

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
REPUBLICA DE CHILE

**PROGRAMA DE REHABILITACION Y CONSERVACION
DE LOS PUENTES
EN LA
REPUBLICA DE CHILE
(FASE 2)**

INFORME FINAL

**MANUALES DE PUENTES
(VOLUMEN 6/8)**

JULIO 1998



PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL

S S F

J R

98-086

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
REPUBLICA DE CHILE**

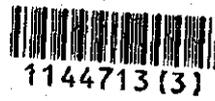
**PROGRAMA DE REHABILITACION Y CONSERVACION
DE LOS PUENTES
EN LA
REPUBLICA DE CHILE
(FASE 2)**

INFORME FINAL

**MANUALES DE PUENTES
(VOLUMEN 6/8)**

JULIO 1998

PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL



1144713 (3)

VOLUMEN 6/8 MANUALES DE PUENTES

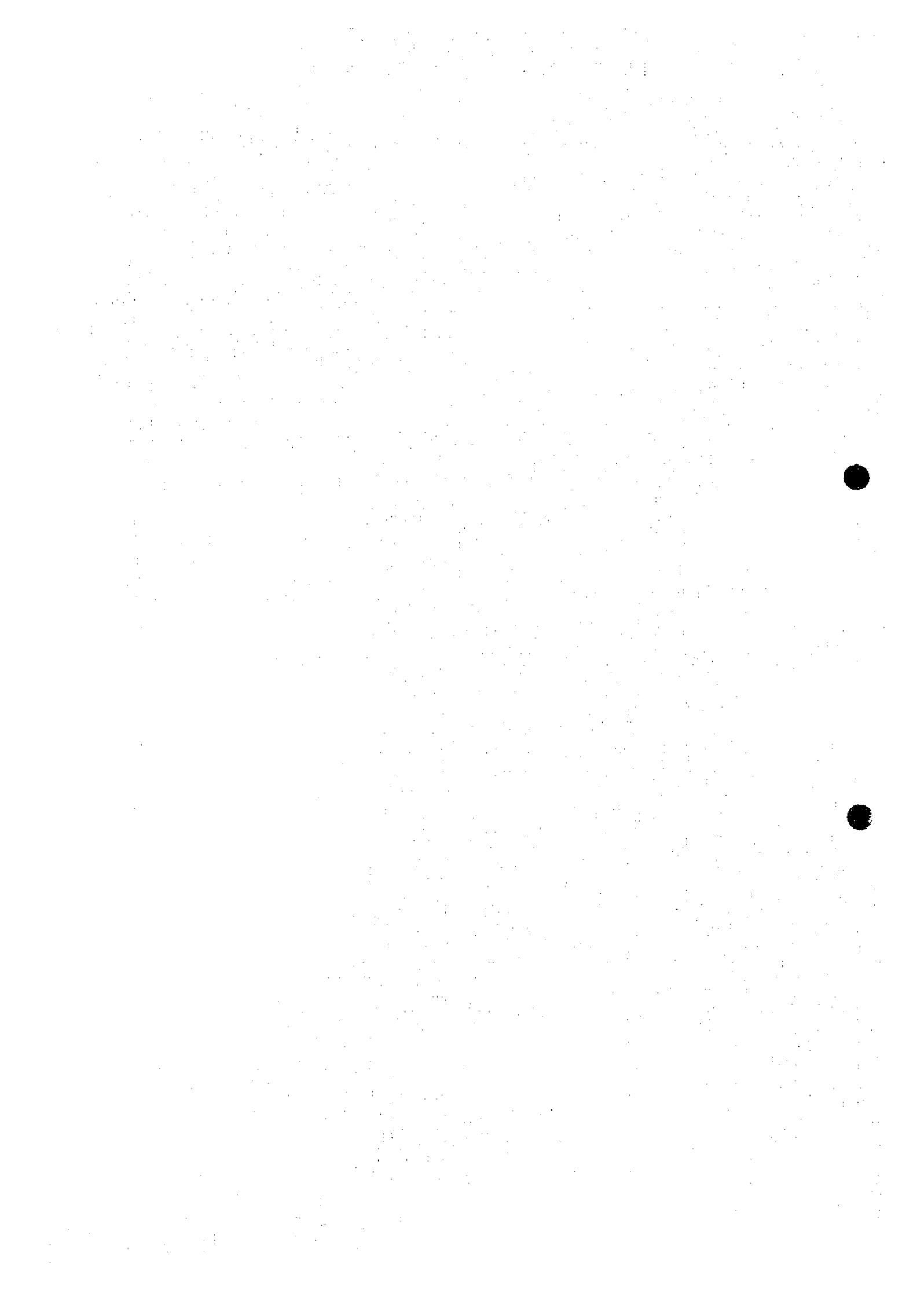
- DIVISIÓN I MANUAL PARA LA PLANIFICACIÓN DE PUENTES**
- DIVISIÓN II ESTUDIO MEDIO AMBIENTAL PARA EL PUENTE**
- DIVISIÓN III INSPECCIÓN & REHABILITACIÓN DE PUENTES**
- DIVISIÓN IV DISEÑO DE PUENTES**
- DIVISIÓN V PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES**
- DIVISIÓN VI ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN**

**DIVISIÓN I MANUAL PARA LA
PLANIFICACIÓN DE PUENTES**

DIVISIÓN I MANUAL PARA LA PLANIFICACIÓN DE PUENTES

ÍNDICE

	<u>Página</u>
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES	
1.1 Introducción	I - 1
1.2 Estructura General de un Punte.....	I - 1
1.3 Ciclo de Vida de un Punte.....	I - 2
CAPÍTULO 2 PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DE PUENTES	
2.1 Generalidades.....	I - 3
2.2 Demanda por la Construcción de un Puentes.....	I - 3
2.3 Definición de Requerimientos y Condiciones	I - 4
2.3.1 Generalidades.....	I - 4
2.3.2 Requerimientos.....	I - 4
2.3.3 Conditions.....	I - 5
2.4 Planificación del Punte.....	I - 8
2.4.1 Preparación del Mapa Base o de Referencia.....	I - 8
2.4.2 Anteproyecto del Punte.....	I - 9
2.5 Evaluación y Selección.....	I - 15
2.5.1 Generalidades.....	I - 15
2.5.2 Objetivos de la Evaluación.....	I - 15
2.5.3 Alcance de la Evaluación.....	I - 18
CAPÍTULO 3 INGENIERÍA PARA LA PLANIFICCIÓN DE PUENTES	
3.1 Principios para la Planificación de Puentes	I - 20
3.2 Estudios en Terreno.....	I - 22
3.2.1 Estudio Topográfico	I - 22
3.2.2 Estudios Geológicos	I - 23
3.2.3 Estudio Hidrológico.....	I - 25
3.3 Condiciones para el Cruce.....	I - 27
3.3.1 Generalidades.....	I - 27
3.3.2 Cruce del Caudal.....	I - 27
3.3.3 Cruce de Caminos.....	I - 35
3.3.4 Cruce Ferroviario.....	I - 37
3.4 Tipo de Estructura del Punte.....	I - 39
3.4.1 Generalidades.....	I - 39
3.4.2 Superestructura.....	I - 39
3.4.3 Infraestructura	I - 43
3.4.4 Fundación	I - 43
3.5 Estimación Preliminar de Costos y Plan de Construcción	I - 46
3.5.1 Estimación Preliminar de Costos	I - 46
3.5.2 Plan de Construcción Preliminar.....	I - 49
3.6 Impacto Ambiental y Consideraciones Estéticas	I - 52
3.6.1 Generalidades.....	I - 52
3.6.2 Impactos Producidos por Proyectos de Caminos y Puentes	I - 53
3.6.3 Consideraciones Estéticas	I - 55



DIVISIÓN I MANUAL PARA LA PLANIFICACIÓN DE PUENTES

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

La "Planificación de Puentes" involucra no sólo el diseño del puente sino que también otras materias o elementos relacionados tales como el tránsito, los caminos, el río, etc. En un sentido amplio, incluye incluso deberes administrativos tales como aspectos de financiamiento, adquisición de terrenos, consultas con otras autoridades para la re-ubicación de servicios públicos, etc. Así, la tarea de proyectar un puente, requiere de un amplio abanico de especialidades de la ingeniería civil, que usualmente no puede ser realizada por sólo un ingeniero puesto que adicionalmente se deben tener otros conocimientos relacionados con los puentes.

Aunque sea difícil sistematizar todos los procedimientos de la planificación de puentes, este manual proveerá principalmente de los procedimientos de la Planificación del aspecto estructural de un puente para aquellos ingenieros que no cuenten con experiencia. Particularmente, las medidas para que se cumplan los requerimientos respecto de la sección transversal del cauce dadas en el capítulo 3.3.2, las que son un extracto de las regulaciones fluviales del Japón, serán una buena ayuda para entender como tomar las condiciones hidrológicas dentro de la Planificación de puentes. Sin embargo, el manual no detalla aspectos relativos a la demanda de tránsito y estudios de caminos o materias administrativas.

1.2 Estructura General de un Puente

Las características generales y los términos de las estructuras del puente son explicadas en este manual y están ilustradas a continuación:

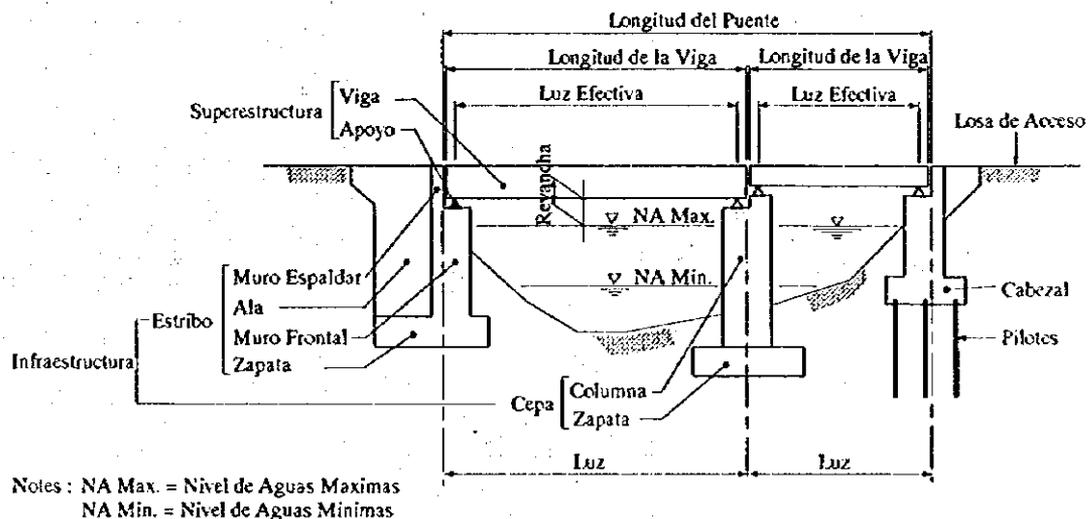


Fig. 1.1 Estructura General del Puente

1.3 Ciclo de Vida de un Puente

En general, el ciclo de vida de un puente está considerado en los ciclos llamados planificación, diseño, construcción y uso, tal como se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

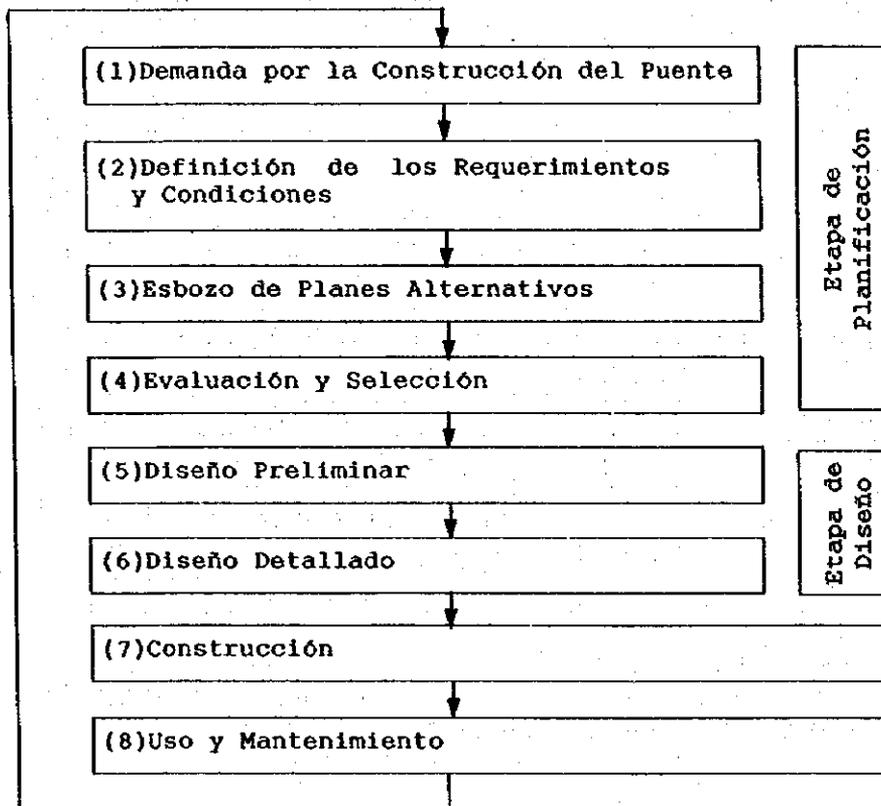


Fig. 1.2 Ciclo de Vida de un Puente

En el ciclo mostrado arriba, los pasos (1) al (4) están definidos como en una etapa de planificación, y que son los procesos a ser discutidos en este manual.

Los pasos (5) y (6) se encuentran en la etapa de diseño, la cual cubre las actividades desde el análisis estructural hasta la preparación de los planos y especificaciones normalmente incluidos en los documentos del contrato de construcción. El paso (5), de diseño preliminar, se realiza generalmente con menos exactitud que el del diseño detallado para obtener un esbozo del proyecto y clarificar los problemas que permiten a la autoridad tomar acciones tempranas y realizar las correcciones antes del diseño en detalle.

La Planificación del puente se materializa a través del diseño detallado y la construcción. El puente terminado, será usado por un largo período como una infraestructura pública recibiendo mantenimiento y cuando se vuelva inadecuado, la demanda por una nueva construcción aparecerá nuevamente.

CAPÍTULO 2 PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DE PUENTES

2.1 Generalidades

El trabajo de planificación de un puente comienza por determinar la demanda que tiene la construcción de éste y toma los pasos que se explicaron en el ciclo de vida de un puente que conducen a su implementación. Sin embargo, el proceso de planificación de puentes explicado en este manual no es siempre aplicable a todos los casos. En algunas ocasiones, se tomará un proceso de planificación diferente: algunos puentes pueden ser planeados de una manera más simple pero otros tal vez necesiten de otras consideraciones adicionales. Prácticamente, los diseñadores experimentados de puentes tienden a desarrollar la planificación del puente tomando en cuenta varias condiciones simultáneamente.

Este capítulo del proceso de planificación del puente será útil para aquellos ingenieros menos experimentados, que contarán con una especie de lista de chequeo que no deje afuera los aspectos esenciales de la planificación, y para los ingenieros más avezados les permitirá preparar explicaciones más claras y el informe de su planificación.

2.2 Demanda por la Construcción de un Puente

Los puentes se construyen para diversos propósitos tales como para apoyar a los caminos y carreteras en puntos estratégicos a lo largo de sus rutas. Se requiere que estas estructuras permitan cruzar los ríos y valles, o para separar niveles respecto de otros caminos o líneas de ferrocarril.

Generalmente los puentes se clasifican y denominan por sus distintos propósitos, tal como sigue:

(1) Puente de camino o carretero

Nombre general dado a cualquier puente que está en los caminos o carreteras.

(2) Puente de ferrocarril o ferroviario

Nombre general para cualquier puente ubicado sobre la línea del ferrocarril.

(3) Puente de paso a desnivel o paso superior

Puentes que separan niveles entre caminos, carreteras, o del ferrocarril en las intersecciones.

(4) Viaducto

Puentes que apoyan a caminos, carreteras o líneas férreas que están elevadas, los cuales están contruidos principalmente en donde el espacio del terreno en un área urbana es limitado o el relleno del terraplén de terrenos suaves.

2.3 Definición de Requerimientos y Condiciones

2.3.1 Generalidades

El recibir una demanda por un plan de construcción de un puente, es el primer paso para clarificar toda la información que asiste al plan propuesto para el puente, incluyendo los requerimientos y condiciones. Los requerimientos significan funciones y capacidades proyectadas para el puente que se planifica.

Las condiciones significan las características del medio ambiente natural y de los alrededores del lugar donde será construido el puente.

2.3.2 Requerimientos

Para la planificación de puentes de caminos y carreteros, generalmente se aclarará primero la siguiente información, la mayoría de la cual se obtiene del diseño de carreteras donde se propone la construcción del puente.

(1) Alineamiento del camino (vertical y horizontal)

La ubicación aproximadamente y el tamaño del puente son inicialmente definidos en el alineamiento vertical y horizontal del camino proyectado. El alineamiento de la sección donde se propone la ubicación del puente y sus vecindades algunas veces serán cambiados si no es favorable para la planificación del puente, por ejemplo para evitar una fuerte pendiente, un esviaje agudo, un alineamiento curvo, etc. En el caso del reemplazo de un puente, el puente nuevo es generalmente proyectado en paralelo respecto del antiguo, requiriendo de caminos de aproximación que conecten con el camino existente.

(2) Sección transversal del camino

El perfil transversal del puente generalmente concuerda con la sección transversal estándar del camino diseñado. Normalmente se aplican los mismos anchos de pistas para vehículos del camino a la sección del puente. En cuanto a las bermas y aceras, algunas veces son adoptados diferentes diseños de acuerdo a la situación del puente proyectado, por ejemplo el aumentar o reducir sus anchos por razones económicas.

(3) Cargas del vehículo de diseño

Las cargas del vehículo de diseño a ser impuestas en el puente deben concordar con las especificaciones para la carga del camión HS20-44 de la norma AASHTO para la Standar

Specification for Highway Bridges. Las condiciones de sobrecarga pueden considerarse de acuerdo a la clasificación del camino y el volumen tránsito de diseño especialmente para una razón de vehículos comerciales pesados. El MOP (Ministerio de Obras Públicas) aplica el 120% de la carga del camión HS20-44 para los puentes en la mayoría de las carreteras y caminos principales.

(4) Inclusión de servicios públicos

Al puente, aunque su función principal sea la de soportar las cargas del tránsito, a menudo se le pide que incluya los siguientes servicios públicos:

Cables para telecomunicaciones

Cables de tendido eléctrico

Cañerías de agua potable

Cañerías de gas

Estos servicios públicos están generalmente a lo largo de los caminos y por debajo de la superficie, pero sostenidas por la estructura del puente.

Los requerimientos para incluir los servicios públicos deberían confirmarse con cada agencia que presta el servicio respectivo y tomarlo en cuenta en la Planificación del puente si es pedido. El espacio de alojamiento para los servicios públicos se asegurará en el perfil transversal del puente y sus pesos adicionales incluyendo los elementos que los fijan al puente, serán tomados en cuenta al considerar las cargas del puente. Los servicios están usualmente alojados bajo la losa del puente y entre las vigas para ser ocultados a la vista externa. Al adherir líneas de tendido eléctrico se necesita una cubierta aislante para prevenir posibles choques eléctricos. La adherencia de las cañerías para el agua a veces hace la acomodación estructural del puente difícil, especialmente en el caso en que la cañería de agua es demasiada grande para ser acomodada entre las vigas.

El costo de adjuntar los servicios públicos es generalmente cubierto por las agencias que suministran el servicio, en proporción al peso del servicio público respecto del total de cargas de diseño del puente.

2.3.3 Condiciones

Los puentes se proyectan no sólo para que alcancen los requerimientos descritos sino que para que también sean compatibles con las condiciones ambientales de los alrededores y del sitio. Normalmente, están involucradas las siguientes condiciones:

(1) Topografía

La estructura del puente es proyectada para que se ajuste en la topografía circundante. Normalmente, un mapa topográfico y elevaciones de perfiles son preparadas mediante estudios de planimetría y nivelación, sobre los cuales la estructura del puente es principalmente proyectada para la determinación de la ubicación, la longitud, y los tramos.

(2) Geología

La condición del suelo del sitio escogido para el puente también decidirá el diseño estructural del puente. La información general de suelo, tal como la naturaleza y profundidad de las capas típicas del suelo, que serán obtenidas por la recolección de datos previos si estos están disponibles o realizando sondajes, o exploraciones geofísicas si no se encuentran datos disponibles. Toda esta información se reúne dentro del perfil del suelo el cual debería ser combinado con los perfiles topográficos para la conveniencia del desarrollo del trabajo de planificación. La información geológica es usada principalmente para seleccionar el estrato de apoyo o sustentación, y la ubicación y el tipo de infraestructuras en particular de las fundaciones.

(3) Clima

Los climas, contornos y paisajes de Chile cambian mucho de norte a sur, pero del oeste al este, la superficie es regular en todo el país. A lo largo de la línea costera corre la Cordillera de la Costa, luego, siguiendo hacia el este aparece la depresión intermedia o valles transversales, para culminar finalmente en la gran cadena montañosa de la Cordillera de los Andes. Desde Puerto Montt al sur (Patagonia), el territorio está desmembrado en una gran cantidad de archipiélagos que limitan con la Cordillera de los Andes.

A lo largo del país, su geografía varía gradualmente: el desierto en el norte, luego viene el fértil centro agrícola, seguido de suaves planicies y bosques nativos. Pero el ancho promedio de Chile no es muy grande, por ejemplo en un punto de Arica, el ancho del país sólo alcanza los 140 km.

(4) Hidrología

La altura mínima, profundidad, y la longitud de las estructuras son generalmente decididas a partir de las condiciones hidrológicas del cauce excepto para los puentes proyectados con una gran altura respecto del nivel de aguas para tener espacio suficiente para la navegación, para cruzar un valle profundo, o para separar caminos en distintos niveles.

La información hidrológica más necesaria es la de crecidas o inundaciones, tal como la tasa de descarga y el nivel de aguas máximas, las cuales pueden ser determinadas por un análisis del

escurrimiento asumiendo la intensidad de precipitaciones. Sin embargo, este enfoque teórico frecuentemente no es confiable debido a la complejidad y de la carencia de datos del terreno. El segundo mejor método es el de trazar las marcas de crecidas pasadas a lo largo de la cuenca fluvial para determinar el nivel de aguas máximas e investigar los daños producidos por las pasadas crecidas, cercanas al puente proyectado para decidir el curso de la corriente de inundación.

La sección transversal del caudal (nivel de agua existente y las elevaciones del lecho del río) en la localización del puente proyectado, debe ser estudiada y dibujada en el perfil topográfico, conjuntamente con el nivel más alto de agua y el plan de mejoramiento del río si los hubiere. Después de confirmar el perfil de la sección transversal del caudal del río, la estructura del puente es proyectada para ser ubicada sobre el nivel más alto de agua con la apropiada revancha y sobre la extensión del nivel más alto de las aguas.

Las condiciones hidrológicas preparadas para la planificación del puente están sujetas a la aprobación del Departamento de Obras Fluviales de la Dirección de Vialidad.

Los ítems del estudio hidrológico y las secciones transversales del caudal necesarias para la planificación del puente son detalladas más adelante en los Capítulos 3.2.3 y 3.3.2 respectivamente.

(5) Separación de Niveles

Cuando un puente es proyectado para separar niveles con otro camino o línea de ferrocarril, la siguiente información de la sección transversal del camino o línea férrea ubicadas en el lugar del puente proyectado es necesaria:

- i. Planta y perfil longitudinal
- ii. Perfil de la sección transversal
- iii. Servicios público superficiales (postes, paraderos etc.) y subterráneos (cañerías A.P, gas, tendido eléctrico, etc.)
- iv. Gálibo del camino y pista.
- v. Plan de recubrimiento y ensanchamiento

Las condiciones del cruce con el camino y el ferrocarril están detalladas en el Capítulo 3.3.3 y 3.3.4 respectivamente.

(6) Construcción

La construcción del puente proyectado debe ser factible. Para asegurar eso, la siguiente información básica sobre la construcción es generalmente requerida, la cual será a veces un factor decisivo para seleccionar el tipo de puente.

i. Acceso al lugar de construcción

Para aquellos emplazamientos del puente donde el acceso de maquinaria pesada es difícil debido a lo escarpado del terreno o si éste está densamente construido, la selección del tipo de puente estará limitado por el método de construcción y la disponibilidad de equipos.

ii. Transporte al lugar del puente

La construcción moderna de puentes utiliza muchos y grandes elementos prefabricados tales como vigas y pilotes, y de acuerdo a esto se necesitará de un equipo más pesado aún para levantarlos. El tamaño transportable y la ruta serán factores importantes para decidir el largo máximo de los puentes alejados de los caminos existentes.

iii. Desviación del tránsito

En el caso de un plan de reconstrucción de un puente existente, usualmente es necesario el desvío del tránsito. Si no hay rutas de desvío en las vecindades del puente, se requiere de un puente provisorio o planificar las etapas constructivas, lo que produce un alza significativa en los costos del proyecto.

iv. Contaminación debido a la construcción

Las obras de pilotaje mediante el uso de martinete diesel, han sido permitidas en Santiago de acuerdo a la hora. En estos años, las obras de construcción en el área urbana han llegado a ser restringidas por la conservación del medio ambiente. Al proyectar un puente se ha considerado en la elección del método de construcción.

2.4 Planificación del Puente

2.4.1 Preparación del Mapa Básico o de Referencia

El puente proyectado es esquematizado en el mapa básico el cual es preparado de la siguiente manera:

- i.** El mapa básico o de referencia es un plano que contiene la planimetría (en la parte inferior del plano) y un perfil (en la parte superior) los que se corresponden en posición. El mapa de referencia cubrirá un área suficiente para que así aparezca el puente como también sus caminos

de aproximación. Dependiendo del terreno y del tamaño del puente proyectado, un área de alrededor de 100 m de ancho para el largo del puente más 50 m por cada camino de aproximación o acceso es un valor mínimo a considerar.

- ii. Adjuntar la información geológica al mapa básico: perfil del suelo y los datos del sondaje, así como su ubicación en planta.
- iii. Adjuntar la información hidrológica al mapa básico: altura de aguas máximas, elevaciones del lecho del río y revancha en el perfil, y un plano del curso del flujo y de los bancos de las riberas. Si hay cualquier plan de mejoramiento del río, plotear sus elevaciones y alineamientos finales.
- iv. En caso de que se trate de un puente que separe caminos en desnivel, colocar la información del cruce del camino o línea férrea en el mapa básico: elevaciones de las secciones transversales, los claros o espacios libres en el perfil y los alineamientos horizontales en planta. Si hay cualquier plan de ensanchamiento o de recubrimiento, dibujar sus alineamientos y elevaciones finales.
- v. Plotear los alineamientos de los caminos proyectados en el mapa básico: elevaciones finales del camino en los perfiles, la línea central y otras líneas de la pista en planta. En adición, colocar los perfiles de las secciones transversal de diseño del puente en la parte superior derecha del mapa básico.

2.4.2 Anteproyecto del Puente

El puente proyectado será dibujado en el mapa básico tomando los siguientes procedimientos:

(1) Ubicación y longitud del puente

La ubicación y longitud del puente están determinados en el perfil del mapa básico mediante la selección de la ubicación de los estribos a ambos extremos del puente.

Para los puentes proyectados con una altura mínima sobre el nivel de aguas máximas, la ubicación de los estribos están diseñadas, de acuerdo a las condiciones de las secciones transversales, para minimizar la longitud del puente por razones económicas. Las condiciones de las secciones transversales está detalladas más adelante e el Capítulo 3.3.

Si embargo, para los puentes proyectados a gran altura del terreno o por sobre el nivel de aguas máximas, la ubicación de los estribos se dará utilizando el criterio, pudiendo ser decidida económicamente mediante la comparación de costos entre el puente y los rellenos. Un ejemplo de la comparación de costos se muestra a continuación:

- i. Asumir como mínimo tres puntos tentativos para ubicar los estribos con diferentes alturas y rellenos a lo largo de un camino de acceso. Por ejemplo, suponer tres rellenos de 4, 6 y 8m a lo largo del camino de acceso o aproximación con un 4% de pendiente, quedando cada uno de estos puntos a 25m.
- ii. Estimar aproximadamente y resumir los costos hipotéticos para cada punto, comparándolos para así encontrar la ubicación más económica. Referirse a la Fig. 1.3-Ubicación Económica del Estribo y la Tabla 1.1-Costos Hipotéticos.
- iii. En cuanto a la estimación de los costos de la superestructura en la Tabla 1.1, a pesar de que el tipo y los tramos aún no estén decididos en esta etapa, asumirlos tentativamente y estimar el costo unitario promedio por superficie de puente de pasados valores de costos de proyectos. Por ejemplo, elegir vigas de hormigón PC (Pre-comprimido) con tramos de entre 20 a 30 m ,podría ser una primera asunción apropiada. Si hay la posibilidad de usar vigas de acero , estimar los costos de la misma manera.

Prescindiendo del estudio económico antes mencionado, el límite de la altura de un relleno seguro será un factor para decidir la ubicación del estribo, debido a que en ciertas partes el terreno no puede soportar rellenos altos. Después de tales estudios, el estribo es generalmente proyectado en un rango de alturas que están entre los 4 a 15 m.

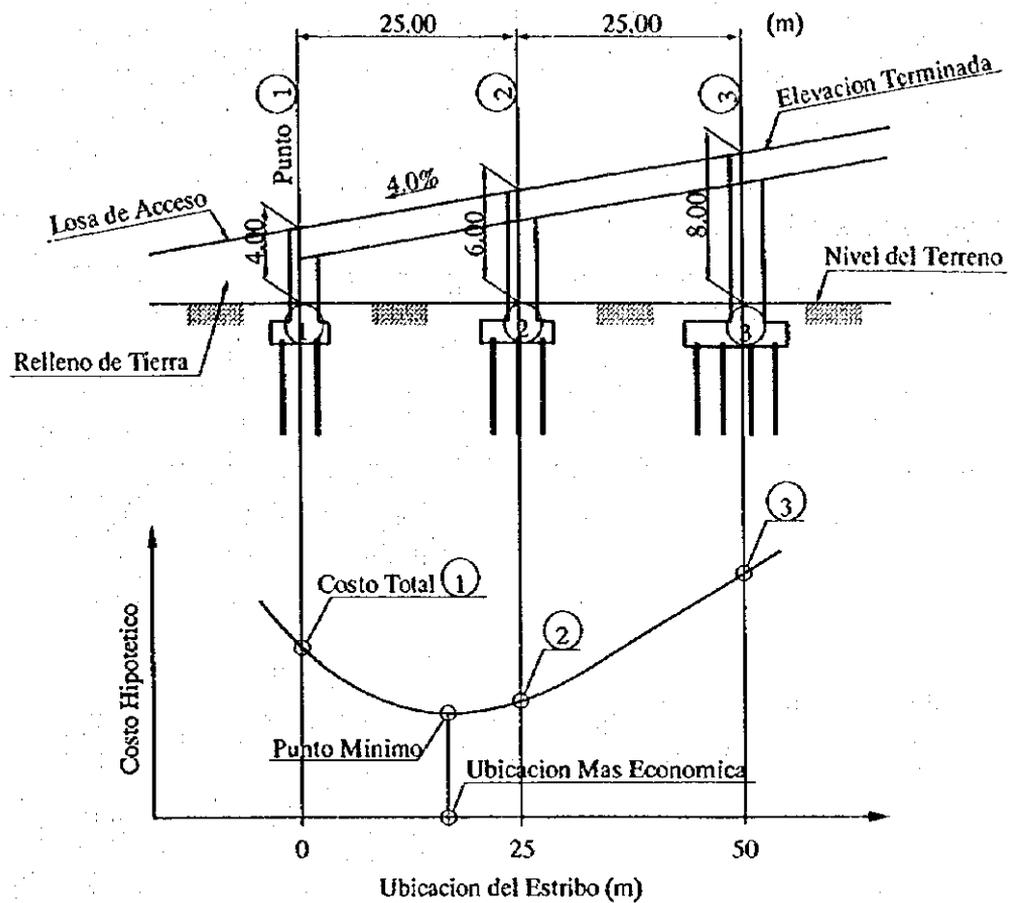


Fig. 1.3 Ubicacion del Estribo Mas Economica

Tabla 1.1 Costos Hipotéticos

Punto	①	②	③
Costo del Estribo	Para Estribos ①	Para Estribos	Para Estribos ③
Costo de la Superestructura	Para la Sección ①-③, 50m	Para la Sección ②-③, 25m	Para la Sección ①-③, 50m
Costo de Rellenos	-	Para la Sección ①-②, 25m	-
Costo Total	①	②	③

(2) Ubicación de la cepa, tramo, y tipo de puente

Después de definir la localización del puente y la longitud, el siguiente paso es seleccionar la ubicación de la cepa y los tramos, así como también los tipos de puentes aplicables (tipos de superestructura) por medio del estudio del suelo (topográfico y geológico) y la intersección (del caudal del río, caminos o ferrocarril) en el mapa básico.

Como los tramos están decididos, la opción de los tipos de puentes será reducida, esto es, el tramo es generalmente seleccionado dentro del rango aplicable para cada tipo de puente. La referencia de los tipos de puentes y el rango de tramos adecuados se muestran más adelante en las Tablas 1.5 y 1.6 del Capítulo 3.4.2.

Para los puentes donde la localización de la cepa es restringida por las condiciones de la intersección, esta es seleccionada de acuerdo a las recomendaciones detalladas en el Capítulo 3.3 - Condiciones de la Intersección, en cuanto a minimizar la interferencia de la intersección del río, camino o ferrocarril.

Sin embargo, para los puentes donde la localización de la cepa es discrecional, esta es seleccionada económicamente mediante la comparación de los costos de varias alternativas de tramos. Este estudio es más efectivo para puentes más largos. Un ejemplo de comparación de costo es mostrado a continuación:

- i. Proponer un mínimo de tres alternativas de diferente distribución de tramos (luces) y sus correspondientes tipos de puentes, para una longitud de puente determinada. Por ejemplo, suponer los tres casos siguientes de distribución, como los mostrados en la Fig. 1.4 - Distribución Económica de Tramo.
- ii. Estimar de modo general el costo total de construcción para cada caso, incluyendo todos los costos de superestructura e infraestructura y compararlos para encontrar la distribución más económica de tramos y tipo de puente.
- iii. A fin de mantener la exactitud de la comparación de costos, el tipo de puente debe ser seleccionado apropiadamente para el tramo propuesto y que este sea de construcción realizable. La búsqueda del tipo de superestructura dentro de los diseños estándares es comparativamente más rápida comparado con la infraestructura la cual usualmente no es tan fácil y demanda la experiencia de los ingenieros y de otros diseños anteriores similares. El cálculo simplificado de la estabilidad es a veces requerido para definir el tamaño de la infraestructura, especialmente el tamaño y número de cepas, lo cual afecta significativamente el costo de la infraestructura.
- iv. En conclusión, la economía de la selección del tramo y el tipo de puente es comprendida como el balance del costo entre superestructura e infraestructura. Esto es, que el costo de la superestructura generalmente es mayor mientras más largo es el tramo. Por otro lado, el costo de la infraestructura depende más de las condiciones del suelo que del tramo y el tipo de puente. Por lo tanto, para tales puentes, en que el costo de la infraestructura es menor, debido

por ejemplo, a que no es necesario el uso de pilotes por lo poco profundo del estrato de apoyo, la elección de tramos más cortos con muchas cepas es más económica, y viceversa.

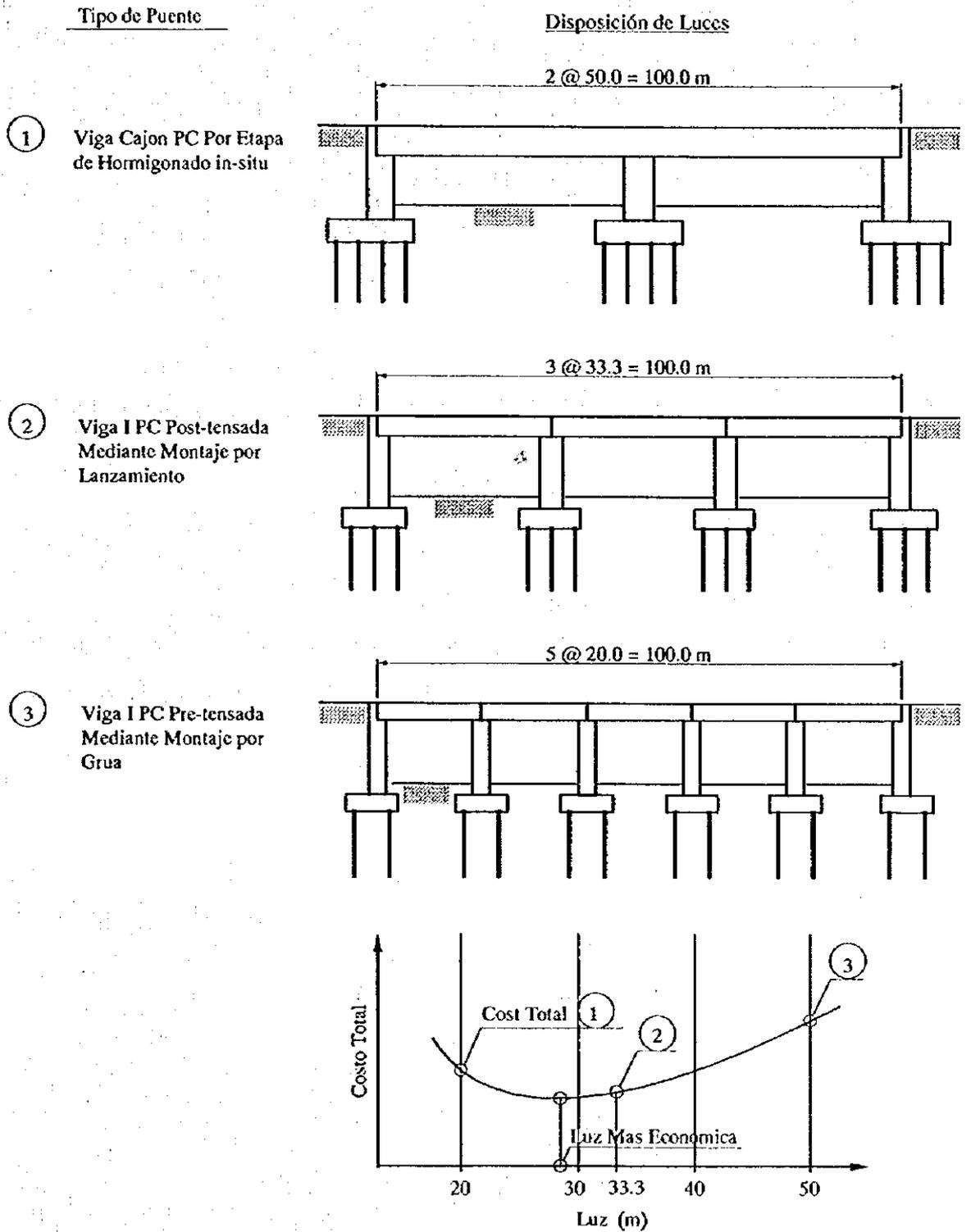


Fig. 1.4 Disposición Económica de los Tramos

v. El ejemplo anterior de comparación de costos fue aplicado a los diferentes tipos de puentes propuestos para cada disposición de tramos respectivamente. Por otra parte, el tramo más económico para cierto tipo de puente puede ser conocido mediante la aplicación de la comparación de costos para puentes del mismo tipo. Por ejemplo, las vigas de hormigón post-tensionadas se usan generalmente en tramos cuyo rango va desde los 20 a los 40m y el tramo más económico de este tipo será deducido de la siguiente comparación:

Caso de Disposición	Número de Tramos	Tramo(m)	Longitud del Puente(m)
①	5	x 20 =	100
②	4	x 25 =	100
③	3	x 33.3 =	100

(3) Práctica de la disposición de tramos

Los puentes de tramos múltiples deberían ser dispuestos en tramos regulares con vigas de alturas uniformes tanto como sea posible para crear así la vista de rectas, y claras líneas horizontales, lo cual también ayuda en el ahorro de costos y en mano de obra en el diseño y la construcción.

Sin embargo, para puentes que salvan valles profundos, la ubicación de las cepas está controlado por el terreno y por consiguiente una disposición regular de los tramos es difícil. En la Fig. 1.5, por ejemplo, una de las opciones es intentar tramos iguales pero la construcción de cepas altas es difícil. Por lo tanto, la opción de tramos irregulares o de un solo tramo mostradas más abajo serán consideradas como alternativas. En general, cuando la altura de una cepa está por sobre los 30m, las opciones de puentes con tramos más largos serán económicamente más competitivos que los de tramos más cortos.

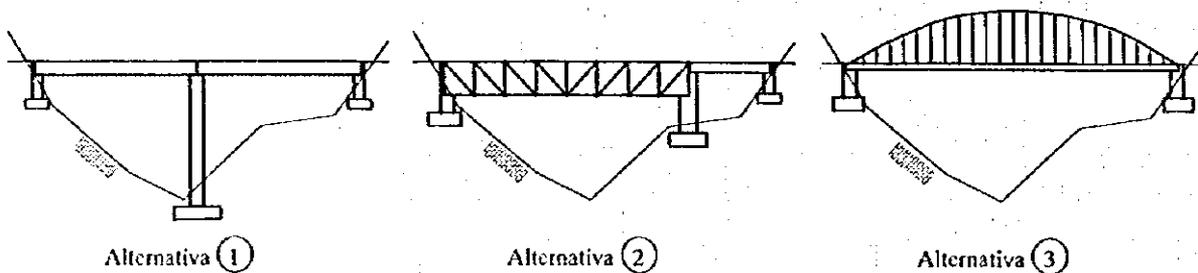


Fig. 1.5 Disposición de Tramos para Valles Profundos

2.5 Evaluación y Selección

2.5.1 Generalidades

El capítulo 2.4 explica como bosquejar un proyecto de puente para que alcance los requerimientos en las condiciones dadas. Como es de esperar, el trabajo de anteproyecto es siempre realizado para obtener un mejor plan y a través de este proceso se han aplicado varios juicios, razonamientos así como también diversas selecciones. Sin embargo, tal conjunto de información aún no ha sido lógicamente compilada. Para la conclusión final del puente proyectado, se requiere del proceso de evaluación para justificarlo objetivamente.

El trabajo de evaluación debería comenzar haciendo claro sus objetivos, seguido de la comparación de ventajas y desventajas, para luego finalizar con una clasificación.

2.5.2 Objetivos de la Evaluación

Un puente es una estructura compuesta de muchos componentes los cuales están divididos a grandes rasgos en dos partes, la superestructura y la infraestructura incluyendo las fundaciones. Para seleccionar tal estructura compuesta, se requiere de una evaluación parcial y total.

(1) Evaluación parcial

Esta es desarrollada para seleccionar el tipo de cierta(s) parte(s) del(de los) elemento(s) o miembro(s), o para dar soluciones individuales a un puente proyectado, estando los resultados de esta evaluación reflejadas en la evaluación total.

Tomar por ejemplo la selección de fundaciones y suponer que el terreno es blando, de depósitos aluviales con capas intermedias de arena, con una formación diluvial a 30m de profundidad. A partir de esta asunción es inmediatamente claro de que este emplazamiento necesita de pilotes, pero el problema es seleccionar el tipo y tamaño de estos. Existen diversas opciones que pueden ser sugeridas con sus ventajas y desventajas. Por ejemplo, los pilotes de hormigón PC podrían ser los más económicos pero con una profundidad del estrato de apoyo incierta y la existencia de estratos de arena intermedias. Los pilotes de acero son confiables en la construcción pero quizás sean los más costosos. Los pilotes excavados de hormigón in situ serán otra posibilidad confiable en su ejecución y ventajosos por el menor ruido si el emplazamiento está en un área residencial, pero por otra parte trabajar en el lugar de la obra será complicado por las grandes infraestructuras, requiriendo de hábiles técnicas. Así, aun considerando el problema de los pilotes el cual es solo una parte del puente, se requiere de la evaluación para seleccionar la mejor alternativa.

En la Planificación de puentes, los siguientes son los objetos de evaluación parcial más comunes:

- i. Seleccionar la ubicación, longitud, y tramos
 - Ubicación de los estribos por comparación de costos entre el puente y los terraplenes, y el máximo ahorro de terraplén.
 - Disposición de las cepas y los tramos por comparación de costos a lo largo de varias combinaciones de superestructuras e infraestructuras.
- ii. Seleccionar una fundación
 - El tipo de fundación y el método de construcción de acuerdo a la condición del suelo, costos, y confianza en la ejecución.
 - Tipo y tamaño de los pilotes por comparación de costos a lo largo de varios tamaños, el número de pilotes requerido, y la disponibilidad de equipos.
- iii. Seleccionar la infraestructura
 - Tipo de estribo para su altura requerida y que algunas veces incluye la comparación entre un tipo de muro de contención y un muro más liviano en base al empuje de la tierra, por mayor economía, aspecto estético y estabilidad de los terraplenes.
 - Tipo de cepa para la altura y situación requerida.
- iv. Seleccionar la superestructura
 - Tipo y método de construcción de acuerdo al tramo, terreno y accesibilidad, material y disponibilidad de equipos (para el montaje), costos, aspectos estéticos, etc.
 - Método de construcción de losas: hormigonado in situ o prefabricado de acuerdo a la accesibilidad y plazos del programa.

(2) Evaluación total

Esta es realizada para seleccionar finalmente el mejor proyecto de puente como un todo. La información obtenida a través de las evaluaciones parciales será combinada de varias maneras para producir varios proyectos completos de puentes para la selección final. Estos proyectos finales deberán ser como mínimas dos alternativas en orden a compararlos, y sugiriendo como máximo posible no más de cinco para así entender claramente las diferencias entre ellos.

i. Factores de evaluación

Los proyectos de puentes deberían ser evaluados desde varios aspectos tales como el económico, constructivo, mantenimiento, estético, etc. En cuanto a la seguridad y las condiciones de cruce, los

cuales usualmente no están incluidas en los factores de evaluación, debido a que los puentes indudablemente deben ser planificados seguros y que satisfagan condiciones.

ii. Clasificación

La técnica más simple para evaluar todas las alternativas de proyectos es la de usar un método de clasificación. Un ejemplo o muestra de clasificación mediante el uso de este método es presentada a continuación:

- ① Son utilizados dos tipos de factores de clasificación, su rango e importancia. El producto de los dos factores se define como el puntaje para cada alternativa relativa a cada factor de evaluación. El puntaje total se obtiene sumando los puntajes de todos los factores de evaluación siendo la conclusión de la clasificación, y normalmente el plan o proyecto alternativo con el mayor puntaje será el más deseado.
- ② Los factores de clasificación serán dados por el número total con respecto al orden de deseabilidad de las alternativas. El valor de 1 es asignado a la alternativa menos deseada y un valor de n (igual al número de alternativas) es asignado a la alternativa que es más deseada.
- ③ Los factores de importancia serán dados mediante la asignación de "peso" a las prioridades a lo largo de los factores de evaluación. La asignación de factores de importancia es voluntaria, y con los cuales la política de planificación de puentes puede ser considerada en el resultado de la evaluación.
- ④ Suponiendo un rango de por ejemplo 3 alternativas, en la cual la primera prioridad es dada a la economía y los otros factores importantes se miden por igual, se obtiene el siguiente resultado. En este supuesto, el resultado final más alto será 30 y el más bajo será 10.

Factor de Evaluación	Factor de Rango	Factor de importancia	Resultado Final
Economía	1, 2, ③	4	12
Construcción	1, ②, 3	2	4
Mantenimiento	1, ②, 3	2	4
Estética	①, 2, 3	2	2
		10	22

- ⑤ Es notorio que el método de clasificación antes mencionado no pueda distinguir las diferencias de incremento entre las alternativas. Una forma de remediar esto es estableciendo una escala de valores basado en la diferencia relativa, pero es demasiado hipotético para entregar factores apropiadamente.

iii. Tabla de Evaluación

La evaluación total es el resumen de toda la información obtenida a través del proceso de planeamiento, el cual debería ser claramente explicado al público o a las partes interesadas en la aprobación. Los resultados de la evaluación deberían ser comprensibles para la tercera parte, así que es recomendado el uso de la tabla para una mejor presentación. En la Fig.1.6 se muestra el ejemplo.

Plan Alternativa		① (Nombre)			②			③		
Ilustración (Perfil)		Figura								
Factor de Evaluación	Factor de Importancia	Comentario	Factor de Clasificación	Resultado	Comentario	Factor de Clasificación	Resultado	Comentario	Factor de Clasificación	Resultado
Economía	4	Comentarios	3	12		1	4		2	8
Construcción	2		2	4		3	6		1	2
Mantenimiento	2		2	4		1	2		3	6
Estética	2		1	2		3	6		2	4
Conclusión y Resultado Total	10			22			18			20

Note: Los resultados mostrados son solamente ejemplos.

Fig. 1.6 Tabla de Evaluación.

2.5.3 Alcance de la Evaluación

La evaluación es realizada para deducir el mejor proyecto de puente bajo una cierta situación o alcance, y dentro de este alcance surgen todos los proyectos alternativos lo que permite tomar una decisión. El alcance depende del propósito, ubicación, y condiciones del lugar del puente proyectado, pero generalmente es establecido de acuerdo a la política del cliente (departamento del gobierno). Si el puente es parte de un proyecto carretero, el alcance será decidido en coordinación con el proyecto carretero.

(1) Evaluación bajo una longitud fija del puente

La planificación del puente comienza desde los aspectos básicos para decidir la ubicación y longitud, seguido por las fundaciones e infraestructuras. Normalmente, la comparación de tipos de superestructuras así como de los tramos se destacan como los objetivos principales para la selección final. En tal caso, la mayoría de las infraestructuras y fundaciones han sido ya decididas mediante evaluaciones parciales, por consiguiente la evaluación total será ejecutada bajo una longitud fija del puente, la construcción de los caminos de accesos o aproximación no será incluida en la comparación económica. Esta es la más simple y más común evaluación para decidir solamente el tipo de puente y los tramos.

(2) Evaluación entre diferentes longitudes de puentes

La ubicación del puente es normalmente determinada a lo largo del alineamiento del camino. Sin embargo, en el curso de la planificación del puente, algunas veces se sugieren modificaciones en el alineamiento cercano a la ubicación del puente, para producir un mejoramiento de él. La evaluación llega al procedimiento común si el alineamiento es revisado sin considerar los tipos de puentes. Sin embargo, si el alineamiento del camino es diferente con relación a los tipos de puentes, la evaluación total se tornará complicada: los proyectos alternativos de puentes deben ser comparados en diferentes ubicaciones y longitudes del puente, debiendo estar incluido el costo de los caminos de accesos en la comparación económica.

(3) Alcance de la evaluación económica

Es ideal para la evaluación económica el estimar el costo total que cubre el diseño, construcción, adquisiciones de derechos y costos de mantención. Sin embargo, debido a que el costo de diseño es tan pequeño comparado con los costos de construcción y que el costo de mantenimiento es difícil de estimar, la evaluación económica es a menudo realizada con el costo inicial de construcción y la adquisición de derechos.

CAPÍTULO 3 INGENIERÍA PARA LA PLANIFICACIÓN DE PUENTES

3.1 Principios para la Planificación de Puentes

Los siguientes son las sugerencias comunes útiles para la planificación de un puente:

(1) Alinear el camino para minimizar el costo del puente

En general, el costo de un puente es muy superior al de un camino por unidad de longitud. Para minimizar el costo total del proyecto, el alineamiento del camino necesita ser revisado desde el punto de vista del ingeniero de puentes aunque éste es seleccionado normalmente considerando estrategias para el manejo del tránsito, disponibilidad de derechos de vías, obstáculos, condición del terreno, y muchos otros factores. Deberá darse atención a la ubicación del puente y sus caminos de acceso. Aún después de decidir el alineamiento del camino, algunas veces el diseño del puente puede ser mejorado notablemente mediante cambios menores en la ubicación del puente y el alineamiento de los caminos de aproximación.

(2) Satisfacer los requisitos del puente

El puente deberá ser proyectado para satisfacer los requisitos que se espera tenga el puente proyectado tales como el ancho, longitud, altura, y capacidad de carga. En particular, los requisitos del cruce del cauce, carretera, y ferrocarril deberá ser cuidadosamente determinados después de realizar las consultas a sus agencias administrativas.

(3) Seguridad y economía de la estructura del puente

La estructura del puente debe ser segura pero al mismo tiempo se requiere que alcance un diseño, construcción, y mantenimiento económico. Los conceptos de seguridad y economía parecen estar en conflicto, y alcanzar un equilibrio entre ellos es el principal problema a resolver en la planificación del puente. Debido a que el puente es una importante infraestructura pública, parece ser que lo correcto es que la primera prioridad debería darse a la seguridad y la segunda a la económica.

El criterio para la seguridad de las estructuras está generalmente dado por las especificaciones o códigos de diseño, lo cual es una condición necesaria pero no suficiente para el diseño del puente. Para armonizar los aspectos de seguridad y economía en la planificación del puente, se requiere de profundos conocimientos de un ingeniero experimentado. Sin embargo, el plano o el puente terminado dadas tales consideraciones convencerán a las personas de que la estructura es funcional, y también segura.

(4) Construcción más fácil y rápida

Cuando hay más de dos proyectos alternativos y ellos son de costos similares, es recomendable estudiar sus métodos de construcción y seleccionar el más fácil.

En caso de que se proponga una nueva técnica, se recomienda responder a tal desafío tanto como sea posible después de un cuidadoso estudio de su confiabilidad para el bien del progreso de la tecnología.

(5) Estandarización de las estructuras

La planificación de puentes es en principio desarrollada individualmente para seleccionar el diseño más adecuado de acuerdo a las condiciones del lugar. Sin embargo, cuando un número de puentes similares en tamaño y tipo se están proyectando, tales como una serie de puentes a lo largo de una carretera, la estandarización de estructuras a menudo producirá un ahorro de costos y de tiempo en el diseño y la construcción. Por ejemplo, en el caso de que los tramos de los puentes fluctúen un poco, es más económico y práctico aplicar una viga estándar del mismo tamaño y luz para todos los puentes despreciando el poco de pérdidas constructivas que esto acompaña.

(6) Seguridad y comodidad del tránsito

La seguridad y comodidad del tránsito en los puentes depende no sólo de la geometría del camino y su alineamiento sino que también de la existencia de estructuras en la superficie del puente. En vista de esto, se recomienda seguir las siguientes medidas:

- i. Adoptar un puente con losa o vía superior antes que un puente con vía o losa inferior, excepto en los casos de que el espacio disponible bajo el puente sea limitado. Sin embargo, el puente con vía inferior es más económico que el de vía superior para rangos de tramos más largos.
- ii. Preferir un puente con vigas continuas a uno simplemente apoyado para reducir las cantoneras, las cuales pueden causar que el vehículo choque continuamente los bordes llegando a ser una gran carga para el mantenimiento.

(7) Fácil mantención

Los problemas de mantención de los puentes son frecuentes en los elementos secundarios (tales como cantoneras y elementos de apoyo) antes que en los principales. Por lo tanto, un puente de viga continua es más adecuado ya que sufre menos problemas de este tipo y es más favorable para su

mantención. En particular, la reducción y el fácil mantenimiento de las cantoneras debería haber sido considerada en la etapa de planificación. Los trabajos de reparación o reemplazo de cantoneras en los puentes llegarán a ser la causa principal de la interferencia del tránsito.

(8) Consideraciones estéticas

Los puentes deben servir para el tránsito sin peligro de carga, además ellos tienen que ser construidos y mantenidos con costos razonables. Esta es la principal función de los puentes y pueden ser diseñados mediante la aplicación de la ciencia. Por otra parte, como los puentes existen por un largo tiempo ellos están expuestos a la vista del público, de manera que estos también deben considerar algunos aspectos estéticos. El diseño exitoso de un puente que es agradable al público, no es necesariamente obtenido solo mediante el uso de técnicas físicas. Debido a que el diseño de un puente es un proceso de creación humano, es natural buscar la belleza al apreciar un puente.

3.2 Estudios de Terreno

3.2.1 Estudio Topográfico

(1) Método de Estudio

El estudio topográfico es desarrollado para preparar mapa topográfico el cual es necesario para el mapa básico o de referencia para la planificación del puente. El método de estudio usa generalmente una planimetría o fotogrametría aérea. El área del mapa o plano topográfico para el puente en planificación es regional y la escala es comparativamente grande, de manera que se usa normalmente el estudio planimétrico. Si el mapa fotográfico existente cubre el lugar del puente proyectado está disponible, puede ser utilizado mediante la ampliación de la escala pero esto necesitará estudios complementarios y correcciones a través de la planimetría.

(2) Escala

La escala del plano topográfico adecuado para la planificación de puentes está en un rango de 1/100 a 1/500. Generalmente son usadas las escalas 1/200, 1/300 o 1/400.

(3) Curvas de Nivel

En principio, la topografía tiene que ser indicada por curvas de nivel, siendo preferible el intervalo de 1m. Algunas veces es utilizado un mapa planimétrico sin curvas de nivel a pesar de esto es desfavorable, siendo requisito mínimo tener algunas curvas de nivel que permitan encontrar las elevaciones o cotas.

(4) Línea central(Eje) del camino

Si la línea central del camino está disponible en el emplazamiento, debería ser estudiada y señalada en el plano topográfico. Es útil para encontrar la ubicación del puente proyectado en el mapa o plano y puede ser usada como línea de referencia en el trabajo de planificación.

(5) Perfiles

Los perfiles longitudinales y transversales son preferentemente preparados mediante la nivelación a lo largo de la línea central del camino. Alternativamente, los perfiles pueden también ser preparados con las curvas de nivel del plano topográfico y pueden ser utilizables considerando una menor precisión.

3.2.2 Estudios Geológicos

(1) Método de estudio

El estudio geológico para la planificación del puente es más bien realizado haciendo esfuerzos para obtener la información general del subsuelo del emplazamiento del puente que a través de detalladas pruebas del suelo. El estudio es normalmente realizado mediante la recolección de datos y de reconocimiento del terreno, seguido de sondajes, calicatas, o de una exploración geofísica si se considera necesaria.

(2) Recolección de datos

Esta es desarrollada en una primera etapa del estudio para recolectar los datos geológicos existentes alrededor del emplazamiento. Las principales fuentes de datos son los mapas geológicos editados por la Oficina Nacional de Geología y otros datos de sondajes anteriores o información geofísica de las vecindades. Si tales datos existentes están disponibles, la condición geológica general del emplazamiento pueden ser a menudo supuesta a partir de estos datos de manera que puede que no se necesiten de estudios especiales en terreno. De este modo, la ejecución de estudios en terreno depende de la recolección de datos.

Además, los puentes existentes y edificios, serán otra útil fuente de datos, a través del estudio del tipo de fundaciones, tamaño, profundidad y si se han producido o no asentamientos, inclinaciones o volcamientos.

(3) Reconocimiento del terreno

Esta es una inspección visual para juzgar las condiciones del subsuelo a partir de los afloramientos de rocas y estratos. La inspección es realizada mientras se camina a lo largo de los caminos y ríos existentes en el área de estudio, observando los afloramientos para hacer un mapa de reconocimiento del terreno.

Las huellas de derrumbes, obstáculos, condición del terreno y suelo, el cual parece presentar problemas para la construcción, también serán estudiadas en esta ocasión.

(4) Sondajes

i. General

El estudio por sondaje es el método de investigación de suelos más popular para obtener la estratificación del subsuelo y las características ingenieriles de los estratos. El método realiza perforaciones en el suelo mediante una máquina, recolectando muestras y realizando pruebas in situ a través del agujero. Los sondajes generalmente desarrollan los siguientes estudios:

- Diferenciación de la estratificación
- Observación de las muestras de los sondajes
- Realizar un muestreo y pruebas de laboratorio a los suelos
- Nivel del agua en la perforación
- Pruebas in situ en las perforaciones: test de penetración estándar, test de corte, test de carga lateral, test de presión de agua en los poros, exploración geofísica, etc.

Los resultados de los estudios deberían ser cuidadosamente compilados mediante el uso de elementos tales como un registro de las perforaciones y planillas con los datos de las pruebas realizadas al suelo, ya que los datos del sondaje serán la base y se referirá a ellos repetidamente para realizar el diseño y la construcción.

ii. Aplicación del Test de Penetración Estándar

El resultado del test de penetración estándar de "valor-N" es la información más importante, ampliamente utilizada para el diseño de fundaciones. Muchos factores de diseño se muestran en la Tabla 1.2 que pueden ser estimados del valor-N.

Tabla 1.2 Factores de Diseño Estimados del Test de Penetración Estándar

Suelo Arenoso	Suelo Arcilloso	Construcción
-Densidad relativa -Ángulo de fricción interna -Coeficiente de capacidad de resistencia -Relación de huecos	-Consistencia -Resistencia a la compresión uniaxial (no drenado)	-Analizar la posibilidad de penetración de pilotes -Analizar el efecto de mejoramiento del suelo -Estudio del método de excavación -Análisis de desprendimientos de terreno
-Capacidad de resistencia del suelo -Coeficiente de reacción del terreno -Capacidad de resistencia de los pilotes		

Las relaciones sugeridas por Meyerhof's de valor-N para la densidad relativa y el ángulo de fricción interna están dadas en la Tabla 1.3 y las de Terzaghi-Peck para el valor-N para la consistencia y resistencia a la compresión uniaxial están en la Tabla 1.4.

Tabla 1.3 Relaciones entre N-Dr según Meyerhof para Suelo Arenoso

Valor-N N	Densidad de la Arena	Densidad Relativa Dr	Ángulo de Fricción Interna (Sexagecimal)	Valor del Test Cono de Penetración Estático Qc(kg.f/cm ²)
< 4	muy suelta	< 0,2	< 30	< 20
4 ~ 10	suelta	0,2 ~ 0,4	30 35	20 ~ 40
10 ~ 30	media	0,4 ~ 0,6	35 40	40 ~ 120
30 ~ 50	densa	0,6 ~ 0,8	40 45	120 ~ 200
> 50	muy densa	> 0,8	> 45	> 200

Tabla 1.4 Relación de Terzaghi-Peck entre N-Consistencia-qu para Suelos Arcillosos

Valor-N N	Consistencia de la Arcilla	Resistencia a la Compresión Uniaxial Qc(kg.f/cm ²)
< 2	muy blanda	< 0,25
2 ~ 4	Blanda	0,25 ~ 0,50
4 ~ 8	media	0,50 ~ 1,00
8 ~ 15	dura	1,00 ~ 2,00
15 ~ 30	muy consistente	2,00 ~ 4,00
> 30	muy dura	> 4,00

Para seleccionar el estrato de sustentación para la fundación del puente de acuerdo al valor-N, a pesar de que hay muchas excepciones para el diseño y las condiciones del emplazamiento, los siguientes valores son generalmente sugeridos como estándar:

Suelo Arenoso: N > 40

Suelo Arcilloso: N > 30

3.2.3 Estudio Hidrológico

El estudio hidrológico es vital para la planificación de puentes que cruzan ríos y canales. Del lugar del emplazamiento, la siguiente información debería ser recolectada y analizada:

(1) Condición del curso del río

La condición del curso del río es un factor decisivo para determinar la ubicación y dirección para cruzar el río, la longitud del puente, y la protección en contra de la erosión y socavación. Los principales estudios e ítems de análisis están incluidos en la siguiente lista.

- i. Extensión de los meandros, de las curvas, o extensión de zonas rectas
- ii. Cambios históricos de los meandros y erosión de los bancos
- iii. Patrón, tamaño, y movimiento de bancos de arena
- iv. Cambio en las elevaciones longitudinales del lecho del río tales como agradaciones o degradaciones de los sedimentos
- v. Área de inundación y ancho de la corriente principal durante la crecida

(2) Condiciones de las crecidas importantes

Es importante para la planificación de puentes el no agravar la capacidad del caudal para formar crecidas debida a la construcción del puente. La descarga de la crecida debería pasar suavemente y con seguridad por el puente. Para determinar la descarga de diseño de crecidas y la brecha requerida por el puente, es necesario investigar y analizar las crecidas del pasado y los mayores registros de los siguientes puntos:

- i. Nivel del agua durante la crecida, área, y duración al pasar por el puente
- ii. Descarga de la crecida y velocidad de la corriente
- iii. Escombros, sedimentos, y leños que flotan

(3) Descarga de Diseño

La JKR tiene las pautas para el diseño hidrológico para puentes que cruzan ríos y canales, en el cual el período de retorno para la estimación de la descarga de diseño están especificadas:

- i. Para puentes que cruzan ríos y canales de drenaje: 100 años
- ii. Para un sistema de alcantarillado: 50 años

(4) Condición Meteo-hidrológica

La condición meteo-hidrológica del emplazamiento del puente y de la cuenca del río son también factores necesarios para determinar la descarga de diseño, el nivel de aguas máximas, velocidad del viento de diseño, método de construcción y programa. Los ítems más importantes de esta investigación son los siguientes;

- i. Variación de la temperatura por estación, humedad relativa, y velocidad del viento
- ii. Variación por estaciones de las precipitaciones
- iii. Variación estacional del nivel de las aguas y de la descarga

(5) Planes de mejoramiento del río

Cualquier plan de mejoramiento, ya sea que estén en marcha o sea un plan futuro, deberían ser investigados y tomados en cuenta para la planificación del puente de manera que la construcción del puente no debería producir ninguna obstrucción al plan de mejoramiento del río.

3.3 Condiciones para el Cruce

3.3.1 Generalidades

Los puentes son construidos para cruzar un espacio de tierra existente, siendo la mayoría de ellos espacios públicos tales como ríos, caminos, línea férreas, etc., y donde las estructuras del puente deben existir largo tiempo después de ser construidos. Por lo tanto, en la planificación de puentes se necesita realizar consultas a las autoridades competentes de tales espacios para que estos den su autorización.

Las condiciones de cruce requeridas para los puentes que se proyectan son diferentes dependiendo de la ubicación proyectada y su propósito, además están sujetas a regulaciones gubernamentales sobre el uso de la tierra. Los siguientes tipos de regulaciones pueden ser pertinentes:

Uso de la Tierra	Regulación Concerniente
- Ríos y reservación de control de crecidas	Ríos y Disposiciones de Control de Crecidas
- Caminos y Líneas Férreas	Disposiciones de Derechos de Vías
- Parques Nacionales	Leyes de Parques
- Preservaciones históricas	Disposiciones para la Preservación Histórica Nacional

Adicionalmente a lo anterior, el desarrollo de planes urbanos y locales están también involucrados en la planificación del puente, a pesar de que estas condiciones deberían haber sido consultadas en la etapa de planificación del camino.

Este capítulo explica las condiciones generales de cruce de ríos, caminos, y líneas férreas, ya que muchos puentes son proyectados para cruzarlos.

3.3.2 Cruce del Caudal

Las figuras y ecuaciones mostradas en esta sección están basadas en recomendaciones de la Guía de Administración de Ríos del Japón.

La Fig. 1.7 muestra el concepto general de la sección de cruce del río y la disposición del puente.

(1) Ubicación y dirección del cruce

i. Cruce del río en forma recta

En numerosos ríos en Chile, el banco de erosión ha ocurrido más en los tramos curvos que en los tramos rectos. Aunque pequeños meandros ocurren incluso en tramos rectos por el movimiento de bancos de arena, esto es mucho mejor para escoger el lugar del puente en el tramo recto en comparación al tramo curvo. Además es importante investigar el cambio histórico del curso del río y el lugar del puente se podría elegir en dónde el cambio del curso del río es mínimo.

ii. Cruce del río en forma perpendicular a su flujo

Los puentes que cruzan los ríos con esviaje a menudo causan erosiones y socavaciones en los alrededores del puente. Los puentes esviados producirán turbulencias asimétricas en el flujo del río lo que hace que las protecciones de los bancos en contra de las erosiones sean difícil.

Por lo tanto, el cruce en forma recta con un ángulo recto es el más recomendable. Si fuese inevitable tener que cruzar el río en forma curva o con esviaje, la protección deberá proveerse no sólo alrededor de los estribos sino que también a los bancos adyacentes con una longitud suficiente.

(2) Ancho del caudal y revancha

i. Colocación de los estribos más allá del cauce

Si el espacio bajo el puente no es mayor que el ancho del cauce provocando un efecto de rebalse o estancamiento aguas arriba. Este fenómeno pondrá en peligro al puente al producirse una severa erosión y socavación. Por lo tanto, es necesario diseñar el puente con una longitud superior al ancho del cauce.

A pesar de que la descarga de diseño y el ancho requerido del cauce varían dependiendo de la profundidad de las aguas, poseen en general la siguiente relación:

Descarga de Diseño (m^3/s)	Ancho del Cauce (m)
300	40 ~ 60
500	60 ~ 80
1.000	90 ~ 120
2.000	160 ~ 220
5.000	350 ~ 450

ii. Revancha mínima respecto del nivel de aguas máximas (NAM)

La revancha entre el NAM y el tope del dique para los ríos que tienen secciones transversales compuestas, no deberá ser menor a los siguientes valores:

Descarga de Diseño (m^3/s)	Revancha (m)
menos de 500	0,5
500-2.000	1,0
más de 2.000	1,5

Para los ríos que tienen una sección transversal simple, se recomienda una revancha que por lo menos sea de 0,6 m.

El espacio libre entre el NAM y la parte inferior de la viga deberá ser decidida mediante la adición de 0,5 m a las revanchas mencionadas anteriormente. (Fig. 1.8).

(3) Longitud mínima del tramo

- i. La longitud del tramo tiene relación directa con la posibilidad de provocar un atascamiento bajo el puente con leños o escombros flotantes. La longitud mínima en relación con la descarga de diseño está generalmente dada por la siguiente fórmula.

$$L = 20 + 0,005Q$$

donde, L = longitud del tramo (m), medida en forma perpendicular al flujo
 Q = descarga de diseño (m^3/s)

- ii. Sin embargo, si se está seguro de que la posibilidad de tener leños o escombros flotantes es lejana, de manera que un estancamiento rara vez ocurre, la longitud mínima del tramo puede ser reducida a los siguientes valores:

$$\begin{array}{ll} Q < 500 \text{ m}^3/\text{s} & \text{y } W < 30 \text{ m} : L = 12,5 \text{ m} \\ Q < 500 \text{ m}^3/\text{s} & \text{y } W \geq 30 \text{ m} : L = 15 \text{ m} \\ 500 < Q < 2000 \text{ m}^3/\text{s} & : L = 20 \text{ m} \end{array}$$

donde, W = ancho del caudal (m)

- iii. Ubicación de la cepa cercana a los bancos

La cepa no debería ser colocada en el talud del banco ni tampoco al pie de este. Se recomienda que para aquellas cepas proyectadas cerca de los bancos el tomar al menos la siguiente distancia respecto al pie del talud.

Descarga de Diseño (m ³ /s)	Distancia (m)
menos de 500	5
más de 500	10

En donde sea difícil tomar las distancias mencionadas arriba, se deberá proveer de suficiente protección a los bancos en el pie de estos y alrededor de las cepas para evitar posibles socavamientos locales.

iv. Razón de impedimento del ancho de una cepa al flujo del cauce

La existencia de cepas en curso del río es el mayor impedimento para el flujo de las aguas impuesto por la construcción del puente. Mientras menor sea el ancho de la cepa mejor es el flujo de las aguas. Hay una pauta para controlar el ancho total de las cepas en el curso del río, que es mediante la razón de impedimento respecto del ancho del cauce:

	<u>Razón de Impedimento</u>
Deseable :	menos de 3%
Máximo :	5%

El ancho de la cepa deberá ser medido perpendicularmente a la dirección del flujo en el nivel de aguas máximas, y el ancho del cauce será el ancho del nivel de aguas máximas.

(4) Diseño del estribo

i. Estribo tipo T-invertida

Hay muchos ejemplos en Chile en los que los estribos formados por los bancos o por una pila de pilotes están dañados por socavación local. Muchas de las protecciones dispuestas al frente de tales estribos son arrastradas por crecidas dejando los pilotes expuestos.

Por lo tanto, es recomendable adoptar el estribo tipo T-invertida en vez de utilizar los bancos o una pila de pilotes.

ii. Profundidad de empotramiento de la fundación

La fundación estará empotrada en el lecho del río. En donde el riesgo de socavación sea alto, esta deberá ser colocada bajo la anticipada profundidad de socavación. (Fig. 1.8)

iii. Paralelismo al flujo

Los estribos deben colocarse en paralelo al flujo.

(5) Diseño de las cepas

i. Columnas de la cepa con forma oval o redondas

La existencia de cepas en el cauce inevitablemente produce turbulencia en el flujo de las aguas la cual es la principal causa de la socavación local alrededor de las cepas. Para disminuir este efecto producido por las cepas, es recomendable que el perfil o forma de la sección transversal de las columnas o cuerpo de las cepas sea ovalada o redonda pues la turbulencia provocada por ellas es mucho menor respecto a las de forma rectangular. Es también recomendable que una cepa tenga sólo una columna, y no dos o múltiples columnas ya que esto induce severas turbulencias.

En donde el flujo no sea estable o curvo, el perfil redondo es más adaptable a los cambios del flujo que la de forma oval.

ii. Profundidad de empotramiento de la fundación

La fundación será empotrada en el lecho del río más allá que la anticipada profundidad de socavación. A continuación se da una pauta para la profundidad de empotramiento de las fundaciones (Fig. 1.8):

Ubicación de la Cepa

Agua del canal baja y la parte del nivel de aguas altas del canal dentro de 20m desde el tope del talud del canal de aguas bajas:

Nivel de alto de las aguas del canal más allá de 20m desde la cima del talud del canal de aguas bajas:

Profundidad de Empotramiento

Más de 2m bajo el lecho del río del canal de aguas bajas

Más de 1m bajo el lecho del río del canal de aguas altas.

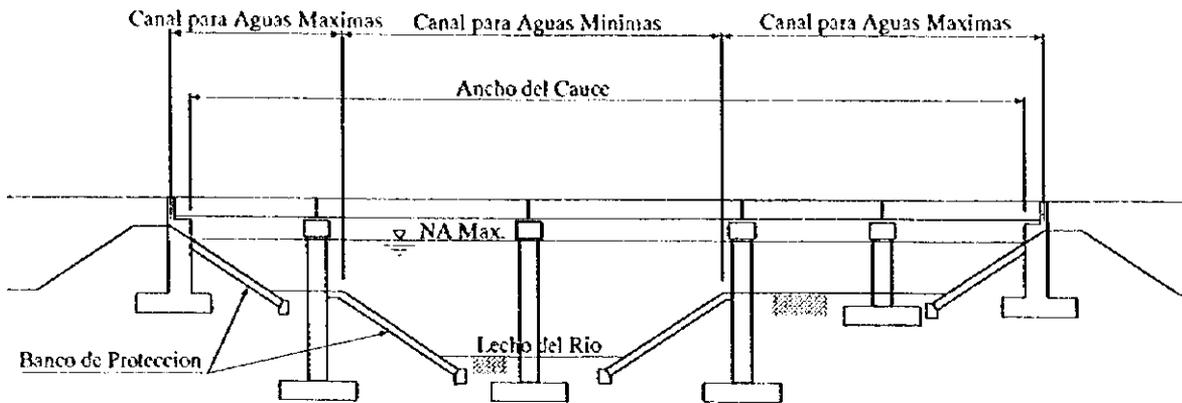


Fig. 1.7 Generalidades (Componentes) de la Sección Transversal del Río y Disposición del Puente

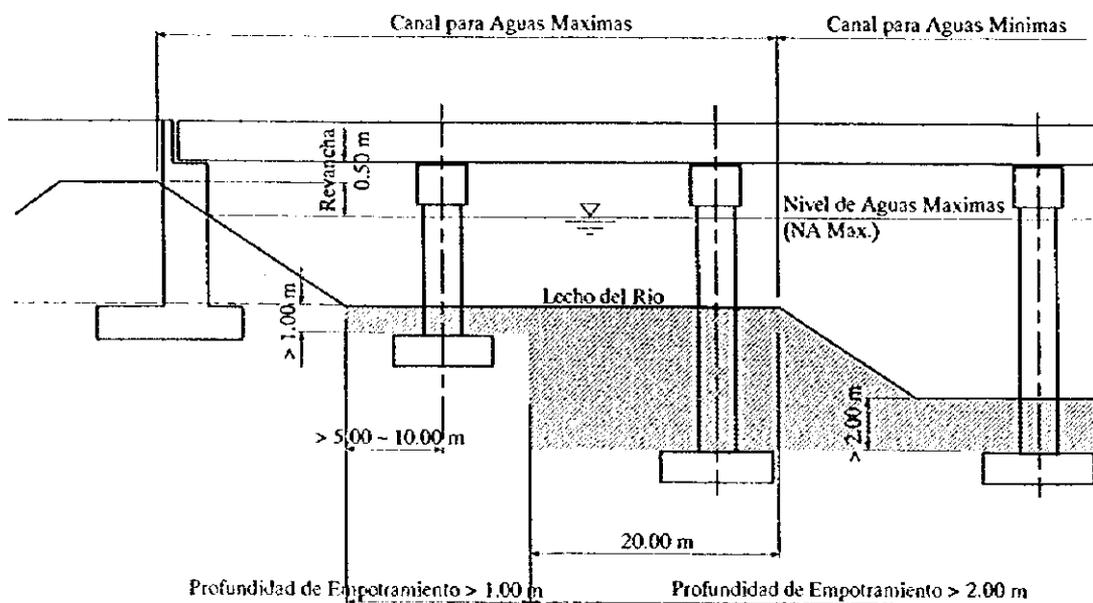


Fig. 1.8 Revancha y Profundidad de Empotramiento

(6) Protección de los bancos

La protección de los bancos es necesaria para proteger sus taludes de la erosión la que puede ser causada por la turbulencia del flujo de las aguas inducidas por la construcción de las cepas.

i. Área de cobertura

La protección de los bancos será suministrada en los bancos con nivel de aguas alto y en el de bajo nivel de aguas, desde la cima hasta el pie del talud, en una extensión de 10m aguas arriba y abajo del lado del puente incluyendo bajo el puente.

Para los puentes esviados, se necesita de un área de cobertura adicional tal como se muestra en la Figura 1.9 para manejar la turbulencia del flujo.

ii. Profundidad de empotramiento

La protección de los bancos deberá ser empotrada en el lecho del río no menos de 0,5 ~ 1,0m para ríos pequeños y 1,0m para ríos grandes. Donde el riesgo de socavación sea alto, deberá ser colocada más allá que la anticipada profundidad de socavación.

iii. Protección de las fundaciones

El pie del banco deberá ser protegido en contra de la socavación mediante gaviones o enrocados.

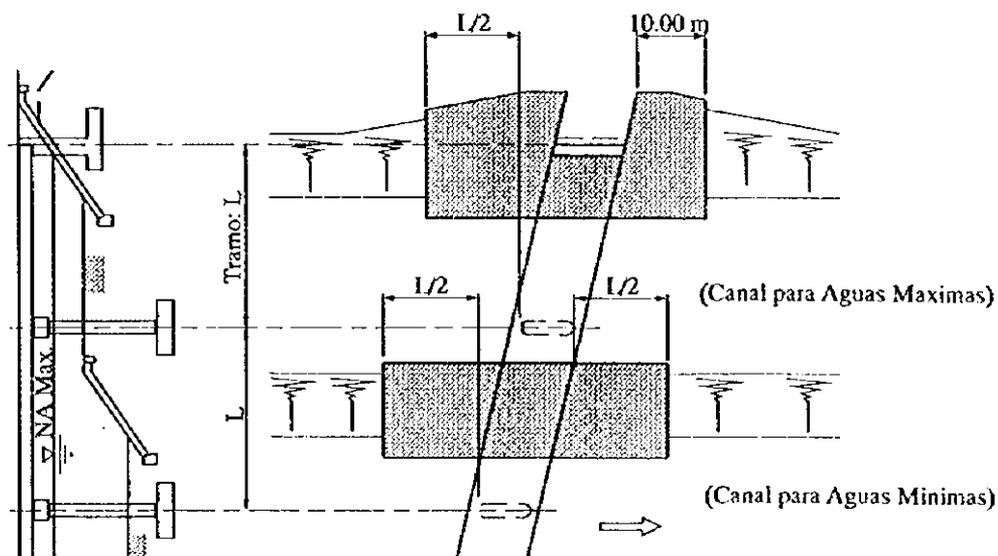


Fig. 1.9 Área de Protección de los Bancos

(7) Nuevo Puente Cercano al Existente

Dónde se construye un nuevo puente cercano a uno existente, el efecto de una estructura sobre el flujo es notorio, por lo que la otra estructura debería ser considerada. Para minimizar este efecto, la ubicación de los dos puentes debería ser compatible con el flujo. En principio, las cepas del nuevo puente deberían ser alineadas con aquellas del puente existente a lo largo de las líneas de flujo.

La Figura 1.10 muestra las directrices de cómo determinar la ubicación de las cepas y luces del nuevo puente planeado, que será paralelo con el puente existente, de acuerdo a la distancia entre los dos puentes.

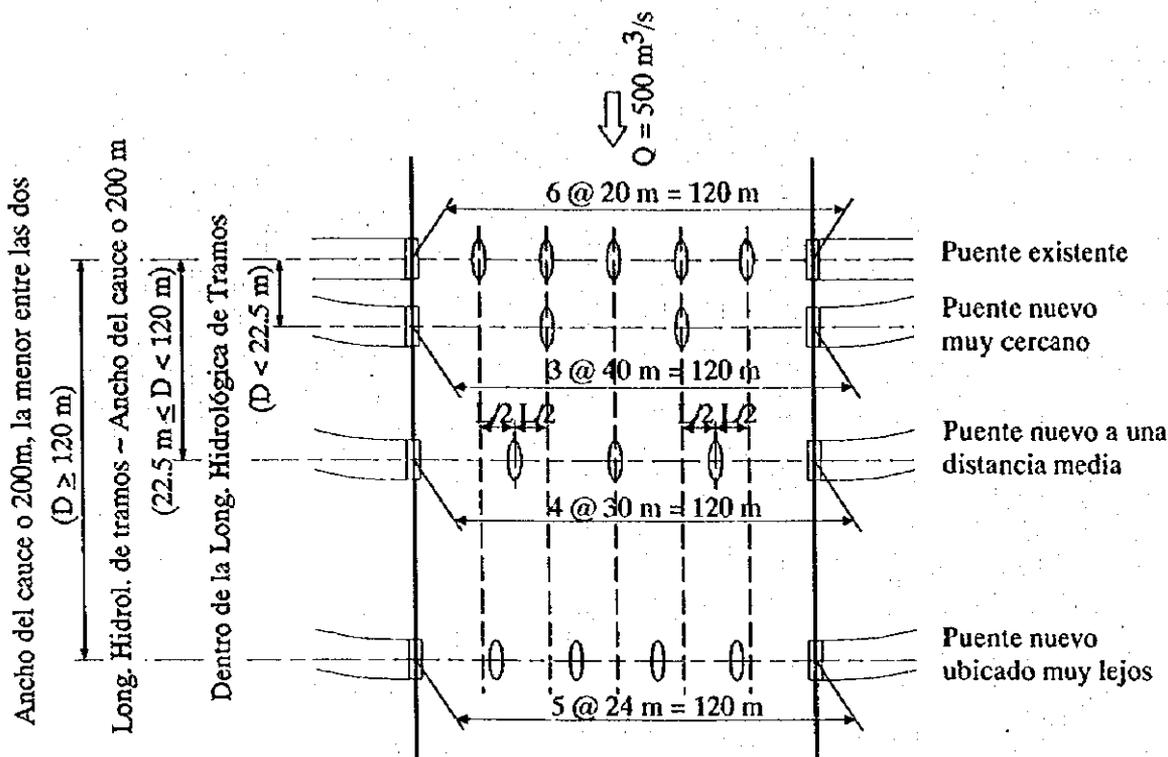


Fig. 1.10 Puente Nuevo cercano al Existente

En la figura, se asumen las siguientes condiciones del río:

Caudal de Diseño	$Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$
Ancho del Lecho	$W = 120 \text{ m}$
Longitud de la luz hidrológica	$L = 20 + 0.005 \times 500 = 22.5 \text{ m}$

- i. Para puentes cercanos dentro de la longitud de la luz hidrológica;
 - Las nuevas cepas del puente a ser ubicadas exactamente sobre los alineamientos extendidos en paralelo con las líneas de flujo desde las cepas correspondientes del puente existente.
 - En suma, la nueva luz del puente no será menor que la longitud de la luz hidrológica.

De acuerdo a las medidas de arriba, en la figura, la nueva luz del puente para el puente cercano no se ha escogido, pero llega a ser de 40m, doblando la luz del puente existente, porque la luz existente de 20m es más que la longitud de la luz hidrológica de 22.5m.

- ii. Para la distancia media de puentes mayores que la longitud de la luz hidrológica y sobre el ancho del lecho o 200m, cualquiera es menor;

- Las nuevas cepas estarán ubicadas exactamente en los alineamientos extendidos, paralelo a las líneas de flujo desde las cepas del puente existente, o en el punto medio de tales alineamientos. La ubicación de la cepa en el punto medio es admitido en condición tal que el espacio lateral del punto medio mostrado como $L/2$ en la figura, no es menor que la longitud de la luz hidrológica.
- En suma, la nueva luz del puente no será menor que la longitud de la luz hidrológica.

La ubicación de las nuevas cepas del puente en la distancia media mostradas en la figura, no serán aceptables, donde $L/2$ ($20m/2 = 10m$) es menor que la longitud de la luz hidrológica de 22.5m debido a la primera medida mencionada arriba. En este caso, una luz de 40m es requerida la misma, como el caso más próximo.

iii. Para el caso más extremo de un sobre ancho del lecho o 200m es más cercano;

- La ubicación de las nuevas cepas del puente, no estarán condicionadas por la ubicación de las cepas del puente existente.
- Sin embargo, las luces del nuevo puente, no serán menores que la longitud de la luz hidrológica.

La ubicación de las cepas del nuevo puente en una distancia lejana mostrado en la figura, puede ser seleccionado libremente desde la ubicación de las cepas del puente existente, pero la luz de 24m, no es menor que la longitud de la luz hidrológica de 22.5m.

3.3.3 Cruce de Caminos

(1) Información de cruce de caminos

Como se había mencionado anteriormente en el Ítem(5) - la separación de niveles del Capítulo 2.3.3, la siguiente información respecto del cruce de caminos es necesaria para la planificación de puentes.

i. Respecto del camino existente:

- clase y calidad
- perfil de la sección transversal
- derechos de vía
- límite del gálibo
- perfil longitudinal

ii. Respecto de proyectos futuros

- designación o no, de los caminos a la planificación de la ciudad
- existencia o no de un plan de aceras
- existencia o no de un plan de recubrimiento o ensanchamiento

iii. Respecto de los servicios públicos

(2) Ítems de consultas

Los siguientes ítems son los a ser consultados a las autoridades competentes respecto del cruce de caminos:

- i. Longitud y tramos del puente
- ii. Ubicación de los estribos y cepas
- iii. Profundidad de empotramiento de las fundaciones
- iv. Gálibo bajo el puente
- v. Caminos de desvío
- vi. Método de construcción (incluidas las protecciones del camino existente y para el tránsito)

(3) Límite del Gálibo

En Chile y también en Japón, la altura del gálibo de 5m que está por arriba de la superficie del camino existente bajo la parte inferior de la viga proyectada del puente, es recomendada por las siguientes razones:

Razón 1: Las regulaciones del diseño geométrico de los caminos especifican un espacio libre de 4,70m. Adicionalmente a esto, se considera una distancia adicional de 0,3m para futuras superposiciones o recubrimientos.

Razón 2: El tamaño legal de los vehículos es de 3,80m. Por otra parte, los puentes de acero necesitan de un espacio mínimo de 1,0 m bajo la viga del puente para trabajos de pintado así como también de un margen de 0,2m.

(4) Ubicación de los estribos y cepas

i. General

Los estribos y cepas no pueden ser construidos dentro de la calzada. Es favorable para el tránsito el tener un suficiente margen lateral entre la calzada y el estribo, y no tener una cepa en medio de la faja.

Sin embargo, en los siguientes casos es técnica y económicamente muy difícil el evitar una cepa en el centro de la faja:

- El camino es muy ancho teniendo entre 6 o más pistas
- El puente tiene un esviaje de alrededor o más de 50 grados aún si este tiene solamente cuatro o menos pistas.
- El camino de cruce está separado en pistas superior e inferior.
- El frente del camino y/o del cauce corre paralelo al camino de cruce.

Cuando una cepa es diseñada en la faja central, es recomendable considerar cargas de colisión de vehículos para el diseño de la cepa.

ii. Margen lateral

Si una cepa se pone en la línea central, la faja central necesita ser ensanchada al menos en el ancho de la cepa de manera de mantener el espacio lateral original. Aún en el caso de que esta faja no pueda ser ensanchada lo suficiente, se necesita de un margen mínimo lateral de 0,5m entre la cepa y el gálibo límite del camino de cruce como se muestra en la Fig. 1.10. Se instalará un guardarriel o guardarueda en el margen lateral.

La fundación de la cepa, como también se muestra en la Fig. 1.10, preferentemente no se extenderá más allá del ancho de la faja central para evitar asentamientos desiguales del camino, y empotrar más de 1,0m para asegurar el espacio para los servicios públicos subterráneos.

iii. Margen lateral especial para autopistas de alta velocidad

El cruce de autopistas, en donde los vehículos pueden correr a alta velocidad, necesitan márgenes laterales mayores para que los estribos y cepas no sean un obstáculo visual para los conductores. Se recomienda tomar como mínimo 3,0m para estructuras masivas como estribos y cepas anchas y 1,5m para estructuras delgadas o esbeltas como las cepas delgadas (el ancho de la cepa es menos de 1,0m).

3.3.4 Cruce Ferroviario

(1) Información del cruce ferroviario

Tal como en el cruce de caminos, la siguiente información sobre el cruce ferroviario es necesaria de antemano:

- i. Acerca de la línea férrea:
 - clase y grado
 - ancho de la vía y perfil transversal
 - derecho de vía
 - límite de la sección libre
 - electrificado o no
- ii. Respecto de planes futuros
 - plan de electrificación, o no
 - plan de doble vía, o no
 - plan de elevación, o no

(2) Ítems a ser consultados

Los siguientes ítems son los que deben ser consultados a las autoridades competentes respecto del cruce ferroviario:

- i. Tipo estructural del puente
- ii. Longitud del puente tramos
- iii. Profundidad de empotramiento de las fundaciones
- iv. Ubicación de los estribos y cepas
- v. Gálibo bajo el puente
- vi. Método de construcción (incluidos la recolocación y protección de infraestructuras del ferrocarril)
- vii. Consignación de la construcción, o delegación de supervisores
- viii. Instalación de barreras de seguridad

(3) Límite del Gálibo

El límite del gálibo de la línea férrea es diferente dependiendo del tipo y clase de vías. El ferrocarril de Chile ha sido desarrollado basado en el ancho de vía europeo y se encuentra ahora en el proceso de electrificación. La Fig. 1.11 muestra el Gálibo ocupado por ferrocarriles del estado de Chile.

Sin embargo, en los recientes años un nuevo sistema de ferrocarriles conmutadores se están construyendo en el área urbana. Para el cruce con tales nuevos sistemas, el límite del galíbo deberían ser confirmados por medio de consultas individuales.

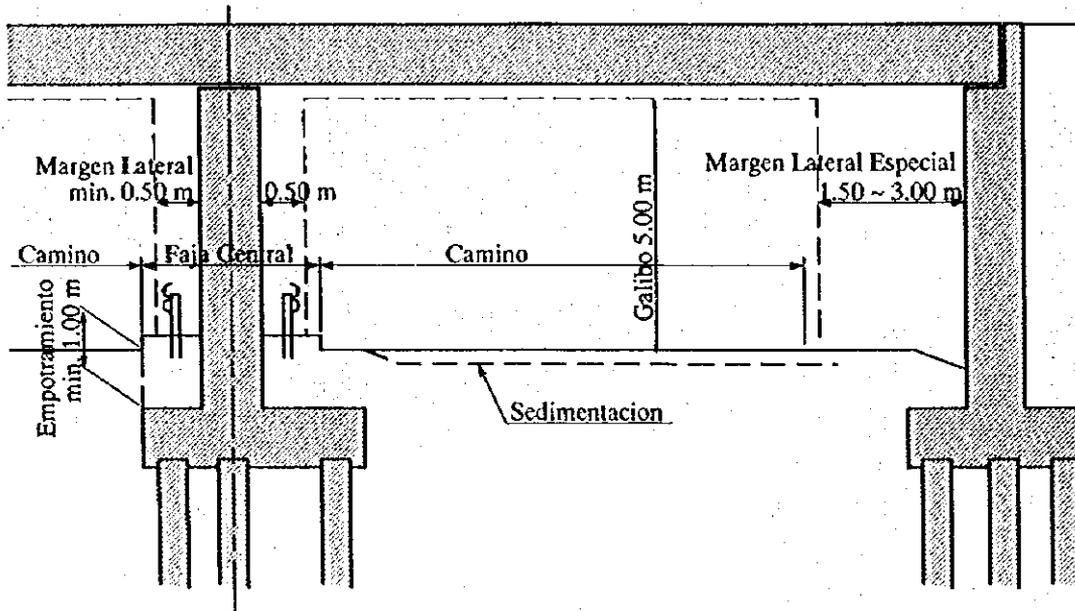


Fig. 1.11 Galíbo para el Cruce de Caminos
(Nota: El galíbo será revisado para reunir la corriente practica del MOP.)

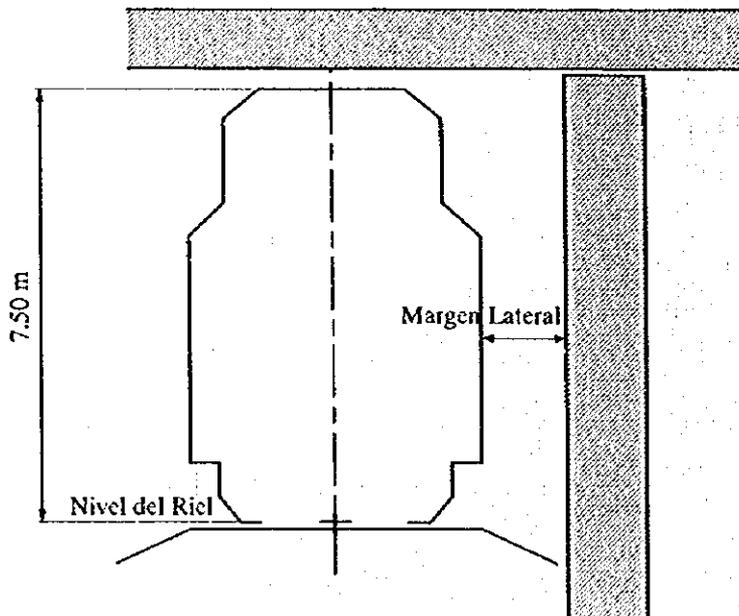


Fig. 1.12 Galíbo para el Cruce Ferroviario
(Nota: El galíbo será revisado para reunir la corriente practica del FF.CC.)

3.4 Tipo de Estructura del Puente

3.4.1 Generalidades

Hay muchos factores a ser considerados en la selección del tipo de estructura. Uno de los más importantes es el lugar del país en donde el puente será construido. Por varias razones parece haber una preferencia por ciertos tipos de puentes en determinadas zonas de un país. La proximidad de maestranzas de acero y el costo del transporte pueden controlar la elección entre un puente de hormigón o uno de acero. La experiencia de las constructoras locales es un gran factor, y el ofrecimiento de estructuras extrañas para ellos puede solamente resultar en mayores precios. Si el área es remota, todos los esfuerzos debe apuntar a minimizar la mano de obra necesaria para la obra de manera de no tener que importarla resultando en costos muy altos.

Debería ser obvio que lo más importante en discusión en este capítulo es lo concerniente a puentes de tamaño moderado. Cuando una estructura realmente grande va a ser construida, hay muchos otros factores que entran en juego con lo que su diseño llega a ser un ejercicio muy especial. Un puente de dimensiones monumentales, dominará a su medio ambiente. Costará una gran cantidad de dinero, tomando también una gran cantidad de tiempo diseñarlo y construirlo.

3.4.2 Superestructura

(1) Estructura de hormigón

El hormigón es un material muy versátil pudiéndose alcanzar complicadas configuraciones. Se pueden dar suaves y extensas formas curvas o los intrincados detalles de una estatua. Puede ser prefabricado o precomprimido (disminución del peso) o usarse para grandes vigas que pueden ser colocadas a través de quebradas sin usar apuntalamientos. O puede ser vaciado in situ y luego postensionado. El hormigón es muy pesado y su uso asegura un alto factor de peso muerto. Cuando es vaciado en el lugar, requiere de moldajes y apuntalamiento los cuales son a menudo inconvenientes para el tránsito. El tamaño y peso de las vigas que pueden ser transportadas por los caminos y carreteras es limitado.

Los tipos de puentes de hormigón (precomprimido) y sus rangos normales de tramos están dados en la Tabla 1.5.

Table 1.5 Puentes de Hormigon Pre-comprimido y aubicacion de los Rangos de sus Tramos

Tipo de Puente	Forma Estructural	Metodo de Construcion	Rango del Luz (m)							Razon de Altura de la Viga-Luz	Estructura de Curva
			20	40	60	80	100	120	140		
Pre-tensado de Losas Cajon		Montaje por Grua	[Bar from 20 to 40]							1/24	×
Viga I Pre-tensado		Montaje por Grua	[Bar from 20 to 40]							1/18	×
Viga I Post-tensado		Montaje por Grua Montaje por Lanzamiento	[Bar from 20 to 40]							1/15	×
Losas Cajon Continua		Andamiaje Fijo Andamiaje Deslizante	[Bar from 20 to 40]							1/22	○
Viga Cajon Continua		Andamiaje Fijo Andamiaje Deslizante	[Bar from 20 to 40]							1/20	○
Marco Rigido		Montaje por Voladizos	[Bar from 50 to 100]							1/18 ~ 35	○
		Andamiaje Fijo Montaje por Voladizos	[Bar from 50 to 100]								
Atrantado		Andamiaje Fijo Montaje por Voladizos	[Bar from 50 to 100]							—	×
		Montaje por Voladizos	[Bar from 50 to 100]								
Atrantado		Montaje por Voladizos	[Bar from 100 to 150]							1/40 ~ 100	×

(2) Estructura de acero

A finales de los años 60, la fabricación del acero estructural sufrió algunos cambios importantes. La soldadura se apoderó y casi desplazó completamente al remache de largo servicio. La soldadura tiene muchas ventajas que se reconocen rápidamente en el ahorro de peso, mano de obra, y simplificación de detalles, resultando en más economía en las estructuras de acero.

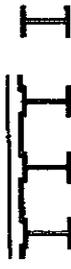
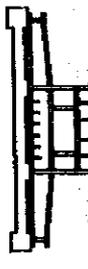
Con el aumento en el uso de la soldadura, también ha aumentado el uso de pernos de alta resistencia, usualmente como conectores. Los pernos son a menudo usados para conectar elementos soldados. Esto es para simplificar el trabajo en terreno y hacer que el montaje sea más rápido y fácil.

La soldadura ha hecho que la viga híbrida sea posible. Esta es una viga que combina un número de aceros con diferentes resistencias que alcanzan el nivel de resistencia en un elemento. Esto puede resultar en vigas ordenadas y de aspecto limpio sin los cambios de espesores de platabandas a través de la luz del tramo.

Los puentes de acero que necesitan ser pintados para prevenir la corrosión son temas naturales para el uso de variados colores. El color del puente debería conformar el deseo general de compatibilidad, los colores seleccionados deberían armonizar bien con los alrededores. Verdes suaves, canelas y cafés son los colores de la naturaleza y calzan bien. Donde la estructura necesita ser minimizada, los colores grises contra el cielo y los colores oscuros contra las profundas sombras sirven para absorber una estructura.

Los tipos de puentes de acero y su disposición de tramos normal están dados en la Tabla 1.6.

Table 1.6 Puentes de Acero y Ubicacion de los Rangos de sus Tramos

Tipo de Puente	Forma Estructural	Forma Estructural	Rango del Luz (m)										Razon de Altura de la Viga-Luz	Estructura Curva		
			20	40	60	80	100	120	140	160	180	200				
Viga I Laminada															1/20	X
Viga I de Placa Soldada		Viga Simple Viga Continua													1/17 1/18	O
Viga Cajon de Placa		Viga Simple Viga Continua													1/22 1/23	O
Viga con Placa de Tablero Ortotropico		Viga Simple Viga Continua													—	O
Reticulado		Viga Reticulado Viga Reticulado Continua													1/9 1/10	X
Arco		Viga Langer													1/6.5	X
		Viga Lohse													1/6.5	X
		Arco Zunchado													1/6.5	X
Atriantado															1/40 ~ 100	X

3.4.3 Infraestructura

(1) Estribos

Los estribos, la mayoría hechos de hormigón, están localizados en ambos extremos del puente no sólo para soportar la superestructura sino que también soportar la presión del terreno desde atrás. En general, la estabilidad del estribo está asegurada por la combinación de su peso propio y el relleno en la fundación posterior. Cuando un estribo llega a ser alto, el espesor del muro se reduce para ahorrar en hormigón en compensación de la armadura con barras de acero.

(2) Cepas

Las cepas, la mayoría hechas de hormigón, están localizadas entre ambos estribos para soportar las superestructuras. Las cepas raramente reciben presiones del terreno mal distribuidas. El tipo y formas de las cepas son seleccionadas de acuerdo a las condiciones del sitio del puente en particular de las condiciones del cruce.

3.4.4 Fundación

(1) Generalidades

La fundación es una estructura hecha de hormigón, acero o madera, y construida dentro del terreno como parte de la infraestructura para transmitir las cargas desde la superestructura al suelo. En un sentido amplio, el terreno circundante (Estrato de apoyo) es considerado como parte de la fundación. La fundación es clasificada por el método de construcción y su profundidad tal como se muestra en la Tabla 1.7.

(2) Fundación de amarre

La fundación de amarre está construida generalmente con cimientos de hormigón poco profundos y comparativamente anchos lo que están apoyados directamente sobre el suelo.

Estos cimientos ensanchados o de amarre son usados generalmente cuando el sitio del puente alcanza las siguientes condiciones de suelo:

- i. El suelo soportante está a poca profundidad, dentro de alrededor de los 5m desde la superficie del terreno.
- ii. La resistencia de apoyo o de sustentación del suelo es más que el valor 30 del valor-N del test de penetración estándar en el caso de suelo arenoso y más de 20 para la arcilla.
- iii. Tales terrenos de apoyo alcanzan una profundidad, de más de 1,5 veces el ancho designado de la cimentación (lado más corto) bajo el fondo de esta.
- iv. Cuando el nivel freático es alto, son posibles tomar medidas tales como el agotamiento o colocar un muro interceptor.
- v. Para las fundaciones bajo el agua, si hay una baja posibilidad de socavación, o que las medidas disponibles en contra de la socavación estén disponibles.

Table 1.7 Tipos de Fundacion y Profundidad de Construccion

Tipo de Fundacion	Profundidad de Construccion (m)	Diametro o Lado (m)	Condicion del Terreno			Agua del Terreno		Soporte de Friccion	Construccion en Agua	Pilote Inclinado	Condicion Medio Ambiental		
			Suave y Poco	Capa Dura Intermedia	Capa Intermedia de Grava	Nivel Maximo	Surgente sobre 2 m del Nivel de Terreno				Vibracion Baja y Ruido	Efecto Menor en Estructuras Vecinas	Existencia de Gas Venenoso
Fundacion de Amarre	10	> 1.50	×	○	○	△	×	△	-	○	○	△	
	20	0.25 ~ 0.50	○	×	×	○	○	△	○	×	×	○	
	30	0.30 ~ 1.00	○	△	×	○	○	△	○	×	×	○	
Hincamiento de Pilotes	40	0.30 ~ 1.50	○	○	△	○	○	△	○	×	×	○	
	50	0.40 ~ 1.20	△	○	△	○	×	△	△	○	○	○	
	60	0.80 ~ 1.50	○	○	×	○	×	△	×	○	○	○	
Hormigonado In-situ de Pilotes	70	0.80 ~ 1.50	○	○	△	○	×	△	△	○	○	○	
	80	0.80 ~ 1.50	×	○	×	○	×	△	×	○	○	○	
	90	> 2.00	○	△	△	○	△	△	-	○	△	○	
Pilote Cajon (Caisson)	10	> 4.00	△	○	○	○	○	△	-	○	△	×	
	20	> 3.00	○	○	△	○	○	△	-	○	△	○	
Tubeo de Acero Tablaestaca de Fundacion	30	> 3.00	○	○	△	○	○	△	-	×	△	○	

○ : practicable △ : dificultoso × : impracticable

(3) Fundación con pilotes

i. Generalidades

Cuando una fundación de amarre no puede ser colocada sobre rocas, un material granular denso o suelos cohesivos consistentes dentro de una profundidad razonable, la fundación mediante pilotes es la más usada. Para los lugares en que el riesgo de socavación es alto o se anticipa un asentamiento inaceptable por el uso de fundación de amarre pero las condiciones del suelo permitirían su uso, la fundación por pilotes se puede usar también como una medida contraria.

ii. Tipos de pilotes por forma o manera del soporte.

Las fundaciones por pilotes se clasifican en pilotes de columna, de fricción, o una combinación de ambos de acuerdo a la forma de transmisión de la carga. Los pilotes columnas obtienen la mayor parte de la capacidad de soporte de la resistencia del estrato de apoyo. Los pilotes de fricción obtienen la mayor parte de su capacidad de soporte de la resistencia de la fricción a lo largo del manto del pilote empotrado. La capacidad de sustentación de la combinación del pilote columna con el de fricción es obtenida de la suma de las resistencias de la punta del pilote y de la fricción de la columna empotrada.

Es recomendado el uso de pilotes columna tanto como sea posible. En el caso de que el uso de pilotes de fricción sea inevitable debido a que el estrato de apoyo este muy profundo, por ejemplo más de 60m, debería considerarse en el diseño el largo plazo de consolidación del asentamiento del grupo de pilotes. Al respecto, los pilotes de fricción no son recomendables para las estructuras estáticamente indeterminadas tales como vigas continuas y puentes de marcos rígidos debido a que tales estructuras son fácilmente afectadas por asentamientos diferenciales de los apoyos.

iii. Tipos de pilotes por material y método de construcción

La fundación por pilotes también se clasifica por el método de construcción como pilotes hincados o pre-excavados. Los pilotes hincados son hechos de diferentes materiales tales como la madera, hormigón prefabricado, o secciones de acero estructural.

Los pilotes de madera son limitados en su longitud y raramente son usados hoy en día, excepto en construcciones pequeñas o de menor importancia.

Respecto de los pilotes prefabricados, al comienzo eran de H.A (hormigón armado) de forma cuadrada y moldeados in situ, siendo actualmente producidos en fábricas y el más usado comúnmente para las fundaciones alcanzan los 30m de profundidad. Los pilotes están armados con barras de acero o acero pre-comprimido, compactado mediante centrifugación para formar secciones circulares, y denominados comúnmente como pilotes centrifugados de H.A. o pilotes centrifugados prefabricados. Los pilotes prefabricados centrifugados son más usados que los de H.A. debido a que los primeros son más resistentes a las grietas y pueden ser hincados más profundamente que los pilotes de H.A., despreciando las pequeñas diferencias entre los costos de ambos. Los tamaños del mercado para los pilotes prefabricados varían entre los 30-80 cm de diámetro.

Los pilotes de acero pueden ser tubos o un perfil H. Los pilotes de tubos ofrecen una alta resistencia a los impactos del hincado y de acuerdo a esto pueden ser colocados a una profundidad superior que los pilotes prefabricados. Estos pilotes son caros, y generalmente se usan cuando los pilotes prefabricados no pueden alcanzar la profundidad del estrato de sustentación o existen capas o estratos duros intermedios. Para la corrosión del acero,

generalmente se considera un margen de 0,02 mm/año para el espesor del acero condiciones ambientales normales.

Los perfiles H son convenientemente usados para construcciones provisorias y a menudo sacados para ser re-utilizados varias veces.

Los pilotes pre-excavados son construidos mediante la colocación de una armadura de acero para luego ser rellenado con hormigón las excavaciones realizadas. De acuerdo a las condiciones del suelo y la profundidad deseada para el pilote, se seleccionan los métodos y la mantención de la excavación. Generalmente sea esta una excavación en seco o húmeda, con agua o con una pasta aguada, se usará una camisa metálica provisorio o permanente, necesaria para producir una columna de fundación de hormigón durable y libre de defectos. Los pilotes pre-excavados son adecuados para la construcción en zonas urbanas o que estén cerca de esta, debido a sus características de producir menos ruidos y vibraciones comparadas con los pilotes hincados, pero el método necesita de hábiles técnicas y de un alto control de calidad por la complejidad en las operaciones de construcción. Los pilotes pre-excavados serán estudiados como una alternativa a los de acero en la planificación de fundaciones profundas.

iv. Pilotes inclinados

Cuando la resistencia lateral del suelo es considerada como no adecuada para las cargas horizontales, o cuando es necesario el aumento de la rigidez de toda la estructura, los pilotes inclinados son usados usualmente para ahorrar pilotes. Sin embargo, estos pilotes no son recomendados usarlos en de suelos compresibles (se producirán asentamientos) con lo que se esperan cargas de fricción negativa en el manto, tampoco es recomendable para los pilotes pre-excavados debido a la dificultad en su construcción excepto para todos los métodos que utilizan una camisa de acero. En ves de esto, es recomendable aumentar el número o el diámetro de los pilotes.

v. Distancia entre pilotes

Las siguientes son las distancias mínimas de distancia de eje a eje entre pilotes recomendadas para decidir el tamaño de la fundación.

Para pilotes columnas : 2,5 veces el diámetro/ancho del pilote

Para pilotes de fricción: 3,0 veces el diámetro/ancho del pilote preferentemente, pero no menos de 2,5 veces.

3.5 Estimación Preliminar de Costos y Plan de Construcción

3.5.1 Estimación Preliminar de Costos

(1) Generalidades

La estimación de costos es un procedimiento para desglosar un objeto de la obra en sus partes componentes tales como el número de tramos, infraestructuras, o los metros cúbicos de hormigón con lo cual se hace más sensitiva la medida exacta de las cantidades de cada parte y la estimación de sus costos.

Para un departamento gubernamental (MOP), los costos de un proyecto de puente incluirán los costos de administración, estudios, diseño, adquisición al derecho de vía, supervisión, y financiamiento. Para un ingeniero consultor, los costos dependerán de su definición en su contrato con el cliente. Para un

constructor, los costos incluirán el actual costo de construcción al que se le agrega una holgura para las contingencias y un beneficio, lo que produce la oferta del constructor.

La estimación de costos puede ser clasificada por su propósito como:

- Estimación preliminar
- Estimación comparativa, y
- Estimación detallada del contratista.

La estimación preliminar será desarrollada en la etapa de planificación para establecer la viabilidad de un proyecto y para destinar los fondos. La estimación comparativa sirve en la etapa de diseño del desarrollo del proyecto y es usado para la estimación por parte de los ingenieros. La estimación detallada del contratista es obviamente la que estos utilizan. Mientras más detallada y precisa es la estimación, esta se convierte en un proceso más costoso y que demanda más tiempo.

(2) Estimación de costos preliminares

Estas estimaciones son las primeras que se hacen en un proyecto en la etapa de planificación y son usadas para agrupar los costos probables dentro de un amplio rango. Ellos deben estar basados en limitadas y generales definiciones como el alcance y los detalles. Por ejemplo, un puente proyectado podría ser comparado respecto del terreno, longitud, altura, ancho, condiciones del suelo, etc., con los proyectos previos que tengan características similares, de los cuales pueda ser hecha una aproximación de cantidades y costos. Este nivel de estimación puede ser preparado con exactitud dentro del 20-30 por ciento del costo final.

Sin embargo, si se requiere de una mayor precisión para una mayor comparación de costos entre los proyectos alternativos o planes financieros por parte del dueño o propietario, se recomienda el método simplificado de costos unitarios. El método involucra el uso de precios unitarios de proyectos previos, aplicados a las cantidades para un nuevo proyecto, mediante la agrupación de ítems de costos dentro de varios ítems principales. Aquí las cantidades para el nuevo proyecto son conocidas (o por lo menos aproximadamente), y los costos unitarios previos son tomados de un proyecto o proyectos seleccionados debido a sus grandes similitudes en las condiciones de los costos predominantes, donde un cierto grado de exactitud puede ser obtenido sin extensos ajustes o análisis detallados. Los costos unitarios para la estimación de costos en proyectos de puentes están comúnmente agrupados dentro de los siguientes ítems principales:

Item de Costo	Unidad de Medida de la Cantidad
i. Superestructura	
Pavimento (incluyendo soleras y barandas)	área o superficie (m ²)
Cantoneiras	tamaño y longitud (m)
Vigas (incluido el trabajo de montaje y diafragmas)	
Viga pre-vaciada PC (PC = Pre-comprimida)	tipo, tamaño, y número de vigas del diseño estándar (piezas)
Viga tipo cajón PC	volumen de hormigón por superficie de puente de datos de proyectos previos (m ³ /m ²)
Viga de acero	peso del acero por superficie de puente de datos de proyectos previos (ton/m ²)
Losa	volumen de hormigón (m ³)
apoyos	Capacidad y número de apoyos (piezas)
ii. Infraestructura	
Estribos y cepas	volumen de hormigón (m ³)
Excavaciones y moldajes provisionarios	volumen de excavación (m ³)
Fundaciones	
Fundación de amarre	Incluirlo en el volumen de hormigón del estribo/cepa.
Pilotes	tipo, tamaño, longitud, y número de pilotes (longitud total de pilotes : m)
iii. Caminos de acceso o aproximación	
Rellenos de caminos	volumen del relleno (m ³)
Pavimento	superficie (m ²)
iii. Otras obras	
Andamiaje provisionario	superficie (m ²)
Caminos de desvío de tránsito	Longitud o superficie (m ó m ²)
Protección de las riveras	superficie (m ²)

Los costos unitarios usados en este método consideran la inclusión de todos los costos directos, indirectos, y los costos indirectos corporativos. Con este método, se espera una exactitud dentro de un rango del 10-20 por ciento.

Pueden ocurrir errores significantes si están involucradas técnicas de construcción inusuales e infraestructuras provisionarias no están adecuadamente compensadas en las aplicaciones del costo unitario. Esta es una de las razones por la cual los costos preliminares están a veces lejos de los costos entregados por el contratista.

3.5.2 Plan de Construcción Preliminar

(1) Objetivos de la planificación

Los principales objetivos del plan de construcción son:

- i. para visualizar como será realizada la construcción, en que orden, con que métodos y recursos; reducir la construcción a un número de actividades manejables.
- ii. anticipar las dificultades potenciales y riesgos para superarlos, de manera que sus efectos puedan ser minimizados. Este es el principal objetivo de la planificación de la construcción, ya que el negocio de la ingeniería civil es de alto riesgo y la planificación está plagada de incertidumbres.
- iii. para programar los recursos (hombres, equipos, materiales y dinero) y hacer posible su uso óptimo.
- iv. proveer una base para predecir y controlar los plazos y los costos.

(2) Proceso de planificación

La planeación es la actividad mental para determinar que es lo que se debe hacer, cómo, dónde, por quién, y con qué. Las técnicas de planificación asisten en el análisis del plan de organización de la información, siendo este plan comunicado a los otros. Tomando en conjunto estos dos elementos de la planificación, se produce una estrategia y tácticas para la ejecución del proyecto en términos de actividades, plazos, cantidades, recursos, y tal vez costos. El plan es expresado como cartas e informes.

La planificación depende de los datos. Sin datos confiables, la planificación puede sólo procesar las mejores suposiciones. Como cada proyecto de construcción es diferente, todos estos forman un proceso de aprendizaje y este proceso de aprendizaje hace posible que el plan sea más exacto a medida que el proyecto progresa. Nuevos datos pueden ser usados para refinar o revisar el plan.

(3) Jerarquía de la planificación

Antes de comenzar a preparar cualquier plan, es vital decidir para quien este y que nivel de detalles se necesitan. La Tabla 1.8 muestra a las personas que pueden requerir o preparar un plan de construcción, resumiendo lo que ellos necesitarán saber, y dando las apropiadas escalas de plazos.

Tabla 1.8 Jerarquía de la Planificación

Redacción del plan		Principal propósito del plan	Alcance del plan	Alcance del programa	Escala de plazos	Unidad	Nivel de detalles	
Para	Por							
Clientes	Departamento gubernamental	Director del proyecto	Planificación administrativa	Una visión del proyecto para la identificación de necesidades a través del estudio de factibilidad, del diseño preliminar, diseño de detalles, adquisición de tierras, y período de construcción.	Contorno del programa del proyecto	Todo el proyecto	Mes	Bajo
		Director del proyecto	Planificación financiera	Una visión del proyecto desde su concepción hasta su implementación, incluyendo reuniones con los consultores y el constructor, períodos de diseño y documentación, y construcción.	Contorno del programa del proyecto	Todo el proyecto	Mes	Bajo
Administradores	Administrador del proyecto	Adm. del proyecto	Coordinación del diseño y de la construcción	Período de diseño, documentación, contratos, y períodos de construcción.	Contorno y detalles amplios	Diseño y construcción del proyecto	Semana	Bajo/medio
	Contratista	Staff	Plan propuesto	Todas las actividades dentro del período de construcción con suficientes detalles para permitir al contratista preparar el plan	Programa de construcción	Período de construcción	Semana	Medio
	Contratistas o Ingenieros Representantes	Staff	Planificación de los recursos	Cada actividad, los ítems principales de la planta, las fechas de entregas de materiales y movimientos al emplazamiento	Programa a corto plazo	Meses	Día	Medio/alto
	Capataz	Staff	Disposición de la planta y de mano de obra.	Cada operación con la planta actual, mano de obra y supervisores empleados.	Programa semanal	Semanas	Medio día	Alto

(4) Duración del proyecto

Hay dos maneras de determinar la duración que tendrá el proyecto:

- i. La impuesta por consideraciones externas del tiempo disponible, para que luego el diseñador o contratista trace un plan para alcanzar estos requerimientos, o
- ii. Se construye a partir del análisis detallado de las obras por hacer y de los recursos disponibles, usando estimaciones del tiempo necesario para cada actividad.

Los ejemplos de consideraciones externas impuestas son: (1) la dificultad para intentar construir cepas en aguas profundas en temporadas de aguas altas, (2) se evitará realizar trabajos de pavimentación durante la temporada de lluvias, o (3) el cliente puede tener a menudo una necesidad económica o administrativa de una construcción rápida, o quizás requiera que el proyecto sea construido en etapas por razones presupuestarias.

Los ejemplos de análisis detallados de los trabajos y de los recursos son: (1) el rendimiento de una operación de construcción está determinada por la capacidad de la planta o equipo principal o por la secuencia de los trabajos; esto es lo más común en la construcción de puentes, o (2) es común también que los contratistas tiendan a estimar la combinación de recursos más probables para completar el trabajo con un costo directo mínimo; luego la duración de la operación es calculada del volumen de trabajo de esta manera.

(5) Herramientas de la planificación

Cuatro son las técnicas comúnmente usadas en la planificación de la construcción: carta de barras, línea de balance, programa lineal, y análisis de redes.

Carta de barras

La carta de barras es fácil de dibujar, fácil de entender, y mejor utilizada para obras de construcción directas, bien entendidas con relaciones simples entre las actividades. Las principales desventajas son que no muestra las relaciones entre las actividades ni se refiere a la ubicación de las actividades.

Línea de balance

La línea de balance proviene de la industria de la manufactura o fabricación, y se ha encontrado que es efectiva en la planificación de trabajos repetitivos. Se ha determinado que es difícil de usar en proyectos que requieren de un gran número de operaciones para construir cada unidad idéntica. Los problemas surgen de la dificultad de mostrar toda la información en una carta, especialmente cuando se usa la técnica para monitorear el progreso. Sin embargo, es un excelente medio para relacionar los recursos, duraciones de las actividades y la marcha general de la obra.

Programa lineal (o carta de cambios en el tiempo)

La programación lineal es una técnica especializada para el trabajo lineal. Esta es una herramienta básica de construcción de un gran canal y es especialmente útil en la construcción de túneles. Tal como la línea de balance, este es una simple técnica gráfica bi-dimensional que puede mostrar claramente sólo una limitada cantidad de información y un limitado grado de complejidad.

Análisis de redes

El análisis de redes es una técnica lógica y analítica. Es más efectiva cuando es usada para proyectos complicados, especialmente aquellos con limitaciones externas y complejas interrelaciones. La técnica está basada en dibujar las relaciones lógicas entre las operaciones de construcción, y establecer cuales de estas tienen los efectos más cruciales en la duración del proyecto. La técnica es conocida como el método de la trayectoria crítica (MTC), y una versión que incorpora un método estadístico para calcular la probabilidad de que el proyecto sea terminado en una fecha específica es denominado como el programa de evaluación y de revisión técnica (PERT). El análisis de redes tiene una buena base lógica, prestándose para una fácil programación de los procesos en computadoras, pudiendo también ser usado como una herramienta de control efectiva.

Es de fundamental importancia notar que el nivel de detalles del plan y la elección de la técnica están relacionados. Por ejemplo, el programa total para un gran y complejo proyecto debería ser realizado mediante un análisis de red. Sin embargo, para una simple actividad de "trabajo de pilotaje", obviamente el análisis de red no funciona bien. En vez del anterior, se debería usar el programa de línea de balance.

(6) Componentes de la planificación

Las herramientas de la planificación apuntan a expresar el trabajo que debe realizarse dentro de un plazo; también incluye recursos y tal vez costos. El otro factor principal en el control de la construcción es la "calidad" la cual es garantizada por técnicas separadas provenientes de

las herramientas de la planificación. Sin embargo, la calidad está relacionada al tiempo y el costo a través de la habilidad y juicio del administrador de la construcción.

Las principales componentes de las técnicas de la planificación son:

- **actividades:** esto es un trabajo a ser realizado, por ejemplo la preparación de planos, materiales a ser ordenados, pilotes a ser hincados, o trabajos de hormigonado.
- **duración de la actividad:** es el tiempo necesario para terminar cada actividad
- **escala de tiempo del proyecto:** es la estructura del tiempo del proyecto; es usual a cada semana o mes un número (esto hace los cálculos más fáciles).
- **evento:** una ocurrencia en un punto específico del tiempo; por ejemplo, el comienzo y el fin de una construcción.
- **método de trabajo:** el plan debe ser expresado de una manera lógica, indicando la secuencia de operaciones, y cuales actividades y eventos están interrelacionados; están pueden ser implícitas (como en las cartas de barras) o explícitas (análisis de redes, donde el método de trabajo es usualmente denominado como lógico).
- **recursos:** generalmente incluye a los hombres, máquinas, materiales, y el dinero, y aún cosas tan esenciales como la habilidad en la administración.
- **costos:** que el trabajo tenga o tendrá costos, a menudo se deduce directamente de los costos unitarios de los recursos individuales utilizados.

3.6 Impacto Ambiental y Consideraciones Estéticas

3.6.1 Generalidades

El término "medio ambiente" se usa con la intención de ser interpretado como un todo complejo de factores físicos, sociales, culturales, económicos, y factores estéticos que afectan a individuos y comunidades y que finalmente determinan su forma, carácter, vínculos, y supervivencia. La definición de "impacto ambiental" es la cualquier alteración de las condiciones del medio ambiente o la creación de un nuevo conjunto de condiciones ambientales, adversas o benéficas, causadas o inducidas por la acción de un conjunto de acciones consideradas. La atención dada a las condiciones ambientales variará de acuerdo a la naturaleza, escala, y ubicación de la acción o acciones propuestas. Se debería prestar atención a aquellos factores que evidentemente se ven más afectados, tales como los efectos en la base de los recursos, incluyendo la tierra, calidad y cantidad del agua, calidad del aire, servicios públicos y suministro de energía, así como de otras áreas críticas del medio ambiente.

Generalmente, los impactos pueden ser clasificados como primarios o secundarios. Esta distinción es importante para las consideraciones de alternativas y maneras de minimizar impactos adversos preparando un análisis de los mismos. Una forma de describir la distinción es que las "entradas (inputs)" del proyecto generalmente causan impactos primarios y las "salidas" (outputs) generalmente causan impactos secundarios. Los impactos primarios o principales son generalmente más fáciles de analizar y medir, mientras que los secundarios son usualmente más difíciles de medir. Los impactos secundarios, de hecho, son más significativos que los primarios.

3.6.2 Impactos Producidos por Proyectos de Caminos y Puentes

(1) Generalidades

Los puentes son una parte de la carretera o camino, por consiguiente los impactos ambientales debido a su construcción deberían ser discutidos en el problema ambiental de la construcción de la carretera o camino.

La construcción de caminos tiene impactos en un número de áreas, las más notables de ellas son de la estética, calidad del aire, circulación y configuración del tránsito, ruido, socioeconómica, calidad del agua, y vida silvestre. El camino puede estimular o inducir otras acciones (impactos secundarios), tales como una mayor rapidez en el desarrollo de la tierra o cambios en los patrones de las actividades sociales y económicas. Los impactos asociados con acciones secundarias pueden ser a menudo más sustanciales que los impactos primarios asociados a la construcción. Por ejemplo, el efecto sobre la población y el desarrollo del área asociada con la construcción de un nuevo camino puede estar entre los impactos más significativos.

(2) Impactos Estéticos

En general, en lo que concierne a lo relativo a la estética, están los impactos tales como: (1) visualización de entibaciones a lo largo de corredores (tales como valles, cursos de ríos, y calles); (2) visualización de entibaciones y monolitos en la comunidad, pudiendo ser áreas residenciales, recreacionales, y comerciales que se benefician de la vista del lugar; (3) puentes o viaductos fuera de escala con desarrollo urbano adyacente; (4) distracción visual y resplandores desagradables visibles en áreas recreacionales y residenciales; (5) contrastes poco atractivos entre la vegetación existente y las áreas de los paisajes reforestados, entre las formas naturales del terreno y las características de la ingeniería, y entre los patrones de desarrollo urbano o existente con las características del camino o carretera.

(3) Impactos sobre la calidad del aire

Los impactos sobre la calidad del aire incluyen: (1) polvo y/o material particulado sobre la vegetación y estructuras que rodean el sitio de la construcción o a lo largo de los caminos; (2) partículas provenientes de escapes y de los neumáticos que cubren la vegetación de los costados del camino y estructuras; (3) aumento en la gravedad de las condiciones del smog existente debido al aumento de los automóviles que viajan a través del área; y (4) generación de humo y olores por parte de los vehículos (tales como emisiones de los tubos de escape, o caucho de los neumáticos).

(4) Impactos producidos por el ruido

Los impactos debidos al ruido generalmente involucran el área donde el sonido del tránsito es percibido tales como: (1) perturbación de las tranquilas actividades recreacionales que requieren de condiciones de quietud serenidad para ser disfrutadas; (2) perturbación de las actividades educacionales, culturales, de la salud o de instituciones particularmente sensitivas al ruido, tales como escuelas, iglesias, hospitales, sanatorios, auditorios, y teatros; (3) perturbación en las operaciones o en la clientela de las actividades comerciales, que requieren o se benefician de tranquilas condiciones ambientales; y (4) perturbación en el desarrollo de zonas residenciales.

(5) Impactos socioeconómicos

Los impactos socioeconómicos incluyen: (1) traslado del uso de la tierra residencial, comercial e industrial y el desplazamiento de los residentes y sus trabajos; (2) traslado de estructuras o sitios con significado arquitectónico, arqueológico o histórico; (3) pérdida de terrenos que tienen potenciales únicos o de conveniencia comercial o para la actividad comercial; (4) pérdida de ingresos por terrenos sujetos a impuestos; (5) costos de reubicación de los residentes trasladados mayores que las

compensaciones pagadas; y (6) separación de lazos interpersonales o desplazamiento de residentes a antiguos barrios/comunidades (lazos familiares, étnicos, a amistades del vecindario).

(6) Impacto sobre la calidad del agua

El impacto sobre la calidad del agua involucra uno o más de los siguientes puntos: (1) turbiedad y sedimentación de corrientes adyacentes y de los embalses, causadas en su mayor parte, por la erosión de los suelos expuestos durante la construcción y de las operaciones de mantenimiento (el impacto primario de estos efectos generalmente involucra costos crecientes de operación o la reducción del tiempo de la vida útil de los embalses y canales; daño o eliminación de peces y otros tipos de vida acuática; y posible daño a los edificios, caminos, y fundaciones de un puente); (2) modificación de la hoya hidrológica causada por el impacto del sistema de caminos y su construcción a los estuarios, pantanos, bosques pantanosos, y corrientes – en particular, las perturbaciones de los flujos naturales de los estuarios pueden afectar determinantes ecológicos, tales como patrones de sedimentación, mezcla de agua dulce y salada, flujos de nutrientes, lecho de los crustáceos, peces y vida silvestre, y los patrones de vegetación local; (3) contaminación de escurrimientos debido a las carreteras, causadas por flujos de aceite, combustibles, alquitrán, pesticidas, fertilizantes, sales, desechos animales y humanos, y los productos de combustión los que pueden afectar la calidad del agua, la vida silvestre, y la vegetación de los alrededores; (4) desechos sanitarios provenientes de depósitos temporales o permanentes de vertederos (Nota: La disposición de las basuras durante la construcción es realizada a través de baños portátiles y de zonas de descanso permanente después de la construcción); en cualquier caso, la falta o el mal tratamiento de las descargas pueden tener un impacto en los sistemas locales de agua; y (5) contaminación de las aguas de abastecimiento superficial y subterráneo, y de las áreas de recarga por material de relleno contaminado, donde el uso de material de relleno contaminado puede afectar las concentraciones de los contaminantes biológicos, físicos, químicos, y radiológicos, de las fuentes de abastecimiento hídrico.

(7) Impactos en la vida silvestre

Los impactos en la vida silvestre generalmente incluyen: (1) pérdida o degradación de vida silvestre, o de los hábitats; (2) división de las praderas para la vida silvestre y sus patrones migratorios; (3) desplazamiento de la vida silvestre a otras zonas; (4) deterioro o migración y/o movimiento de la vida acuática; y (5) perturbación visual de la vida silvestre o de las tierras adyacentes.

(8) Impacto debido a la circulación

El impacto por circulación incluye: (1) obstrucción o deterioro del acceso a lo largo de las calles existentes cruzadas por caminos o carreteras, tales como el acceso a servicios públicos o privados de los residentes y dueños dentro del área de servicio, reforzando o creando barreras físicas entre grupos sociales, congestión en las calles por desvíos de tránsito, y la interrupción del tránsito en caminos públicos; (2) división del uso único de la tierra o de las áreas de recursos tales como de operaciones agrícolas, área recreativas, zonas o hábitats de la vida silvestre; (3) aumento del tránsito de camiones o de equipo de construcción en los caminos públicos durante la construcción; (4) entrega de accesos nuevos o mejorados a terrenos públicos o privados que previamente eran inaccesibles o relativamente inaccesibles; (5) entrega o mejora de los accesos a áreas relativamente subdesarrolladas lejos de los centros urbanos, induciendo de esta manera a operaciones comerciales e industriales en estas zonas; y (6) aumento del tránsito a través del área, produciendo de este modo una mayor demanda por servicios relacionados con los viajes.

3.6.3 Consideraciones Estéticas

(1) Generalidades

Un puente nunca debería perder su papel como parte del camino. Siempre debería aparecer como si este perteneciera completamente al resto del camino o carretera. Debería ser completamente compatible con sus alrededores. El puente debe estar en esa ubicación.

Dar a un puente una personalidad retraída no es siempre fácil. El diseñador debe reprimir cualquier impulso de realizar una estructura que sobresalga como si fuera un monumento a su habilidad para diseñar. Un puente que se destaca cuando este debería ser tan solo una parte de la carretera a menudo se transforma en algo que no agrada a la vista. El diseñador debe ser cuidadoso para que no sea conducido a modas pasajeras o efímeras.

Los diseños, dependen para su belleza de buenas proporciones, líneas claras, y una honesta aproximación a la función, se muestran mejor en el tiempo. La estructura construida permanecerá en el futuro si tiene las bases de construcción de excelencia entre las que están: un buen balance, proporciones adecuadas, líneas claras, formas interesantes pero no fantasiosas. El diseñador de puentes jamás debería olvidar la planificación de 100 de vida para su estructura. Si él quiere que los críticos de ocho o diez décadas posteriores admiren su trabajo, es mejor que realice básicamente un diseño excelente. El debe caminar por la fina línea que está entre el simplismo sin interés y la decoración excesiva.

Rellenos altos bloquean la vista de muchas quebradas, valles o cañones, cuando la belleza de muchos grandes cañones sería intensificada por una estructura delgada de un puente bien diseñado. Los rellenos y alcantarillas tiene su lugar cuando ellos no destruyen la belleza natural. Pero, donde hay tal belleza, es mejor considerar colocar un puente en ves de una alcantarilla o relleno. Como un elemento práctico, la aparente economía de una alcantarilla en la base de un gran relleno podría ser falsa si los escombros se atascan en ella y el agua se devuelve y acumula, inundando los caminos. Tal falta de visión en el aspecto económico puede generar litigios o procesos judiciales.

(2) Estética de las estructuras

Es importante que los puentes sean completamente compatibles con sus alrededores. Ellos deben aparecer como si pertenecieran a ese lugar. Tan pronto como ellos se han utilizado un poco, deberían lucir como si siempre hubieran estado allí, como partes naturales y completamente aceptables del paisaje. Esto a menudo significa que se debería prestar atención a las características de las construcciones sobresalientes de las cercanías o otras estructuras con las cuales el puente debe calzar. La clave es la compatibilidad.

La belleza en una estructura proviene de su diseño básico. Esta belleza comienza con los primeros conceptos de la estructura y de sus proporciones, forma, para que luego el diseño general continúe hasta alcanzar un resultado placentero. La belleza en este contexto, proviene de la adecuada proporcionalidad, de un plan de diseño cuidadoso, y de un costo razonable. A pesar de que el mandante no desee gastar ninguna cantidad extra de dinero en el aspecto estético, el diseñador aún podría crear una estructura de buen aspecto mediante su cuidadoso manejo de las proporciones, formas, y de las luces y sombras.

(3) Número de tramos

El número de tramos es la primera decisión importante que tiene un efecto estético crítico. Con excepción de las estructuras que son parte de una separación de niveles donde la disposición de los tramos está dictada por la intersección de los caminos, el número de tramos a ser usados en un puente es una de las primeras determinaciones que hace el diseñador. Si la estructura es fácilmente visible como un todo, se encontrará que un número impar de tramos es más agradable que un número par.

(4) Balance entre el tramo y la altura

La longitud o luz de los tramos depende de la longitud del puente y su altura respecto del terreno. El terreno, las cepas, y la losa del puente crean una serie de formas generalmente rectangulares. Si las cepas están unas cercas de otras, estos rectángulos podría ser más altos que anchos, luciendo apiñados. La disposición generalmente mejora cuando las áreas rectangulares son más largas en la dirección horizontal – generalmente, mientras más larga es mejor. El costo de tramos largos es un factor importante, de manera que el diseñador debe balancear los gustos estéticos con la disposición de dinero para construir el puente.

Las estructuras que son altas lucen más delgadas y elegantes. Es posible tener una profunda y pesada estructura que en apariencia sea delicada y elegante si esta tiene altura suficiente. Para estructuras que no pueden ser altas, debe hacerse cualquier esfuerzo para hacer que la superestructura tan delgada como sea posible o al menos crear una ilusión de que es delgada. Las superestructuras de hormigón pueden ser más delgadas mediante el uso de la pre-compresión. Redondeando las esquinas, inclinando las caras exteriores de las vigas, construyendo una berma longitudinal para desarrollar un área de sombras en la parte inferior de las vigas – todas estas son herramientas útiles para la crear la ilusión de una superestructura delgada.

Es a menudo difícil diseñar una delgada superestructura de acero económica para una longitud de tramo baja. Las vigas de acero bajas llegan a ser antieconómicamente pesadas. Problemas de montaje o de tránsito pueden pasar por encima de los costos de hacer deseables tramos cortos con acero. Algunos diseños con vigas de acero tipo cajón producen superestructuras atractivas y delgadas para tramos largos.

(5) Técnicas Artísticas

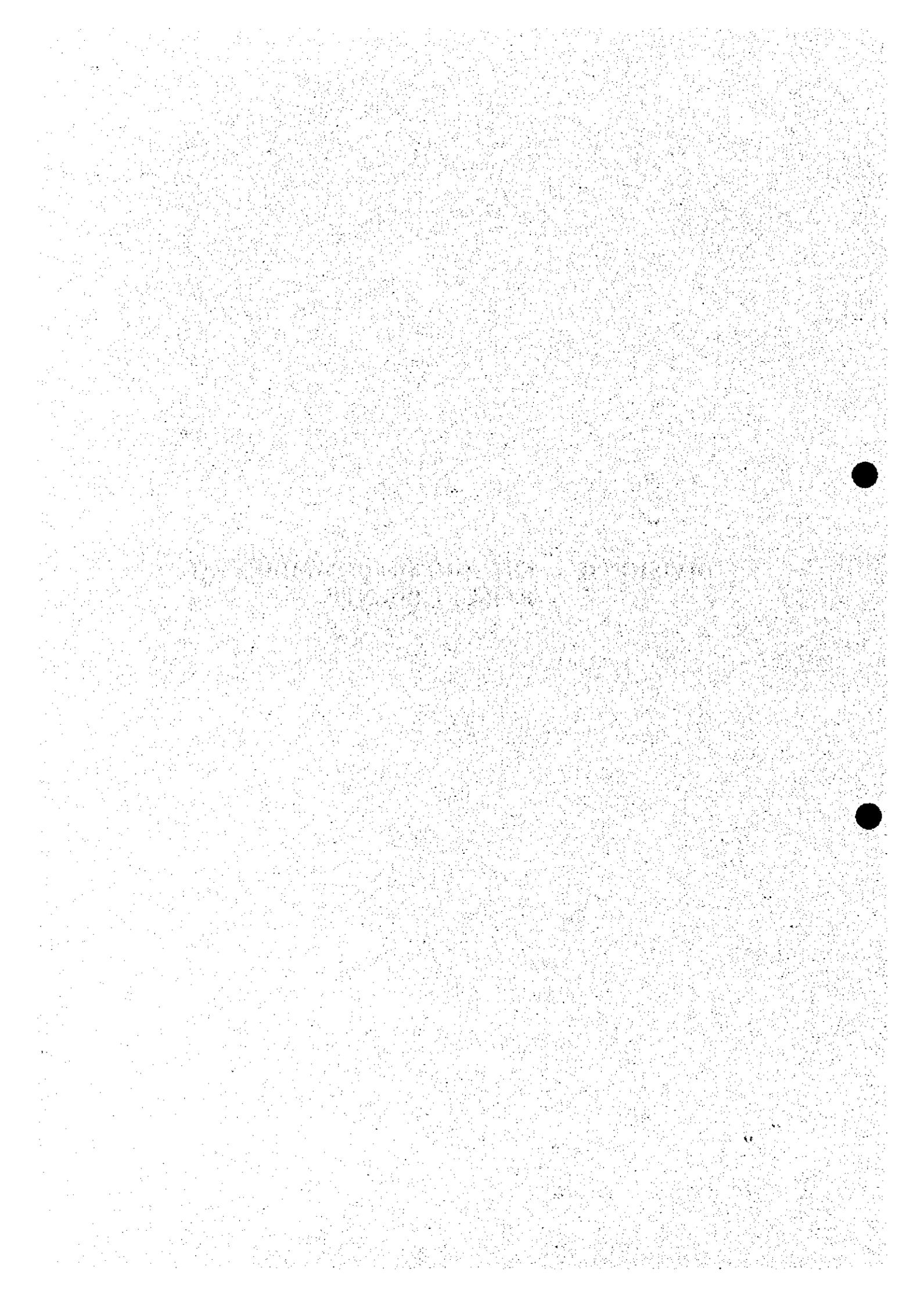
- i. Una estructura atractiva es producida mediante la armonía de todos sus elementos. El uso de muchos detalles que son atractivos en si no garantiza un efecto total agradable. Esto es lo que hace a la estética un arte más que una ciencia. El resultado final satisfactorio depende del gusto y la habilidad innata del diseñador para combinar artísticamente todos los detalles.
- ii. Existen algunos detalles que pueden ayudar al efecto total. Inclinando el área expuesta de las caras frontales de los estribos hacia el camino producirá un efecto de dinámica agradable en estructuras bajas que parece lanzarla a través del tramo.
Adelgazando los pilares de modo que sean más pequeños en la parte inferior que en la superior tenderá a disminuir la sensación de una fijación pesada en el terreno y la hace parecer una estructura flotante. Por otro lado, para pilotes muy altos, si este se adelgaza desde el suelo hasta un alto y delgado cuello en el aire lo hace parecer una estructura flotante desde sus sólidas amarras en el suelo. Las autopistas modernas son avenidas de velocidad y movimiento de circulación. Los puentes deberían producir esa sensación enfatizando las líneas horizontales y restando importancia a las verticales que tienden a interrumpir la fluidez.
- iii. Las cepas se han hecho redondas, cuadradas, o rectangulares. Existen muchas formas interesantes que pueden ser desarrolladas a partir de estas formas básicas, las cuales con cierto efecto (cónico, piramidal), puede agregar un interés considerable.
- iv. Los diseños atractivos no son necesariamente los diseños de mayor preferencia. Existe una fuerte inclinación por los cuerpos y formas sencillos y planos. Tal como se mencionó anteriormente, existe también una inclinación económica y su construcción es más barata. Los contratistas son notoriamente antiestéticos cuando construyen formas o fabrican cuerpos que varían de la típica forma recta, cuadrada, y simple. Sin embargo, las formas de mayor preferencia tienen un costo bastante más alto y el diseñador debería estudiar constantemente buscando las soluciones planas, más fácil para construir.

- v. No muy a menudo se puede establecer que un exitoso y artístico puente deba armonizar con el lugar, y ser totalmente compatible con su entorno. Es imperativo que el diseñador esté totalmente familiarizado con el lugar y que tenga un sentimiento con respecto al medio ambiente de su estructura. Han existido muchos ejemplos de diseños que eran totalmente inadecuados para sus emplazamientos puesto que el diseñador no se tomó la molestia de visitar el lugar e inspeccionar como y donde podría calzar su estructura en el paisaje.

Referencias.

1. Japan Society of Civil Engineering, "Handbook of Civil Engineering, 4th Edition". Giho-do, 1989
2. Japan Highway Public Corporation, "Design Manual, vol.II.", 1983
3. Japan River Associations, supervised by River Works Ordinance.", Sankai-do, 1978
4. Japan River Associations, supervised by River Bureau, Ministry of Construction, "Manual (draft) for River Works in Japan - Planning.", Sankai-do, 1985
5. Japan Prestressed Concrete Contractors' Association, "PC Highway Bridge Planning Manual.", 1995
6. Japan Steel Bridge Contractors' Association, "87JASBC Manual - Design Data Book.", 1987

**DIVISIÓN II ESTUDIO MEDIO AMBIENTAL
PARA EL PUENTE**



DIVISIÓN II ESTUDIO MEDIO AMBIENTAL PARA EL PUENTE

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES	Página
1.1 Introducción.....	II-1
1.2 Objetivos del Manual de Guías.....	II-1
1.3 Importancia del Desarrollo Equilibrado.....	II-3
1.4 Carácter del Manual de Guías.....	II-3
1.5 Criterios a utilizar.....	II-4
CAPÍTULO 2 EXAMEN INICIAL DEL MEDIO AMBIENTE	
2.1 Generalidades.....	II-5
2.1.1 Definición de la Necesidad del Proyecto como Concepto Importante.....	II-5
2.2 Descripción del Proyecto y Descripción del Lugar.....	II-5
2.2.1 Conceptos Básicos.....	II-5
2.2.2 Descripción del Proyecto y Descripción del Lugar.....	II-6
2.3 Componentes del Medio Ambiente.....	II-8
2.4 Actividades del Proyecto de Carreteras y Puentes.....	II-9
2.5 Características del Medio Ambiente y Componentes.....	II-10
2.5.1 Componentes del Medio Ambiente Socioeconómico.....	II-11
2.5.2 Componentes del Medio Ambiente Natural.....	II-17
2.5.3 Contaminación del Medio Ambiente.....	II-22
2.6 Datos relevantes.....	II-24
2.6.1 Concepto Básico de Determinación de Datos Relevantes.....	II-24
2.6.2 Métodos para Obtener Datos Relevantes.....	II-25
2.7 Alcance.....	II-27
2.7.1 Concepto básico del Alcance.....	II-27
2.7.2 Métodos para determinar el alcance.....	II-27
CAPÍTULO 3 EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL IMPACTO AMBIENTAL	
3.1 Generalidades.....	II-30
3.2 Período del Estudio.....	II-30
3.3 Maño de Obra.....	II-30
3.4 Proyecto de Evaluación Medio Ambientales más Necesarios.....	II-31
3.5 Aproximación al Establecimiento de un Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental.....	II-31
3.6 Metodología para Evaluación Preliminar del Impacto Ambiental.....	II-32
3.6.1 Matriz de Evaluación Preliminar del Impacto Ambiental.....	II-32
3.6.2 Factores y Criterios para la Toma de Decisiones sobre la Evaluación.....	II-36
3.6.3 Decisión sobre Posibilidad de Evaluar.....	II-36
3.7 Contenido del Informe y Formulario de la Evaluación Preliminar.....	II-37
CAPÍTULO 4 PASOS HACIA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	
4.1 Generalidades.....	II-40
4.2 Consideraciones sobre las Opciones de Proyectos.....	II-40
4.2.1 Selección de Medidas para Reducir y Mitigar Efectos.....	II-40
4.2.2 Recolección de Datos sobre el Medio Ambiente.....	II-40
4.2.3 Participación del Público.....	II-41
4.2.4 Costos y Beneficios de la Evaluación del Impacto Ambiental.....	II-41
4.3 Monitoreo del Impacto Ambiental.....	II-41
4.4 Aspectos generales del Procedimiento.....	II-42
4.5 Lista de verificación del Medio Ambiente para Uso de los Encargados de Tomar Decisiones a Alto Nivel.....	II-44

CAPÍTULO 5 GLOSARIO

5.1 Glosario de las Principales Palabras sobre Medio Ambiente	II-45
--	--------------

DIVISIÓN II ESTUDIO MEDIO AMBIENTAL PARA EL PUENTE

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

En los últimos tiempos, en todo el mundo se está dando creciente atención y existe una preocupación generalizada por la contaminación y destrucción del medio ambiente de la Tierra, el medio ambiente del que depende la humanidad para su propia existencia.

Muchos países pensaban que la protección del medio ambiente y el desarrollo eran incompatibles y que para salir de la pobreza, su problema más serio, había que dar prioridad al desarrollo incluso a costa de la destrucción de su medio ambiente. Hoy en día, se da gran atención a los problemas del medio ambiente, por ejemplo la polución en las grandes ciudades y la destrucción de las selvas tropicales, y se entiende la necesidad de tener en cuenta los aspectos ambientales en los proyectos de desarrollo, realizándose serios esfuerzos para mejorar las leyes sobre protección del medio ambiente y reforzar la autoridad de las agencias encargadas de implementar estas medidas.

1.2 Objetivos del Manual de Guías o Directrices

Para la ejecución de los proyectos de desarrollo de Carreteras y Puentes, se deben tener en cuenta cuidadosamente los efectos sobre el medio ambiente, desde las etapas iniciales de planeamiento del proyecto, con una perspectiva de largo plazo, para un desarrollo bien equilibrado. Como estos proyectos de desarrollo se ejecutan sobre la base del proceso de toma de decisiones del país, es necesario cumplir con las leyes y reglamentos del país, relacionados con el medio ambiente.

Sin embargo, muchas veces estas leyes y reglamentos no se aplican correctamente. Las políticas y estructuras para protección del medio ambiente son diferentes. Por lo tanto, para realizar un estudio del medio ambiente, es necesario tener en cuenta las políticas y estructura del país y entender la conciencia que se tiene sobre los problemas del medio ambiente, realizando suficientes discusiones con las personas relacionadas, de manera flexible.

Si se olvidan las cuestiones sobre el medio ambiente en la ejecución de un proyecto de desarrollo y no se da suficiente atención a la administración de los recursos naturales del entorno, puede afectar la base misma del desarrollo y puede impedir que lo haga correctamente. La base que da sustento a la población o incluso su supervivencia, puede resultar amenazada. Es necesario asegurar un desarrollo sostenible armonizando los proyectos de desarrollo con los recursos naturales y la base del sustento de la población de la zona.

El Manual de Guías o Directrices describe los procedimientos para seleccionar los datos relevantes y su recolección para la etapa de estudio preparatorio, para solucionar los impactos negativos de un proyecto de desarrollo sobre el medio ambiente del lugar del proyecto y su entorno. El proceso de estudio de las cuestiones sobre el medio ambiente durante el ciclo de proyecto se muestra en la Figura 2.1.

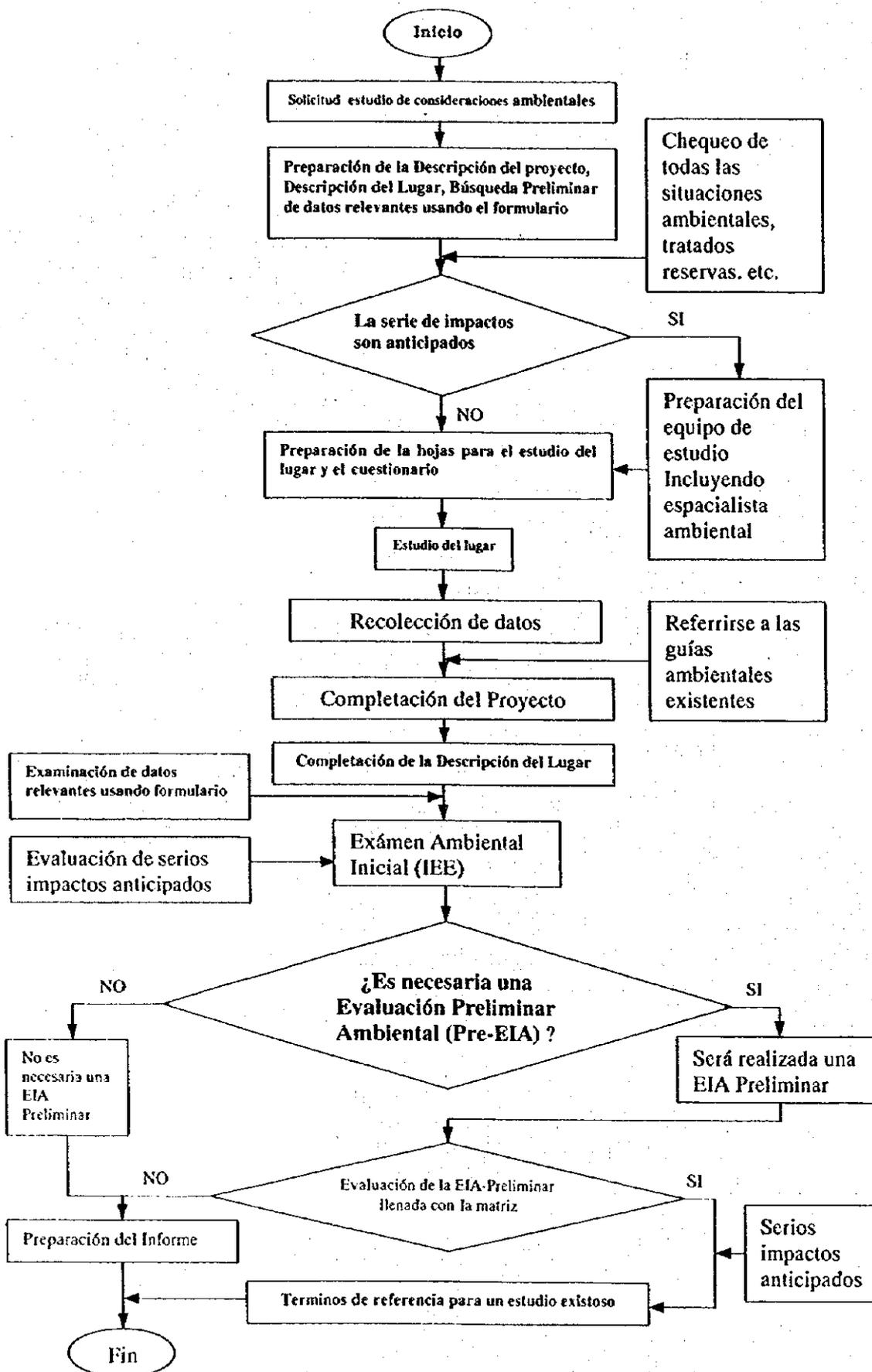


Figura 2.1 Procedimiento para Cuestiones Ambientales de Proyectos de Carreteras y Puentes

Un proyecto de desarrollo empieza con su evaluación y su formulación. En cada etapa del ciclo se deberán tener en cuenta una serie de cuestiones sobre el medio ambiente, por ejemplo un estudio preliminar sobre el medio ambiente, Examen Inicial sobre el Medio ambiente (Initial Environmental Examination o EAI), Evaluación Preliminar del Impacto Ambiental (Preliminary Environmental Impact Assessment o Pre-EIA), Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) y el diseño de medidas para proteger el medio ambiente. Se debe seguir un control del medio ambiente durante la ejecución del proyecto. Este proceso es el que permitirá lograr un desarrollo sostenible.

1.3 Importancia del Desarrollo Equilibrado

Para todos los proyectos en ejecución, un desarrollo equilibrado que tenga en cuenta el medio ambiente es de vital importancia. Hoy en día, la tendencia de muchos proyectos de desarrollo es la de incluir medidas para evitar los efectos adversos sobre el medio ambiente y la mejora del medio ambiente teniendo en cuenta los siguientes cinco puntos. El Manual de Guías continuará e intensificará los esfuerzos para mejorarlos.

- (1) Tener en cuenta las cuestiones sobre el medio ambiente en su revisión de los factores ambientales para un proyecto de desarrollo, poniendo énfasis en lo siguiente:
 - a) Armonía entre desarrollo y medio ambiente, con una perspectiva de desarrollo sostenible;
 - b) Resolución de problemas medio ambientales por medio de un diálogo continuo entre agencias de desarrollo y el país donde se desarrollan; y
 - c) Consideración de factores ambientales en las primeras etapas del proceso.
- (2) Expansión y mejora de los proyectos sobre el medio ambiente

El principal propósito para mejorar el medio ambiente o algunos componentes que contribuyan a mejorarlo y que continuarán esta tendencia.

- (3) Recolección sistemática y coordinación de la información sobre el medio ambiente
- (4) Comunicaciones más fluidas con otras agencias
- (5) Disposiciones institucionales que permitan dar más énfasis a las cuestiones del medio ambiente.

1.4 Carácter del Manual de Guías

- (1) El objetivo de las cuestiones sobre el medio ambiente es tratar de ayudar a los países para que puedan manejar por sí mismos un tipo de desarrollo que sea aceptable para el medio ambiente. Este Manual de Guías cubre, por lo tanto, los puntos sobre el medio ambiente que las agencias encargadas del desarrollo deberán tener en cuenta para las etapas de planeación y preparación de proyectos. Se recomienda que estas agencias encargadas del desarrollo utilicen el Manual de Guías para mejorar suficientemente la calidad de sus proyectos.
- (2) El Manual de Guía ha sido preparado para asegurar que se tengan en cuenta las consideraciones de los factores ambientales a realizar efectiva y eficientemente. El Manual de Guías se compone principalmente de puntos a verificar sobre el medio ambiente, a los que se deberá prestar mayor atención, y comentarios relacionados con estos puntos. Esto permitirá realizar mejoras necesarias sobre una base continua, a la luz de las experiencias acumuladas durante su uso y por los resultados de las investigaciones relevantes, etc.

1.5 Criterios a Utilizar

Para proceder al estudio de las cuestiones ambientales, de los proyectos de desarrollo de carreteras y puentes, se deben tener en cuenta los siguientes criterios para las cuestiones del medio ambiente para garantizar un desarrollo equilibrado relacionado con los componentes de medio ambiente existentes.

(1) Medio ambiente socioeconómico

El proyecto no debe ejecutarse de tal forma que afecte adversamente de forma inaceptable el medio ambiente humano existente.

(2) Medio ambiente natural (flora y fauna, etc.):

- a) La legislación y reglas establecidas en las convenciones internacionales, etc. deben cumplirse estrictamente.
- b) No se debe ejecutar un proyecto de tal forma que tenga efecto adverso importante sobre el hábitat de la principal flora y fauna del lugar.
- c) Se deben tomar medidas para proteger especies raras y en peligro de desaparición, de la flora y fauna del lugar.

(3) Contaminación del medio ambiente (contaminación del aire y del agua, ruidos, vibraciones, mal olor, etc.):

- a) El país tiene normas que regulan el medio ambiente, por ejemplo normas sobre emisiones; deberán cumplirse estrictamente dichas normas.
- b) El país tiene guías administrativas tales como normas del medio ambiente; las medidas adoptadas no deben actuar contra el cumplimiento y mantenimiento de esas normas.
- c) Si el país no tiene dichas normas; deberá referirse a las normas adoptadas por organizaciones internacionales.

CAPÍTULO 2 EXAMEN INICIAL DEL MEDIO AMBIENTE

2.1 Generalidades

La meta del Examen Inicial del Medio Ambiente (EAI) es examinar el impacto general de los proyectos de desarrollo y de rehabilitación de carreteras y puentes sobre el medio ambiente. Los objetivos del EAI son:

- a) Examinar y seleccionar la mejor de las opciones existentes para el proyecto:
- b) Identificar e incorporar en el plan del proyecto medidas apropiadas para reducir y mitigar los efectos adversos:
- c) Predecir los impactos residuales importantes sobre el medio ambiente:
- d) Determinar los impactos residuales importantes, pronosticados sobre el medio ambiente:
- e) Identificar los beneficios del proyecto que se reflejen en la comunidad.

2.1.1 Definición de la Necesidad del Proyecto como Concepto Importante

Para el planeamiento de los proyectos de Carreteras y Puentes es importante establecer claramente la necesidad del proyecto. Una explicación de las razones que justifican el proyecto permite determinar la meta del proyecto y ayuda a mantener la dirección del mismo en la etapa de planeamiento. La "Necesidad del Proyecto a lo largo de la descripción del proyecto y del lugar" también resalta los beneficios socioeconómicos y de otro tipo que se obtienen a consecuencia del proyecto.

2.2 Descripción del Proyecto y Descripción del Lugar

2.2.1 Conceptos Básicos

Para realizar una recopilación de datos relevantes sobre los impactos potenciales al medio ambiente que pueden derivar del plan o proyecto de desarrollo es importante entender completamente la "descripción del proyecto" y la "descripción del lugar" en las primeras etapas.

La descripción del proyecto incluye el contenido y detalles del proyecto tales como sus antecedentes, objetivos, lugar, agencia de ejecución, número de beneficiarios, escala, estructura, método de construcción, operación y mantenimiento, etc.

La descripción del lugar incluye las condiciones actuales de los medios ambientes naturales y sociales y la contaminación en el entorno de la región del proyecto.

Especialmente cuando el lugar del proyecto incluye las siguientes áreas, se le deberá dar especial atención a:

- a) Áreas que requieren conservación de suelos (lugares con gran riesgo de erosión, salinización, etc.)
- b) Zonas áridas y semiáridas expuestas a desertificación.
- c) Bosques naturales
- d) Recursos de agua
- e) Hábitat natural de valor para la protección y conservación y/o uso sustentable de peces y vida salvaje
(tajamar, manglar, pantanos, arrecifes de coral, etc.)
- f) Zonas de interés especial (histórico, arqueológico, cultura, estético y científico).
- g) Zonas de gran concentración de la población o actividades industriales, donde un desarrollo industrial adicional o expansión urbana puede crear problemas importantes sobre el medio ambiente.
- h) Zonas de especial interés social con grupos de población específicos que pueden vulnerarse (por

ejemplo población nómada u otros pueblos con estilos de vida tradicionales).

Estos puntos deben estudiarse a fondo para cada etapa del proyecto.

2.2.2 Descripción del Proyecto y Descripción del Lugar

La descripción del proyecto y la descripción del lugar deben especificarse claramente en los formularios de la Tabla 2.1. Sin embargo, en las etapas de evaluación del proyecto y de estudios preparatorios, puede no haber suficiente información para la descripción del proyecto y descripción del lugar. Por lo tanto, durante el trabajo preparatorio antes del estudio preparatorio en el país sede, los formularios de las Tablas 2.1 y 2.2 deben llenarse lo más completamente posible utilizando toda la información disponible. Deberá agregarse toda la información adicional necesaria durante los estudios en terreno.

Tabla 2.1 Formulario de Inspección para la Descripción del Proyecto

Nº Proyecto y Nombre: Ubicación: Región: Provincia:

Item	Descripción
Antecedentes	
Objetivos	
Agente Ejecutante	Ministerio de Obras Públicas (MOP)
Beneficiarios	
Componentes del Proyecto	
Estructura existente del Puente	Losa(), Viga(), Estribo(), Cepa(), Fundación()
Longitud, ancho del puente	Longitud(m), Ancho(m)
Otras características específicas	Ancho calzada (m), Ancho de pasillo (m)
Tipo de Proyecto	() Reemplazo, () Reparación
Tipo de Camino	() Urbano / () Área rural, () Área Plana / () Área Montañosa () Pavimentado / () No pavimentado
Volumen de tránsito existente	Año/mes/día / / Día de la semana() () Autos/hora, () Autos/día
Ancho camino/pistas	Ancho Existente = (m) Nº. pistas = ()
Estructura del camino	() Terraplén / () Elevado / () Otros: Corte del suelo original
Infraestructuras suplementarias	
Otros	Nombre del río:

Tabla 2.2 Formulario de Inspección para la Descripción del Lugar

Nº Proyecto y Nombre:

Ubicación: Región:

Provincia:

Item	Descripción	
Medio Ambiente Social		
Habitantes: Residentes, Población nativa Sus expectativas del proyecto, Otros	Aguas arriba: Área izquierda de la rivera: Aguas abajo: Área izquierda de la rivera:	Área derecha de la rivera: Área derecha de la rivera:
Uso de la tierra e infraestructuras: Área urbana, tierra de cultivo, Otros, Sitios históricos & culturales, paisaje Hospitales y otras infraestructuras	Aguas arriba: Área izquierda de la rivera: Aguas abajo: Área izquierda de la rivera:	Área derecha de la rivera: Área derecha de la rivera:
Economía: Commercio, Agricultura, Silvicultura, Otros	Aguas arriba: Área izquierda de la rivera: Aguas abajo: Área izquierda de la rivera:	Área derecha de la rivera: Área derecha de la rivera:
Transporte: Terminal de buses, etc.		
Medio ambiente natural		
Topografía, (Característica del área de la ribera) Pendientes escarpadas, Terreno suave, Terreno húmedo	Aguas arriba: Área izquierda de la rivera: Aguas abajo: Área izquierda de la rivera:	Área derecha de la ribera: Área derecha de la ribera:
Geología, (Características de las riberas/lecho): Afloramientos, piedras, Grava, arena/ Fallas, Tipo de suelo, etc.,	Área izquierda de la rivera:	Área derecha de la ribera:
Hidrología, (Características del flujo del río, Nivel de aguas, nivel de crecidas)		
Fauna & Flora / hábitats, Especies raras /comunidad, etc.,		
Contaminación del medio ambiente		
Quejass: Lo que más le concierne a la población		
Medidas a tomar: Medidas Institucionales, Compensación		
Otros		

2.3 Componentes del Medio Ambiente

El proyecto de Carreteras y Puentes es prácticamente igual que los otros proyectos relacionados de infraestructura y tiene básicamente varios componentes del medio ambiente con los que se conecta desde el principio de la etapa de ejecución a la etapa de operación y mantenimiento. Los componentes del medio ambiente pueden clasificarse en 3 categorías: Socioeconómico, Natural y Contaminación. La lista de componentes de medio ambiente para el proyecto de Carreteras y Puentes pueden identificarse de la siguiente forma.

(1) Componentes del Medio Ambiente Socioeconómico

(a) Habitantes

Residentes, población indígena

Adquisición de tierra, traslado de la población e instalación en nuevos terrenos

(b) Uso de la tierra e instalaciones

Area urbana, granjas, otros

Lugares históricos y culturales

Paisajes

Hospitales, escuelas, iglesias y otros edificios públicos

(c) Economía

Comercio, industria, agricultura, bosques, pesca

(d) Transporte

Ferrovionario, estación de tren, terminal de buses, otros

(2) Componentes del medio ambiente natural

(a) Topografía

Detalles de la forma topográfica de la tierra

Detalles de la zona de río y orillas

Inclinación

Detalles de la superficie de tierra

Tajamar, pantanos, etc.

(b) Geología

Detalles geológicos del suelo, fallas

Detalles de las orillas y lecho del río

Superficie de la tierra de afloramientos, rocas, grava, arena

Tipos de suelo, otros

(c) Hidrología

Detalles de aguas superficiales, ríos, pantanos, lagunas y lagos

Flujo del caudal de agua, nivel del agua y nivel de inundaciones, patrones de descarga

Características del agua subterránea

(3) Contaminación del medio ambiente

(a) Quejas: población que más importa

Calidad del aire

Calidad del agua

Ruidos y vibración

Olor

2.4 Actividades del Proyecto de Carreteras y Puentes

Las actividades del Proyecto relacionadas con el Proyecto de construcción y rehabilitación de Carreteras y Puentes deben cumplir con varios puntos. Para empezar con la etapa previa a la construcción y durante la etapa de construcción hasta la etapa de operación y mantenimiento pueden haber varias actividades. Estas actividades interactúan siempre con los Componentes del Medio Ambiente. Estos puntos de las actividades del proyecto relacionados con cada etapa de ejecución pueden identificarse de la siguiente forma.

(1) Etapa previa a la Construcción

Caminos de acceso

Cruce de ríos y arroyos

Prospección de ruta y del lugar

Prueba de perforación

Limpieza y quema del lugar

Alteración de los Movimientos de Tierra y Drenaje

Equipo

Eliminación y recuperación de residuos

Adquisición de terrenos

Traslado de la población e indemnización

(2) Etapa de Construcción

Caminos de acceso

Cruce de ríos y arroyos, ruta de desvío

Movimientos de Tierra, sondaje y explosiones

Demolición

Traslado de edificios

Trabajos de preparación de suelos

Canteras

Alteración de drenaje

Control de erosión
Pilotaje
Estructura y superficie, pavimentación
Equipo
Transporte
Paisaje
Plantación de vegetación
Mano de obra
Servicios (Electricidad, gas, etc.)
Eliminación y recuperación de residuos

(3) Etapa de Operación y Mantenimiento

Equipo
Transporte y tránsito
Tránsito peatonal
Eliminación y recuperación de residuos
Accidentes
Paisaje

(4) Proyectos posteriores

Esparcimiento
Servicios (Electricidad, gas, etc.)
Transporte

2.5 Características del Medio Ambiente y Componentes

Para cada actividad relevante del proyecto pueden haber distintos efectos potenciales sobre el medio ambiente. Esta sección define las principales categorías donde se sienten estos efectos (por ejemplo, socioeconómico, natural) de acuerdo a la lista en la sección 2.5.1 que describe en detalle bajo cada título las características básicas del medio ambiente.

Los efectos sobre el medio ambiente que se describen para cada uno de los componentes en la lista deben utilizarse sólo a modo de guía. La lista de los componentes no pretende ser completa y se ha preparado una matriz con espacios libres para que los investigadores puedan agregar componentes relevantes. También pueden producirse efectos sobre el medio ambiente que sean diferentes a los descritos en los siguientes puntos.

2.5.1 Componentes del Medio Ambiente Socioeconómico

Ítem: 1. Traslado de la población

Descripción;

Será necesario el traslado de la población debido a que la tierra será ocupada (transferencia de derechos de residencia y/o propiedad de la tierra)

Causas del impacto

- 1) Adquisición de tierra para la construcción de carreteras y puentes

Posibles impactos sobre el medio ambiente

- 1) Puede haber pérdida de la base vital de los habitantes trasladados por no poder adaptarse social y culturalmente al nuevo entorno.
- 2) Conflicto entre residentes permanentes y los nuevos pobladores transferidos del lugar del proyecto sobre cargas sociales y económicas.
- 3) Deterioro del nivel de vida después de su traslado por un mal sistema de indemnizaciones en algunos países o por haberse tratado de ocupación ilegal.

Factores útiles para la evaluación

- 1) Si se dan las siguientes condiciones, puede haber problemas en el traslado de la población:
 - a) Los habitantes viven con recursos especiales del medio ambiente del lugar.
 - b) Los habitantes tienen un buen nivel de vida.
 - c) No hay un buen lugar para el traslado de los habitantes cerca.
- 2) Se deben tener en cuenta los problemas raciales y tribales cuando existan

Temas relacionados con el Estudio

- 1) Número de habitantes a trasladar y su situación económica
- 2) Condiciones del lugar al que van a ser trasladados
- 3) Casos anteriores de traslado

Medidas

- 1) Selección del lugar para el traslado teniendo en cuenta los deseos de la población
- 2) Reuniones con la población y entrega de toda la información necesaria
- 3) Mejora de las condiciones de vida y económicas en el lugar de traslado
- 4) Indemnización
- 5) Entrenamiento para nuevos trabajos y consejeros

Ítem: 2. Actividades económicas

Descripción

Pérdida de la base de las actividades económicas, tales como tierra y cambios en la estructura económica

Causas del impacto

- 1) Pérdida de tierra arable y bosques
- 2) Acondicionamiento de la tierra y cambios en el uso de la tierra
- 3) Cambios en la estructura industrial a consecuencia de la entrada y salida de la población y bienes

como consecuencia de la construcción de carreteras

Posibles impactos sobre el medio ambiente

- 1) Efecto sobre la economía de la región por una disminución en la producción agrícola y forestal debido a la pérdida de tierra arable y bosques, cambios en la distribución de la población por el uso alternativo de la tierra, cambios en las actividades comerciales y oportunidades de trabajo.
- 2) Problema para cruzar de un lado de la carretera a la otra
- 3) En comunidades autosuficientes, la cosecha de productos para la venta en el mercado a cambio de dinero puede aumentar los ingresos pero provocar una malnutrición de la población.
- 4) Aumento en el valor de la tierra a lo largo de la carretera puede aumentar las diferencias entre ricos y pobres.

Factores útiles para la evaluación

- 1) El aumento en el valor de uso de la tierra a lo largo de la carretera puede hacer difícil que las industrias con poco valor agregado puedan sobrevivir al cambio.
- 2) En zonas con comunidades autosuficientes, el efecto en la economía provocado por la llegada de personas y productos puede ser importante.
- 3) Si hay industrias importantes en el lugar, el efecto del traslado de la población sobre la economía local y el empleo puede ser importante.

Medidas

- 1) Selección de rutas alternativas
- 2) Suficiente indemnización a los propietarios de la tierra
- 3) Búsqueda de lugares alternativos para el traslado de la población

Temas relacionados con el Estudio

- 1) Economía e industria locales
- 2) Planes de futuro de la zona tal como un plan de desarrollo regional

Ítem: 3. Tránsito e Infraestructura Pública

Descripción:

Impacto sobre escuelas, hospitales, y condiciones actuales del tránsito, por ejemplo, mayores congestiones del tránsito y accidentes.

Causas del impacto

- 1) Cambio en los medios de transporte por el tránsito en carretera
- 2) Aparición y aumento del tránsito vehicular

Posibles impactos sobre el medio ambiente

- 1) Depresión o desaparición total del tránsito y medios de transporte existentes debido a la aparición del transporte masivo derivado de la nueva carretera
- 2) Aumento de los accidentes de tránsito, congestión de tránsito y otros problemas derivados de un aumento en el tránsito
- 3) Efecto de los ruidos producidos por los vehículos en las escuelas, hospitales, lugares religiosos y otros edificios públicos. La posibilidad es mayor en zonas urbanas.

Factores útiles para la evaluación

- 1) Se deben analizar cuidadosamente las condiciones del tránsito local y medios de transporte especialmente las condiciones de los caminos de acceso a la ruta existente.
- 2) Es necesario consultar el plan de desarrollo regional o plan urbano.
- 3) Se debe analizar cuidadosamente el efecto sobre escuelas, hospitales, lugares religioso y otros edificios públicos de la zona.

Medidas

- 1) Examen del contenido del proyecto
- 2) Rehabilitación del sistema de tránsito existente, especialmente a lo largo de la ruta de acceso
- 3) Instalación de medidas de seguridad
- 4) Medidas para protección del medio ambiente para edificios públicos

Temas relacionados con el Estudio

- 1) Uso de la tierra y condiciones del tránsito
- 2) Plan de uso futuro de la tierra, plan de transporte
- 3) Plan de desarrollo regional de alto nivel
- 4) Distribución de edificios públicos

Ítem: 4. Desintegración de comunidades

Descripción:

Comunidad dividida por interrupción del tránsito de la zona

Causas del impacto

- 1) Interrupción de la ruta existente por la construcción de nuevas carreteras
- 2) Interrupción del tránsito de los habitantes y distribución comercial

Posibles impactos sobre el medio ambiente

- 1) Incomodidades en las actividades diarias de los habitantes y efectos sobre las actividades económicas
- 2) Creación de territorios separados o zonas aisladas

Factores útiles para la evaluación

- 1) En el caso de crearse zonas aisladas, los efectos son obvios y deben tomarse medidas apropiadas.
- 2) Se debe tener consideración con las comunidades que tienen costumbres o tradiciones de larga data y que están muy unidas por sus actividades sociales.

Medidas

- 1) Asegurar rutas alternativas
- 2) Crear nuevos centros comunitarios
- 3) Indemnización suficiente

Temas relacionados con el Estudio

- 1) Estructura social de la región
- 2) Sistema de transporte, distribución de bienes y economía regional
- 3) Plan de desarrollo regional de alto nivel

Ítem: 5. Propiedades culturales

Descripción:

Daños o pérdida del valor de iglesias, templos, y restos arqueológicos y otros bienes culturales

Causas del impacto

- 1) Daño y/o pérdida de bienes históricos y propiedades culturales por la adquisición de tierra para la construcción de carreteras
- 2) Aumento en el tránsito de personas por el desarrollo de la carretera
- 3) Ruido y contaminación del aire por los vehículos

Posibles impactos sobre el medio ambiente

- 1) Aumento en la posibilidad de robos debido a la actividades de construcción y mayor tránsito y daños o desaparición de una cultura especial por el flujo de diferentes culturas y pérdida de oportunidad de un estudio académico
- 2) Daños a las oportunidades de turismo local que dependen de las propiedades culturales
- 3) Mayor sensación de los habitantes de sentirse víctimas por la pérdida de bienes culturales valiosos en la zona

Factores útiles para la evaluación

- 1) Los impactos pueden ser críticos cuando la propiedad cultural ha sido reconocida histórica y culturalmente como importante desde el punto de vista mundial o es específica de dicha región.
- 2) Países con una historia larga tienen más propiedades culturales a preservar.
- 3) Se debe dar atención suficiente a los bienes culturales registrados oficialmente.
- 4) Se debe prestar atención a los edificios y otras construcciones en comunidades especiales

Medidas

- 1) Nuevo examen de las rutas de tránsito y contenido del plan
- 2) Preservación o traslado de propiedades culturales
- 3) Reuniones con la población y entrega de toda la información necesaria

Temas relacionados con el Estudio

- 1) Leyes y reglamentos para la preservación de propiedades culturales
- 2) Historia y folklore locales
- 2) Planes y medidas de preservación o traslado

Ítem: 6. Derechos de agua y derechos comunitarios

Descripción:

Restricción de los derechos de pesca en ríos, derechos de agua y derechos de uso de la tierra

Causas del impacto

- 1) Ocupación de tierra arable y bosques por la construcción de la carretera
- 3) Restricción o modificación de los lugares de pesca si las carreteras atraviesan ríos o pasan por zonas costeras
- 3) Aumento del tránsito

Posibles impactos sobre el medio ambiente

- 1) Efecto sobre la población que estaba utilizando tierras comunitarias en el caso de que la carretera

pase por estas tierras comunitarias. Los efectos pueden extenderse a la cultura e industria de esa región.

- 2) Ocupación de zonas para la pesca puede afectar esta actividad. La facilidad de acceso a los bosques puede provocar una entrada y tala ilegales.

Factores útiles para la evaluación

- 1) Se debe tener especial atención con las comunidades antiguas que probablemente tienen bosques y tierras de uso comunitario.
- 2) Se debe tener mucho cuidado cuando la carretera pasa por terrenos para la pesca.
- 3) Puede haber derechos para uso del agua o de la tierra si hay instalaciones para la toma de agua, para la navegación y casetas para quema de carbón.

Medidas

- 1) Selección de rutas alternativas y nuevo examen de los componentes del proyecto
- 2) Entrega de nuevas tierras comunitarias
- 3) Reuniones con la población y entrega de toda la información necesaria
- 4) Indemnización suficiente

Temas relacionados con el Estudio

- 1) Historia y folklore locales
- 2) Tipos de propiedad de la tierra, ya sea legalmente o costumbres

Ítem: 7. Residuos

Descripción:

Generación de residuos de la construcción y demolición, restos y maderas

Causas del impacto

- 1) Generación de restos y residuos de la construcción resultado de la construcción de carreteras
- 2) Generación de residuos en general después del uso de las carreteras y por un aumento en las actividades económicas

Posibles impactos sobre el medio ambiente

- 1) Los restos expuestos pueden afectar los valores estéticos y la vegetación. También pueden contaminar el suelo y el agua.
- 2) Los residuos arrojados de los vehículos pueden afectar los valores estéticos a lo largo de la carretera y provocar problemas sanitarios.

Factores útiles para la evaluación

- 1) El volumen de restos puede estimarse de la escala de las excavaciones.
- 2) Una gran cantidad de residuos de demolición pueden aparecer cuando el proyecto incluye la demolición de edificios.
- 3) El desecho de residuos puede ser un problema importante en zonas urbanas.

Medidas

- 1) Establecimiento de un sistema correcto de recolección de residuos y sistema de desecho
- 2) Obtener un lugar de desecho de residuos lo suficientemente grande.
- 3) Plan y administración cuidadosa de las construcciones

Temas relacionados con el Estudio

- 1) Estudio sobre el volumen de los residuos, características físicas y químicas de los residuos
- 2) Propiedad de la tierra y su uso, para determinar un lugar apropiado para el desecho de los residuos
- 3) Leyes y reglamentos sobre el desecho de residuos

Ítem: 8. Peligros (riesgos)

Descripción:

Aumento del riesgo de desprendimientos y hundimiento de tierra y de accidentes

Causas del impacto

- 1) Corte, relleno y preparación del terreno para la construcción de carreteras
- 2) Drenaje insuficiente
- 3) Disminución en la absorción del agua de lluvia por la pavimentación de la superficie de las carreteras

Posibles impactos sobre el medio ambiente

- 1) Daño y colapso de las superficies de la carretera como resultado de un mal drenaje del agua.
- 2) En el caso de que la superficie del pavimento sea impermeable, el desprendimiento provocado por lluvias abundantes puede provocar erosión e inundación.
- 3) Un corte de gran escala puede cambiar el balance del suelo y hacer que se hunda o se levante la tierra.
- 4) Un desprendimiento de tierra o problemas similares pueden dañar la tierra y las casas, poniendo en peligro la vida de los pobladores

Factores útiles para la evaluación

- 1) La probabilidad de un desprendimiento de tierra es alta en zonas con colinas de paredes verticales de tierra suave con alta porosidad.
- 2) Se debe prestar atención a la existencia de pueblos en las cercanías.
- 3) Se debe prestar atención en áreas donde llueve intensamente en poco tiempo.

Medidas

- 1) Selección de rutas alternativas
- 2) Trabajo de drenaje apropiado
- 3) Protección de cuestas
- 4) Sistema de control y mantenimiento

Temas relacionados con el Estudio

- 1) Prospecciones topográficas y geológicas
- 2) Estudio meteorológico
- 3) Estudio de casos de desastres naturales en el pasado