

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



CURSO DE PRE-ESPECIALIZACION:
GESTIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

“FACTORES CONDICIONANTES DEL PROYECTO QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE VIGA EN OBRAS DE PUENTES CARRETERAS”

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

INGENIERO CIVIL

ARQUITECTO

PRESENTADO POR:

BR. FLORES GARCÍA, JENNIFER PATRICIA N° CARNÉ FG18012.

BR. MARTÍNEZ ESCOBAR. BRIAN ERNESTO N° CARNÉ ME18019.

BR. MELÉNDEZ PÉREZ, MARLON ENRIQUE N° CARNÉ MP18043.

DOCENTE ASESOR:

ARQ. RICAR ORTEZ RÍOS

NOVIEMBRE DE 2023

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES**



RECTOR

MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA.

VICERRECTOR ACADÉMICO

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS.

SECRETARIO GENERAL

ING FRANCISCO ALARCÓN.

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LIC. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE.

FISCAL GENERAL

LIC. RAFAEL ANTONIO PEÑA MARÍN.

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES



DECANO

MSC. CARLOS IVAN HERNÁNDEZ FRANCO.

VICEDECANA

DRA.NORMA AZUCENA FLORES RETANA.

SECRETARIO

LIC. CARLOS DE JESUS SANCHEZ.

DIRECTOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

MSC. EVER ANTONIO PADILLA LAZO

DIRECTOR DE LA ESCUELA O JEFE DE DEPARTAMENTO

ING. RIGOBERTO LOPEZ.

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | Contenido | |
| 2 | INTRODUCCION..... | 7 |
| 3 | CONCEPTOS GENERALES..... | 8 |
| 3.1 | DEFINICION DE PUENTE..... | 9 |
| 3.2 | COMPONENTES DE UN PUENTE..... | 9 |
| 3.2.1 | SUBESTRUCTURA..... | 9 |
| 3.2.2 | SUPERESTRUCTURA..... | 10 |
| 3.3 | TIPOS DE SUPERESTRUCTURAS..... | 10 |
| 3.3.1 | PUENTES DE VIGAS..... | 11 |
| 3.3.2 | VIGAS DE CONCRETO REFORZADO..... | 11 |
| 3.3.3 | VIGAS DE CONCRETO PRESFORZADO..... | 12 |
| 3.3.4 | VIGAS DE CONCRETO PRETENSADO..... | 13 |
| 3.3.5 | VIGAS DE CONCRETO POSTENSADO..... | 14 |
| 3.3.6 | VIGAS DE ACERO ESTRUCTURAL..... | 14 |
| 3.3.7 | PUENTES DE VIGAS ARMADAS DE PASO SUPERIOR..... | 15 |
| 3.3.8 | TIPOS DE ARMADURAS PARA PUENTES..... | 15 |
| 3.3.9 | ARMADURA TIPO BAILEY..... | 16 |
| 3.3.10 | CARACTERISTICAS QUE CUMPLEN LOS PUENTES EN EL SALVADOR..... | 16 |
| 4 | CONDICIONANTES DEL PROYECTO QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE VIGA EN LA SUPERESTRUCTURA..... | 17 |
| 4.1 | CONDICIONES DEL SITIO DE LA OBRA..... | 17 |
| 4.2 | ANÁLISIS DEL SITIO..... | 18 |
| 4.2.1 | CONSTRUCCIONES IN SITU..... | 19 |
| 4.2.2 | ESTRUCTURAS PREFABRICADAS..... | 19 |
| 4.3 | ACCESIBILIDAD Y TOPOGRAFÍA..... | 19 |
| 4.4 | ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO..... | 21 |
| 4.5 | ESTUDIO GEOTÉCNICO..... | 22 |
| 4.6 | TECNOLOGÍA Y MANO DE OBRA..... | 23 |
| 4.6.1 | TECNOLOGÍA..... | 23 |
| 4.6.2 | MANO DE OBRA..... | 23 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.7 | ANALISIS DE TRÁFICO. | 24 |
| 4.8 | LONGITUD DEL CLARO DEL PUENTE. | 26 |
| 4.9 | ALTURA DEL PUENTE. | 28 |
| 4.9.1 | ESTRUCTURAS IZADAS. | 29 |
| 4.9.2 | ESTRUCTURAS CON VIGAS DE LANZAMIENTO. | 29 |
| 4.9.3 | LAS ESTRUCTURAS EMPUJADAS. | 30 |
| 5 | ENTREVISTA A PROFUNDIDAD REALIZADA A PROFESIONALES DEL RUBRO DE LA INGENIERIA Y LA ARQUITECTURA. | 31 |
| 6 | CONCLUSIONES | 34 |
| 7 | RECOMENDACIONES | 36 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 37 |

RESUMEN

La construcción de puentes en El Salvador emerge como un campo propulsor de la innovación y mejora continua en las disciplinas de ingeniería civil y arquitectura. Además de fomentar el desarrollo económico, desempeña un papel fundamental en la conectividad de las sociedades. En el ámbito de la infraestructura de puentes, las superestructuras desempeñan un papel crucial, presentando diversas ventajas estructurales según el método constructivo empleado. Este artículo aborda aspectos teóricos fundamentales que brindan un criterio más claro sobre las viabilidades en la ejecución y construcción de obras de paso vehicular. Asimismo, se examinan y analizan los factores generales que deben de considerarse al seleccionar el tipo de viga de manera asertiva. Se presta especial atención a las vigas de concreto reforzado, presforzado, acero, y puentes de armadura con el objetivo de aclarar qué sistema ofrece mayores ventajas, tomando en cuenta que es necesario tener conocimiento previo sobre costos de materiales, mano de obra y mantenimiento. Este artículo se respalda en una recopilación bibliográfica que incluye libros, revistas, manuales, trabajos de grado, informes relacionados con el tema y entrevistas. Se espera que este artículo sirva como guía para aquellos profesionales que trabajan en el ámbito de la planificación, construcción de puentes y obras de paso, proporcionando una visión integral y fundamentada en la elección de sistemas de vigas, considerando las posibles limitaciones del proyecto.

Palabras clave: Obras de paso, vigas, presforzado, acero, condicionantes, superestructuras

ABSTRACT

Bridge construction in El Salvador is emerging as a driving force for innovation and continuous improvement in the disciplines of civil engineering and architecture. In addition to fostering economic development, it plays a fundamental role in the connectivity of societies. In the field of bridge infrastructure, superstructures play a crucial role, presenting various structural advantages depending on the construction method employed. This article addresses fundamental theoretical aspects that provide a clearer criterion on the feasibilities in the execution and construction of vehicular crossing works. It also examines and analyzes the general factors to be considered when selecting the type of beam in an assertive manner. Special attention is given to reinforced concrete, prestressed, steel, and reinforced bridge girders in order to clarify which system offers the greatest advantages, taking into account that prior knowledge of material, labor, and maintenance costs is necessary. This article is supported by a bibliographic compilation that includes books, journals, manuals, graduate works and reports related to the subject. It is expected that this article will serve as a guide for those professionals working in the field of planning, construction of bridges and crossing works, providing a comprehensive and well-founded vision in the choice of girder systems, considering the possible limitations of the project.

Key words: roadway works, beams, prestressing, steel, constraints, superstructure.

2 INTRODUCCION

El acelerado aumento poblacional en áreas rurales y urbanas ha llevado a una mayor densidad vehicular en las calles, intensificando la demanda sobre la infraestructura vial y resultando en un incremento considerable del tráfico. Por lo cual surge la necesidad de desarrollar obras de paso en lugares con obstáculos, ya sean naturales o antropogénicos, con el objetivo de aliviar la congestión en las zonas de alta circulación vehicular.

El Salvador es un país de América Central con una topografía montañosa y una red de ríos, para la conectividad como infraestructura se han construido numerosos puentes. El país sigue creciendo y desarrollándose por lo que siempre será necesario sortear obstáculos para facilitar el transporte de personas, bienes y otras actividades.

Es importante entender como los puentes funcionan, en el país los puentes con vigas de concreto reforzado, presforzado, de acero laminado y puentes de armadura son de los más habituales y sus ventajas o desventajas se consideran por su rigidez, durabilidad, estética, facilidad de construcción y mantenimiento.

El propósito de este artículo de investigación es proporcionar las pautas generales requeridas para la selección del tipo de viga para obras de paso vehicular. Para alcanzar este objetivo, se plantea el análisis de factores críticos, longitud del claro, altura del puente, tecnología y mano de obra, análisis de tráfico (análisis de sitio: accesibilidad, topografía, entorno, medio ambiente, camino a conectar, primario, secundario, etc.)

Sin embargo, es esencial realizar un análisis más profundo y específico, ya que cada situación tiene condiciones particulares distintas.

3 CONCEPTOS GENERALES.

Para una mejor comprensión del artículo presente en el cual se aborda información base para el diseño de una obra de paso es importante conocer algunos conceptos básicos, tales como:

- ✓ Definición
- ✓ Componentes
- ✓ Tipos de superestructuras, etc.
- ✓ Materiales utilizados para su construcción

3.1 DEFINICION DE PUENTE.

Es una estructura construida con el objetivo de salvar un obstáculo natural (tales como un río, lago, valle, cañón, etc.) y/o artificial (carreteras, otro puente, etc.) para conectar diferentes espacios o puntos de interés que de otra manera no se podrían acceder.



Fig. 1 Puente salvando un obstáculo natural. Fuente: Civing S.A de C.V.

3.2 COMPONENTES DE UN PUENTE.

3.2.1 SUBESTRUCTURA.

Es la parte del puente que se encarga en transmitir las cargas hacia la cimentación y está formada por todos los elementos que necesita la superestructura para poder sustentarse, generalmente sus principales componentes son: apoyos, estribos, muros, pilas, obras de protección, etc.

3.2.2 SUPERESTRUCTURA.

Es un conjunto de elementos estructurales que se diseñan para soportar directamente las cargas que se aplican. Existen diferentes tipos de superestructuras y por lo general están constituidas por: losa de tablero, vigas longitudinales y transversales, aceras y pasamanos, capa de rodadura, el arco de un puente y tirantes, etc.



Fig. 1.2 Puente Soyapango. Fuente: Civing S.A de C.V.

3.3 TIPOS DE SUPERESTRUCTURAS.

Existen diferentes tipos de superestructuras en puentes. Este artículo se limita a puentes de vigas:

- Concreto reforzado.
- Presforzado.
- Vigas laminadas de acero de alma llena.
- Armaduras de paso inferior.

3.3.1 PUENTES DE VIGAS.

Los puentes de vigas son estructuras que se pueden construir con gran diversidad de materiales y están formados por varios elementos rectos o curvos, apoyados en dos o más puntos, soportando las cargas que actúan sobre ellas.

Según Quijada, morfológicamente, la viga es una solución sencilla, la cual se comporta estructuralmente a resistir esfuerzos de flexión y cortante, estos mecanismos son el resultado que dependen de la longitud del claro, magnitud de las cargas y tipos de apoyo. (Quijada, 2005).



Fig. 1.3 Puente de viga San Vicente, El salvador. Fuente: Civing S.A de C.V

3.3.2 VIGAS DE CONCRETO REFORZADO.

Según el manual centroamericano las vigas de concreto reforzado son elementos estructurales diseñados para sostener cargas lineales concentradas o uniformes, en una sola dirección. Están compuestas de un material que resulta de la incorporación

de acero en la masa del concreto. Cuenta con estructura metálica interna entre las que destacan las reforzadas con barras de acero en donde el concreto trabaja a compresión y el acero a tracción (Manual centroamericano de lineamientos para la planificación y diseño de puentes y obras de paso, 2021).

Es uno de los materiales más usados debido a que posee, rigidez y durabilidad, etc. Puede llegar a cubrir luces de 6 m hasta 20 m, ya que mientras más extenso sea el claro el costo se eleva considerablemente.

La resistencia del concreto utilizado en puentes de vigas reforzadas puede variar dependiendo de los requerimientos específicos del proyecto. Sin embargo, es común utilizar un mínimo de 250kg/cm² para este tipo de estructuras. Es importante considerar diversos factores al elegir la resistencia del concreto, como la carga que el puente deberá soportar, las condiciones ambientales y las normas de diseño aplicables.

El hierro de refuerzo es esencial en la construcción de estructuras de concreto reforzado. Las barras de refuerzo de hierro son fabricadas según las regulaciones del ACI 318. Estas barras pueden presentarse en forma lisa o corrugada, y se producen en diversos niveles de resistencia, tal como se explica a continuación.

- Grado 40 $F_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$
- Grado 50 $F_y = 3,500 \text{ kg/cm}^2$
- Grado 60 $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
- Grado 75 $F_y = 5,200 \text{ kg/cm}^2$

Las varillas de hierro de grado 40, 50 y 60 son comúnmente empleadas en la construcción de puentes. El hierro de grado 60 es el más popular debido a que brinda de manera eficiente la capacidad necesaria para todos los elementos estructurales fabricados.

3.3.3 VIGAS DE CONCRETO PRESFORZADO.

El concreto presforzado se emplea comúnmente en vigas "I" o "T" (unidades de concreto precolado) cuando es necesario introducir esfuerzos internos que equilibren los esfuerzos

resultantes de las cargas externas. Existen dos categorías de concreto presforzado: pretensado y postensado

Ahora en día existen empresas calificadas para la elaboración de elementos presforzados en el país, las cuales llevan a cabo un control de calidad intensivo para los procesos constructivos de estos elementos, siguiendo las especificaciones técnicas del proyecto, donde el constructor y el supervisor deben apearse para la buena consecución del elemento.

Se emplean diversos tipos de resistencia para el concreto en el procedimiento de concreto presforzado. Por lo general, se demanda un concreto de mayor resistencia en comparación con el utilizado en los refuerzos convencionales. En el ámbito de la construcción de puentes, se sigue una práctica habitual que consistente en el uso de concretos cuya resistencia mínima, medida a los 28 días oscile entre los 280 y 350 Kg/cm² para el concreto presforzado.

Los alambres redondos utilizados en la construcción de concreto presforzado se fabrican siguiendo las especificaciones de la norma ASTM A-421. Con esto se asegura que cumplan con todos los requisitos necesarios.

El cable trenzado es ampliamente utilizado en elementos de concreto pretensado y también se utiliza frecuentemente en construcción postensada. Este tipo de cable se fabrica de acuerdo con la especificación ASTM A-416, que establece los requisitos para el cable trenzado, sin revestimiento, compuesto por siete alambres y aliviado de esfuerzos.

Los cables trenzados están disponibles en diferentes tamaños, que van desde 6.35 mm hasta 0.60 mm de diámetro. Además, se fabrican en dos grados: grado 250 y grado 270. Estos grados tienen una resistencia última mínima de 17551 kg/cm² y 18980 kg/cm² respectivamente.

3.3.4 VIGAS DE CONCRETO PRETENSADO.

El método del Pretensado se caracteriza principalmente por la tensión previa de los cables antes de verter el concreto. Estos cables están compuestos por varios torones, cada uno de ellos formado por varios alambres. Mediante el uso de gatos hidráulicos, se realiza la tensión de los cables antes de la colocación del concreto. A medida que el concreto se endurece

alrededor de los cables, estos se liberan y tratan de recuperar su longitud original, generando una fuerza compresiva que elimina la tensión en las fibras inferiores de la viga. Una ventaja significativa de este procedimiento radica en que permite la construcción eficiente de vigas de gran longitud, ya que es un método sencillo y económico.

3.3.5 VIGAS DE CONCRETO POSTENSADO.

El método de concreto postensado se basa en la disposición de cables de acero en el interior de los encofrados mediante ductos. Una vez que se ha vertido el concreto y ha fraguado, se procede a tensar los cables con gatos colocados en los extremos apoyados sobre el concreto. Desde aquí, los cables pueden deslizarse dentro de los ductos para asegurar su tensión. Los torones pueden ubicarse previamente dentro de los ductos antes de verter el concreto, o introducirse posteriormente antes de la tensión, ya sea halándolos o empujándolos en los ductos. Las extremidades de los cables se bloquean después del tensado, quedando así tensados para soportar las cargas aplicadas.



Fig. 1.4 Vigas de concreto presforzado. Fuente: MOP

3.3.6 VIGAS DE ACERO ESTRUCTURAL.

Son elementos estructurales de acero laminado de alma llena. El sistema estructural básico de los puentes de vigas de acero, está formado por unas vigas metálicas (generalmente con sección en forma de I) apoyadas sobre los Estribos y/o sobre las pilas y sobre las cuales se

dispone la plataforma metálica colaborante (losacero) sobre la cual se vierte la capa de rodadura de concreto hidráulico o una losa de hormigón.



Fig. 1.5 vigas metálicas, san miguel. Fuente: Grupo Monelca

3.3.7 PUENTES DE VIGAS ARMADAS DE PASO SUPERIOR.

Son un tipo de puente bastante sencillo de identificar, ya que casi todos se rigen bajo un principio muy básico: los puentes de armadura se basan en la estabilidad geométrica del triángulo, formado por cuerdas y celosías por ello lo veremos repetirse a lo largo de su longitud, que sirven como sostén para el plano horizontal que salva el claro.



Figura 1.6 Puente provisional sobre el río Titihuapa, Municipio de San Idelfonso, San Vicente y Ciudad Dolores, Cabañas, El Salvador. Fuente: MOP

Las celosías diagonales y verticales están sometidas a fuerzas axiales de tensión y compresión, mientras que las cuerdas superior e inferior funcionan como elementos de unión tensionando y comprimiendo.

3.3.8 TIPOS DE ARMADURAS PARA PUENTES.

En El Salvador el tipo de armadura más utilizada es:

3.3.9 ARMADURA TIPO BAILEY.

El puente Bailey es un puente portátil prefabricado y permite un alcance máximo de 30 m. No requiere herramientas especiales ni equipo pesado para su construcción, sus partes son lo suficientemente pequeñas para ser transportadas en camión y el puente es lo suficientemente fuerte como para permitir el paso de vehículos pesados. Estos puentes en su mayoría son provisionales, puesto que su montaje es sencillo y se puede realizar desde una única orilla del río. "Se instalan piezas que se van ensamblando y lanzando sobre unos rodillos hasta la orilla opuesta"



Figura 1.7 Puente provisional Bailey sobre el río Jiboa, La Paz, El Salvador

3.3.10 CARACTERISTICAS QUE CUMPLEN LOS PUENTES EN EL SALVADOR.

Según Vásquez la superestructura de concreto y de acero estructural utilizada en los puentes de El Salvador se destaca por el cumplimiento de los requisitos de construcción que establece el MOP (Ministerio de Obras Publicas) en su reglamento para la seguridad estructural de las construcciones. Además, estos puentes son sometidos a una supervisión rigurosa en todas las

etapas de su construcción. El control de calidad se lleva a cabo en los procesos de construcción y los materiales utilizados, para lo cual, cumplen con la “Norma Técnica para control de calidad de materiales estructurales”. La normativa que se aplica en el país está basada en las normas internacionales, de la A.S.T.M., A.A.S.H.T.O. y FP-96 principalmente (Vasquez, 2004, pág. 35).

4 CONDICIONANTES DEL PROYECTO QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE VIGA EN LA SUPERESTRUCTURA.

Los puentes son elementos que se integran a un proyecto mucho más grande y amplio, por eso sus estructuras no son independientes, no se pueden diseñar ni proyectar sin restricciones, por lo tanto, antes de iniciar con el diseño y construcción de puentes son indispensable ciertos factores que nos permitan obtener la información necesaria para elegir el tipo de viga en la superestructura.

El diseñador del proyecto deberá informarse de todas las dificultades y bondades de la zona a intervenir, dicho resultado será obtenido gracias a un estudio comparativo de todos los factores que intervienen en el proyecto dando como resultado la mejor opción posible para la construcción del puente.

- Condiciones del sitio de la obra
- Análisis del sitio.
- Accesibilidad y topografía.
- Estudio hidráulico e hidrológico.
- Estudio geotécnico.
- Tecnología y mano de obra.
- Análisis de tráfico.
- Longitud del claro del puente.
- Altura del puente.

4.1 CONDICIONES DEL SITIO DE LA OBRA.

El tipo de viga que se emplea en la superestructura depende de las condiciones del sitio de la obra. Por ello, se debe de realizar un estudio previo de la zona para determinar si el proceso

constructivo tendrá facilidades o dificultades a la hora de su construcción, traslado de los elementos estructurales, materiales y equipos de montaje.



Fig. 4.1 Construcción de Puente Hato Nuevo, San Miguel, El Salvador. Fuente: MOP

4.2 ANÁLISIS DEL SITIO.

Los procesos constructivos de cada tipo de viga son diferentes y requieren de condiciones del sitio distintas por ello este factor analiza las condiciones del proyecto para que se pueda utilizar el método más factible para la construcción de la superestructura.

Entre los métodos están las construcciones in situ (concreto reforzado) y los elementos prefabricados (concreto presforzado y acero).

4.2.1 CONSTRUCCIONES IN SITU.

En situaciones en las que se requiere construir superestructuras sobre luces pequeñas, con vigas ubicadas cerca del suelo y sobre terrenos accesibles y planos, se puede utilizar un sistema de andamiaje estacionario. Este andamio puede ser apoyado por puntales metálicos. El proceso constructivo implica la preparación del andamio y encofrado, seguido del montaje y vertido de concreto para la superestructura. Esto permite asegurar la continuidad de los trabajos y obtener puentes completos con un mejor rendimiento estructural. Este método de construcción es el más sencillo. Sin embargo, su aplicación está limitada por las condiciones del sitio, ya que no es factible utilizar este método en lugares donde no se pueda emplear obra falsa (andamiajes)

4.2.2 ESTRUCTURAS PREFABRICADAS.

Existen casos en los que no es factible colocar andamios en el terreno para el soporte de las vigas en su fase de construcción por muchas razones. Para solucionar este problema se hace necesario utilizar otros métodos constructivos, como la instalación de prefabricados.

Para estos elementos el factor a analizar es el transporte, debido a que estas vigas suelen ser de gran volumen y longitud, lo que hace necesario el uso de vehículos pesados para su traslado por lo se debe analizar las condiciones de los accesos a la obra.

4.3 ACCESIBILIDAD Y TOPOGRAFÍA.

La red vial en El Salvador se clasifica en Calles primarias (carreteras principales), secundarias (calles principales en los departamentos) y terciaras (calles que unen municipios principalmente en la zona rural).

La importancia de identificar el tipo de calle del proyecto es que por medio de esta se determinará si la construcción tendrá dificultades a la hora del traslado de materiales y elementos prefabricados.

Generalmente en las zonas urbanas se facilita la construcción debido a la buena accesibilidad a la obra, sin embargo, en las zonas rurales es lo contrario debido a que en estos lugares se dificulta el transporte de maquinaria pesada por la falta y las malas condiciones de los accesos a la obra.

Los elementos de concreto reforzado tienen la ventaja de que no se requiere de maquinaria especializada para el traslado de material por lo contrario el concreto presforzado y las vigas de acero de alma llena, necesitan de vehículos especializados para su traslado y colocación, estos vehículos necesitan de espacio para su movilización por lo que no se pueden utilizar en lugares con vías de acceso en mal estado y topografías irregulares, tales como; curvas cerradas, quiebres urbanos, pendientes elevadas, etc.



Fig. 4.2 Traslado de vigas presforzadas Fuente: Civing S.A de C.V

En el caso de no poseer accesos adecuados se puede instalar una planta de fabricación de vigas para el concreto presforzado, dicha planta se debe instalar en las cercanías del lugar de la obra y se deben hacer las gestiones pertinentes para el arriendo de los terrenos a utilizar.

En proyectos grandes, de varios claros o simplemente proyectos cercanos en donde no se pueden fabricar vigas en una planta externa (o elementos de mucha longitud) debido a que sería muy difícil transportarlas hasta el lugar de la obra, que a pesar de que los accesos presenten buenas condiciones, resulta más económico colocar una planta de fabricación, y hacer un traslado de corto recorrido.

Cuando la accesibilidad a la obra presenta problemas para el transporte de elementos de gran longitud se puede optar por los puentes de armadura, una de las ventajas principales que tienen estos puentes, es que, al ser piezas de ensamble no son de gran tamaño lo que facilita su transporte debido a que pueden ser llevadas en vehículos pesados más pequeños.

Los estudios topográficos nos posibilitan la ubicación exacta y las dimensiones de los elementos estructurales, además nos proporcionan la información base para otros estudios de hidrología e hidráulica, geotecnia, etc.

4.4 ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO.

El objetivo del estudio es evaluar las condiciones hidráulicas e hidrológicas de la zona de intervención, mediante la aplicación de modelos matemáticos que permitan estimar los caudales y calados máximos que se presentan en el área. Para ello, se requiere caracterizar las propiedades fisiográficas del territorio, tales como la geomorfología, la hidrografía, el clima, el suelo y la cobertura vegetal, así como identificar los factores de riesgo asociados a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que puedan afectar la seguridad de la población, el medio ambiente, la infraestructura existente y el proyecto propuesto. Para poder identificar las características más importantes de estos factores que influyen en el diseño del puente están:

- Determinar la ubicación óptima del cruce en función de los parámetros y variables pertinentes.
- Identificar y determinar el caudal máximo de diseño del cauce.
- Evaluar la hidráulica del río en el tramo correspondiente al cauce.
- Establecer la altura mínima para la superestructura del puente en base a los parámetros del caudal máximo.
- El nivel de riesgo de la zona para poder establecer y planificar las obras de protección necesaria.
- Tamaño de la cuenta como factor hídrico.
- Análisis de parámetros físicos de la región como las áreas, perímetros, pendientes y elevaciones.
- Determinar la sección hidráulica crítica.

- Frecuencia y duración de los caudales máximos de acuerdo a la época del año.
- Coeficiente de rugosidad del cauce.

Todas esas características influyen en la conservación y permanencia de la estructura de ahí la importancia del buen análisis de este factor.

4.5 ESTUDIO GEOTÉCNICO.

En base a este estudio se determinará la formación geológica, las zonas inestables, movimiento de tierras, se darán las guías y recomendaciones necesarias que ayuden al diseño de la cimentación. Las muestras obtenidas en campo mediante perforaciones a una profundidad que permita investigar el nivel de cimentación deben ser procesadas en laboratorio, con la finalidad de obtener parámetros que son utilizados por el ingeniero geotécnico para analizar el comportamiento del terreno y plantear soluciones al sistema suelo-fundación. (zigurat institute of technology, 2020).

Cuando la capacidad portante del suelo es la limitante principal se debe de considerar determinadas soluciones como:

- Limitar la luz del vano a fin de disminuir las cargas transmitidas a las cimentaciones.
- Elegir el método constructivo de menor peso para disminuir cargas muertas.
- Aumentar el número de vanos de la estructura para evitar la construcción de estribos de una altura excesiva para la capacidad resistente del terreno
- Incluso en el aspecto constructivo, si el terreno es de muy baja capacidad portante, como por ejemplo los fangos, podría ser desaconsejable el uso de cimbras convencionales apoyadas en el terreno natural, por el riesgo de movimientos en la propia cimbra (españa, 2000).

Los estudios geotécnicos comprenderán:

- Ensayos de campo en suelos y/o rocas.
- Ensayos de laboratorio en muestras de suelo y/o extraídas de la zona.
- Descripción de las condiciones del suelo, estratigrafía e identificación de los estratos de suelo o base rocosa.
- Definición de tipos y profundidades de cimentación adecuados.

Presentación de los resultados y recomendaciones sobre especificaciones constructivas y obras de protección.

4.6 TECNOLOGÍA Y MANO DE OBRA.

4.6.1 TECNOLOGÍA.

Un aspecto muy importante a considerar para los diferentes métodos constructivos es el costo de la tecnología que se empleara y la mano de obra calificada.

La construcción de puentes implica el uso de diversas tecnologías para garantizar la seguridad, durabilidad y eficiencia de la estructura. En las últimas décadas, los avances en los procesos de construcción han impulsado la creación de puentes más modernos, extensos, seguros y perdurables.

La prefabricación ha sido uno de los métodos de construcción más avanzados en el país, estos ayudan a acelerar el proceso de construcción y minimizar las interrupciones en el tráfico, lo que los hace procesos constructivos muy factibles en zonas urbanas.

Para la construcción de elementos de concreto reforzado, presforzado y acero (vigas de alma llena y puentes de armadura) se emplean diversos tipos de maquinarias, ya sean robustas como: Grúas, gatos hidráulicos, cimbras deslizantes, tractores, plumas y camiones de volteo para llevar a cabo laboras de gran envergadura. Además, se utilizan herramientas más pequeñas como palas, carretillas, vibrocompactadores y compactadoras para tareas específicas que requieren precisión y maniobrabilidad.

4.6.2 MANO DE OBRA.

La mano de obra en la construcción de puentes abarca una amplia gama de habilidades y roles. Incluye ingenieros civiles y estructurales que diseñan y planifican el puente, trabajadores de la construcción que ejecutan las tareas físicas, como la colocación de estructuras y el vertido de concreto, así como inspectores y supervisores que garantizan el cumplimiento de estándares de seguridad y calidad. Además, operarios de maquinaria pesada desempeñan un papel crucial en la manipulación de equipos especializados. Todos estos

profesionales colaboran para llevar a cabo proyectos de construcción de puentes de manera efectiva y segura.

El costo de la mano de obra en la construcción de puentes puede variar significativamente según diversos factores, como la ubicación geográfica, la complejidad del proyecto, la disponibilidad de trabajadores especializados y los estándares de salarios de la industria en esa región.

Para cada proceso constructivo se suelen requerir habilidades especializadas, lo que puede aumentar los costos de mano de obra. Además, la duración del proyecto y los plazos establecidos también influyen en los costos totales.

4.7 ANALISIS DE TRÁFICO.

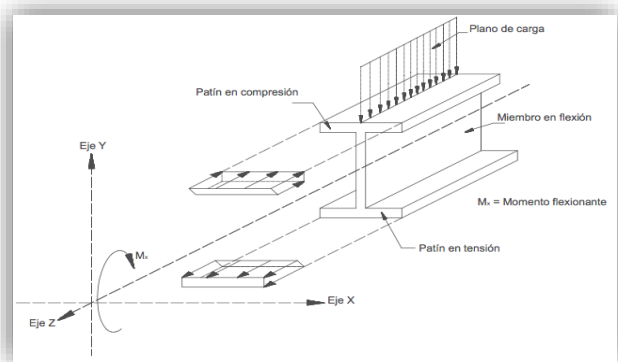


Fig. 4.3 Fuente: <https://gmoralexv2.weebly.com/elementos-a-flexioacuten.html>

Las cargas sobre los cimientos de puentes son muy diferentes a las que típicamente se identifican en los edificios. Las cargas impuestas pueden ser dominantes y pueden llegar a ser hasta la mitad de la carga muerta de los puentes de carretera y hasta dos tercios de la carga muerta de los puentes de ferrocarril. Las cargas móviles e impuestas por el tráfico pueden ejercer considerables fuerzas de tracción longitudinal sobre el tablero del puente. Las fuerzas longitudinales también son causadas por la retracción del hormigón.

Por ello es necesario el análisis de tráfico de la zona, para conocer las fuerzas a las que estarán sometidos todos los elementos de la superestructura, principalmente las vigas.



Según el manual centroamericano para la planificación y diseño de puentes el volumen de tránsito es la cantidad de vehículos que pasan por un punto dado en un intervalo de tiempo. El procedimiento para establecer el volumen de tráfico consiste en determinar el TPDA para el proyecto, dicho parámetro se obtiene por conteos, ya sea mecánico o manual y con ello conocer las cargas a las que estará sometida la estructura (Manual centroamericano de lineamientos para la planificación y diseño de puentes y obras de paso , 2021).

La metodología para realizar un buen análisis de tráfico será la siguiente:

✓ **Conteo del tráfico.**

Se definirán estaciones de conteo ubicadas en el área de influencia, con personal clasificado, donde anotarán la información acumulada según cada rango de horario.

✓ **Clasificación y tabulación de la información.**

Se adjuntarán cuadros donde se indiquen los volúmenes y clasificación vehicular por cada estación.

✓ **Análisis y consistencia de la información.**

Se comparan las estadísticas existentes para obtener los factores de corrección estacional por cada estación.

✓ **Trafico actual.**

Se obtiene el Índice Medio Diario de los conteos de volúmenes de tráfico y el factor de corrección determinado del análisis de consistencia.

Este análisis de carga viene relacionado directamente con el costo de mantenimiento, debido a que si el estudio es deficiente las vigas tendrán fallas a una temprana edad lo que aumenta los costos de reparación o mantenimiento.

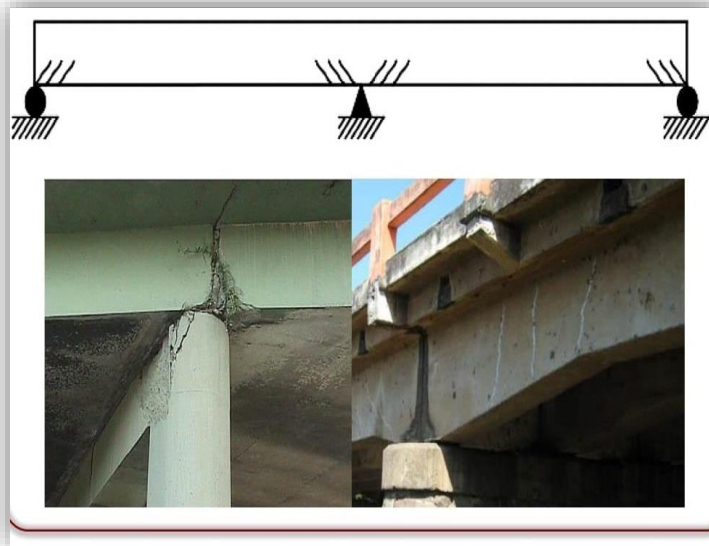


Fig. 4.5 Fuente: Guía de inspección visual de puentes MOP.

En ocasiones las vigas presentan deficiencias estructurales causando el deterioro de los puentes expresado como una falta de capacidad de carga y que se refleja en grietas de cortante, tensión, flexión y torsión, causadas por la insuficiente capacidad de carga de las vigas debido a que están siendo sometidas a esfuerzos mayores a los que están en capacidad de soportar.

4.8 LONGITUD DEL CLARO DEL PUENTE.

Es la distancia horizontal entre los apoyos de la estructura del puente. Con los resultados de solicitaciones de esfuerzos que son producto del análisis se puede evaluar y determinar el tipo de la superestructura a proyectar, específicamente del material que estará compuesto.



Fig. 4.6 Paso desnivel UNICAES, Santa Ana, El Salvador. Fuente: CIVING S.A de C.V

Estadísticamente los puentes de concreto reforzado se utilizan con mayor frecuencia en claros cortos y medianos debido a su bajo costo de construcción, alta durabilidad y fácil adquisición de materiales, sin embargo ese beneficio se ve afectado en cuanto el claro aumenta, debido a que las vigas son elementos que trabajan bajo flexión y cortante, es decir que el claro es directamente proporcional a los esfuerzos producidos, y a medida que aumente el momento flector serán necesarios elementos con mayor inercia, creando vigas más peraltadas y con una mayor cantidad de refuerzo aumentando considerablemente su resistencia y sus costos, por lo que para claros largos es más conveniente utilizar estructuras prefabricadas como vigas presforzadas y de acero estructural al igual que puentes de armaduras.

Las estructuras de concreto presforzado tienen la ventaja de poder cubrir claros de mediana longitud sin aumentar proporcionalmente los costos, debido a su alta resistencia por medio del presfuerzo aplicado a los cables o torones lo que hace que las secciones se reduzcan hasta en un 30% aligerando la estructura y optimizando materiales.

Las vigas de acero laminadas de alma llena son totalmente eficientes hasta claros no mayores a 40 metros de luz libre, por lo que su aplicabilidad es muy extensa en cualquier tipo de obstáculo.

Los puentes de armadura tipo bailey pueden ser hasta de 30 metros de luz libre, son muy funcionales, pero cuentan con la desventaja de que son considerados como provisionales.



Fig. 4.7 Puente sobre el Río Lempa, Municipio de Citalá, El Salvador

4.9 ALTURA DEL PUENTE.

Si la distancia entre la superestructura y el terreno es excesiva puede verse dificultado el uso de cimbras y obras falsas para puentes de concreto reforzado, para ello es necesario el uso de elementos prefabricados como vigas de concreto presforzado, vigas de acero de alma llena y vigas armadas.



Fig. 4.8 Puente de Gran altura, San Vicente, El Salvador. Fuente:

La parte más compleja del proceso constructivo de los elementos prefabricados es el montaje. Existen diferentes formas de realizar el montaje esto depende siempre de las condiciones del sitio de la obra y de la altura del puente. Por ello se tiene que realizar un análisis para seleccionar el método más factible de acuerdo a las condiciones del proyecto, entre los métodos más utilizados en el país están:

- Estructuras izadas.
- Estructuras con vigas de lanzamiento
- Estructuras empujadas

4.9.1 ESTRUCTURAS IZADAS.

Es el método más utilizado debido a que es el más simple y económico, consiste en izar los elementos por medio de grúas para colocarlos en su posición final. Las grúas en su mayoría trabajan en conjunto con otras lo que hace que este método sea factible en estructuras de gran longitud.

En el diseño se debe considerar la forma que en que se van a levantar los elementos, para evitar que se dañen al izarlos de manera diferente a la planeada. Estos son muy importantes para preservar la integridad y la calidad de los elementos estructurales.



Fig. 4.9: Estructuras izadas, Fuente: MOP

4.9.2 ESTRUCTURAS CON VIGAS DE LANZAMIENTO.

Es el más utilizado en puentes de gran altura, este método aprovecha la facilidad de montaje y desmontaje de las armaduras metálicas. Es relativamente fácil armar estas estructuras y luego desinstalarlas para usarlas en otro sitio. Además, el poco peso de las estructuras metálicas permite que se lleguen a construir luces de gran longitud.

El proceso consiste en prefabricar las vigas para luego montarlas en el sistema de izaje y traslación de la armadura. Luego, la viga recorre la armadura hasta llegar a su posición final. En caso de puentes con varios tramos, la viga se traslada longitudinalmente según el avance.



Fig. 4.10 Estructura lanzada, río Acáhuapa san Vicente 2012. Fuente: CIVING S.A de C.V

4.9.3 LAS

ESTRUCTURAS EMPUJADAS.

Este proceso es uno de los más usados para puentes con luces aproximadas de 40m. El proceso consiste en prefabricar las vigas y después empujarlas la máxima longitud posible (la viga queda en volado), para que luego sigan siendo empujadas hasta su posición final.

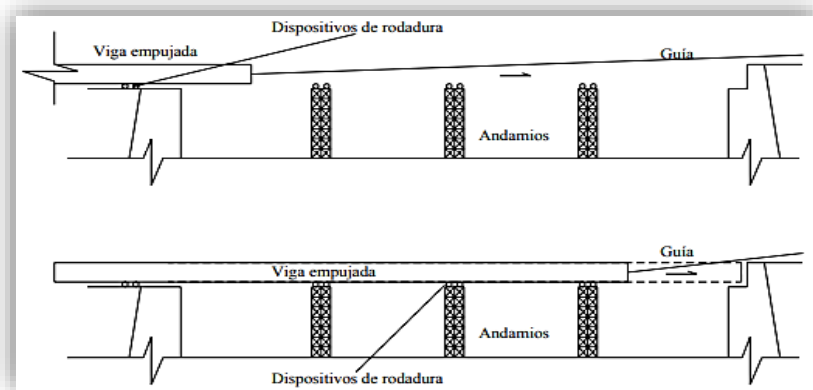


Fig. 4.11 Fuente: guía para el diseño de puentes con vigas y losas (Manrique, 2004)

El elemento es montado en rodillos para facilitar su movimiento. Luego, la estructura es empujada hasta su posición final por medio de gatas u otros dispositivos. En general, se debe levantar ligeramente el extremo para evitar errores de nivel al momento de encajar el elemento en los apoyos.

Según Manrique como las vigas no pueden resistir grandes longitudes en volado se necesitan andamios como apoyos provisionales. Estos andamios deben poseer en la

cima mecanismos de rodadura para permitir la traslación de las vigas. En algunas ocasiones, se colocan guías o cables en el extremo del elemento para poder manipular y corregir el alineamiento. (Manrique, 2004).

5 ENTREVISTA A PROFUNDIDAD REALIZADA A PROFESIONALES DEL RUBRO DE LA INGENIERIA Y LA ARQUITECTURA.

Preguntas: 3

Entrevistados:

- ✓ **Profesional 1:** Arq. Daniel Antonio Amaya Sanchez.
Años de experiencia: 6 años.
- ✓ **Profesional 2:** Ing. Alexis José Diaz Rodríguez.
Años de experiencia: 15 años.
- ✓ **Profesional 3:** Ing. Esteban Alejandro Amaya Sanchez.
Años de experiencia: 8 años.

En base a la experiencia de cada uno de los profesionales se formula las siguientes preguntas:

Pregunta 1: ¿Cuál considera usted que es la condicionante que más influye en la elección del tipo de viga para un proyecto?

Profesional 1: “Pues de manera personal, existen diferentes tipos de condicionantes que pueden influir al momento de escoger un tipo de viga, pero uno de los aspectos que más influye es la topografía del proyecto que estamos trabajando, en base a esto podemos determinar qué tipo de estructura podemos proponer, para eso es muy importante hacer un análisis de sitio, de tráfico o cualquier otro análisis que nos lleve a una propuesta formal.”

Profesional 2: “Para mí una de las condicionantes que más puede influir en esta elección, es para el tipo de proyecto que se está trabajando, esto puede afectar mucho en la decisión final de poder escoger un tipo de viga.”

Profesional 3: “Creo que uno de los aspectos más difícil en esta elección, personalmente trato siempre de apegarme a un profesional con un nivel de experiencia más alto del que yo tengo para poder determinar esto, siempre tomando en cuenta los criterios personales.”

Al analizar cada una de las respuestas hechas por los profesionales, es posible determinar que las elecciones para un tipo de viga pueden influir en muchos aspectos en el campo laboral. Por ejemplo, las condiciones topográficas, la carga que la viga debe soportar, la durabilidad requerida, y los materiales disponibles en la región son consideraciones clave. Además, el tipo de proyecto que se está trabajando, ya sea una construcción residencial, comercial o industrial, también influye en la elección de la viga. Todo este proceso se realiza en base a criterios no solamente personales, sino también con criterios de personas que tengan más experiencia que otras, lo que asegura que se tomen decisiones informadas y efectivas en el diseño y la construcción de estructuras.

Pregunta 2: ¿Considera usted que el aspecto de la tecnología y mano de obra es uno de los aspectos más fundamentales al escoger un tipo de estructura?

Profesional 1: “Claro que sí, a título personal siempre me he tenido la paciencia para poder investigar un poco sobre criterios tecnológicos en base a la construcción y estos criterios me hacen saber qué tipo de estructura puedo proponer para cualquier proyecto y definitivamente la mano de obra tiene mucho que ver en esta elección.”

Profesional 2: “Si, para la elección de cualquier tipo de obra es muy importante tener en cuenta la tecnología y mano de obra que se va a utilizar.”

Profesional 3: “Puede depender de muchos aspectos, en los proyectos que he tenido la experiencia de trabajar la tecnología es importante, pero también la mano de obra tiene que tener un criterio bastante avanzado para las obras que se requieran realizar.”

El profesional 1 afirma que es crucial tener en cuenta tanto la tecnología como la mano de obra, ya que ambas son fundamentales para la elección y ejecución de un tipo de estructura. La tecnología puede ofrecer métodos más eficientes y precisos, mientras que la mano de obra aporta habilidades especializadas y conocimiento práctico. Por otro lado, el profesional 3 comenta que, en ciertos casos, la mano de obra puede ser aún más relevante que la tecnología, dado que la disponibilidad de mano de obra especializada puede ser un desafío en ciertos proyectos. Esta escasez de habilidades específicas puede impactar la forma en que se aborda la planificación y ejecución de un proyecto, ya que la capacitación o contratación de personal calificado puede requerir un enfoque estratégico y a largo plazo.

Pregunta 3: ¿De manera personal considera más influyente el análisis de tráfico o un análisis de sitio para poder proponer un tipo de viga en un proyecto de obras de paso?

Profesional 1: “Para mí como profesional en el área y con mis años de experiencia considero que las dos ramas van de la mano, porque hay que realizar siempre un análisis de tráfico para poder determinar ciertos puntos importantes y por otra parte hay que hacer un análisis de sitio para poder ver la topografía del terreno, ver en qué condiciones se va a trabajar. Para la elección de un tipo de viga las 2 áreas son importantes de intervenir.”

Profesional 2: “Considero más importante hacer un análisis de tráfico antes que realizar un análisis de sitio ya que esto nos dará un parámetro para determinar qué tipo de estructura se puede proponer, según la cantidad de vehículos que se transite.”

Profesional 3: “Las 2 condicionantes son importantes, no veo que se influya tener más conocimientos de uno que de otra.”

El análisis realizado revela que para los profesionales es fundamental considerar tanto el análisis de tráfico como el análisis de sitio, ya que ambos aspectos son interdependientes. El profesional 1 destaca la importancia de tener en cuenta ambos criterios para garantizar la seguridad y eficacia en el desarrollo de un proyecto. Por su parte, el profesional 2 enfatiza la relevancia del análisis de tráfico, argumentando que este aspecto proporciona una visión realista de las condiciones de tráfico en un área específica, lo cual es crucial al proponer una

estructura. Mientras tanto, el profesional 3 subraya que ambas consideraciones son importantes, indicando que el análisis de tráfico y el análisis de sitio deben ser evaluados en conjunto para tomar decisiones informadas sobre el diseño y la implementación de estructuras. Este enfoque integral permite tener una comprensión completa de los factores que influyen en el entorno en el que se desarrollará el proyecto, asegurando así soluciones efectivas y adaptadas a las necesidades específicas del sitio.

6 CONCLUSIONES

- Los factores discutidos en este artículo de investigación ejercen una influencia determinante en la selección del tipo de viga a utilizar. Dado que cada tipo de viga posee propiedades físicas y mecánicas distintivas, es crucial que el proceso constructivo se adhiera a las condiciones reales del proyecto. Es fundamental considerar estas diferencias para garantizar que la elección de la viga sea óptima en términos de rendimiento y adecuación a las necesidades específicas de la construcción.
- Se puede concluir que tanto la tecnología como la mano de obra desempeñan roles fundamentales en la selección y realización de una estructura. Mientras la tecnología ofrece eficiencia y precisión, la mano de obra aporta habilidades especializadas y conocimiento práctico. Sin embargo, la escasez de mano de obra especializada puede hacer que esta sea aún más relevante que la tecnología en ciertos contextos. Por lo tanto, la planificación y ejecución de proyectos deben considerar estratégicamente la disponibilidad y capacitación de personal calificado para garantizar el éxito a largo plazo.
- Se puede concluir que tanto el análisis de tráfico como el análisis de sitio son críticos para el desarrollo exitoso de un proyecto de construcción. Los profesionales enfatizan la importancia de considerar ambos aspectos de manera integral para garantizar la seguridad, eficacia y adaptación a las necesidades específicas del entorno. Mientras el análisis de tráfico proporciona una visión realista de las condiciones de tráfico en un área determinada, el análisis de sitio permite comprender completamente los factores que influyen en el entorno de un proyecto. La evaluación conjunta de estos aspectos facilita la toma de decisiones fundamentadas en el diseño y la implementación de estructuras, asegurando soluciones efectivas y adaptadas a las condiciones específicas del sitio.

- Se puede concluir que la topografía de un proyecto desempeña un papel crucial en la selección del tipo de viga a utilizar. Este factor influye significativamente en la determinación de la estructura más adecuada para el proyecto. Por lo tanto, realizar un análisis detallado del sitio, el tráfico u otros análisis pertinentes es fundamental para proponer soluciones estructurales que se adapten de manera óptima a las condiciones específicas del entorno. Este enfoque permite desarrollar propuestas formales que respondan a las necesidades y desafíos particulares del proyecto, asegurando así la eficacia y la seguridad en la implementación de la estructura.

7 RECOMENDACIONES

PARA EL DISEÑADOR:

La selección del tipo de viga para un puente debe basarse en un análisis integral que considere varios factores. Se recomienda seguir estos pasos:

1. **Evaluar las cargas y el tráfico:** Analizar el tipo y la magnitud de las cargas que el puente deberá soportar, así como el volumen y tipo de tráfico que se espera. Esto ayudará a determinar la resistencia y durabilidad necesarias para las vigas del puente.
2. **Estudiar la topografía y geología del sitio:** La topografía y la geología del lugar donde se construirá el puente pueden influir en la selección del tipo de viga. Por ejemplo, en terrenos montañosos o sísmicamente activos, se pueden requerir vigas con características específicas de resistencia y flexibilidad.
3. **Considerar el entorno ambiental:** Factores como la exposición a la corrosión, la humedad o la salinidad pueden afectar la durabilidad de las vigas. Por lo tanto, es importante seleccionar materiales y diseños que sean resistentes a las condiciones ambientales locales.
4. **Consultar a expertos en ingeniería estructural:** Trabajar con ingenieros estructurales experimentados permitirá obtener recomendaciones específicas y personalizadas para el tipo de viga más adecuado, considerando los aspectos técnicos y las condiciones del proyecto.

Al considerar estos aspectos de manera integral, podrás seleccionar el tipo de viga más apropiado para el puente, garantizando su seguridad, durabilidad y eficiencia a lo largo del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

360 en concreto . (2020). Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/abc-del-concreto-preesforzado>

zigurat institute of technology. (11 de febrero de 2020). Obtenido de <http://www.e-zigurat.com>

Manual centroamericano de lineamientos para la planificacion y diseño de puentes y obras de paso. (2021).

Manual centroamericano de lineamientos para la planificacion y diseño de puentes y obras de paso . (2021).

españa, D. g. (2000). Obras de paso de nueva construccion .

Manrique, E. S. (2004). Guia para el diseño de puentes con vigas y losas.

Quijada, M. A. (2005). Evaluacion estructural de un puente mediante la realizacion de una prueba de carga estatica.

Salvador, G. d. (1993). Informe del estudio del diseño basico del proyecto para la reconstruccion de puentes sobre carreteras principales en la Republica de El Salvador.

Vasquez, D. A. (2004). Manual de construccion de puentes de concreto.