser colocados o no, dependerá del análisis estructural y del diseño del ingeniero calculista.

Los arriostramientos que posee el puente son del tipo vertical y horizontal, estos se colocan de forma soldada, los arriostramientos horizontales se los coloca en cada unión de tramo de viga y los verticales cada dos tramos de unión de tramo de viga. Una vez colocados todos los elementos que conforman las vigas del puente, se procede a colocar sobre el patín superior de las vigas los conectores a corte con el diámetro y separación establecida en los planos de la obra. Todo el proceso del armado debe estar vigilado por el fiscalizador y cualquier cambio o nuevo proceso que se quiera ejecutar debe ser aprobado previamente por el fiscalizador.

2.5.7 Encofrado, armado y fundición del tablero del puente.

Una vez fundidos los estribos y alistados los estribos más las vigas, se debe nivelar nuevamente para verificar las cotas, en caso de que se haya modificado algo, se debe comunicar al fiscalizador y cualquier obra adicional deberá correr por parte del contratista.

Se colocarán obras adicionales para poder colocar el encofrado de madera, este debe estar bien asegurado para evitar movimientos y la posible ruptura a la hora del cimbrado del tablero del puente, esta es la parte fundamental ya que habrá puntos en las que el hormigón no tendrá la resistencia total y el encofrado será el encargado de evitar que falle el cimbrado del tablero del puente.

La armadura de acero para el tablero del puente se debe colocar respetando lo establecido en los planos, y se colocarán los sistemas de desagüe necesarios para el drenaje pluvial. El armado principal del tablero seguirá el eje paralelo y transversal al sentido del tráfico, dejando los aceros proyectados para el armado de las aceras y las barreras de protección, se fundirá en primera instancia el tablero del puente hasta el nivel la losa a continuación, una vez que el hormigón de la losa haya alcanzado cierta resistencia, se podrá llevar a cabo para el posterior armado, encofrado y fundición de las aceras en ambos extremos del puente, después que las aceras alcancen cierta resistencia, se podrá terminar de cimbrar las barreras de protección.[18][19]

La pendiente transversal requerida en el tablero se la puede dar al momento de colocar el encofrado, o se la puede dar después del cimbrado del tablero el cual es el proceso donde menos tiempo de ejecución nos llevaría.

2.5.8 Obras de protección tipo gaviones a los márgenes del río.

Las obras de protección tipo gaviones se sitúan sobre la parte delantera del estribo y sobre los lados del mismo la cantidad de protección que se usan se las suele determinar en campo y van colocadas en función del cauce del río, estos tienen la función de proteger al estribo y al talud lateral al estribo, para la colocación de los gaviones se deberá preparar el terreno para respetar las cotas de diseño.

2.5.9 Relleno compactado tras los estribos.

Una vez finalizada la etapa de fundición del tablero y este haya alcanzado una resistencia óptima, se puede proceder al relleno de los estribos hasta el nivel de la rasante, tomando en cuenta que cumpla las especificaciones técnicas como una densidad no menor a 1.90 tn/m^3 y un ángulo de fricción interna de 35° . Para este punto se podría empezar a desencofrar las aceras y las barreras de protección, la losa de hormigón armado sería el último elemento en terminar de desencofrar hasta que llegue por lo menos al 90 % de su resistencia de diseño.

2.5.10 Pavimentación de la vía del puente.

Una vez que el puente haya sido desencofrado se puede dar inicio al pavimentado del puente de tal manera que primero se debe limpiar la superficie del tablero del puente, para la posterior imprimación del tablero de la losa, una vez la imprimación de la calzada se encuentre en óptimas condiciones, es decir no le afectado las lluvia o algún otro agente que impida la imprimación de la misma, se puede llevar a cabo la pavimentación con hormigón asfáltico en mezcla en caliente haciendo uso de la máquina compactadora.

Luego de haber pavimentado el puente se debe llevar a cabo el compactado con rodillo y riego, hasta lograr la densidad especificada, logrando una superficie llana cumpliendo con las pendientes mínimas establecidas.

El proceso de pavimentación debe estar regulado por el fiscalizador el cual debe aprobar si los procesos que se están llevando a cabo son los correctos y están cumpliendo con las especificaciones técnicas.

3. CONCLUSIONES

La metodología constructiva de un puente es única y obedece a las condiciones del entorno donde se emplaza la obra civil a pesar de ello, hay condiciones generales que se pueden realizar, como los estudios hidrológicos, la topografía, el relieve y el análisis geotécnico.

Antes de iniciar cualquier obra civil es importante conocer o tener una idea clara de los elementos y materiales que la constituyen, de esta manera el especialista puede tener una primera idea de procesos constructivos que se deben realizar, mismo que se irán esclareciendo a medida que las etapas del proyecto se van desarrollando.

Es necesario tener el apoyo siempre teórico fundamental y saber adecuarlo a la parte práctica de una obra civil que muchas veces se da por la experiencia y la pericia, ya que muchas veces hay que dar soluciones en procesos prácticos que no se llegan a contemplar en la teoría que investigamos, por ello el criterio del especialista al momento de llevar a cabo una obra civil es muy importante y en ocasiones se necesita conocer el buen criterio de otros especialistas a fin de llegar a obtener buenos resultados en la construcción.

Se analizó el proceso constructivo de un puente de hormigón armado y estructura metálica a fin de dar a conocer determinados procesos constructivos que sirvan de apoyo y guía para tener una idea más clara de la ejecución de esta obra civil.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. B. Melo Brito, “Los puentes en la enseñanza de las ciencias: un compromiso para comprender las investigaciones sobre las relaciones entre conocimientos científicos escolares y conocimientos ecológicos tradicionales,” *TED Tecné, Episteme y Didaxis*, vol. 2, no. 42, pp. 43–61, 2017.
- [2] P. Alfonso Domínguez *et al.*, “Diseño y construcción del puente Frank Gehry. Primer acceso a la nueva isla de Zorrotzaurre en Bilbao,” *Hormigón y Acero*, vol. 69, no. 284, pp. 27–38, Jan. 2018.
- [3] I. Carpintero García, “Problemática en la inspección de puentes metálicos antiguos,” *Hormigón y Acero*, vol. 69, no. 285, pp. 121–127, May 2018.
- [4] E. Seminario, “Guía para el diseño de puentes con vigas y losas,” Universidad de Piura, 2004.
- [5] D. Aquino Vasquez and R. Hernandez Aldana, “Manual de construcción de puentes de concreto,” p. 508, 2004.
- [6] NEVI-12-MTOP, “Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador,” *Minist. Transp. y Obras Públicas del Ecuador*, vol. 3, p. 1028, 2013.
- [7] A. Gastesi Iriarte, “Control de la estructura metálica en el Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz,” *Hormigón y Acero*, vol. 67, no. 278–279, pp. 235–243, Jan. 2016.
- [8] J. E. de J. Nij Patzán, “GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES, LOSAS DE CIMENTACIÓN, PILOTES Y PILAS PERFORADAS,” *Univ. San Carlos Guatemala*, p. 432, 2009.
- [9] J. M. Kulicki, *Highway bridge design specifications*, no. September. 2014.
- [10] American and A. of S. H. A. T. Officials, *AASHTO. Standard Specifications for Highway Bridges.*, Segunda ed., vol. 8. Estados Unidos, 2004.
- [11] G. Grattesat, “Vida útil de puentes,” *Inf. Construcción*, vol. 34, no. 347, pp. 5–15, 1983.
- [12] J. Zhang, K. Wei, L. Gao, and S. Qin, “Effect of V-shape canyon topography on seismic response of deep-water rigid-frame bridge based on simulated ground

- motions,” *Structures*, vol. 33, pp. 1077–1095, Oct. 2021.
- [13] N. E. de la C. “NEC,” *Peligro sísmico*. .
- [14] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR and S. de I. del Transporte, “Volumen N°4 Manual de guía y criterios para estudios ambientales en obra de infraestructura del transporte terrestre,” p. 2012, 2013.
- [15] Q. Mao, M. Mazzotti, M. Furkan, A. Hicks, I. Bartoli, and E. Aktan, “Characterization of bridge substructures explored by leveraging structural identification of a scaled bridge model,” *Eng. Struct.*, vol. 246, p. 112953, Nov. 2021.
- [16] B. Qiang, X. Liu, Y. Liu, C. Yao, and Y. Li, “Experimental study and parameter determination of cyclic constitutive model for bridge steels,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 183, p. 106738, Aug. 2021.
- [17] F. Xu, J. Yang, M. Zhang, and H. Yu, “Experimental investigations on post-flutter performance of a bridge deck sectional model using a novel testing device,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 217, p. 104752, Oct. 2021.
- [18] N. Hou, L. Sun, and L. Chen, “Modeling vehicle load for a long-span bridge based on weigh in motion data,” *Measurement*, vol. 183, p. 109727, Oct. 2021.
- [19] L. Fernández Troyano, G. Ayuso Calle, and L. Fernández Muñoz, “Distintos sistemas de aislamiento empleados en puentes,” *Hormigón y Acero*, vol. 68, no. 281, pp. 45–55, Jan. 2017.

5. ANEXOS

Anexo 1 Barandales del puente sobre la quebrada el Toro



Anexo 2 Aceras en el puente sobre la quebrada El Toro



Anexo 3 Calzada en el puente sobre la quebrada El Toro



Anexo 4 Sistema de Desagüe en el puente sobre la quebrada El Toro



Anexo 5 Sistema estructural de acero en el puente sobre la quebrada El Toro





Anexo 6 Sistema de protección tipo gaviones en ambas márgenes de la quebrada El Toro



Anexo 7 Toma de medidas de las secciones de acero en el puente sobre la quebrada El Toro



Anexo 8 Visita técnica al puente sobre la quebrada El Toro en el cantón Pindal, provincia de Loja



Anexo 9 Encofrado utilizado en la fundición del tablero.



Anexo 10 Detalle del refuerzo en el patín inferior de las vigas de acero colocados en el puente



Anexo 11 Rigidizadores Verticales y horizontales utilizados en las vigas de acero estructural en el puente



Anexo 12 Arriostramientos horizontales sobre el puente.

