

CAPITULO I.

1. ANTECEDENTES

El desarrollo demográfico que se va acrecentando día a día tanto en el área urbana como en el área rural hace que la necesidad de transportarse y transportar los productos principalmente del área rural se haga cada vez mas necesaria, lo que ocasiona una demanda en el mejoramiento, apertura de caminos y vías de acceso para cubrir las necesidades de la población.

Y muchas veces los mismos no pueden ser cubiertos en un tiempo casi inmediato por la tardanza ya sea de las politicas mismas de las autoridades y de la propia construcción, ya que no solo se habla de un camino en si sino de las innumerables dificultades que son propias de la topografía del lugar que en su mayoría se necesita la construcción de obras de arte mayor “Puentes” cuya necesidad se hace casi imperativa por que su buena disposición posibilite el ahorro de tiempo y dinero al realizarse trazos mas cortos.

Por otro lado el crecimiento de la tecnología, de nuevos y mejores métodos de construcción hace que las obras sean construidas en tiempos record y con la mejor calidad posible por tanto es necesario la implementación de estos métodos en la sociedad constructora de nuestro medio, como se lo ha ido haciendo en los últimos años en algunas piezas prefabricadas de construcción que ahorran tiempo y dinero.

Por lo tanto el aprovechamiento de estos métodos “Elementos Prefabricados” y de las propiedades de los materiales de los métodos LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) ESPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES, adoptado por la AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIAL (AASHTO), posibilite una mejor bondad, seguridad, eficiencia, reducción de costo en el Diseño de Puentes.

1.1. Planteamiento del Problema

En el ámbito de la construcción lo referente a la obra falsa (Cimbras y andamios), tiene una relación directa y parte importante con la ejecución de la obra, traducéndose en un incremento del costo y tiempo cuando las características de emplazamiento impiden su fácil aplicación. Por tal motivo resulta indispensable tomar en cuenta otras alternativas de diseño.

Los inconvenientes en la obra falsa es algo latente en nuestro medio no solo, en que posiciones aprovechando, si no como se lo debe manejar y la forma correcta en que se debe aplicar, más aun si se trata de estructuras de gran importancia como son las obras de arte mayor “Puentes”, ya que una mala utilización conlleva graves consecuencias por esta razón un estudio y un análisis previo a la concepción del diseño es fundamental:

Las principales causas que la generan son:

- Andamiaje excesivo.
- Postes de longitudes grandes.
- Cimbrado especializado.

De continuarse esta posición podrían generarse daños en las estructuras como deformaciones debido al descalce o deficiente fijación de un puntal, ocasionada por una mala ejecución de los mismos, además de incomodidad y altos riesgos en la ejecución lo que relaciona directamente a un incremento en los costos.

Por medio de este argumento planteamos como solución diferentes estudios y análisis de alternativas:

- Estudio de Puentes con cimbra
- Estudio de Puente prefabricado y empujado (mixto).
- Análisis de Puente tipo consola con tramo colgado.
- Análisis de Puente prefabricado preesforzado.

1.2. Formulación del Problema

Al tomar otras alternativas de diseño en cuenta de las tradicionales, debemos procurar que las características de emplazamiento concuerden con las requeridas, además como se plantea una disminución de costos se necesitan que las mismas puedan ser elaboradas en su mayoría con elementos prefabricados, que aseguren una rápida ejecución y por ende que las estructuras sean mas económicas.

Analizando los aspectos anteriormente mencionados veo por conveniente la utilización del siguiente estudio:

- Estudio de Puente prefabricado y empujado (mixto).

Esta alternativa ha sido seleccionada para practicar un estudio que posibilita obtener comparaciones críticas y observaciones viendo así los beneficios que nos proporciona la utilización de alternativas diferentes a las tradicionales.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Analizar y comparar las características técnicas y económicas del “Estudio de Puente prefabricado y empujado (mixto) vs el método tradicional de construcción de puentes de Hormigón Armado”.

1.3.2. Específicos

Describir en que consisten los procesos constructivos para puentes prefabricados empujados y el método tradicional de Hormigón Armado.

Realizar un estudio de ventajas y desventajas de ambas alternativas planteadas.

Elaborar los diseños definitivos, memoria de cálculo, cantidades de obra y presupuesto referencial y metodología para la construcción.

Demostrar la seguridad, eficiencia y reducción de costo mediante el uso de nuevas alternativas constructivas.

Elaboración de los planos constructivos de puentes prefabricados empujados y el método tradicional de Hormigón Armado.

1.4. Justificación

Reafirmar los conocimientos adquiridos sobre puentes e investigar y analizar algunas características particulares sobre los puentes prefabricados empujados que nos ayuden a practicar una exploración crítica y comparativo con métodos convencionales.

Con ayuda del siguiente estudio podremos concluir si la aplicación de otros métodos constructivos en la construcción de puentes resultan más ventajosos en aspectos técnicos como económicos con referencia a puentes convencionales (puentes con cimbra), además de materializar la comparación de dos metodologías distintas de construcción que me ayudaran a dilucidar cuál de las dos alternativas planteadas es la que más favorece a las características de diseño planteadas, y por lo tanto puedan ser tomadas en cuenta cuando se trate de solucionar problemas de características similares dando la máxima optimización posible.

1.5. Alcance del estudio

El presente estudio pretende obtener una comparación tanto técnica como económica, entre la forma tradicional de construcción en puentes de Hormigón Armado (puentes con cimbras) y un método alternativo como ser un puente de Hormigón Armado prefabricado y empujado, mediante la realización del diseño y cálculo estructural para posteriormente elaborar un examen de costos y obtener presupuestos reales de cada alternativa planteada para el estudio.

1.5.1. Análisis de alternativas

La ingeniería básica nos ha definido ya la ubicación, crecida máxima y trazo vial de los accesos. En el posicionamiento del puente en el plano topográfico, se obtuvo una

longitud de 19.00 m, para lo cual se plantean diferentes alternativas de tipo estructural que pueden adaptarse en nuestro caso.

Dentro la clasificación de puentes podemos destacar una clasificación que se adecua de mejor manera a las necesidades del proyectista que hace referencia a la respuesta resistente de la estructura, a los materiales empleados, y la metodología constructiva.

Para el presente estudio se ha definido lo siguiente:

Nivel de investigación: Descriptiva-Evaluativa

Tipo de Estudio: De Campo, Gabinete

Con referencia a la estructura:

Respuesta resistente: El estudio comprenderá el diseño de un puente de vigas simplemente apoyado.

Materiales: Se explica que dentro los 5 a 20 m de longitud a salvar los puentes de vigas de hormigón armado trabajan muy bien y resulta la solución más económica. Por tanto los materiales empleados para la súper-estructura y sub-estructura será Hormigón Armado.

Metodología constructiva: Planteare las siguientes tres metodologías, fabricación Insitu, lanzado de vigas y empujado de vigas.

Siendo que las primeras dos clasificaciones ya fueron explicadas solo queda describir la ultima materializando un análisis de las alternativas planteadas.

1.5.1.1. Descripción de alternativas

a) Fabricación Insitu

Consiste en armar el encofrado de vigas y losa juntas y vaciarlas al mismo tiempo, para su construcción se necesita de un trabajo muy dificultoso de obra falsa ya que el hormigón debe vaciarse in situ.

Viene siendo la ejecución de la estructura colando el hormigón fresco sobre un encofrado que aloja las armaduras, activas o pasivas que han sido previamente dispuestas. Es el método constructivo de estructuras de hormigón más antiguo. Desde el punto de vista de la ejecución de un puente, no siempre es aplicable, teniendo en cuenta los requerimientos de apuntalamiento del encofrado (cimbra) que dependen del emplazamiento y de la geometría del puente.

Ventajas y Desventajas

Entre las principales ventajas tenemos:

- No requiere de mano de obra muy calificada.
- Para condiciones normales de emplazamiento resulta la solución más económica.

Entre las desventajas tenemos:

- En condiciones donde la topografía presenta pasos a salvar muy profundos y de difícil acceso, estas estructuras falsas acrecientan excesivamente sus costos
- Su estabilidad, seguridad se ven afectadas mientras mayor sea mas profundidad presente el paso.
- Resultan Muy Vulnerables A Las Crecidas Y Desastres Climatológicos

b) Lanzado de vigas

El lanzado de vigas consiste en que las partes estructurales o la estructura completa son elaboradas en un lugar distinto al de emplazamiento del puente. Se pueden eliminar costosos apuntalamientos y cimbras y sortear obstáculos para la obra. Como contrapartida, se requieren equipamientos auxiliares para transporte, izaje y colocación.

Ventajas y Desventajas

Entre las principales ventajas tenemos:

- Menor tiempo de ejecución de la obra, por la prefabricación de las vigas es menor.
- No se requiere de obra falsa o cimbra.

Entre las desventajas tenemos:

- Requiere mano de obra y equipos especializados para el transporte, izaje y colocación.
- Muchas veces los accesos a la obra no brindan las condiciones necesarias para el ingreso de los equipos que son necesarios para su ejecución.
- Se necesitan un control riguroso en la calidad de los materiales y equipos utilizados.

c) Empujado de vigas

Son estructuras hormigonadas en sitio, pero posteriormente trasladadas a una posición definitiva distinta de la de su elaboración.

Estos puentes se prefabrican un poco antes del primer estribo, cuando la primera pieza está construir, se la empuja cierta distancia, después se empieza a fundir la siguiente sección junto con la primera y se las vuelve a empujar, y así se las va empujando hasta llegar al siguiente estribo. Es un método rápido pero no se logran luces mayores a los 70 metros.

Entre las principales ventajas tenemos:

- No se requiere de obra falsa o cimbra.
- Es un método de rápida y fácil ejecución.
- Se utilizan materiales de la región.
- Es aplicable en la mayoría de los puentes de hormigón armado y de hormigón pretensado

Entre las desventajas tenemos:

- Requiere de cálculos adicionales para que la estructura soporte diferentes estados de respuestas resistentes.

1.5.1.2. Análisis técnico y económico

En las alternativas planteadas se realiza el siguiente análisis técnico económico que den pautas importantes en la toma de decisiones:

Obstáculo a salvar

La topografía del lugar de emplazamiento presenta una quebrada profunda que supera los 8 metros de profundidad por lo cual se necesita que la construcción de la estructura no se vea afectada en seguridad y estabilidad a la hora de su ejecución.

Dando lugar a estas características el método constructivo de empujado de vigas permite salvar estas condiciones reduciendo así los riegos, mejorando tiempos y garantizando la estabilidad de la estructura en todo el transcurso de la ejecución.

Emplazamiento de la obra

La distancia a los centros de producción y accesibilidad de la zona imposibilitan la utilización del método constructivo con lanzamiento de vigas, como el estudio

comprende un puente emplazado en el área rural de Tarija (Carachimayo Norte) el difícil acceso y los caminos angostos no brindan las condiciones necesarias para la utilización de estos métodos.

Funcionalidad

Todas las anteriores alternativas planteadas cumplen con la función de permitir el libre tránsito de vehículos para salvar el paso de quebrada que se presenta eso en el ámbito de el puente como una sola estructura, pero valorando únicamente la metodología constructiva la que mayor funcionalidad presenta la alternativa de vigas empujadas ya que las dos primeras resultan poco funcionales por el excesivo andamiaje y el difícil acceso de la maquinaria para el lanzamiento de vigas respectivamente.

Seguridad

En referencia a la seguridad del puente como tal (puente de hormigón armado) se hace notar que uno de los parámetros principales en el diseño de toda estructura es la seguridad así como también la estabilidad.

En cuanto a la seguridad en lo que se refiere a la metodología constructiva sigue siendo la mejor alternativa la de vigas empujadas ya que como se mencionó anteriormente el andamiaje excesivo cabe decir apuntalamientos muy extensos implica riesgos para la estructura y para el personal.

Economía

En este tipo de obras lo que se busca es que la alternativa planteada sea lo más económica posible, como se trata de un estudio comparativo entre nuevos métodos constructivos a los tradicionales en puentes de hormigón armado se trata de dilucidar que método resulta el más económico frente a la construcción tradicional (utilización de obra falsa).

Como referencia tenemos que un puente vehicular de losa y viga de Hormigón Armado de sección transversal de 4 m tiene un costo aproximado 44832 Bs/m por 19 m de luz se tiene un costo de 851808 Bs.

1.5.1.3. Selección de la alternativa

La selección de la alternativa esta en función de las características técnicas que expongan que en este caso se analizan las metodologías constructivas en las cuales se analiza el obstáculo a salvar, el emplazamiento de la obra, funcionalidad, seguridad y el costo que esta presente, como en el estudio se trata hacer una valoración económica entre nuevos métodos constructivos a los tradicionales solo se analizara la parte técnica en la cual el puente de hormigón armado con vigas empujadas resulta el mas viable y como el estudio pretende una comparación se tomara además en cuenta el diseño con la utilización de obra falsa para que el estudio tenga una base real de comparación.

1.5.2. Aspectos generales

De acuerdo a la alternativa escogida en el perfil la cual es el diseño estructural de un puente vehicular simplemente apoyado sin pila central de tipo viga y losa de hormigón que tendrá dos métodos constructivos el método de vigas empujadas y el método tradicional en el cual se dispone de obra falsa para su ejecución, con una infraestructura compuesta por estribos. El puente a diseñar tendrá una sección longitudinal aproxima de 19.00 m, con una sección transversal de 4 m con un solo carril de acceso.

1.5.3. Resultados a lograr

En el desarrollo de la propuesta “Estudio puente prefabricado empujado vs el método tradicional de construcción de puentes de hormigón armado (Emplazados en depresiones considerables y longitudes cortas)” que se ejecutara en la asignatura CIV-502 se plantean los siguientes resultados:

- Recopilación de información bibliográfica para el desarrollo del estudio.
- Exponer de forma clara en qué consiste el método de puente prefabricados y empujados.

- Exponer de forma clara en qué consiste el método tradicional de construcción de un puente de Hormigón Armado.
- Diseño estructural de un puente por el método prefabricado y empujado.
- Diseño estructural de un puente tradicional de Hormigón Armado.
- Análisis de ventajas y desventajas de un puente prefabricado y empujado.
- Análisis de ventajas y desventajas del puente tradicional de Hormigón Armado.
- Comparación técnica económica del diseño del puente prefabricado empujado y el puente tradicional de Hormigón Armado.
- Análisis de los beneficios de la alternativa planteada frente a los métodos convencionales de construcción.
- Análisis de resultados adquiridos del estudio.
- Elaboración del informe del proyecto.

1.6. Localización

El presente proyecto se ubica geográficamente en el departamento de Tarija el mismo que se encuentra al sur de del país, cuenta con una superficie de 37623 Km², está constituido por seis provincias: Cercado, Méndez, Avilés, Arce, O'Connor y Gran Chaco.

La provincia Méndez se sitúa al noreste del departamento de Tarija, entre los Paralelos 20°56' y 21°36' de Latitud Sud y los 64°05' y 65°13' de Longitud Oeste, abarca una extensión de 4861 Km². Políticamente y administrativamente se halla dividida en dos secciones municipales, San Lorenzo y El Puente.

La primera sección de la provincia Méndez que corresponde al municipio de San Lorenzo se halla situado al este de la provincia, entre los paralelos 20°57' y 21°36' de Latitud Sud y 64°25' y 64°58' de Longitud Oeste. Limita al norte y al oeste con el departamento de Chuquisaca, al este con las provincias de Cercado y O'Connor y al sur con las provincias de Cercado y Avilés.

La comunidad Carachimayo Norte se encuentra instalado entre los paralelos 21°18'14,75" de Latitud Sud y 64°43'28,66" de Longitud Oeste. Lugar donde se halla posicionado el actual plan el cual más específicamente está colocado en las coordenadas 7643139 en dirección Norte, 321159 en dirección Este a una altura de 2093 m.s.n.m. Comunidad que se

encuentra en la primera sección de la provincia Méndez del departamento de Tarija – Bolivia.

1.6.1. Información socio-económica del proyecto

La información con la que se cuenta del proyecto fue recopilada del municipio de San Lorenzo el cual fue elaborado hasta la gestión 2012.

1.6.1.1. Aspectos demográficos

Población del área de influencia.

La población beneficiada está constituida por familias e individuos que se servirán del proyecto y generalmente se ubican en ambos lados del río Carachimayo y se ven dificultados de transportarse y trasladar su producción a los mercados de consumo en épocas de lluvia debido a las crecidas del río, obstruyendo temporalmente todo el contacto entre habitantes de la zona y los mercados de consumo. De ahí que la población beneficiaria directa alcanza a 520 personas aglutinadas en 2 comunidades Carachimayo Norte y La Hondura.

Puntualmente el proyecto Beneficiará a 103 Familias.

Lenguajes que hablan.

Los habitantes del área de influencia del proyecto alcanzan a 520 habitantes que hablan el castellano, por lo que no existe ningún problema de comunicación y la educación es monolingüe. Son alegres y joviales, practican sus danzas al son de los instrumentos típicos como el erque, la caña, violín y la camacheña.

1.6.1.2. Aspectos económicos

En cuanto a la economía de la gente al igual que el resto de los campesinos de nuestro departamento, son de escasos recurso que en su mayoría se dedican a la agricultura y

ganadería en pequeñas cantidades al no contar con la ayuda necesaria de parte de los gobiernos.

Tenencia de tierra.

La forma de la tenencia de tierra en el Municipio, se relaciona con el promedio de la Reforma Agraria, otorgando al productor el derecho de propiedad y uso de la tierra dentro de los márgenes establecidos por ley.

Una característica es la presencia de una variedad de tipos de propiedad, acorde al tipo de explotación y vocación agropecuaria de la zona. La parcelación continua de la tierra por efecto de la sucesión hereditaria, ha ocasionado en muchos casos la pérdida de títulos de propiedad afectando negativamente en la economía familiar.

Se pueden distinguir tres tipos de propiedad;

- Dotación por Reforma Agraria.
- Tierras Consolidadas
- Compra

Principales actividades económicas.

La producción agrícola es la principal actividad económica de la población y se constituye en polo fundamental de la economía campesina, que posibilite generar márgenes para su comercialización.

En cuanto a la actividad agrícola, por lo general se emplea un sistema tradicional de cultivo, con técnicas rudimentarias e incipientes de trabajo por la dificultad de acceso a recursos económicos reducida superficie de terreno con que cuenta cada familia lo que imposibilita la adopción de técnicas mecanizadas.

El sistema de cultivo es de tipo familiar, y en algunos casos se practica la contratación de jornaleros, especialmente para siembra y cosecha.

Por otro lado, se puede afirmar que parte de la producción local esta destinada al consumo familiar, otra parte al almacenamiento para las próximas cosechas y el resto finalmente destinado a la venta.

La comercialización se elabora en forma directa en la ferias y en el mercado de la ciudad de Tarija o, por último se materializa vía intermediarios.

En cuanto a la crianza de ganado se considera como una actividad secundaria. La crianza de ganado vacuno es la más relevante y es utilizado como fuerza motriz y producción de leche, caprino como fuente de productividad de estiércol y carne, el ovino como reserva de carne y lana: el porcino y aves como carne de consumo humano.

1.6.1.3. Aspectos sociales

Los roles de los miembros de la familia están de acuerdo a las actividades que se desarrollan en la zona, entre las cuales se puede mencionar las siguientes actividades: agrícola, pecuaria, tareas domésticas, socioeconómicas y aquellas acciones que se dan en los tiempos libres.

Los hombres jefes del hogar generalmente llevan a cabo las labores agrícolas, pero con el apoyo de la mujer y los niños. Sin embargo en algunos casos donde la mujer es el jefe es en el hogar, ésta se encarga de ejercer dichas funciones.

Debido a que la agricultura es la principal labranza en la zona, el hombre participa directamente en la misma preparando el terreno para el cultivo, siembra, labores culturales, riegos, cosechas, sanidad animal y limpieza. Sin embargo en aquellos hogares que el hombre migra, las mujeres o los jóvenes participan en las reuniones y demás ocupaciones que se desarrollan en la zona.

CAPITULO II.

2. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del Estudio

En el ámbito carretero la implementación de puentes representan parte importante en el costo general de la obra, razones por las cuales el diseño y construcción son tratados de hacer de la forma más rápida posible y no solo por ser parte de un eje troncal carretero, si no que en la mayoría de las veces son requeridos por comunidades que necesitan una solución rápida.

Por lo tanto la necesidad de implementación de nuevas técnicas en la construcción que brinden mejores bondades tanto económicas como constructivas se hace muy necesaria en nuestro medio, además que como se menciono anteriormente se refieren a un problema particular como ser (puentes emplazados en depresiones estimables y longitudes cortas), los mismos son muy comunes ya que la topografía de la región es propicia para que se presenten esta clase de obstáculos topográficos.

Entre los rangos de 6 a 20m se procede a la implementación de (Losas Macizas, Losas Nervuradas, Losas Aligeradas, Vigas Hormigón Armado) que son los métodos mas comunes para dar solución a salvar pasos entre estos rangos, pero su construcción de los mismos son conceptuados en condiciones normales donde el cimbrado es posible y no representan un costo elevado y dadas las características del estudio planteo utilizar métodos de “Prefabricación Parcial” en los cuales se consideran (Vigas Prefabricadas Hormigón Armado) tomando como luz de estudio definida por la topografía de 19.90m que esta entre el rango considerando que la solución podrá ser aplicable a luces menores.

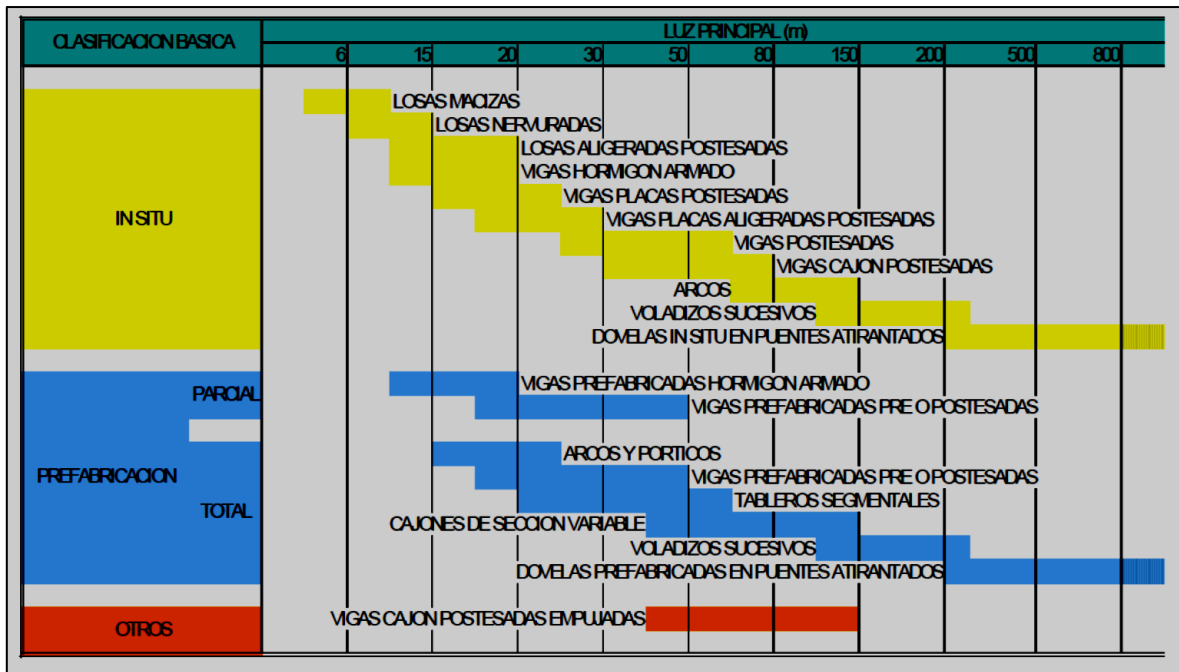


Gráfico 1- Relacion entre Sistema Constructivo y luz principal del Puente¹

Entonces el estudio podrá ser aplicable para puentes de hasta 20 m de longitud que se encuentren en depresiones mayores a los 5m y de difícil accesibilidad, los tipos de estribos dependerán de las características del terreno, que por lo general se trata de roca debido a las formaciones con pendientes casi verticales y asimismo podrán ser aplicados a diversos tipos tomando en cuenta la estabilidad y sustentación que vayan de acuerdo con las características del suelo.

Para el estudio serán tomadas en cuenta las propiedades de los materiales de las Normas LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) ESPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES, adoptado por la AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIAL (AASHTO), que permite una mejor bondad, seguridad, eficiencia, reducción de costo en el Diseño de Puentes.

¹ Anais SIABE 06/INCOS 06-II Simposio Ibero Americano sobre "Concreto Estructural"

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Puentes

2.2.1.1. Introducción

La gran irregularidad que presenta el valle central de Tarija, y el rápido desarrollo de los centros tanto urbano y rural han determinado que las vías de comunicación requieran con gran frecuencia de la construcción de puentes.

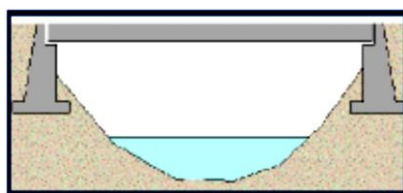


Gráfico 2- Puente Simplemente Apoyado

Por lo general, el término se utiliza para describir a las estructuras viales, con trazado por encima de la superficie, que permiten vencer los obstáculos naturales como ríos, quebradas, hondonadas, canales, etc.

2.2.1.2. Sistemas de construcción de puentes de Hormigón

Clasificación básica de los Sistemas Constructivos de puentes de Hormigón:

La clasificación básica resulta muy sencilla, definiendo tres sistemas básicos para construir un puente de Hormigón que, con excepción del último, son adaptables tanto a la realización de la superestructura como a la infraestructura.

- In situ

Ejecución de la estructura colocando el hormigón fresco sobre un encofrado que aloja las armaduras, activas o pasivas que han sido previamente dispuestas. Es el método constructivo de estructuras de hormigón más antiguo. Desde el punto de vista desde la ejecución de un puente, no siempre es adaptable, teniendo en cuenta los requerimientos

de apuntalamiento del encofrado (cimbra) que dependen del desplazamiento y de la geometría del puente.

- Prefabricación

Partes estructurales o la estructura completa son elaboradas en un lugar distinto al del emplazamiento del puente. Se pueden eliminar costosos apuntalamientos y cimbras y sortear obstáculos para la obra. Como contrapartida, se requieren equipamientos auxiliares para transporte, izaje y colocación. En la actualidad, la tecnología aplicada a estos equipos ha permitido lograr grandes avances en cuanto a las magnitudes de premoldeo.

Por lo tanto, en función del alcance de la prefabricación en la construcción del puente, se podrá explicar:

- Prefabricación Parcial (Vigas, Dovelas, Losetas, Cenefas, Defensas, etc.)
- Prefabricación Total

- Otros

Se agrupan aquí sistemas constructivos especiales, que en algunos casos pueden mezclar las características de los anteriores.

Es el caso de los tableros de puentes “Empujados”. Son estructuras hormigonadas en sitio pero posteriormente trasladadas a una posición definitiva distinta de la de su elaboración.

En otros casos, se trata de los puentes “Rotados” y “Desplazados”. Luego de cimentados en una determinada posición, son rotados o trasladados a su posición definitiva.

Factores que inciden en la elección del Sistema Constructivo

En el punto anterior se mencionaron algunos aspectos que condicionan la elección del tipo constructivo. Se pueden resumir de la siguiente manera:

- **Obstáculo a salvar**
 - **Magnitudes de la obra**
 - ✓ Volumen
 - ✓ Repetitividad
 - ✓ Geometría
 - **Emplazamientos de la obra**
 - ✓ Distancia a centros de producción o abastecimiento
 - ✓ Accesibilidad
 - **Equipamiento**
- Medios de transporte, Izaje y Montaje

Sistemas Constructivos que utilizan la Prefabricación

Los sistemas en los que se utiliza la prefabricación, en cualquier grado, son actualmente los de mayor aplicación general en los puentes debido a todos o algunos de los factores antes mencionados y a los que se describen a continuación.

El porqué de la Prefabricación y sus alcances

La industria de la construcción ha experimentado en los últimos años cambios substanciales derivados de las nuevas tecnologías y materiales. Así mismo, los plazos de obra más exigentes deben compatibilizarse con una optimización económica del proyecto, minimizando además el impacto ambiental en el entorno. Todos estos factores exigen poner mayor énfasis en precisados aspectos del proyecto y construcción de estructuras, poniendo diversas alternativas que conduzcan a optimizaciones en tiempo, economías de obra, y mejoras del diseño con el menor impacto en el medio ambiente.

El empleo de la prefabricación en hormigón, resulta una alternativa constructiva inmejorable para lograr los requerimientos antes mencionados. La eliminación de costosos encofrados, la mayor calidad de terminación de la superficies, la posibilidad de las soluciones industrializadas, los menores tiempos de obra en el sitio, la menor dependencia de factores climáticos, o la imposibilidad de ejecutar hormigones en sitio en

determinados emplazamientos, son algunas de las tantas razones que justifican el empleo de elementos prefabricados de hormigón.

El uso de la prefabricación en puentes abarca todo el espectro de los mismos, desde las obras de arte menores hasta los de grandes luces, pasando por supuesto por los de mediana envergadura, con distintos grados de aplicación. Es también notoria la diferencia del uso de la prefabricación según se trae de la superestructura o la infraestructura.



Gráfica 3.- Puente RN40 en mendosa (Utilización de vigas prefabricadas)

Las técnicas de prefabricación total son más comunes en el rango de puentes de luces reducidas, en tanto la prefabricación parcial se aplica con mucha más frecuencia en los puentes de rango de luces de mediano a mayor.

Existen sin embargo notoria excepciones, con casos que podríamos catalogar como “Prefabricación Pesada”, con dos ejemplos emblemáticos: el Puente Oeste del Great Belt Link en Dinamarca y el Puente de la confederación en el Norte de Canadá,



Gráfica 4.- Puente de la Confederación Montaje de Viga (7200 ton)



Gráfica 5.- Puente de la confederación Terminado

Con luces de 110 m y 220 m respectivamente. Por razones de emplazamiento (zonas de aguas profundas, congelamiento estacional) tanto la superestructura como la infraestructura han sido prefabricadas por partes en tierra firme, y luego transportadas y montadas en el lugar. Llegándose a movilizar piezas de mas de 7000 ton de peso y hasta 160 m de longitud.

Prefabricación en la Superestructura de Puentes

Un alto porcentaje de tableros de puentes de luces moderadas (18 a 35 m) se construyen con elementos prefabricados pretensados como elementos estructurales principales.

También son utilizados cada vez con más frecuencia, elementos secundarios prefabricados para construcción del tablero (losetas de encofrado con incorporación de armaduras principales de la losa) y para terminación y defensa. Este tipo de construcción tan frecuente condiciona fuertemente el tipo estructural del tablero.

Resulta interesante analizar los tipos estructurales de tableros en relación con las posibilidades de prefabricación.

En efecto es conveniente detenerse a analizar este punto. La disposición de vigas transversales en el tramo que constituyen elementos de considerable rigidez, concentran las cargas a través de las mismas y por lo tanto sus armaduras y consecuentemente sus empalmes. Las barras en espera que sobresalen de las vigas principales prefabricadas, complican la edificación y transporte de las mismas.



Gráfica 6.- Armaduras de espera para vigas transversales

Como alternativa suelen dejarse pases en las vigas principales que posibilitan un enhebrado posterior de las armaduras de las vigas transversales, operación que puede resultar bastante dificultosa de practicar. Otra alternativa posible es la utilización del postesado, pero debe tenerse muy presente que con longitudes de cables reducidas, la efectividad del mismos puede verse muy rebajada por incidencia de las pérdidas en los dispositivos de anclaje.



Gráfica 7.- Pases para armadura de vigas transversales

2.2.1.4. Tipos de Cargas en Puentes

Los puentes son diseñados para soportar una diversidad de cargas, entre los que se cuentan:

- *Carga Permanente:* Constituida por el peso propio de la estructura, el peso de la capa de rodadura, el peso de las instalaciones.
- *Carga Viva Móvil:* Generalmente especificada para camiones y trenes de carga idealizados, o cargas distribuidas equivalentes con eje de cargas concentradas.
- *Empuje de Tierras*
- *Empuje Hidrodinámico del Agua:* Proveniente de la velocidad con que circula el agua por los cauces de río o de la velocidad con que impacta el agua de mar.
- *Flotación:* Provocada por el sumergimiento en agua de parte de los componentes del puente, como las pilas centrales.
- Cambios de Temperatura
- *Impacto por Cargas Vivas Móviles:* Debido a la velocidad con que circulan los vehículos sobre el puente.
- *Frenado*

- *Palizadas*: Provocada por la acumulación de restos vegetales en épocas de máximo caudal, la que actúa sobre determinados componentes del puentes como pilas y estribos.
- *Fuerza Centrifuga*: Presente en puentes con curvatura en planta.
- *Flujo plástico de los materiales, etc.*

Los estados de carga críticos dependen del tipo de puente diseñado, su geometría, de los materiales de construcción y del sitio en que se va a cimentar la estructura, pues no todas las cargas son importantes para todos los puentes, así:

- Las cargas dinámicas de viento son importantes en puentes de gran longitud con poca rigidez, como los puentes colgantes, mientras la presión estática equivalente al viento es importante en puentes metálicos en celosía.
- El flujo plástico del material es importante en puentes preesforzados.
- La fuerza centrífuga es importante en puentes de eje curvo.
- La presión hidrodinámica es importante en puentes sobre ríos corrientosos, con pilas intermedias.
- Las palizadas son importantes en puentes con pilas intermedias ubicadas a distancias pequeñas entre si.

2.2.1.5. Componentes Básicos de los Puentes

Los componentes de los puentes caen en 2 categorías: Componentes de la superestructura y componentes de la subestructura.

Superestructura: Es la parte del puente en donde actúa la carga móvil, y esta constituida por:

- Losa del Tablero
- Vigas longitudinales y transversales
- Aceras y pasamanos
- Capa de rodadura
- Otras instalaciones

Subestructura: Es la parte del puente que se encarga de transmitir las solicitaciones al suelo de cimentación, y esta constituida por:

- Estribos
- Pilas
- Muros de ala

Se hará una breve revisión a dos aspectos relevantes en el diseño de puentes:

Estados Límite

Las componentes y conexiones deberán satisfacer la ecuación (1) para cada estado límite a menos que se especifique otra cosa.

Para el estado límite de servicio y el estado límite de evento extremo, los factores de resistencia serán tomados como la ecuación (1). Todos los estados límite serán considerados de igual importancia.

$$n \cdot \sum \gamma_i \cdot \phi_i \leq \phi \cdot R_n = R_r \quad (1)$$

Para lo cual:

$$n = n_D \cdot n_R \cdot n_I > 0.95$$

Donde:

γ_i = Factor de carga (es un multiplicador obtenido estadísticamente que se aplica a los efectos de la fuerza).

ϕ = Factor de resistencia (es un multiplicador obtenido estadísticamente que se adapta a la resistencia nominal de acuerdo al material y/o elemento como se especifica en el Art. 2.9).

n = Factor que relaciona al ala ductilidad, redundancia e importancia operativa.

n_D = Factor que se refiere a la ductilidad como se especifica en el Art. 2.3.2.2.

n_R = Factor que se refiere a la redundancia como se especifica en el Art. 2.3.2.3.

n_I = Factor que refiere a la importancia operacional como se especifica en el Art. 2.3.2.4.

Q_i = Efectos de Fuerza

R_n = Resistencia nominal.

R_r = Resistencia factorizada: $\phi \cdot R_n$

La ecuación (1) es la base del método LRFD.

El factor de resistencia $\phi = 1.0$ asignados a todos los estados limite menos al estado limite de resistencia es una medida provisional ya que se están llevando a cabo trabajos de investigación acerca del tema. La ductilidad, la redundancia y la importancia operacional son aspectos significantes que afectan el margen de seguridad de los puentes. Los dos primeros aspectos relacionan directamente a la resistencia física, el último aspecto se refiere a las consecuencias que acurren cuando el puente esta fuera de servicio. Como se ve, estos aspectos referentes a cargas son arbitrarios. Sin embargo, esto constituye un primer esfuerzo de codificación.

Una aproximación subjetiva, en razón a la ausencia de la información mas precisa es que cada efecto, excepto por fatiga y fractura. Es estimado como un $\pm 5\%$ geométricamente acumulado. Con el tiempo una cuantificación mejorada de estos aspectos, su interacción y la sinergia del sistema podría ser alcanzada.

Posiblemente esto no conducirá a un arreglo de la ecuación (1), en el cual esos efectos podrían aparecer sobre uno de los lados o en ambos lados de la ecuación.

Estado Límite de Servicio

El estado límite de servicio será tomado en cuenta como una restricción sobre los esfuerzos, deformaciones y ancho de grietas bajo condiciones regulares de servicio. El estado límite de servicio da experiencia segura relacionada a provisiones, los cuales no pueden ser siempre derivados solamente de resistencia o consideraciones estadísticas.

Estados Límite de Fatiga y Fractura

El estado límite de fatiga será tomado en cuenta como un juego de restricciones en el rango de esfuerzos causados por un solo camión de diseño que ocurre en el número esperado de ciclos correspondientes a ese rango de esfuerzos.

El estado límite de fractura será tomado en cuenta como un juego de requerimientos de tenacidad del material.

El estado límite de fatiga asegura limitar el desarrollo de las grietas bajo cargas repetitivas para prevenir la rotura durante la vida de diseño de puentes.

Estado Límite de Resistencia

El estado límite de resistencia será tomado en cuenta para asegurar la resistencia y estabilidad. Ambas, local y global son dadas para resistir las combinaciones específicas de carga que se espera que un puente experimente durante su vida de diseño.

Bajo el estado límite de resistencia podría ocurrir daño estructural y frecuente sufrimiento, pero la integridad completa de la estructura se espera que se mantenga.

Estado Límite de Evento Extremo

El estado límite de evento extremo será tomado en cuenta para asegurar la supervivencia estructural de un puente durante un sismo importante o durante inundaciones o cuando es chocado por un buque, vehículos o flujos & hielo, posiblemente ocurridos bajo condiciones especiales.

Se considera que el estado límite de evento extremo ocurrirá una sola vez con un periodo de retorno que pueda ser significativamente más grande que el de la vida de diseño del puente.

SOBRE CARGA DE DISEÑO

A continuación se presenta una comparación de las diferentes tipos de sobrecarga

AASHTO Standard.

HS20, HS25

AASHTO LRFD:

HL-93

2.2.2 Diseño de Puentes, Método LRFD AASHTO

2.2.2.1 Sobrecarga HL-93 Método LRFD

A menos que se especifique lo contrario, la solicitación extrema se deberá tomar como el mayor de los siguientes valores:

- La solicitación debida al tándem de diseño combinada con la solicitación debida a la carga del carril de diseño, o
- La solicitación debida a un camión de diseño con la separación variable entre ejes combinada con la solicitación debida a la carga del carril de diseño, y
- Tanto para momento negativo entre puntos de contraflexión bajo una carga uniforme en todos los tramos como para reacción de pilas interiores solamente, 90 por ciento de la solicitación debida a dos camiones de diseño separados como mínimo 15 m. entre el eje delantero de un camión y el eje trasero del otro, combinada con 90 por ciento de la solicitación debida a la carga de carril de diseño. La distancia entre los ejes de 145 KN. de cada camión se deberá tomar como 4.3 m.

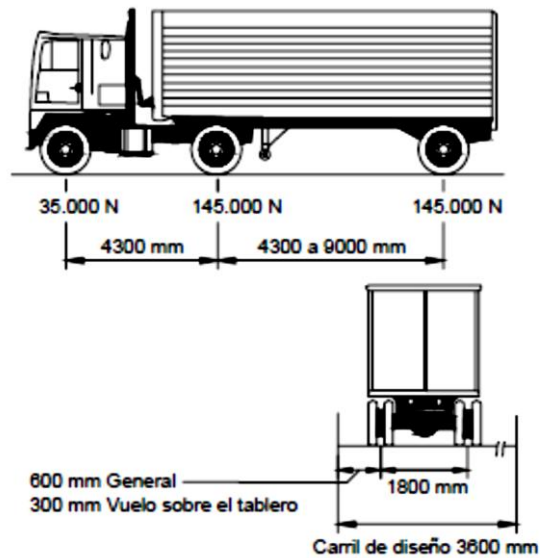


Figura 3.6.1.2.2-1 – Características del camión de diseño

Gráfica 8.- Sobre carga HL-93 Método LRFD.

Ver anexo 1

2.2.3. Puentes Empujados

2.2.3.1. Tipos de puentes lanzados o empujados

A pesar de la denominación común de puentes lanzados existen, principalmente cuatro variedades de colocación del puente en su posición final que corresponden a las siguientes técnicas:

— Lanzamiento por segmentos: El puente es elaborado en segmentos y cuando el hormigón alcanza la resistencia suficiente se lanza el puente una distancia igual al segmento recién construido.

— Lanzamiento completo: El puente es confeccionado totalmente en un extremo; o más habitualmente se harán sendas mitades del puente desde los dos extremos y tras ello se lanzan hasta la ubicación definitiva.

— Giro del puente completo: Una vez fabricado todo el puente, o las dos mitades en las porciones opuestas, se giran hasta la posición final.

— Traslación transversal: La translación transversal, o ripado, consiste en elaborar el puente en una porción paralela a la deseada y trasladarlo con un movimiento transversal hasta dicha ubicación.

Gráfico 9- Lanzamiento por segmentos

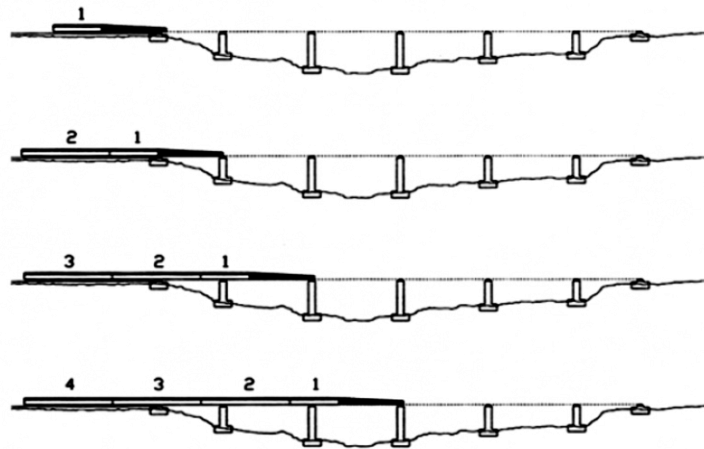


Gráfico 10- Lanzamiento completo (Esquema general).

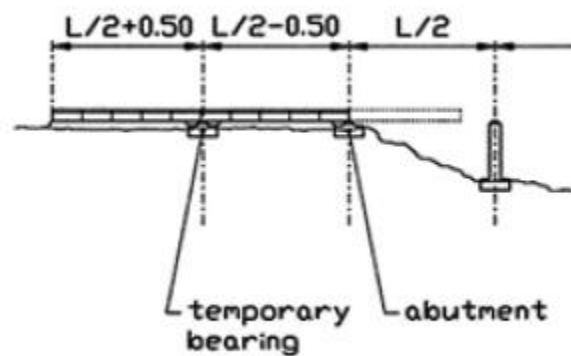
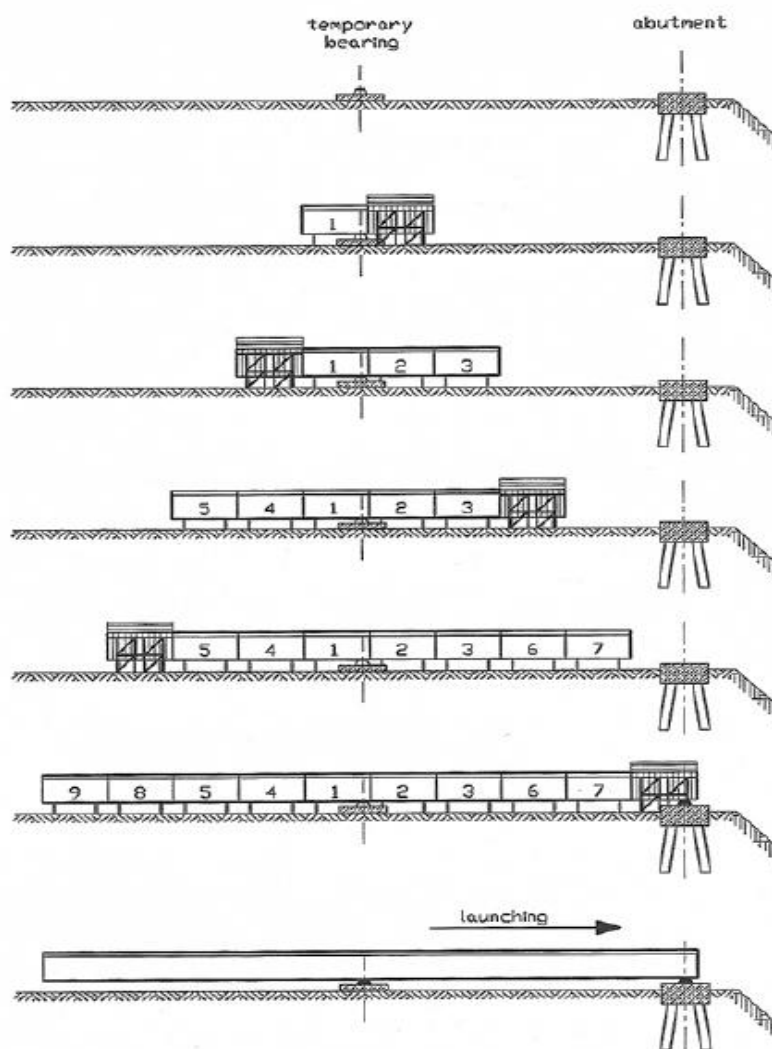


Gráfico 11- LANZAMIENTO COMPLETO (Detalle de la fabricación).



2.2.3.2. Método de empuje o lanzamiento

La fabricación de puentes de hormigón mediante este procedimiento requiere de los componentes siguientes:

- 1) **Planta de fabricación del tablero:** Consta fundamentalmente del taller de ferralla, encofrado y planta de hormigonado. Suele estar protegido de la intemperie.
- 2) **Pico de empuje:** Su misión es disminuir el peso del puente en el proceso de lanzamiento. Es una estructura metálica conectada a la sección transversal frontal del puente.

- 3) **Pilas auxiliares:** Si resulta necesario, y en general para vanos superiores a los 40 ó 50 m., se disponen unas pilas provisionales a fin de acortar los vanos de mayor longitud.
- 4) **Apoyos de neopreno-teflón:** Facilitan el proceso de lanzamiento debido a su reducido coeficiente de rozamiento.
- 5) **Dispositivos de lanzamiento:** Proporcionan la fuerza de arrastre o de empuje para mover el puente en cada fase de lanzamiento.

Gráfico 12- Pico de lanzamiento



Gráfico 13- Pilas auxiliares



Gráfico 14- Apoyos de neopreno-teflón



Gráfico 15- Dispositivos de lanzamiento



2.2.3.3. Restricciones geométricas durante el lanzamiento.

Durante el lanzamiento la estructura trabaja como viga continua soportada en cojinetes (apoyos durante construcción) y restringida lateralmente por guías laterales que prevengan movimientos en sentido transversal, cualquier excentricidad tanto vertical o transversal con respecto al valor teórico causará esfuerzos secundarios en la estructura. Así mismo estas excentricidades influyen significativamente en alineación de la súper estructura que puede incurrir en excesivo uso de gatos para corregir la posición causando retrasos o daño en los cojinetes, por lo tanto debe garantizarse la correcta alineación de los cojinetes así como de la superficie que va a ser lanzada.

2.2.3.3.1. Técnicas de lanzamiento.

En el lanzamiento ya sea de superestructuras de tipo pesada como es el caso de puentes de hormigón pretensado o de estructuras livianas de acero, se manejan básicamente las mismas problemáticas asociadas al control, guía y movimiento de grandes masas. En particular para estructuras de acero debido a su flexibilidad se presentan grandes flechas y rotaciones que deben ser previstas.

Es importante determinar la fuerza necesaria para empujar la superestructura de un punto a otro, dicha fuerza es proporcional en general al peso propio de la superestructura y al rozamiento entre la superficie de la superestructura y los cojinetes.

2.2.3.3.2. Aparatos de apoyo de lanzamiento.

Los aparatos de apoyo para uso durante el lanzamiento deben permitir una gran rotación dada la gran flexibilidad de la estructura de acero en especial al hacer contacto con la pila en donde se encontrará con flechas considerables o pre flechas en regiones de la sección que ocasionaran una distribución no uniforme de la reacción.

Un aparato de apoyo de lanzamiento es un complicado dispositivo mecánico que se encarga de soportar y posibilitar el paso de la estructura durante el lanzamiento. Una vez se ha completado el lanzamiento de la estructura de acero los aparatos de apoyo son

reemplazados por los aparatos de apoyo definitivos para la configuración de viga continua.



Gráfico 16- Apoyo deslizante



Gráfico 17- Apoyo tipo Roller.

2.2.3.3.3. Nariz o pico de avance.

La nariz o pico de avance, se ha utilizado desde los comienzos de la implementación del sistema de empuje como método constructivo de puentes. Consiste en una extensión de la superestructura perfectamente integrada; estructura metálica generalmente en celosía,

con mayor a menor rigidez, que se une a la superestructura mediante tornillos de conexión que hacen que la estructura forme parte compuesta del puente.

Esta estructura complementaria, va cobrando más importancia mientras la carga de peso propio se va incrementando; perturbando directamente los esfuerzos de carga que van homogenizándose, de manera de controlar los momentos flectores en el instante del lanzamiento y a su vez, permitiendo el acceso paulatino de la superestructura sobre las pilas.

La unión de la nariz de avance soporta la transferencia total de los esfuerzos, por lo cual ésta, debe ser capaz de traspasar a la superestructura la flexión y cortante, producido por la reacción de la pila cuando la nariz está actuando con ella.

En la nariz existen unos gatos hidráulicos que actúan una vez que la nariz está sobre la pila; procedimiento realizado para eliminar la flecha de la superestructura, procreado por la carga de peso propio cuando se hallan en voladizo, para que así la superestructura ingrese a la pila sin problemas

Gráfico 18- La nariz se desmonta una vez terminado el empuje. Fig.



2.2.3.3.1. Parámetros de diseño.

Los parámetros de diseños pueden establecerse mediante un estudio que involucra el peso propio de la nariz a utilizar; su rigidez, de gran importancia cuando la nariz está entrando a la pila por la gran fuerza de apoyo que le origina la pila y su largo en sí. “El comportamiento del sistema elástico nariz-tablero está gobernado por tres parámetros adimensionales que describen sus características geométricas y mecánicas:

1. Longitud de la nariz en comparación con la luz a superar, L_n / L .
2. Peso de la nariz por unidad de longitud en comparación con el peso del tablero por unidad de longitud en su parte delantera, q_n / q
3. Rigidez a flexión de la nariz en comparación con la del tablero en su parte delantera, $E n I_n / E I$
4. Longitud aproximada, según estudios para puentes de hormigón, en relación al largo del vano con mayor longitud a sobrepasar, $L_n \pm 0,65 L$

Estos parámetros, son los que se deben conjugar para la óptima obtención de la nariz de lanzamiento”.

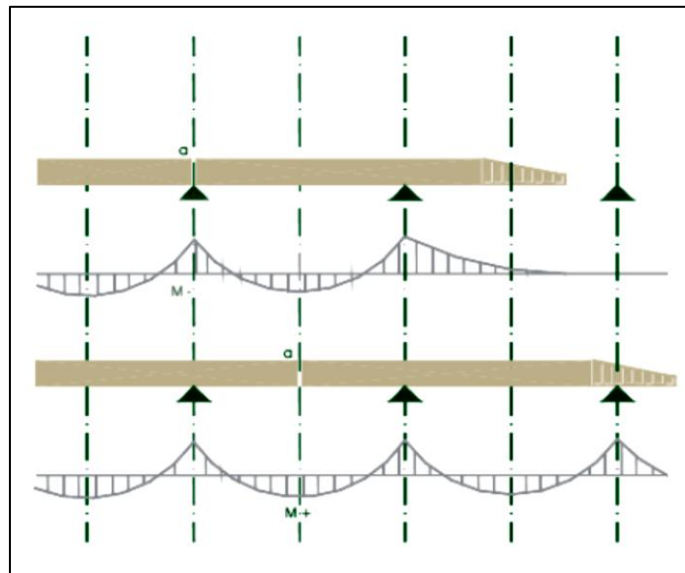


Gráfico 19- Disminución de momentos flectores con nariz de lanzamiento

CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Diseño del Estudio de Investigación

Para la realización del presente estudio utilizaremos el método analítico, el mismo que consiste en el análisis de hechos, fenómenos y casos. Se sitúa en el presente, pero no se limita a una simple recolección de datos, si no que hace una interpretación y un análisis imparcial de los mismos con una finalidad pre-establecida.

El proceso que se utilizará será el siguiente:

1. Identificación y delimitación precisa del problema
2. Elaboración de los datos (organización, clasificación, comparación e interpretación de los mismos).
3. Extracción de las conclusiones
4. Redacción del informe final

3.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La metodología analítica requiere descomponer en partes algo complejo, en desintegrar un hecho o una idea en sus fragmentos, para mostrarlas, describirlas, numerarlas y para explicar las causas de los hechos o fenómenos que constituyen el problema en si, dándole solución a este.

Para realizar dicho análisis aprovecharé de textos, folletos y memorias técnicas en las que conste el análisis y diseño de puentes.

3.3. Desarrollo del Trabajo

3.3.1. Antecedentes

3.3.1.1. Introducción y Generalidades

Una de las necesidades importantes en el desarrollo de los mercados productivos de nuestra región es determinada por las buenas condiciones de transporte de los productos y no solo de ellos sino en el desarrollo general de una comunidad, provincia o ciudad cuyas arterias principales que dan vida a los mismos son sus carreteras que ofrecen el medio por el cual se comunican entre si, para lo cual estas deben presentar las mejores condiciones, ser lo mas cortas y confortables posibles, dada la topografía de nuestra región muchas veces estas necesidades se ven truncadas ya sea por depresiones propias del terreno (en los cuales se hace muy difícil la construcción de un paso económico y en tiempo record), quebradas, pasos de rio (que en época de lluvias las crecidas imposibilitan su libre paso). Razones por las cuales se ve la necesidad de estudiar nuevos métodos de construcción que nos lleven a una rápida y económica solución.

Estos métodos deben de presentar características que eviten en primer lugar el andamiaje excesivo que en situaciones particulares (puentes emplazados en depresiones considerables y longitudes cortas) representan elevados costos en la ejecución de la obra.

En consecuencia, los estudios que se pretenden practicar son los siguientes:

- Estudio de Puente prefabricado y empujado (mixto).
 - Con vigas de Hormigón Armado prefabricadas
 - Con losa de Hormigón Armado
- Método tradicional de construcción de un puente de hormigón armado
 - Con vigas de Hormigón Armado fabricada Insitu
 - Con losa de Hormigón Armado fabricada Insitu

3.3.1.2. Descripción del Proyecto:

El estudio será realizado tomando dos alternativas con las cuáles se pretende salvar el paso de una depresión considerable, las dos nos ayudarán a valorar la que mejores características técnicas y económicas presente.

El trazado del puente salva un paso de quebrada como lo determinó la topografía, presentando una depresión que supera los 10 m. y la longitud es de 19.90 m. que se encuentra entre los rangos de 5 a 20 m. que como ya se mencionó son puentes en los cuales su construcción se practica in situ de manera convencional con cimbrado en el lugar donde será emplazado definitivamente.

El puente será ubicado en un tramo de alineación recta de la variante en la que se planea ser ubicada, bajo la cual discurre el paso de un río quebrada.

Las características principales del estudio son:

Longitud del puente : 19.90 metros

Ancho del tablero : 5.60 metros

Nº de calzadas : 2

Nº de vías : 1

Ancho de la vía : 4.00 metros

Ancho de calzadas : 0.80 metros

Se ha proyectado un pavimento, formado por una capa de 5 cm, de concreto asfáltico sobre una losa de concreto.

3.3.2. De la Ingeniería Básica

3.3.2.1. Estudios Topográficos

Se realizaron los estudios topográficos de acuerdo a lo especificado en el marco teórico obteniendo curvas cada metro en altimetría y en sección longitudinal un aproximado de 100 m antes y después del obstáculo a ser salvado, se definió el eje del camino y su perfil transversal por donde se estableció la ubicación definitiva de la estructura a ser diseñada lo cual se especifica en un plano a detalle en los anexos del presente estudio.

Donde se puede apreciar que la estructura será emplazada en una quebrada de una profundidad considerable donde la revancha será claramente superior a lo mínimo especificado, además que la zona adyacente a la quebrada no presenta vegetación mayor cabe decir que los arbustos por la zona no superan el metro de altura por lo cual no habrá riesgo de un estancamiento en el flujo.

Se establece la ubicación de la fibra inferior de la viga a una altura de 2094 m.s.n.m. con lo cual se puede apreciar que se contara con rellenos al ingreso del puente ya que al establecer la altura de la vigas el nivel del terreno quedara por debajo del nivel del camino.

El presente estudio nos proporciona la longitud a ser salvada que se define en 19.00 m de longitud total de las vigas de apoyo y todo el sistema del tablero lo que establece que la estructura se apoyara en dos estribos es decir sera simplemente apoyado, para esto se vio por conveniente direccionar la trayectoria del camino de tal manera que el puente sea perpendicular al eje de la quebrada y el camino de llegada no presente curvas ni esviajes si no que llegue lo mas recto posible como se puede apreciar en los planos a detalle anexados al estudio.

3.3.2.2. Estudios Geológicos y Geotécnicos

Dadas las características que presenta la roca de la quebrada en estudio (Quebrada Lampazar) y en comparación con los estudios proporcionados se pudo determinar que la misma es una roca lutita pizarrosa según el análisis geotécnico practicado para la zona, (Estudios geotécnicos realizados por la consultora UNION. [Ver anexos](#)) que nos proporciono la empresa DIA s.r.l. la misma que elabora un estudio en la presa de

carachimayu pudiéndose observar que la zona se caracteriza por la presencia de este tipo de material, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 1- Resultados del Ensayo a la Compresión de Rocas¹

Probeta	Resistencia Kg/cm²
1	156.88
2	252.46
3	172.81
4	236.53
RESISTENCIA	204.67

De la clasificación que me proporciono la consultora además de las resistencias que los mismos determinaron del ensayo de compresión uniaxial la norma AASHTO LRFD – 2004 el cual es muy conservador, pero este valor nos posibilita fundar a una pequeña profundidad que es donde se encuentra la roca sana, punto desde donde la misma tiene una resistencia de 3 MPa la cual va en ascenso hacia abajo.

Por los argumentos anteriormente expuestos se puede definir la cota de fundación para los estribos en 2092 m.s.n.m. en ambos extremos de la quebrada Lampazar.

3.3.2.3. Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

Antecedentes:

Se realizo el estudio hidrológico de acuerdo a lo especificado en el marco teórico teniendo el siguiente análisis hidrológico.

La quebrada Lampazar como lo denominan los comunarios es afluente al rio Carachimayu que a su vez aporta sus aguas al rio Guadalquivir.

¹ Elaboración Propia

Tabla 2.- Características de la cuenca²

Parámetros	Unidad	Cantidad
Área de la cuenca	Km ²	2.71
Perímetro de la cuenca	m	7,520.22
Cota en el punto mas bajo de la cuenca	m.s.n.m.	2,600.00
Cota en el punto mas Elevado de la cuenca	m.s.n.m.	2,400.00
Longitud del curso principal	m	2,678.43
Pendiente media del río	m/m	0.07

Las estaciones que fueron utilizadas en el estudio hidrológico son las siguientes:

Tabla 3.- Estaciones Pluviométricas³

Estación	Longitud S	Longitud W	Altura m.s.n.m.	Años registrados
Canasmoro	21°21'	64°45'	2080	1975-2003
León Cancha	21°11'	64°43'	2600	1976-2010
San Lorenzo	21°25'	64°45'	1900	1975-1993
Sella Quebradas	21°23'11'	64°40'52'	2145	1986-2010

Tirante de circulación máximo.

El tirante de circulación se lo determino para una especificada curva de descarga en base al perfil transversal de la quebrada en estudio de donde se obtuvo el siguiente tirante de circulación:

² Elaboración Propia

³ Elaboración Propia

Tabla 4.- Tirante máximo de circulación⁴

Tirante	Perímetro mojado	Área	Coef. De Rugosidad	Pendiente	Caudal	Velocidad
m	m	m ²		m/m	m ³ /s	m/s
0	0	0	0.03	0.149	0	0
1	5.22	1.096	0.03	0.149	4.99	4.55
2	10.63	4.53	0.03	0.149	33.05	7.29
3	16.03	10.23	0.03	0.149	97.68	9.55
3.28	17.52	12.23	0.03	0.149	123.76	10.12
3.3	17.65	12.42	0.03	0.149	126.36	10.18
3.5	18.73	13.98	0.03	0.149	148.02	10.59
4	21.46	18.36	0.03	0.149	213.14	11.61
5	26.86	28.7	0.03	0.149	386.40	13.46
6	32.27	41.41	0.03	0.149	629.91	15.21
7	40.99	50.04	0.03	0.149	736.28	14.71

Se obtuvo un valor máximo de tirante de 3.3 para el caudal máximo de circulación

Profundidad de socavación.

La profundidad de socavación no fue precisada debido a que la estructura estará fundada en un suelo rocoso y además la estructura no contara con una pila central por lo cual no fue necesaria su determinación.

Resultados del estudio hidrológico.

Tabla 5.- Tabla resumen Estudio Hidrológico⁵

Características	Unidad	Cantidad
Caudal maximo	m ³ /s	124.956
Área	m ²	12.42
Perímetro mojado	m	17.65
Pendiente	m/m	0.149
Velocidad	m/s	10.18
Tirante máximo	m	3.3

⁴ Elaboración Propia

⁵ Elaboración Propia

El estudio hidrológico nos determino que el tirante máximo se encuentra a 2089.3 m.s.n.m. por lo tanto se tiene una revancha de 4.7 m.

3.4. Diseño Estructural

La estructura planteada es un puente simplemente apoyado con un tablero superior el cual consta fundamentalmente: De los accesorios, la calzada constituida por la loza y las vigas la cuales estarán sometidas principalmente a flexión y la infraestructura la cual estará constituida por los estribos.

Se planteó el diseño convencional de un puente con vigas de Hormigón Armado la misma que siguió los lineamientos técnicos normales para este tipo de estructuras. Por otra parte se vario en la metodología constructiva para su fabricación en una se planifico el método tradicional que comprende el cimbrado o encofrado in situ de la viga de hormigón armado y la otra el empuje de la viga a través de una pista de empuje apoyado con una nariz de lanzamiento que permite salvar el paso de manera segura, para esta se vio la necesidad de cálculos adicionales según se detallara a continuación.

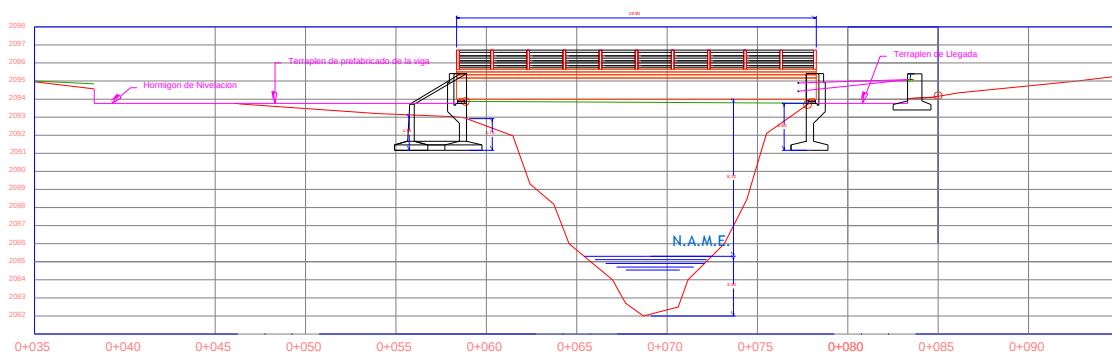


Gráfico 20- Vista Transversal del Emplazamiento

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados Obtenidos

4.1.1. De la Ingeniería Básica

4.1.1.1. Estudios Topográficos

Se obtuvo curvas cada metro en altimetría y en sección longitudinal un aproximado de 100 m antes y después del obstáculo a ser salvado, se definió el eje del camino y su perfil transversal por donde se estableció la ubicación definitiva de la estructura a ser diseñada lo cual se especifica en un plano a detalle en los anexos del presente estudio.

Se aprecia que la profundidad de la quebrada donde se pretende emplazar la estructura tiene aproximadamente 8m lo que la califica como una quebrada de considerable profundidad que cumple con las características para el desarrollo del estudio, donde la revancha será claramente superior a lo mínimo especificado, además que el lecho adyacente a la quebrada muestra rasgos en la vegetación claros de que las máximas crecidas en los últimos años no supero los 2 m. de altura los que da seguridad a la estructura y respalda los cálculos hidráulicos.



Gráfico 21- Lecho de la Quebrada a ser salvada

Se establece la ubicación de la fibra inferior de la viga estará a la cota de 2094 m.s.n.m. por lo cual se puede apreciar que se contara con rellenos al ingreso y salida del puente ya quedando el nivel del terreno por debajo del nivel del camino actual.

El estudio topográfico nos definió además la longitud a ser salvada que presento 19.00 m de longitud total del paso para proteger la quebrada, para esto se vio por conveniente direccionar la trayectoria del camino de tal manera que el puente sea perpendicular al eje de la quebrada y el camino de llegada no presente curvas ni esvíaes si no que llegue lo mas recto posible como se puede apreciar en los planos a detalle anexados al estudio.

La importancia del presente estudio es claramente obvia ya que es el que explicada los parámetros principales para la elaboración de alternativas posibles para dar solución al problema y por ultimo dar la solución real y definitiva que satisfaga las condiciones del proyecto respetando los lineamientos previamente establecidos por la topografía.

4.1.1.2. Estudios Geológicos y Geotécnicos

Dadas las características geológicas del terreno que bordea la quebrada (Quebrada Lampazar) se necesito estudios de exploración en roca para la extracción de testigos con perforación y ya que en zonas aledañas (a 50m del área de proyecto) se practicaba el estudio para la construcción de la presa de Carachimayu la empresa consultora de este proyecto, proporciono dichos estudios tanto geológico como geotécnicos, donde se pudo determinar que la misma es una roca lutita pizarrosa según el análisis geotécnico efectuado para la zona, (Estudios geotécnicos realizados por la consultora UNION. [Ver anexos](#)) que nos proporciono la empresa DIA s.r.l. la misma que elabora un estudio en la presa de carachimayu pudiéndose observar que la zona se caracteriza por la presencia de este tipo de material, teniendo los siguientes resultados:

4.1.1.3. Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

Los estudios hidrológicos e hidráulicos reportan los resultados que se presentan a continuación, los mismos que fueron ejecutados en base a datos adquiridos en el SENAMHI y cartas geográficas proporcionadas por el Instituto Geográfico Militar IGM.

Profundidad de socavación.

La profundidad de socavación no fue precisada debido a que la estructura estará fundada en un suelo rocoso y además la estructura no contara con una pila central por lo cual no fue necesaria su determinación.

Resultados del estudio hidrológico.

Tabla 6.- Tabla resumen Estudio Hidrológico¹

Características	Unidad	Cantidad
Caudal maximo	m ³ /s	124.956
Área	m ²	12.42
Perímetro mojado	m	17.65
Pendiente	m/m	0.149
Velocidad	m/s	10.18
Tirante máximo	m	3.3

¹ Elaboración Propia

4.1.2. Cálculos métricos (Volumen de Obra)

4.1.2.1. Puente Prefabricado y empujado (Mixto)

N°	Descripción de las obras	Unidad	Partes iguales	DIMENSIONES			CANTIDADES		
				Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales	
				m.	m.	m.			
1 TRABAJOS PRELIMINARES									
1.1	INSTALACION DE FAENAS	Glb.	1.00				1.00	1.00	
1.2	LIMPIEZA DE TERRENO Y DESBROCE	m²	1.00				300	300	
1.3	REPLANTEO Y TRAZADO DE OBRA	Glb.	1.00				1	1	
1.4	REVISION GEOTECNICA	m²	1.00				20	20	
1.5	CONFORMACION DE TERRAPLEN	m³	1.00	27	5.00	0.5	67.5	67.5	
2 INFRAESTRUCTURA									
2.1	EXACAVACION EN ROCA SEMI DURA	m³	2.00	21.15		1.5	63.45	63.45	
2.2	HORMIGON POBRE DE NIVELACION								
	- Estribos	m³	2.00	21.15		0.1	4.23	4.23	
2.3	HORMIGON SIMPLE P/FUNDACIONES T. R-21								
	- Zapata seccion constante lado Escuela	m³	2.00	1.03		3.50	3.59		
	- Zapata seccion variable lado Escuela	m³	1.00	0.86		6.30	5.42		
	- Zapata seccion constante lado Carachimayu	m³	2.00	1.03		3.50	3.59		
	- Zapata seccion variable lado Carachimayu	m³	1.00	0.86		6.30	5.42		
								18.01	
2.4	HORMIGON SIMPLE P/ELE. ESTRIBOS T. R-21								
	- Pantalla Frontal lado Escuela	m³	1.00	1.87		6.3	11.81		
	- Aleros lado Escuela	m³	2.00	10.15	0.40	0.25	3.30		
	- Pantalla Frontal lado Carachimayu	m³	1.00	1.87		6.3	11.81		
	- Aleros lado Carachimayu	m³	1.00	10.15	0.40	0.25	3.30		
	- Losa de Aproximacion	m³	1.00	5.00	0.20	5.00	5.00		
	- Losa de Aproximacion	m³	1.00	Area	1.68	1.00	1.68		
								36.89	
2.5	BARBACANAS DE PVC. D = 4"	m	22.00	0.60			13.2	13.20	
2.6	RELLENO Y COMPACTADO MANUAL	m³	1.00			122.58	122.58	122.58	
2.7	ACERO ESTRUCTURAL	Kg.				4787.35	4787.35	4787.35	
3 SUPERESTRUCTURA									
3.1	VIGA PREFABRICADA DE HoAo								
	- Vigas externas	m³	2.00	19.90	0.40	1.22	19.42		
	- Vigas de borde	m³	2.00	19.90	0.25	0.48	4.78		
								24.20	
3.2	EMPUJADO DE VIGA DE HoAo	Glb.	2.00				2.00	2.00	
3.3	HORMIGO SIMPLE P/LOSA T. R-21	m³	1.00	19.90	4.00	0.18	14.33	14.33	
3.4	HORMIGO SIMPLE P/DIAFRAGMAS T. R-21	m³	3.00	3.64		0.20	2.18	2.18	
3.5	HORMIGON SIMPLE P/ACCESORIOS T. R-21								
	- Pasamanos	m³	80.00	2.00	0.15	0.15	3.6		
	- Postes	m³	22.00	0.186		0.15	0.614		
	- Acera	m³	2.00	19.90	0.55	0.15	3.28		
								7.50	
3.6	ACERO ESTRUCTURAL								
	- Losa	Kg.	1.00			1715.91	1715.91		
	- Barandado	Kg.	1.00			1069.85	1069.85		
	- Diafragmas	Kg.	1.00			194.55	194.55		
	- Vigas	Kg.	1.00			4404.17	4404.17		
								7384.48	
3.7	APOYO DE NEOPRENO COMPUESTO	dm³	4.00	3	2.50	0.5	15.00	15.0	
3.8	JUNTA DE DILATACION P/PUENTE	m	2.00	4			8.00	8.00	
3.9	CANTONERA DE PERFIL L	m	2.00	4			8.00	8.00	
3.1	RELLENO Y COMPAC. DE ACCESOS CON MAQ.	m³	1.00	99.78	10.00		997.8	997.8	
3.11	LIMPIEZA GENERAL	Glb.	1.00				1.00	1.00	
3.12	TUBO FG	Pza	2.00				2.00	2.00	
3.13	BLOQUE DE APOYO R35	m³	2.12	1			2.00	4.24	

4.1.2.2. Método Tradicional de Construcción

N°	Descripción de las obras	Unidad	Partes iguales	DIMENSIONES			CANTIDADES	
				Largo	Ancho	Alto	Parciales	Totales
				m.	m.	m.		
1 TRABAJOS PRELIMINARES								
1.1	INSTALACION DE FAENAS	Glb.	1.00				1.00	1.00
1.2	LIMPIEZA DE TERRENO Y DESBROCE	m²	1.00				300	300
1.3	REPLANTEO Y TRAZADO DE OBRA	Glb.	1.00				1	1
1.4	REVISION GEOTECNICA	m²	1.00				20	20
2 INFRAESTRUCTURA								
2.1	EXCAVACION EN ROCA SEMI DURA	m³	2.00	21.15		1.5	63.45	63.45
2.2	HORMIGON POBRE DE NIVELACION							
	- Estribos	m³	2.00	21.15		0.1	4.23	4.23
2.3	HORMIGON SIMPLE P/FUNDACIONES T. R-21							
	- Zapata seccion constante lado Escuela	m³	2.00	1.03		3.50	3.59	
	- Zapata seccion variable lado Escuela	m³	1.00	0.86		6.30	5.42	
	- Zapata seccion constante lado Carachimayu	m³	2.00	1.03		3.50	3.59	
	- Zapata seccion variable lado Carachimayu	m³	1.00	0.86		6.30	5.42	
								18.01
2.4	HORMIGON SIMPLE P/ELE. ESTRIBOS T. R-21							
	- Pantalla Frontal lado Escuela	m³	1.00	1.87		6.3	11.81	
	- Aleros lado Escuela	m³	2.00	10.15	0.40	0.25	3.30	
	- Pantalla Frontal lado Carachimayu	m³	1.00	1.87		6.3	11.81	
	- Aleros lado Carachimayu	m³	1.00	10.15	0.40	0.25	3.30	
	- Losa de Aproximacion	m³	1.00	5.00	0.20	5.00	5.00	
								35.21
2.5	BARBACANAS DE PVC. D = 4"	m	22.00	0.60			13.2	13.20
2.6	RELLENO Y COMPACTADO MANUAL	m³	1.00			120.90	120.90	120.90
2.7	ACERO ESTRUCTURAL	Kg	1.00			4712.82	4712.82	4712.82
3 SUPERESTRUCTURA								
3.1	HORMIGON SIMPLE P/VIGAS T. R-21							
	- Vigas externas	m³	2.00	19.90	0.40	1.22	19.42	
	- Vigas de borde	m³	2.00	19.90	0.25	0.48	4.78	
								24.20
3.2	HORMIGO SIMPLE P/LOSA T. R-21	m³	1.00	19.90	4.00	0.18	14.33	14.33
3.3	HORMIGO SIMPLE P/DIAFRAGMAS T. R-21	m³	3.00	3.64		0.20	2.18	2.18
3.4	HORMIGON SIMPLE P/ACCESORIOS T. R-21							
	- Pasamanos	m³	80.00	2.00	0.15	0.15	3.6	
	- Postes	m³	22.00	0.186		0.15	0.614	
	- Acera	m³	2.00	19.90	0.55	0.15	3.28	
								7.50
3.5	ACERO ESTRUCTURAL							
	- Losa	Kg	1.00			1715.91	1715.91	
	- Barandado	Kg	1.00			1069.85	1069.85	
	- Diafragmas	Kg	1.00			194.55	194.55	
	- Vigas	Kg	1.00			3763.77	3763.77	
								6744.07
3.6	APOYO DE NEOPRENO COMPUESTO	dm³	4.00	3	2.50	0.5	15.00	15.0
3.7	JUNTA DE DILATACION P/PUENTE	m	2.00	4			8.00	8.00
3.8	CANTONERA DE PERFIL L	m	2.00	4			8.00	8.00
3.9	RELLENO Y COMPAC. DE ACCESOS CON MAQ.	m³	1.00	99.78	10.00		997.8	997.8
3.1	LIMPIEZA GENERAL	Glb.	1.00				1.00	1.00

4.1.3. Presupuesto General

4.1.3.1. Puente Prefabricado y empujado (Mixto)

Lugar: Carachimayu Norte	Tipo de cambio: 6.96
---------------------------------	-----------------------------

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	M01 - TRABAJOS PRELIMINARES				75,505.60
1	INSTALACION DE FAENAS	m ²	1.00	28,005.31	28,005.31
2	LIMPIEZA DE TERRENO Y DESHIERBE	m ²	300.00	30.20	9,060.00
3	REPLANTEO Y TRAZADO EN OBRA	glb	1.00	19,818.38	19,818.38
4	REVISION GEOTECNICA	glb	1.00	13,740.31	13,740.31
5	CONFORMACION DE TERRAPLEN	m ³	67.50	72.32	4,881.60
>	M02 - INFRAESTRUCTURA				301,471.70
6	EXCAVACION EN ROCA SEMIDURA	m ³	63.45	370.15	23,486.02
7	HORMIGON POBRE DE NIVELACION	m ³	4.23	1,055.86	4,466.29
8	HO.SIMPLE PARA FUNDACION FC = 210 KG/CM2.	m ³	18.01	2,326.85	41,906.57
9	HO.SIMPLE PARA ELEV DE ESTRIBOS FC = 210	m ³	36.89	2,327.72	85,869.59
10	BARBACANAS PVC D=4"	m	13.20	54.29	716.63
11	RELLENO COMP.MANUAL	m ³	120.90	114.98	13,901.08
12	ACERO ESTRUCTURAL	KG	4,787.35	27.39	131,125.52
>	M03 - SUPERESTRUCTURA				569,976.49
13	VIGA PREFABRICADA DE HoAo R35	m ³	24.20	2,534.98	61,346.52
14	EMPUJADO DE VIGA DE HoAo	glb	2.00	46,268.61	92,537.22
15	HO.SIMPLE PARA LOSA FC = 210 KG/CM2.	m ³	14.33	2,479.50	35,531.24
16	HO.SIMPLE DIAFRACMAS FC = 210 KG/CM2.	m ³	2.18	2,218.43	4,836.18
17	HO.SIMPLE PARA ACCESORIOSFC = 210 KG/CM2.	m ³	7.50	2,309.99	17,324.92
18	ACERO ESTRUCTURAL	KG	6,744.07	27.39	184,720.08
19	APOYO DE NEOPRENO	m ³	15.00	758.72	11,380.80
20	JUNTA DE DILATACION PARA PUENTE	KG	8.00	309.10	2,472.80
21	CANTONERA DE PERFIL	pza	8.00	522.02	4,176.16
22	RELLENO COMP.COMPACTAD CON MAQUINARIA	m ³	997.80	145.00	144,681.00
23	LIMPIEZA GENERAL	m ²	1.00	20.13	20.13
24	TUBERIA F.G. 2"	pza	2.00	100.56	201.12
25	BLOQUE DE APOYO DE HoAo R35	m ³	4.24	2,534.98	10,748.32
	Total presupuesto:				946,953.79

Son: Novecientos Cuarenta y Seis Mil Novecientos Cincuenta y Tres con 79/100 Bolivianos

4.1.3.2. Método Tradicional de Construcción

Lugar: Carachimayu Norte	Tipo de cambio: 6.96
---------------------------------	-----------------------------

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	M01 - TRABAJOS PRELIMINARES				70,624.00
1	INSTALACION DE FAENAS	m ²	1.00	28,005.31	28,005.31
2	LIMPIEZA DE TERRENO Y DESHIERBE	m ²	300.00	30.20	9,060.00
3	REPLANTEO Y TRAZADO EN OBRA	glb	1.00	19,818.38	19,818.38
4	REVISION GEOTECNICA	glb	1.00	13,740.31	13,740.31
>	M02 - INFRAESTRUCTURA				239,955.60
5	EXCAVACION EN ROCA SEMIDURA	m ³	63.45	370.15	23,486.02
6	HORMIGON POBRE DE NIVELACION	m ³	4.23	1,055.86	4,466.29
7	HO.SIMPLE PARA FUNDACION FC = 210 KG/CM2.	m ³	18.01	2,326.85	41,906.57
8	HO.SIMPLE PARA ELEV DE ESTRIBOS FC = 210	m ³	35.21	2,327.72	81,959.02
9	BARBACANAS PVC D=4"	m	13.20	54.29	716.63
10	RELLENO COMP.MANUAL	m ³	120.90	114.98	13,901.08
11	ACERO ESTRUCTURAL	KG	4,712.82	15.60	73,519.99
>	M03 - SUPERESTRUCTURA				732,011.98
12	HO.PARA VIGAS R35	m ³	24.20	13,506.97	326,868.67
13	HO.SIMPLE PARA LOSA FC = 210 KG/CM2.	m ³	14.33	2,479.50	35,531.24
14	HO.SIMPLE DIAFRACMAS FC = 210 KG/CM2.	m ³	2.18	2,218.43	4,836.18
15	HO.SIMPLE PARA ACCESORIOSFC = 210 KG/CM2.	m ³	7.50	2,309.99	17,324.92
16	ACERO ESTRUCTURAL	KG	6,744.07	27.39	184,720.08
17	APOYO DE NEOPRENO	m ³	15.00	758.72	11,380.80
18	JUNTA DE DILATACION PARA PUENTE	KG	8.00	309.10	2,472.80
19	CANTONERA DE PERFIL	pza	8.00	522.02	4,176.16
20	RELLENO COMP.COMPACTAD CON MAQUINARIA	m ³	997.80	145.00	144,681.00
21	LIMPIEZA GENERAL	m ²	1.00	20.13	20.13
	Total presupuesto:				1,042,591.58

Son: Un Millón(es) Cuarenta y Dos Mil Quinientos Noventa y Uno con 58/100 Bolivianos

4.1.4. Gastos Generales

4.1.4.1. Puente Prefabricado y empujado (Mixto)

1\$us = Bs 6.96

DESCRIPCIÓN	Precio Total (\$us)
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO	136056.58
PRESUPUESTO GENERAL DE SUPERVISION (95%) y CAPACITACIÓN (5%)	13605.66

COSTO TOTAL DEL PROYECTO (\$us)	149662.24
COSTO TOTAL DEL PROYECTO (Bs)	1041649.17

Son: Un millón cuarenta y un mil seiscientos cuarenta y nueve con 17/100 Bolivianos

4.1.4.2. Método Tradicional de Construcción

1\$us = Bs 6.96

DESCRIPCIÓN	Precio Total (\$us)
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO	149797.64
PRESUPUESTO GENERAL DE SUPERVISION (95%) y CAPACITACIÓN (5%)	14979.76

COSTO TOTAL DEL PROYECTO (\$us)	164777.40
COSTO TOTAL DEL PROYECTO (Bs)	1146850.74

Son: Un millón ciento cuarenta y seis mil ochocientos cincuenta con 74/100 Bolivianos

4.2. Análisis de Resultados

Habiendo realizado el estudio comparativo entre estas dos metodologías constructivas se pudo evidenciar:

4.2.1. Análisis técnico

El Estudio se aboca al diseño de las partes constitutivas de un puente de hormigón armado convencional con la siguiente diferencia, que tratándose de la primera metodología (puente prefabricado y empujado mixto) se hace necesario entrar en el diseño de la nariz de lanzamiento, el mismo que trata de un diseño estructural metálico que soporte diferentes estados de carga;

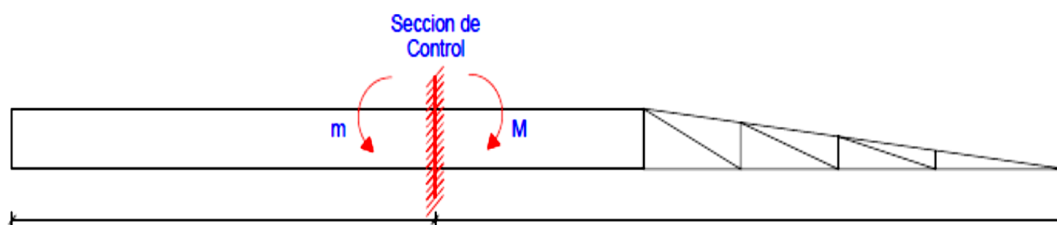


Gráfico 22- Estado de carga al momento de empujar la viga

, además que la respuesta resistente para la que fue diseñada la viga cambia de una viga simplemente apoyada a una viga en voladizo con diferentes estados lo que conlleva al refuerzo estructural de la misma para que soporte el momento generado principalmente por su peso propio;

Tabla 7.- Comparacion de refuerzos

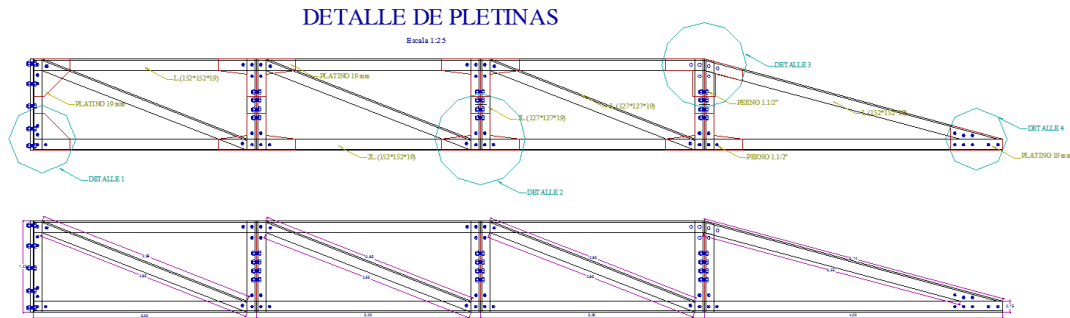
Tipo de Armadura	N°	ϕ	P. Unit Kg/m	P Total Kg
Armadura normal:	17	25	3.86	1273.03
Armadura adicional:	4	25	3.86	299.54

Existe un refuerzo del **23.53%** Adicional al estado normal de servicio por acción de la metodología constructiva.

, como se trato de una pieza que necesariamente tenia que ser ensamblada en el lugar para su fácil transporte y disposición en lugares de difícil acceso donde no es posible el ingreso de maquinaria muy pesada se vio por conveniente el diseño y disposición de pernos,

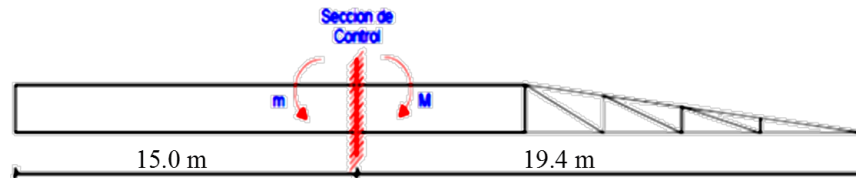
pletinas de unión para garantizar el funcionamiento de todas las partes en conjunto formando una sola estructura entre si capaz de resistir las solicitaciones que se presenten (ver anexos memoria de calculo).

Gráfico 23- Detalle de la Nariz de Empuje



Una de las partes mas importantes fue la de comprobar que la viga no se volcara en el instante a ser empujada debido al momento generado por el voladizo en la unión viga y nariz, tomando como punto mas critico una milésima antes que la nariz llegue al otro extremo ya que en ese instante se generaría el momento máximo.

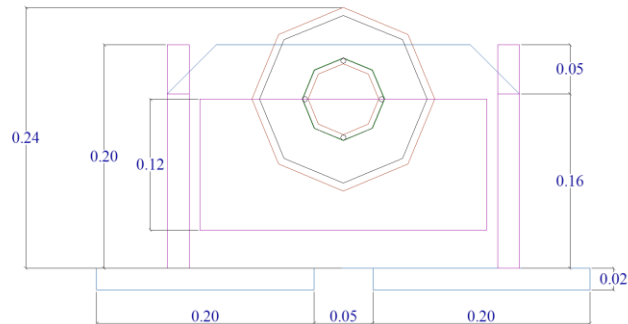
Gráfico 24- Comprobacion de vuelco al Empujar la Viga



$$\begin{aligned}
 m &= 118584.00 \text{ Kg.m} && \text{Minorado} \\
 M &= 99058.83 \text{ Kg.m} && \text{Mayorado} \\
 m &> M && \text{Se Cumple la Condicion}
 \end{aligned}$$

Una vez salvada esa condición se procedió a todos los cálculos necesarios descritos en la memoria de cálculo ya que esto fue lo que determino la longitud final de la nariz de lanzamiento. Además se hizo necesario la implementación de rodillos de lanzamiento que posibilitan el libre desplazamiento de la estructura de un vano al otro;

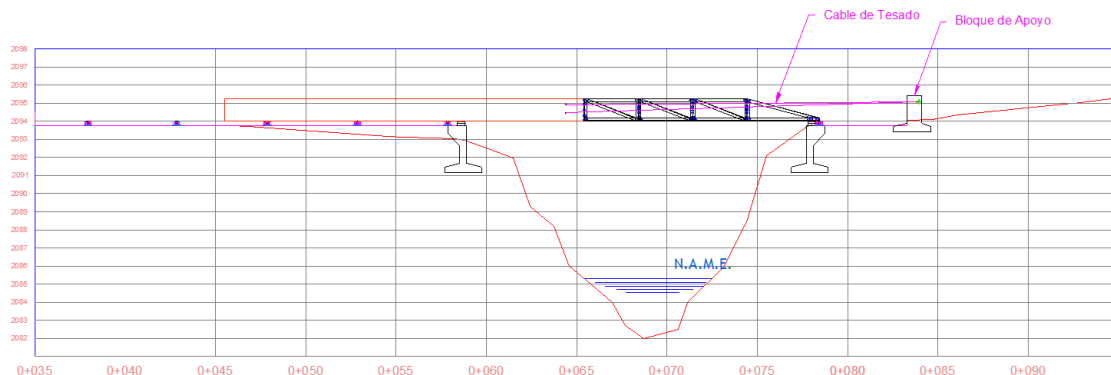
Gráfico 25- Rodillo apoyo deslizante para empuje de la viga



Estos fueron calculados y puestos a disposición para su aplicación en la presente metodología constructiva, la aplicación de los mismos y metodología constructiva se encuentra detallada en las especificaciones técnicas anexadas al documento.

Por otra parte ya que el presente estudio se proyecta en un lugar de difícil acceso el método utilizado para desplazar la viga de un extremo al otro es parte de la metodología constructiva de tesado de cables para una viga pretensada, cabe decir que en vez de anclar ambos extremos del cable, uno permanecerá libre posibilitando que al tesar el cable con equipo convencional de tesado, la viga se desplace a través de los rodillos y así se permita salvar el paso deseado.

Gráfico 26- Esquema de empujado de la viga



En cuanto a la segunda metodología (Método tradicional) los cálculos de las partes constitutivas de un puente fueron materializadas según el marco teórico y como no se utilizó ningún método fuera de lo convencional en el método constructivo no se requirió de cálculos adicionales salvo que como se trataba de un paso de considerable profundidad el

calculo de encofrados se hizo de manera mas meticulosa ([ver anexos memoria de calculo](#)) para poder así realizar una comparación de las diferencias entre ambos método de construcción.

4.2.2. Análisis económico

La idea base donde surgió el presente estudio fue que en nuestro medio poco es el uso de nuevas metodologías de construcción, en particular en puentes pequeños, que a mi parecer serian mas económicos y rentables en nuestro medio por la repetitividad de esta característica de puentes en la zona rural de nuestro departamento además que ahorrarían mayor tiempo en la ejecución si se viera la posibilidad de llegar a fabricarlos de manera masiva además que los tiempos de ejecución serian menores.

Una vez practicado el estudio se tuvo como resultado el precio referencial de ambos métodos de construcción donde la primera metodología tiene un costo de **946,953.79 Bs.** en general y **47,585.62 Bs. / metro**, la segunda metodología tiene un costo de **1.042,591.58 Bs.** en general y **52391.54 Bs. / metro**. Entre ambos se tiene una diferencia de **95,637.80 Bs** donde resulta más económica la primera metodología con más o menos del 10 %, además:

Tabla 8.- Resúmenes de cuantías de Obra

Resumen de cuantías método alternativo

CUANTIA DE ACERO INFRAESTRUCTURA	82.03 Kg/m³
CUANTIA DE ACERO SUPERESTRUCTURA	153.18 Kg/m³
CUANTIA PROMEDIO DEL PUENTE	117.61 Kg/m³

Resumen de cuantías método tradicional

CUANTIA DE ACERO INFRAESTRUCTURA	82.03 Kg/m³
CUANTIA DE ACERO SUPERESTRUCTURA	139.90 Kg/m³
CUANTIA PROMEDIO DEL PUENTE	110.96 Kg/m³

En el cuadro anterior se evidencio un incremento en la cuantía de acero al utilizar el método alternativo siendo este uno de los ítems mas importantes, por lo que se debe hacer notar que

para luces mas cortas con diferentes características de emplazamiento el puente tradicional resultaría más económico.

Entonces se podría decir que para las características dadas de la topografía en el lugar de emplazamiento del puente (Comunidad Carachimayo Norte) la hipótesis que se planteo a un principio que el puente prefabricado y empujado mixto resulta mas económico se cumplió y que en estas características particulares de emplazamiento es recomendable emplear métodos mas sofisticados que los tradicionales y si bien el costos es tan solo del 10 % a esto se suma que la nariz de lanzamiento y dispositivos puede servir otros puentes o pueden ser alquilados lo que haría aun mas rentable esta alternativa para el constructor en pasos que tengan similares características además que el tiempo de ejecución para el primero es de **224 días** y para el segundo de **249 días** que en teoría son **25 días** menos la construcción de puentes del tipo prefabricados, empujados lo que representa en la obra menos egreso de dinero por tanto mayor ahorro en la construcción y si esta metodología de alguna manera se lograra practicar con el apoyo de plantas de fabricación exclusivas su costo se minimizaría aun mas.

Y si bien en algún momento los precios llegaran a igualarse por alzas de precios u otros factores se debe de tomar en cuenta que las ventajas técnicas de la prefabricación y empuje o alzado como se lo maneja en algunas bibliografías resulta mucho mejores que lo tradicional para el este caso en particular (**depresiones considerables y longitudes cortas**), para otras características deberá manifestarse un análisis previo evaluando todas las posibilidades de diseño.

4.2.2. Análisis de ventajas y desventajas

4.2.2.1. Puente Prefabricado y empujado (Mixto)

Ventajas:

- Menor costo frente a métodos tradicionales.
- Menor tiempo de ejecución.
- Mayor seguridad en su construcción.
- Minoración de pandeos debido a descalce de obra falsa.
- Mejor aprovechamiento de los materiales.

- Cumple con todos los requisitos que deben tener obras del mismo tipo (seguridad, confort, etc.).
- No requiere mayor mantenimiento que obras similares.
- Promueve el uso de mejores métodos constructivos en la región.

Desventajas:

- Carencia de mano de obra calificada.
- Poco o nada de uso de estos métodos en la región.
- Poca aceptación de estos métodos debido a falta de inversión.
- Requiere mayor y mejor control que obras similares.

4.2.2.2. Método Tradicional de Construcción

Ventajas:

- No requiere mano de obra muy calificada.
- No requiere mayor control que lo normal.
- No requiere de equipo especializado para su emplazamiento

Desventajas:

- Su utilización es limitada.
- Requiere el uso de obra falsa a lo largo de su estructura.
- La obra falsa no proporciona suficiente seguridad tanto para la estructura como hará el constructor si no es dispuesta adecuadamente.
- Requiere tiempos largos de ejecución.
- No materializa ningún aporte al mejoramiento de la metodología constructiva.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

Las deducciones que en este apartado se presentan tendrán como base de sustentación todos los resultados anteriormente presentados en conjunto con el marco metodológico practicado en el estudio:

- A través de la realización del estudio se pudo hacer una comparación técnica y económica llegando a la conclusión que los puentes prefabricados y empujados son más económicos y presentan mejor comportamiento técnico en las condiciones topográficas dadas.
- El puente prefabricado y empujado (mixto) es 10% más económico que el método tradicional de construcción.
- La obra falsa en el método tradicional de construcción para las características topográficas, presentan precios muy elevados que ascienden a 219.457,7Bs. ([ver anexos precios unitarios y memoria de calculo](#)) que son mas o menos el 20 % de todo el presupuesto, básicamente es el doble del monto que se ahorra con los métodos tradicionales.
- Se pudo exponer en forma clara en que consisten las metodologías constructivas de ambas alternativas planteadas lo que fue parte fundamental para llegar los resultados presentados anteriormente.
- El uso de alternativas constructivas diferentes a las tradicionales no afectan al cálculo y diseño del puente como tal los cuales se hacen de manera tradicional, no obstante la diferencia radica en la metodología constructiva aplicada en la cual si se ameritan cálculos extras a ser manejados ([ver anexos memoria de cálculo](#)).
- Se pudo comprobar que alternativas de construcción diferentes y más modernas a las tradicionales son técnica y económicamente más viables.
- Se hace notar que la prefabricación de las vigas de hormigón armado es planeada en cercanías del lugar mas propiamente dicho al margen inicial de acceso al puente para su posterior empuje para lo cual fue necesario la implementación de terraplenes bien compactados para garantizar la horizontalidad de la viga, ya que el acceso no

es el mejor para el ingreso de maquinaria de alto tonelaje necesarios para otras metodologías de construcción, con lo que respecta a la losa esta será fabricada y vaciada una vez que las vigas estén en su posición final tal como se lo haría tradicionalmente ya que al no poder ingresar equipo pesado como grúas el colocado de las piezas prefabricadas de las losas no podría ser posible, pero como el puente es de pequeña luz y las vigas ya estarán dispuestas su fabricación y vaciado será sencillo.

- Con la elaboración del estudio comparativo se pudo recopilar variada e importante información sobre el empujado de vigas y el diseño de la estructura metálica representada por la nariz de empuje y accesorios, el mismo al momento de ser entregado definitivamente ira anexado en una copia magnética para su consulta y estudio.
- Cabe resaltar que el estudio comparativo efectuado no tiene el único fin de sentar un precedente sobre las metodologías constructivas, si no que además cumple un bien social porque el mismo fue realizado en la comunidad de Carachimayu Norte de donde se obtuvieron los resultados de todos los estudios básicos que amerita el caso y como se planteo en el marco teórico, cumpliendo además con la premisa de dar un aporte a la sociedad como personas y futuros profesionales.
- Se aconseja además que en razón a la creciente expansión del área urbana al área rural y la generación de obras de impacto en nuestra ciudad la utilización de puentes de una sola vía resulta poco factible ya que si bien el trafico en esas regiones por el momento es escaso en algún momento cambiara por algún factor dejando en des uso la obra que representa una inversión al municipio, en este caso se respeta la idea de los comunarios de generar un diseño lo mas económico posible, siendo esta una obra muy importante para su comunidad los mismos puedan acelerar su construcción poniendo una contraparte del monto de ejecución y dependiendo el costo hasta financiar la misma argumentando que las autoridades hacen caso omiso a sus peticiones y para los fines académicos se planteo de esta manera pero encomendando que los puentes como mínimo tienen que contar de dos franjas para el trafico.

- Por ultimo se debe hacer notar que con el creciente avance que tiene la tecnología día a día el uso de métodos constructivos de antaño han quedado casi obsoletos constructivamente y si bien cumple con su cometido principal el de vincular un punto con el otro hoy en día no se busca solamente eso sino que sea técnica y económicamente viable lo mayormente posible, es por eso que la prefabricación y nuevos métodos constructivos que se van mejorando con el pasar del tiempo es el futuro de la construcción con los grandes beneficios que proporcionarían su correcto y masivo uso, no solo de puentes si no de las diferentes obras civiles.