



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA  
INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE  
DE LA AVENIDA BOLIVAR DEL  
MUNICIPIO PUERTO CABELLO,  
ESTADO CARABOBO.**

**Autor:** De Caires D. Yussara B.  
C.I. 19.566.816

Urb. Yuma II, calle No. 3. Municipio San Diego.  
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA  
INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE DE LA AVENIDA BOLIVAR DEL  
MUNICIPIO PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO**

**Trabajo Especial de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO CIVIL**

**Autores**

**Autor:** De Caires D. Yussara B.

CI: 19.566.816

**Tutor:** Ing. Alejandro Pocaterra

San Diego, junio del 2017



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

FI-I-040-2017-2

Valencia, 07 de Julio de 2017.

Ciudadana:  
**De Caires Yussara**  
**C.I. 19.566.816**  
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 2-2017 de fecha 07/07/2017 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **"PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE DE LA AVENIDA BOLIVAR DEL MUNICIPIO PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO."** presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Alejandro Pocaterra, C.I. 7.109.571 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutotes Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



**Ing. José Gregorio Díaz**  
**Decano de la Facultad de Ingeniería.**

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).

JGD/fr.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE CARRERA INGENIERÍA

### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Alejandro Pocterra portador de la cédula de identidad N° 7.109.571, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Yussara De Caïres, portadora de la cédula de identidad N° 19.566.816, (respectivamente), **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE DE LA AVENIDA BOLIVAR DEL MUNICIPIO PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO.** Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 19 días del mes de Octubre del año dos mil diecisiete.

Ing. Alejandro Pocterra  
C.I.: 7.109.571

# ÍNDICE

CONTENIDO	Pp
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación.....	6
1.5 Alcance.....	7
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes.....	8
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 Puentes.....	10
2.2.2 Partes de un Puente.....	10
2.2.2.1 Superestructura.....	10
2.2.2.2 Subestructura.....	13
2.2.2.3 Infraestructura.....	18
2.2.3 Tipos de Puentes.....	20
2.2.3.1 Según su función.....	20
2.2.3.2 Por los materiales de construcción.....	20
2.2.3.3 Por el tipo de estructura.....	21
2.2.3.4 Por su sección transversal.....	21
2.2.4 Solicitaciones para puentes carreteros.....	22
2.2.4.1 Solicitaciones Geométricas.....	22
2.2.4.2 Solicitación de Cargas.....	23
2.2.5 Método Racional para el cálculo de factores hidrológicos.....	25
2.2.6 Definición de parámetros de tránsito.....	26
2.2.7 Condiciones ideales de tránsito.....	27
2.2.8 Vías de flujo ininterrumpido.....	29
2.2.9 Condiciones de congestión.....	30
2.2.10 Carriles de desaceleración o desincorporación.....	32
2.2.11 Enlaces.....	32
2.2.12 Peralte.....	33
2.2.12.1 Transición en Peralte.....	33
2.2.13 Pendiente.....	33

2.2.13.1 Pendiente Máxima.....	34
2.3 Definición de Términos.....	38

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1 Tipo de Investigación.....	37
3.2 Diseño de la Investigación.....	38
3.3 Nivel de la Investigación.....	38
3.4 Población y Muestra.....	39
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	39
3.6 Fases Metodológicas.....	40

### **IV RESULTADOS**

4.1 Diagnostico de la situación actual.....	42
4.2 Diseño de curva vertical con el fin de bajar el nivel de la calzada.....	52
4.3 Reparación de las vigas de carga y ampliación del puente para uso peatonal.....	57
4.4 Estimar coeficiente de escorrentía y determinar un sistema de drenaje correcto.....	76
4.5 Intervención Urbana.....	81

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **FIGURAS**

1 Partes de un puente .....	11
2 Tablero de un puente .....	13
3 Partes de un puente tipo viga.....	14
4 Estribos .....	15
5 Pilas en un puente de viga .....	16
6 Aparatos de Apoyo .....	17
7 Pedestales .....	18
8 Pilotes .....	20
9 Puente de viga simplemente apoyado de un tramo .....	22

## ÍNDICE DE CUADROS

### CUADROS

- 1 Valor de C y su relación con la clasificación hidrológica de suelos del SCS (A, B, C, D) y la pendiente del terreno en porcentaje.....
- 2 Coeficientes de escorrentía en zonas urbanas y Periurbanas.....
- 3 Rango de aceleración en canales de acceso .....
- 4 Rango de desaceleración en canales de acceso .....

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... 97



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA  
INFRAESTRUCTURA DEL PUENTE DE LA AVENIDA BOLIVAR DEL  
MUNICIPIO PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO.**

**Autor:** De Caires D. Yussara B.

**Tutor:** Ing. Alejandro Pocaterra

**Fecha:** Junio, 2017

**RESUMEN**

En la parroquia Fraternidad, municipio Puerto Cabello, se sitúa el Puente de la Avenida Bolívar en el cual se espera desarrollar una propuesta que mejore la infraestructura actual. El estudio tuvo como objetivo general, proponer un mejoramiento de infraestructura del puente de la Avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo. Metodológicamente es un estudio que corresponde al tipo de investigación proyecto factible, bajo el diseño de campo no experimental, con un nivel de investigación descriptiva. Las técnicas de recolección de datos que fueron utilizadas en la presente investigación son la observación directa. Para mejorar la situación determinada se diseña una propuesta con una intervención urbana para reparar y rehabilitar el puente en estudio con el fin de mejorar el nivel de servicio que presta el mismo.

**Descriptor:** Proyecto Factible, Puente, Infraestructura.

## INTRODUCCIÓN

El transporte es una de las primeras necesidades que el hombre ha tenido para poder trasladarse de un lugar a otro, debido a trabajo, viajes, educación, entre otras, es por eso por lo que este depende de un conjunto de factores que decidirán su correcto funcionamiento y prestar así una excelente condición de servicio.

En la actualidad las vías de comunicación son esenciales para el desarrollo de un país, ya que permite el progreso de las actividades sociales, políticas y económicas (transporte de materiales hacia los centros de industrialización y consumo), así como el auge y expansión de los medios productivos.

La necesidad de comunicación y relaciones humanas ha conllevado desde épocas remotas a la construcción de caminos y vías con la finalidad de transportar personas, mercancías y materias primas para la comercialización.

Por lo tanto, estas deben ser proyectadas sobre la base de un estudio real de los requerimientos actuales y futuras del volumen vehicular, adaptarse a las condiciones geográficas del terreno y necesidades de crecimiento poblacional y planificación de los centros urbanos.

Los puentes son obras civiles que reúnen todas las características mencionadas, cumpliendo una función esencial y formando parte de un gran complejo vial en la mayoría de los casos. La Ingeniería de puentes comprende la planeación, diseño, construcción y mantenimiento de las estructuras que facilitan un acceso rápido y eficiente para los habitantes de una determinada zona que necesitan transportarse de un sector a otro. Teniendo en cuenta que, con el paso del tiempo, la acción gradual de los cambios climáticos y la intervención (voluntaria o no) de los seres vivos que interactuamos con construcciones como las vías, existe una tendencia al deterioro de las mismas, por lo que se ha hecho estrictamente necesario el mantenimiento periódico de tales obras civiles.

La patología estructural consiste en el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, siendo esta la sintomatología de la enfermedad, a través de esta rama se busca detectar sus causas y proponer acciones correctivas inmediatas, con el fin de garantizar las condiciones necesarias de seguridad y confort que pueda ofrecer una estructura.

El Puente de la avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, estado Carabobo, presenta varios síntomas de patologías, que con el pasar de los tiempos puede generar una patología grave en la estructura.

El siguiente trabajo de grado se enfoca en un estudio estructural del Puente de la avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, estado Carabobo, el cual arrojará un informe detallado sobre la situación patológica del puente en estudio, en virtud del estudio se realizará una propuesta de mejoramiento, aplicando actividades correctivas y si es el caso modificaciones, para desear que cada uno de los sistemas trabaje con un óptimo funcionamiento. También se debe que tomar en cuenta que una vez realizadas las actividades necesarias, se requiere disponer de un plan de mantenimiento, para conservar todos los elementos del Puente.

El presente trabajo de grado está constituido por los capítulos que se mencionan a continuación:

El capítulo I presenta el problema de la investigación en el cual se tratará el planteamiento del problema, así como la formulación del mismo, seguidamente de los objetivos tanto el general como los específicos, justificación, las limitaciones y delimitaciones de la investigación, y para culminar con este capítulo el cronograma de actividades.

El capítulo II presenta el marco teórico, donde se determinarán los antecedentes que representan la investigación, las bases teóricas, el cuadro de variables donde se determina el alcance que tendrán cada uno de los objetivos de esta investigación.

El capítulo III va referido al marco metodológico, donde se explica el tipo, nivel y diseño que tiene la investigación, así como la población y muestra que será

evaluada y los instrumentos de recolección de datos que serán aplicados para obtener los resultados pertinentes que busca la investigación.

El capítulo IV se desarrollará el problema a estudiar, se presentará la ubicación del tramo en estudio, asimismo se presentará los antecedentes del tramo en estudio, por otra parte, se mostrará un diagnóstico de la situación actual del sector y se encontrará la interpretación de las inspecciones realizadas en los sistemas de vialidad y drenajes.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema

Las intervenciones urbanas en ciudades con alto valor cultural y económico en un país requieren un entendimiento más extenso del comportamiento vial y peatonal. Es muy común observar que aun cuando los núcleos urbanos han ido creciendo, las infraestructuras destinadas para el desarrollo del comercio y del tránsito se han conservado como conjuntos compactos con cierta unidad estética cuyo centro mantiene su significado dentro de la sintaxis urbana.

Las conexiones y variantes como sistemas de comunicación entre zonas de una ciudad son de vital importancia, es por ello por lo que la creación de nuevas edificaciones es indispensable en este campo. Al pasar de los años el hombre se ha visto en la obligación de actualizar y crear nuevas obras civiles que ayuden a cumplir sus necesidades.

La ciudad de Puerto Cabello presenta un rol importante en el desarrollo del país por ser el principal puerto a nivel nacional, lo que ha llevado a una gran demanda vehicular de tránsito pesado, afectando notablemente las vías de comunicación que existen actualmente. Estas infraestructuras no han recibido el mantenimiento adecuado, abarcando más allá de la vida útil, para la cual fueron construidas.

Es apreciable para la población flotante como para el que reside en la ciudad, notar visualmente el deterioro de las mismas, por diversos motivos entre los que destacan: florescencia y cascajos en las obras de concreto, oxidación de las piezas de acero tanto de los refuerzos estructurales, como de diversos accesorios urbanos. Así mismo presentan ciertos agrietamientos y corrosiones en una gran parte de sus elementos estructurales, que están dando pasos a diversos tipos de fallas como la pérdida de sus espesores nominales, así como agrietamientos y desconche de los recubrimientos normativos de protección de concreto, y todo esto ante la mirada de quienes logran transitar por la zona.

El espacio analizado está ubicado en la conexión entre la Urbanización Rancho Grande y el centro de la ciudad, ambas zonas están conectadas por puentes de concreto armado que dan la continuidad a la Avenida Bolívar y Avenida Juan José Flores respectivamente; esta concepción se debe a que estos dos sectores se ven interrumpidos por la autopista principal que da acceso al Puerto y a las playas más concurridas del litoral costero.

Todo puente sea peatonal o vehicular, debe contar con unos parámetros mínimos de diseño en cuanto a su altura y distancia a los obstáculos. La presencia del flujo vehicular pesado y de gran altura han desmejorado notablemente las condiciones de estos puentes y la vialidad, dando como resultado una infraestructura que no parece cumplir con la demanda en cuanto a su concepción geométrica y su resistencia.

Cabe destacar también que la circulación peatonal en la zona se ve afectada, ya que, las únicas conexiones existentes entre ambas zonas de la ciudad son estos puentes, los cuales no cuentan con las previsiones necesarias para que las personas puedan atravesar la autopista. Actualmente existe una pasarela paralela a uno de los puentes colindantes al Estadio de Beisbol Independencia, el cual se encuentra totalmente destruido y sin posible acceso al mismo. Por lo tanto, es necesario proveer a la comunidad de las caminerías suficientes en el sentido norte - sur, las cuales podrán ser incorporadas a la posible reestructuración de los puentes.

Otro aspecto por considerar como problemática de la zona es el tema hidrológico, para ello se debe conocer y estimar las grandes precipitaciones que a nivel costero se presentan y con patrones de pluviosidad elevada, las cuales poseen un periodo de retorno aparentemente cercano. Las inundaciones presentadas en la ciudad a mediados del año 2016 demostraron una notable afectación en las vialidades aquí mencionadas, dando hincapié a la necesidad del mejoramiento de los sistemas de drenaje urbano en los puentes, autopista y sus adyacencias; esto se debe a que la infraestructura dispuesta para tales fines parece no contar con las especificaciones necesarias que deben disponer en caso de ocurrir estos eventos.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo mejorar la infraestructura del puente de la Avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer un mejoramiento de infraestructura del puente de la Avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual de las vías de acceso a la Urbanización Rancho Grande y el centro de Puerto Cabello respectivamente.
- Determinar el perfil vial con el propósito de bajar el nivel de la calzada y aumentar la altura útil del puente.
- Comprender la situación estructural del puente para rediseñar las vigas de carga existentes y su ampliación para uso peatonal.
- Estimar el cauce de escorrentía superficial para plantear un sistema de drenaje correcto.
- Desarrollar una intervención urbana sobre las bases de los objetivos anteriores.

## **1.4 Justificación de la Investigación**

El transporte en cualquier país influye en el desarrollo económico y sociocultural, haciendo posible las comunicaciones entre distintas poblaciones.

El tránsito y la disposición de los espacios dan inicio a la concepción de ciudades dentro de un mismo territorio. Comprender la ciudad como una totalidad compuesta por partes, implica también reconocer su propio significado e identidad, que descansan en sus condiciones históricas, culturales, morfológicas, sociales y ambientales. La diferenciación por partes le da sentido a la ciudad, a partir de la identificación de los elementos que la componen. Así, el análisis morfológico permite entender la forma de la ciudad como manifestación de la dinámica humana.

Las ciudades que poseen una función principal como los puertos adquieren características morfológicas particulares y conforman áreas homogéneas que

confieren identidad a sus habitantes. Generar intervenciones urbanas que incluyen proyectos de vialidad propicia notablemente la vida útil de las obras civiles que la conforman, cumpliendo con la demanda o requisitos actuales de los usuarios, logrando un funcionamiento óptimo y el diseño de proyectos innovadores a la ciudad.

Propiciar la intervención del espacio público, donde se consideren la identidad propia de cada sector, dentro de un plan o proyecto global que recupere la estética en la lectura de los elementos y recorridos en el espacio urbano, mejorará el espacio público.

El área por intervenir pretende adaptarse a la demanda actual de necesidades de infraestructura que existe en Puerto Cabello, proponiendo nuevas alternativas en el diseño geométrico, estético y vial, logrando una afectación positiva en la vida de la mayoría de las personas, que hacen uso de estos espacios.

En el aspecto recreacional cabe destacar que este puente es un punto de acceso importante a zonas recreativas, deportivas y culturales como el Fortín Solano; dando como resultado el tránsito de personas a dichos espacios de gran relevancia para el ciudadano porteño y el turista que desea hacer uso de estos recintos.

En lo que respecta al ámbito económico, constructivamente representa un menor desafío el poder lograr un mejoramiento de lo existente, en vez de generar una pasarela o elevar el puente y construirlo nuevamente.

### **1.5 Alcance**

Solventar las problemáticas existentes en el área urbana que conecta la Urbanización Rancho Grande y Centro, con la finalidad de plantear una intervención que pretenda solucionar la demanda de infraestructura existente en el puente que une ambas zonas de la ciudad, para ello se realizará una serie de investigaciones, cálculos geométricos basados en normas existentes, estudio del tránsito y la concepción del espacio partiendo de ser punto referencial de conexión hacia los distintos sectores de la ciudad.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

En el trabajo de grado de Reinoso P. y Zambrano S. (2014) realizado en la Universidad de Cuenca, ubicada en Cuenca, Ecuador con el título **“Cálculo y diseño de la superestructura para el puente Naranjal que forma parte del proyecto control de inundaciones del río Naranjal”** para optar por el título de Ingeniero Civil; presenta el diseño completo de la superestructura de un puente sustentado sobre vigas de hormigón postensado, estudiando las condiciones en las que se requiere la implantación del mismo, y los métodos y procedimientos aplicables.

El crecimiento desmesurado del Río Naranjal en época invernal, produce graves inundaciones en las poblaciones cercanas. Por lo cual el Gobierno Nacional a través de “SENAGUA”, vio la necesidad de realizar el proyecto “Control de Inundaciones del Río Naranjal”, que pretende dividir el caudal, durante época de crecida, desviando parte del mismo por un canal de grandes proporciones. La magnitud del proyecto implica la ejecución de obras importantes de ingeniería, entre las cuales están puentes de grandes luces, los cuales requieren estudios particularizados de topografía, hidrología, geología, suelos, impacto ambiental, estudio estructural. La tesis se enfoca al diseño de la superestructura del “Puente Naranjal 1”, que se levanta sobre el canal de desvío. La luz que deberá salvar dicho puente es de 320 m, para lo cual se propone el diseño de vigas de hormigón postensado. El puente está conformado por 8 tramos de 40 m y con dos carriles de calzada de 7.20 m. Además, contempla veredas laterales de 1.20 m.

Es importante destacar que este trabajo de grado se sustenta bajo la necesidad de arreglar una problemática existente, en este caso pretende ser las inundaciones, la cual es uno de los objetivos principales del proyecto de tesis que aquí se presenta.

Así mismo, Lukasewsky B. (2007), realizó una investigación titulada **“Manual de procedimientos para el mantenimiento y prevención del Elevado Ziruma”**, de la Facultad de Ingeniería (escuela de ingeniería civil), en la Universidad Rafael Urdaneta, en la ciudad de Maracaibo, la cual tuvo como objetivo proponer un manual para el mantenimiento periódico del Elevado de Ziruma permitiéndole su preservación durante el tiempo, y también al ser estudiado con profundidad el elevado, fue evaluado cada uno de los elementos del puente, mediante un programa de inspecciones, cuya actividad debió ser realizada de forma organizada y sistemática, ya que, de ella dependió las recomendaciones para corregir los defectos, minimizando la posibilidad de pasar por alto algunas deficiencias, las cuales pudieron convertirse en daños severos si no hubiesen sido tratados a su debido tiempo, en este trabajo de grado se exponen tres tipos de investigación que son exploratoria, descriptiva y aplicada con un diseño no experimental-transeccional descriptivo.

Este trabajo de grado está íntimamente relacionado con el estudio de la situación actual del puente de la Av. Bolívar de Puerto Cabello, ya que, ofrecen un conjunto de información, métodos y herramientas que son fundamentales para el desarrollo de las variables y criterios a desglosar en el proceso de evaluación y diagnóstico de dicha infraestructura y su estructura.

Para García I. y Suárez L.(2002), entender la situación actual de un puente es de gran importancia dentro del estudio de las infraestructuras de una ciudad, para ello lo definen en el trabajo de grado **“Estudio del uso de los puentes peatonales de la Avenida del Ferrocarril, Avenida 30 de Agosto y Avenida Las Américas, Municipio de Pereira, Colombia”** realizado en la Universidad Nacional de Colombia para optar por el título de Especialista en Vías y Transporte; para ello plantean recolectar información existente sobre los puentes peatonales y determinar el volumen de personas que dan uso de estas edificaciones y el comportamiento de los mismos. La construcción de puentes con uso peatonal como solución a la movilización de personas que necesitan cruzar de un lado al otro de una vía sin que se generen conflictos entre ellos y los vehículos, se implementó hace mucho tiempo y sigue siendo una solución muy efectiva. Por esta razón, el objetivo de la tesis de

grado mencionada anteriormente plantea algunas modificaciones y cambios que podrían motivar y concientizar a la ciudadanía en la correcta utilización de una herramienta tan valiosa y segura, el cual consiste en una apropiada adecuación del uso peatonal de un puente, siendo esto último uno de los puntos importantes y de partida de la tesis de grado que se presenta.

## **2.2 Bases Teóricas**

En la presente investigación resulta importante una revisión documental sobre la teoría y conceptos requeridos para sustentar ampliamente la realización de esta propuesta y se detallan de esta manera:

### **2.2.1 Puentes**

Es una estructura construida con el fin de permitir a una vía de comunicación cruzar un obstáculo natural, como ríos, valles, lagos o brazos de mar, etcétera. o bien atravesar obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, sin que existan problemas de mezcla de los tráficos de ambas. En su construcción, se deben cuidar muchos e importantes aspectos, tales como: estabilidad, resistencia al desplazamiento y a la rotura, entre otros. El diseño de cada puente varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que el puente es construido. El nombre de viaducto suele asignarse a un puente cuando sus dimensiones son desproporcionadas con respecto al obstáculo que salva; éstas vienen dadas por la necesidad de evitar pendientes grandes en la vía de comunicación; así, si el obstáculo es un río, el viaducto atraviesa el valle por cuyo fondo discurre aquél.

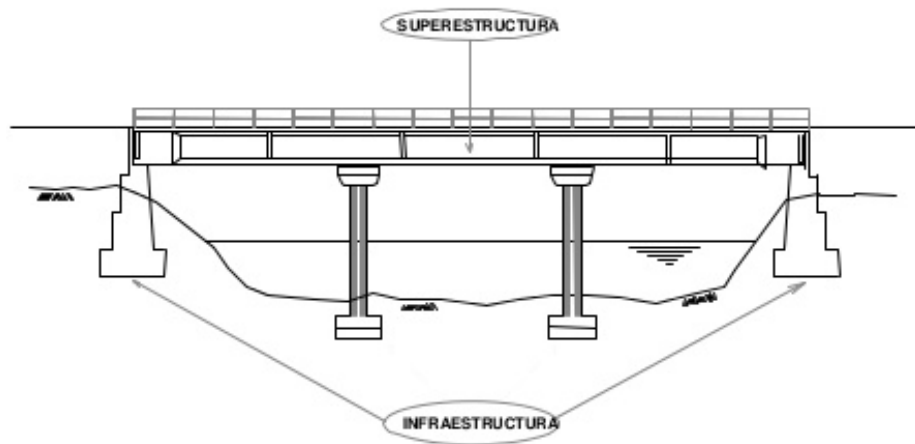
### **2.2.2 Partes de un Puente**

Un puente está compuesto por la superestructura, subestructura e infraestructura.

#### **2.2.2.1 Superestructura**

La superestructura o conjunto de los tramos que salvan los vanos situados entre los soportes; consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas dinámicas (tráfico), y las armaduras constituidas por vigas, cables, o bóvedas y arcos que transmiten sus tensiones (cargas) a las pilas y los estribos; En la figura 1 se señalan las partes que conforman un puente. Las armaduras pueden ser, placas, vigas,

entre otras; que transmiten las cargas mediante flexión o curvatura principalmente; cables, que las soportan por tensión; vigas de celosía, cuyos componentes las transmiten por tensión directa o por compresión; y, finalmente, arcos y armaduras rígidas que lo hacen por flexión y compresión a un tiempo. El tablero está compuesto por un piso de planchas, vigas longitudinales o largueros sobre los que se apoya el piso y vigas transversales que soportan a los largueros. En muchos puentes los largueros descansan directamente en las pilas, o en los estribos. Otros modelos carecen de tales miembros y sólo las vigas transversales, muy unidas, soportan al tablero.



**Figura 1:** Partes de un puente

**Fuente:** Diseño de puentes, Cabrera E. (2004)

Los arrostramientos laterales van colocados entre las armaduras para unirlos y proporcionar la necesaria rigidez lateral. El arriostrado transmite también a estribos y pilas las tensiones producidas por las fuerzas laterales, como las debidas a los vientos, y las centrífugas, producidas por las cargas dinámicas que pasan por los puentes situados en curvas. En algunas ocasiones se utilizan chapas de refuerzo transversales o diafragmas para aumentar la rigidez de los largueros. Tales diafragmas mantienen la alineación de los largueros durante la construcción y tienden a equilibrar la

distribución transversal de las cargas entre los mismos. Algunos puentes contruidos de concreto armado no necesitan vientos ni diafragmas.

Constituida en términos generales por las vigas de puente, diafragmas, tablero, aceras, postes, pasamanos, capa de rodadura o durmientes, rieles, etc. Cada una de las partes de la superestructura de un puente se explica a continuación:

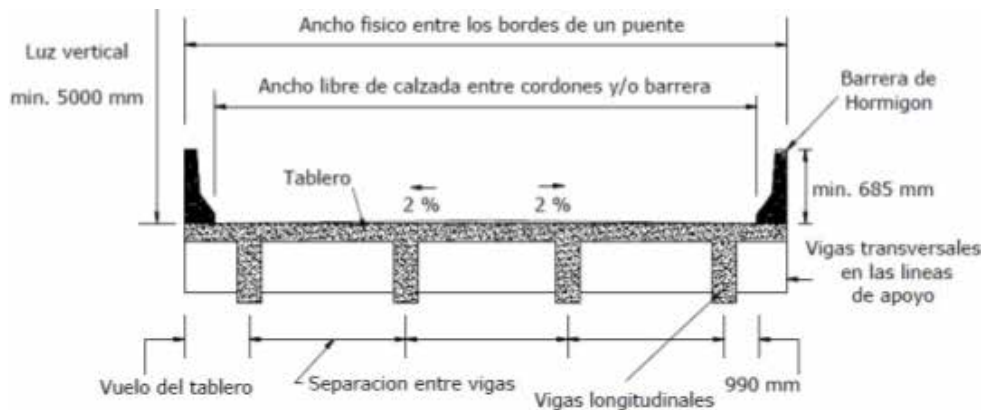
- **Tablero:** Es el componente, con o sin superficie de rodamiento, que soporta las cargas de rueda en forma directa y es soportado por otros componentes. En la mayoría de los casos, en los puentes definitivos se utiliza una losa de concreto como el primer elemento portante del tablero. En los puentes modernos de grandes luces, en lugar de la losa de concreto se está utilizando el denominado tablero ortotrópico que consiste en planchas de acero reforzado con rigidizadores sobre el que se coloca un material asfáltico de 2” como superficie de rodadura. El tablero ortotrópico de acero es mucho más caro que la losa de concreto, pero por su menor peso resulta conveniente en los puentes de grandes luces. Al disminuir el peso del tablero se mejora la capacidad sismorresistente del puente.

#### ***Accesorios del tablero:***

Un puente forma parte de una facilidad de transporte y como tal, el tablero debe satisfacer los requisitos de funcionalidad que se establecen en las Normas y Especificaciones correspondientes; es por ello por lo que, por ejemplo, en el tablero se deben colocar elementos accesorios como veredas, barandas, etc., que en general constituyen carga muerta adicional (Ver figura 2).

El número de carriles se diseña tomando la parte entera de la relación  $w/3,6$  siendo  $w$  el ancho de la calzada (m). Los anchos de la calzada entre 6 y 7,20 m (rurales) tendrán dos carriles de diseño, cada uno de ellos de ancho igual a la mitad del ancho de la calzada.

Asimismo, debe definirse el hombrillo como la porción contigua al carril que sirva de apoyo a los vehículos que se estacionan por emergencias. Su ancho varía: mínimo 0,6m en carreteras rurales menores, preferiblemente 1,8m, hasta al menos 3m en vías urbanas, ideal 3,6m en carreteras mayores.



**Figura 2:** Tablero de un puente

**Fuente:** Puentes, Rodríguez A. (2016)

Las aceras deben disponerse si es necesario y son únicamente de uso peatonal, están separadas de la calzada mediante una barrera (baranda), si se desea disponer de ciclovía, dicha baranda debe ser de 1,4m de altura mínimo. El ancho mínimo de una acera en puentes es de 0,75m.

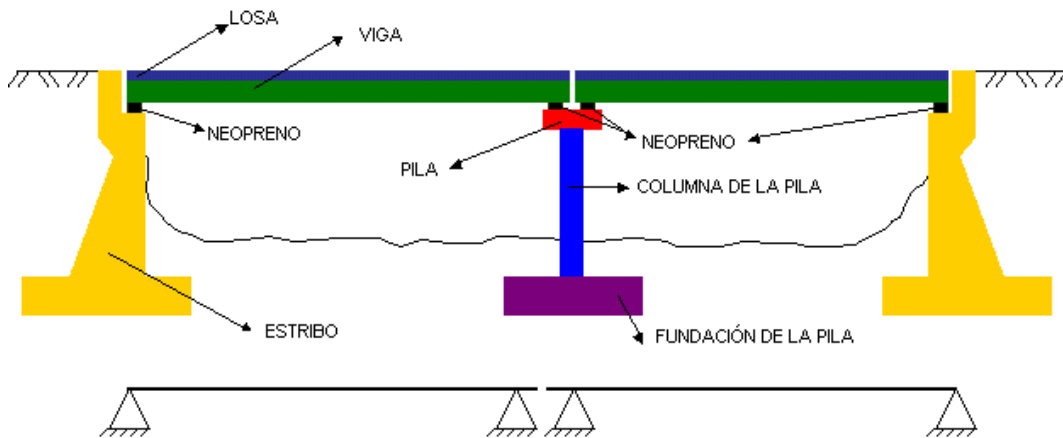
- **Miembros primarios:** Distribuyen las cargas longitudinalmente y son usualmente diseñados para resistir sollicitaciones de flexión y corte.
- **Miembros secundarios:** Son miembros que arriostran los miembros primarios, diseñados para resistir las deformaciones transversales de los elementos de la superestructura y contribuyen a distribuir parte de la carga vertical entre los largueros. También son usados para mantener la estabilidad durante la construcción.

### 2.1.2.2 Subestructura

Comprende todos aquellos elementos requeridos para soportar la superestructura. Está formada por los estribos o pilares extremos y las pilas o apoyos centrales. Estos son soportados por las fundaciones, que forman la base de ambos. (Ver figura 3). Los estribos van situados en los extremos del puente y sostienen los terraplenes que conducen a él; a veces son remplazados por pilares hincados que permiten el desplazamiento del suelo en su alrededor. Las pilas son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos. En la mayoría de los casos, éstas se

encuentran por encima del terreno hasta una altura considerada, de aguas máximas en el caso de puentes sobre ríos, o máxima en pasos elevados. Estas pilas no son parte de la fundación, generalmente se encuentran apoyadas en pilotes.

Los puentes de gran tamaño descansan generalmente sobre fundaciones de roca o tosca, aunque haya que buscarlos a más de 30 m bajo el nivel de las aguas. Cuando tales estratos están muy lejos de la superficie, es preciso utilizar pilotes de profundidad suficiente para asegurar que la carga admisible sea la adecuada. Para absorber los desplazamientos y rotaciones a los que están sometidas las vigas de la superestructura (debidas a cambios de temperatura, retracción, tráfico, sismos, entre otros) se colocan aparatos de apoyo, entre éstas y la parte superior de los estribos y pilas, transmitiendo las cargas de un elemento constructivo a otro. Generalmente se utilizan aparatos de apoyos de neopreno.



**Figura 3:** Partes de un puente tipo viga

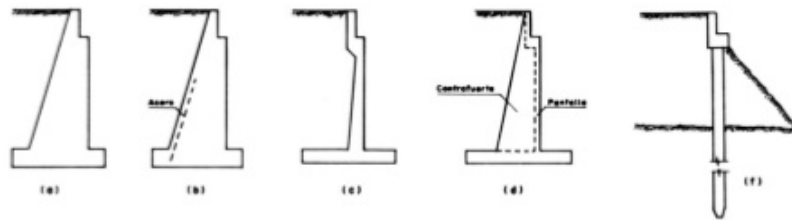
**Fuente:** Ingeniería de puentes, Monleón S. (1997)

Entre los elementos que constituyen la subestructura se encuentran:

- **Estribos y cargaderos:** Son los que proveen soporte a la superestructura, establecen la conexión entre la superestructura y el terraplén, son diseñados para soportar la carga de la superestructura la cual es transmitida por medio de los elementos de apoyo, el peso de la losa de transición y las presiones del suelo (empuje de tierras). Los estribos están conformados por una losa de

fundación que transmite el peso de los estribos directamente al suelo, la losa sirve de cubierta para un sistema de pilotes que soportan la carga, el muro frontal, asiento del puente, los estribos también poseen juntas de dilatación o expansión que ajustan los desplazamientos de la superestructura.

A diferencia de las pilas los estribos reciben además de la superestructura el empuje de las tierras de los terraplenes de acceso al puente, en consecuencia, trabajan también como muros de contención. Están constituidos por el coronamiento, la elevación y su fundación y con la característica de que normalmente llevan aleros tanto aguas arriba como abajo, para proteger el terraplén de acceso (Ver Figura 4).

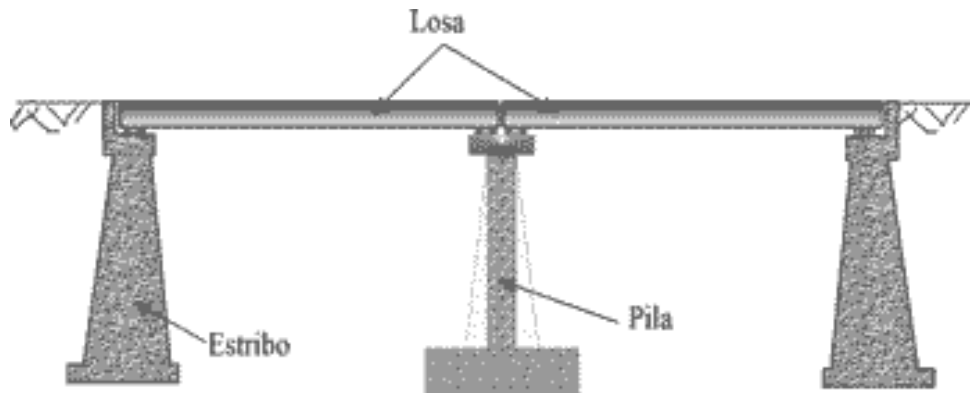


**Figura 4:** Estribos

**Fuente:** Manual de diseño de puentes, AASHTO (2010)

- **Pilas:** Las pilas se proyectan para resistir las cargas muertas y vivas superpuestas; las presiones del viento que actúen sobre la pila y la superestructura; las fuerzas debidas a la corriente del agua, al hielo y a cuerpos flotantes; así como las fuerzas longitudinales. Donde sea necesario, las pilas se protegerán contra los efectos de la abrasión recubriéndolas con granito, ladrillos vitrificados, madera u otros materiales de protección adecuados, hasta una altura y límites donde no puedan causar daño los hielos o cuerpos flotantes.

Las pilas no son más que estructuras que soportan la superestructura en puntos intermedios (entre los estribos). (Ver figura 5)



**Figura 5:** Pilas en un puente de viga

**Fuente:** Puentes, Monterola J. (2006)

- **Aparatos de Apoyo:** Son sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales y horizontales de la superestructura a la subestructura. Existe una gran variedad de aparatos de apoyo, pueden ser de expansión y fijos.

Todas las estructuras son objetos de solicitaciones y de movimientos que varían en el espacio y en el tiempo algunos de los cuales dependen de las características propias de los materiales usados. El rol de un aparato de apoyo, colocado en la unión entre una estructura y su soporte, es permitir dentro de ciertos límites y bajo ciertas condiciones:

- La transmisión de esfuerzos.
- La libertad de los desplazamientos y rotaciones al mismo tiempo que garantizar la estabilidad de conjunto.

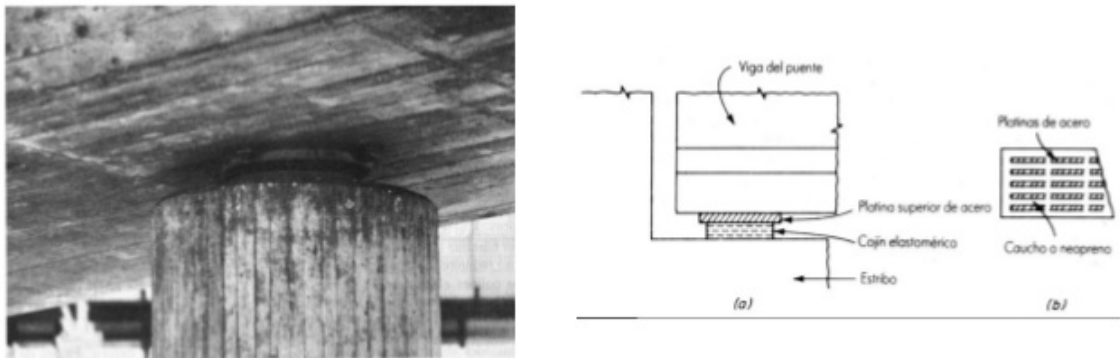
También nos sirven para transmitir a la infraestructura las reacciones verticales y horizontales producidas por las diferentes acciones y solicitaciones. Debiendo responder lo más fielmente posible a las condiciones de vinculación establecidas en las hipótesis de cálculo. En función de la magnitud de las luces de los vanos y de los materiales se emplean apoyos desde simples chapa sobre chapa metálica hasta complicados y sofisticados aparatos de apoyo. Pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- a) Fijos, que permiten rotación, pero no desplazamiento.
- b) Móviles, que permiten desplazamiento y rotación.

**Mixtos**, constituidos por placas de plomo o similares o mejor los apoyos de goma llamados de neopreno y los más modernos denominados de neoflón de gran aplicación en la actualidad por las múltiples ventajas que ofrecen con relación a otras soluciones.

Los aparatos de apoyo pueden ser solucionados en formas diversas y ello es función de la longitud de los puentes o más propiamente de la magnitud de las reacciones transmitidas, así como del material de la parte de la superestructura que transmite la carga a los aparatos de apoyo.

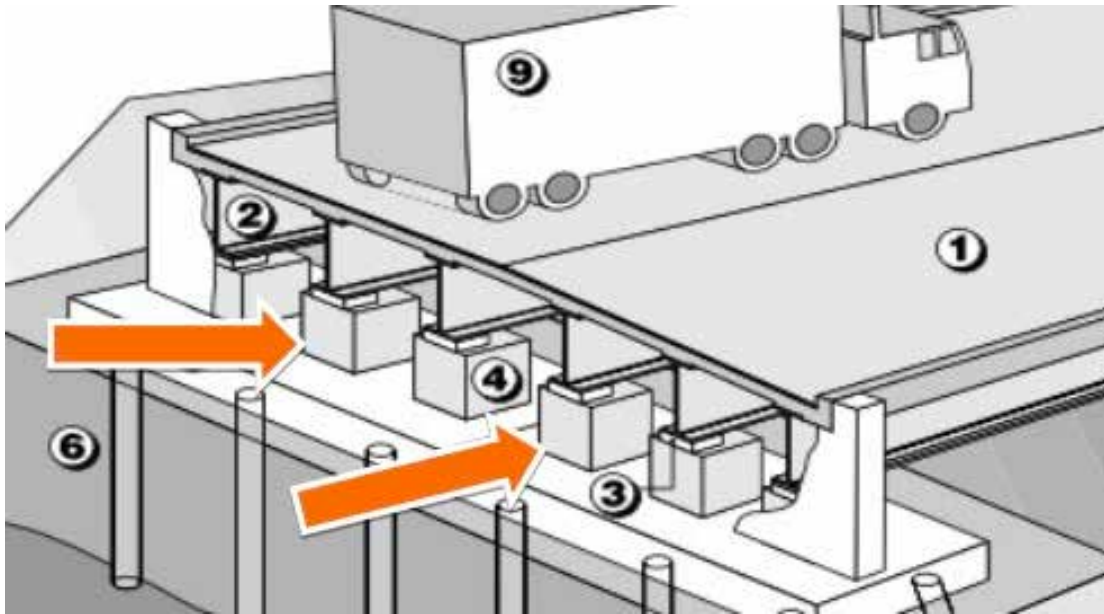
Lo propio en cuanto a la definición de apoyo fijo o móvil que en el caso de tramos simplemente apoyados resulta sencilla su definición porque a un lado va el fijo y al otro extremo el móvil, sin embargo, en correspondencia con la pila o el estribo habrá que analizarse la influencia de la componente horizontal que transmite el apoyo fijo, por ello en tramos simplemente apoyados conviene introducir apoyos mixtos que prorratean la componente horizontal entre sus dos extremos (Ver figura 6).



**Figura 6:** Aparatos de Apoyo

**Fuente:** Diseño de puentes, Cabrera E. (2004)

- **Pedestal:** Es una columna corta sobre un estribo, pilar o sobre un apoyo el cual soporta directamente a un miembro principal de la superestructura. Como puede verse en la figura 7, la viga de ala ancha está fijada al apoyo y este a su vez está fijada a un pedestal.



**Figura 7:** Pedestales

**Fuente:** Diseño de puentes, Álvarez, P. e Icaza, M. (2012)

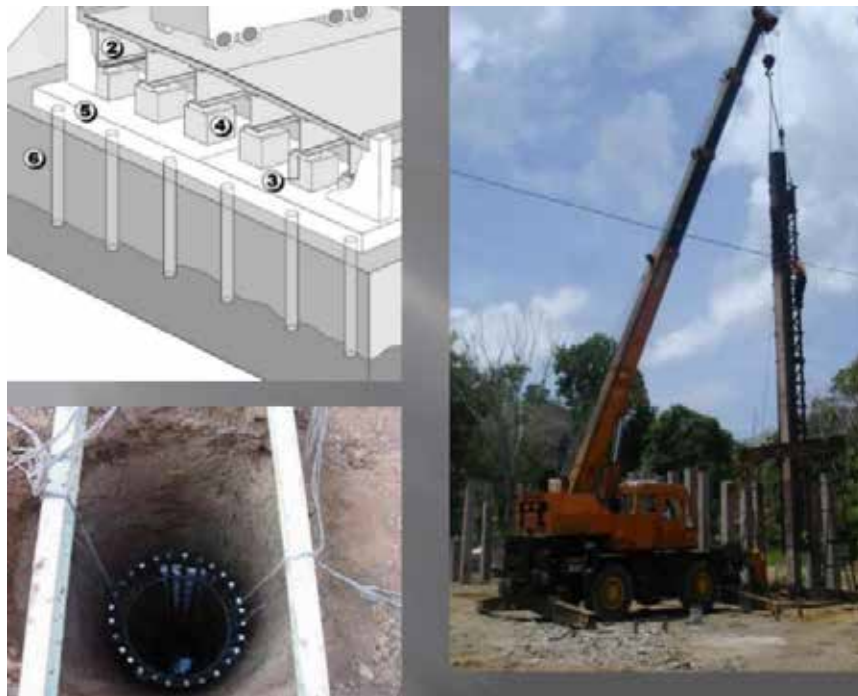
- **Espaldón:** Componente primario del estribo, actúa como estructura de contención en los accesos. Es un muro de retención, a veces llamado vástago, Es el componente principal del estribo que actúa como una estructura de retención en cada acceso.
- **Muro de Retorno:** También llamados muros de ala; es una pared lateral del muro de retención o vástago diseñado para ayudar a limitar el suelo detrás del estribo. En muchas estructuras, los muros de ala son diseñados muy conservadoramente, el cuál resultar ser una pared grande en muchos puentes.

### 2.1.2.2 Infraestructura

La infraestructura de un puente está definida por los cimientos, conformado por zapatas y pilotes, formando la base del mismo.

- **Zapata:** Tiene como función transmitir las cargas de la subestructura al terreno o los pilotes. Si transmite las cargas directamente al suelo es zapata y si van a los pilotes se conocen como encepado.

- **Pilotes:** Son elementos estructurales de la cimentación del puente utilizados cuando el terreno bajo la zapata no proporciona el soporte adecuado en términos de capacidad, estabilidad y asentamiento. Cuando los apoyos transfieren las cargas de la superestructura a la subestructura, a la vez el estribo y el pilar de cimentación transfieren las cargas a la subestructura al subsuelo o los pilotes. La cimentación soportada por el suelo sin pilotes es llamado cimiento ensanchado. Cuando El suelo bajo una cimentación no puede proporcionar el adecuado soporte para la Subestructura-Pilas (en términos de capacidad de apoyo, la estabilidad en conjunto, o asentamiento), el soporte es obtenido mediante el uso de pilotes. El cual se extiende por debajo de la cimentación a una capa de suelo más fuerte o a lecho de roca. Hay una variedad o tipos de pilotes que van de concreto, que es lanzado en su lugar o prefabricado, a secciones H de acero conducidos a roca de sonido (Ver figura 8).



**Figura 8:** Pilotes

**Fuente:** Elementos de puentes, Cayambe J. y Córdova G. (2012)

### **2.2.3 Tipos de Puentes**

Un puente es diseñado para trenes, tráfico automovilístico o peatonal, tuberías de gas o agua para su transporte o tráfico marítimo. En algunos casos puede haber restricciones en su uso. Por ejemplo, puede ser un puente en una autopista y estar prohibido para peatones y bicicletas, o un puente peatonal, posiblemente también para bicicletas. Entre los puentes carreteros, o de tráfico automovilístico, existen seis tipos principales de puentes: puentes viga, colgantes, en ménsula, en arco, atirantados y apuntalados. El resto de los tipos son derivados de estos. En conclusión, los puentes se pueden clasificar según: su función, por los materiales de construcción, por el tipo de estructura y por su sección transversal.

#### **2.2.3.1 Según su función**

- Carreteros
- Peatonales
- Ciclovías
- Natural
- Ferroviario
- Mixtos

#### **2.2.3.2 Por los materiales de construcción**

Se usan diversos materiales en la construcción de puentes. En la antigüedad, se usaba principalmente madera y posteriormente se usó roca. A mediados de 1800 se comenzaron a construir puentes metálicos. Posteriormente se inició la construcción de puentes de concreto armado y luego se desarrolló la técnica del concreto pretensado, el cual se convirtió en el material preferido por muchos diseñadores por su alta resistencia y durabilidad. Hoy en día los puentes se fabrican en su mayoría usando concreto pretensado o estructuras de acero. Por lo tanto, los puentes pueden ser de:

- Madera
- Acero estructural
- Concreto armado
- Concreto Presforzado

### **2.2.3.3 Por el tipo de estructura**

- Simplemente apoyados: Un solo tramo.
- Simples de tramos múltiples
- Continuos: Una sola viga.
- Puentes tipo pórtico: Vaciado monolíticamente.
- Cantiléver: Brazos voladizos.
- En arco: Puede ser con estructura contra funicular que trabaja a compresión o funicular que trabaja a tracción.
- Atirantado: Trabaja a tracción.
- Colgantes: Tirantes con torres y armaduras de refuerzo.
- Levadizos
- Pontones: Puentes flotantes permanentes.

### **2.2.3.4 Por su sección transversal**

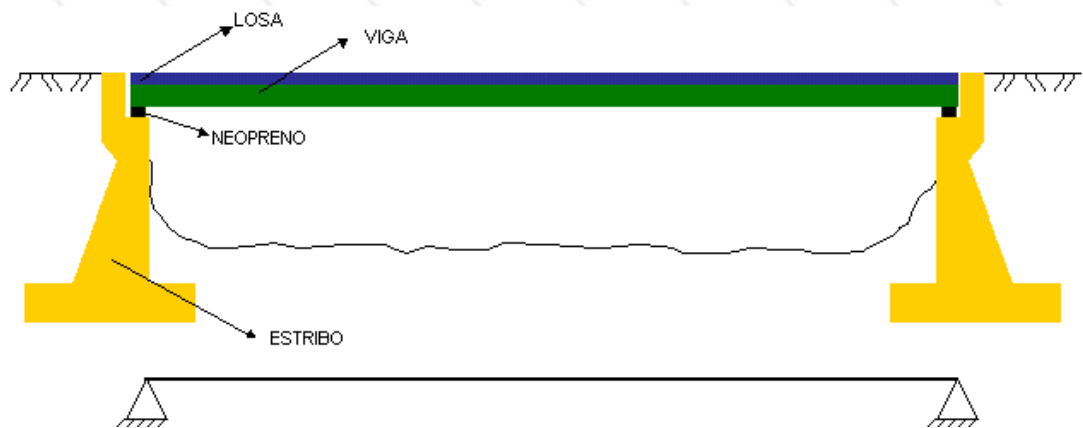
- Puente tipo viga T
- Puente tipo viga I
- Puente sección compuesta
- Puente sección de cajón
- Puentes segmentales

### **2.2.3 Puentes de Viga**

Son los puentes más comunes; se usan vigas estáticamente definidas, vigas simplemente apoyadas, vigas Gerber y vigas continuas.

#### **2.2.3.1 Puente de viga simplemente apoyado de un tramo**

Se usan para tramos muy cortos, menor a 25m, es uno de los tipos más comunes de puente. Salvan las luces mediante vigas paralelas, generalmente de hierro o de hormigón pretensado, y sobre cuya ala superior está la superficie de rodadura (Ver figura 9).



**Figura 9:** Puente de viga simplemente apoyado de un tramo

**Fuente:** Ingeniería de puentes: Análisis Estructural, Monleón S. (1997)

## 2.2.4 Solicitaciones para puentes carreteros

### 2.2.4.1 Solicitaciones Geométricas

#### *Espaciamiento entre Pilas, Orientación y Tipo.*

Las pilas de un puente deben ubicarse de acuerdo con los requerimientos de la navegación y de manera que produzcan la mínima obstrucción a la corriente. En general, deben colocarse paralelamente a la dirección de la misma en épocas de avenidas. Asimismo, para dar paso a los materiales de arrastre y a los hielos, los claros del puente y el espacio libre vertical deberán tener la amplitud adecuada, de acuerdo con el tipo de pila y, en caso necesario emplear desviadores de materiales de arrastre.

#### *Ancho de Calzadas y Banquetas*

El ancho de la calzada será el ancho libre entre las partes inferiores del brocal, medido normalmente al eje longitudinal del puente. Si no existen brocales, el ancho libre será la distancia mínima entre las caras interiores del parapeto del puente. El ancho de la acera será el ancho libre entre la cara interior del parapeto y la parte externa del brocal medido normalmente al eje longitudinal del puente, salvo que exista una armadura, trabe o parapeto adyacente al brocal, en cuyo caso, el ancho se medirá hasta la orilla exterior de la acera. La cara del brocal se define como el parámetro interior, vertical o inclinado del propio brocal. Las dimensiones

horizontales del ancho de la calzada y del brocal se toman desde la base, o desde la base del paño inferior, si se trata de brocales escalonados. El ancho máximo de los brocales redondeadas será de 0.23 m.

En los tramos de acceso con brocales y cuneta, ya sea en uno o en ambos extremos del puente, la altura del brocal del puente debe coincidir con el de acceso, o ser, preferentemente, mayor. Cuando no se asignen brocales en el acceso, la altura del brocal en el puente no será menor de 0.20 m y de preferencia no mayor de 0.25 m. Cuando se requieran aceras para el tránsito de peatones en las vías rápidas urbanas, deberán aislarse de la calzada del puente por medio de parapetos.

#### ***Instalaciones Destinadas a Servicios Públicos***

Cuando así se requiera, se tomarán las precauciones necesarias para alojar a las bases y los postes para los cables de los troles o del alumbrado, así como los ductos para el agua, cables de electricidad, teléfono, gas o drenaje.

#### **2.2.4.2 Solicitación de Cargas en puentes**

Las estructuras se proyectarán considerando las siguientes cargas y fuerzas cuando existan:

- Carga muerta
- Carga viva
- Impacto o efecto dinámico de la carga viva
- Cargas por viento

Otras fuerzas, cuando existan, tales como:

- Fuerzas longitudinales
- Fuerza centrífuga
- Fuerzas por cambios de temperatura
- Empujes de tierra
- Subpresión
- Esfuerzos por contracción del concreto
- Esfuerzos de erección
- Presión de la corriente de agua.

- Esfuerzos por sismo

Los miembros del puente se proyectarán tomando en cuenta los esfuerzos permisibles y las limitaciones del material empleado de acuerdo con las especificaciones AASHTO. En la hoja para cálculo de esfuerzos se incluirá un diagrama o notas sobre las cargas consideradas y por separado se indicarán los esfuerzos debidos a las diferentes cargas. Cuando las condiciones del proyecto así lo requieran, se registrará el orden sucesivo de los vaciados de concreto en los planos o bien en las especificaciones complementarias.

#### ***Carga Muerta o Permanente***

La carga muerta o permanente estará constituida por el peso propio de la estructura ya terminada, incluyendo la carpeta asfáltica, aceras, parapetos, tuberías, conductos, cables y demás instalaciones para servicios públicos. Cuando al construir el puente se coloque sobre la carpeta una capa adicional para desgaste, o cuando se piense ponerla en el futuro, deberá tomarse en cuenta al calcular la carga muerta.

#### ***Carga Viva o Variable***

La carga viva o variable consistirá en el peso de la carga móvil aplicada, correspondiente al peso de los camiones, automóviles y peatones.

#### ***Impacto***

No se trata en sí de una carga actuante. Es un coeficiente de mayoración que tiene en cuenta los efectos dinámicos de las cargas de tránsito.

#### ***Viento***

Se trata de una acción secundaria que actúa en sentido transversal al eje del puente. Se considera como una presión con distintas intensidades y aplicada en distintas superficies según se considere el puente descargado o cargado.

#### ***Fuerzas Longitudinales***

Deberá considerarse el efecto de una fuerza longitudinal del 5% de la carga viva en todos los carriles destinados al tránsito en una misma dirección. En aquellos puentes donde se considere puedan llegar a ser en el futuro de una sola dirección, deberán considerarse cargados todos sus carriles.

### 2.2.5 Método Racional para el cálculo de factores hidrológicos

Este método, es uno de los más antiguos de la hidrología cuantitativa y es útil en cuencas pequeñas menores de 200 Ha. Este límite está dado por las características de las lluvias en la zona y debe ser tal que la lluvia puntual se pueda considerar uniformemente distribuida en el área a considerar para lo cual se puede considerar subáreas (o subcuencas).

Fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Dónde:

Q = Caudal en  $m^3/s$

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad de la lluvia en mm/hora

A = Es el área de escurrimiento en hectáreas

La fórmula resulta razonablemente buena si se elige adecuadamente el valor del coeficiente de escorrentía “C”.

La duración de la lluvia, para obtener en las tablas o gráficos de IDF, la intensidad “I” de la lluvia se debe elegir igual al Tiempo de Concentración ( $T_c$ ) de la cuenca para maximizar el caudal de diseño. Se utilizará la ecuación de Kirpich de uso frecuente.

$$T_c = 0.195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Dónde: L = Longitud del cauce principal en metros.

H = desnivel medio del cauce principal en metros.

#### **Valores del coeficiente C de escorrentía**

La selección de los valores del coeficiente “C” de escorrentía es importante en el uso de una fórmula simple como es el caso del método racional.

Se define el coeficiente C de una superficie A al cociente del caudal que escurre en una lluvia en esa superficie,  $Q_e$  sobre el caudal total de la precipitación  $Q_t$ .

$$C = \frac{Q_e}{Q_t}$$

Ese coeficiente es función de varios factores, varía a través del tiempo de duración de la precipitación y en función de las características del terreno, tipo de suelo, vegetación, permeabilidad, humedad antecedente. (Ver Cuadro 1)

Durante una precipitación, la infiltración disminuye y consecuentemente aumenta el valor de C. (Ver Cuadro 2)

Para los fines de una fórmula simple como la racional, el coeficiente C, se considera constante durante la duración de la lluvia.

Si el área no es homogénea se puede usar un promedio ponderado de  $C_i$  en función de áreas parciales  $A_i$ .

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

#### 2.2.6 Definición de parámetros de tránsito

- **Volumen:** Numero de vehículos que pasan sobre una sección de vía durante un periodo de tiempo.
- **VDPA:** Volumen Diario Promedio Anual = Volumen Anual Total / 365.
- **VDP:** Volumen Diario Promedio = Volumen Total en “N” días / “N” días.
- **Volumen en Hora Pico:** Numero de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos.
- **Tasa de flujo:** Expresión horaria del número de vehículos que pasa por una sección de vía durante un periodo menor a una hora. Por ejemplo, si se cuentan 50 vehículos pasando por una sección de vía durante un periodo de 15 minutos, la tasa de flujo es 200 vehículos/hora (50 x 4) (15 x 4 = 60 min = 1hora).
- **Factor de Hora Pico:** Relación del volumen de la hora pico a la tasa de flujo máxima dentro de la hora pico.

Factor de Hora Pico (FHP) = (Volumen en la Hora Pico) / (4 x Volumen Máximo 15 minutos).

$$\text{FHP} = 1.075 / (4 \times 300)$$

$$\text{FHP} = 1.075 / 1.200 = 0,8958333; \text{Rango}$$

**Cuadro 1:** Valor de C y su relación con la clasificación hidrológica de suelos del SCS (A, B, C, D) y la pendiente del terreno en porcentaje.

Uso del suelo	A			B			C			D		
	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+	0-2%	2-6%	6%+
Cultivado	0.08 a	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31a
	0.14 b	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.20	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41b
Pastos	0.12	0.20	0.30	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.30	0.40	0.50
	0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.30	0.42	0.52	0.37	0.50	0.62
Praderas	0.10	0.16	0.25	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.36	0.24	0.30	0.40
	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.37	0.26	0.35	0.44	0.30	0.40	0.50
Bosques	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.10	0.13	0.16	0.12	0.16	0.20
	0.08	0.11	0.14	0.10	0.14	0.18	0.12	0.16	0.20	0.15	0.20	0.25
Residencial Lotes 0.05ha	0.25	0.28	0.31	0.27	0.30	0.35	0.30	0.33	0.38	0.33	0.36	0.42
	0.33	0.37	0.40	0.35	0.39	0.44	0.38	0.42	0.49	0.41	0.45	0.54
Lotes menos de 0.1Ha	0.22	0.26	0.29	0.24	0.29	0.33	0.27	0.31	0.36	0.30	0.34	0.40
	0.30	0.34	0.37	0.33	0.37	0.42	0.36	0.40	0.47	0.38	0.42	0.52
Lotes de 0.13Ha	0.19	0.23	0.26	0.22	0.26	0.30	0.25	0.29	0.34	0.28	0.32	0.39
	0.28	0.32	0.35	0.30	0.35	0.39	0.33	0.38	0.45	0.36	0.40	0.50
Lotes de 0.2Ha	0.16	0.20	0.24	0.19	0.23	0.28	0.22	0.27	0.32	0.26	0.30	0.37
	0.25	0.29	0.32	0.28	0.32	0.36	0.31	0.35	0.42	0.34	0.38	0.48
Lotes 0.5 Ha	0.14	0.19	0.22	0.17	0.21	0.26	0.20	0.25	0.31	0.24	0.29	0.35
	0.22	0.26	0.29	0.24	0.28	0.34	0.28	0.32	0.40	0.31	0.35	0.46
Industrial	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.70
	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.88
Comercial	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90
Calles	0.70	0.71	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.73	0.76	0.73	0.75	0.78
	0.76	0.77	0.79	0.80	0.82	0.84	0.84	0.85	0.89	0.89	0.91	0.95
Parques	0.05	0.10	0.14	0.08	0.13	0.19	0.12	0.17	0.24	0.16	0.21	0.28
	0.11	0.16	0.20	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.32	0.22	0.27	0.39
Estacionamientos	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87
	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97

a) coeficientes C para tormentas de recurrencia de hasta 25 años

b) coeficientes C para tormentas de recurrencias mayores de 25 años

**Fuente:** HYDROLOGIC ANALYSIS AND DESIGN, McCuen, 1998

**Cuadro 2:** Coeficientes de escorrentía en zonas urbanas y Periurbanas

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

**Fuente:** Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio C. (1999)

### 2.2.8 Vías de flujo ininterrumpido

A continuación, se presentan las relaciones matemáticas que describen el flujo de tránsito ininterrumpido.

#### ***Relación Velocidad – Flujo (Volumen) – Densidad***

La densidad es el número de vehículos que ocupan una longitud de vía específica en un espacio de tiempo determinado. Se expresa en términos de vehículos por kilómetro (veh/km) e influye en la habilidad que tiene el conductor para maniobrar y cambiar de canales.

$$q = u \times k$$

q = tasa de flujo en vehículos por hora (vph)

u = velocidad promedio (kph)

k = densidad (veh/km)

En la relación entre flujo, velocidad, y densidad se observa lo siguiente:

A medida que el flujo crece, la velocidad tiende a decrecer y la densidad se incrementa. En el punto donde se alcanza la capacidad, la tasa de flujo es máxima. Si las condiciones de operación comienzan a deteriorarse (cogestión) con frecuentes paradas (flujo forzado), tanto la velocidad como el flujo comienzan a reducirse, mientras la densidad continúa aumentando. La congestión ocurre cuando la velocidad es crítica, la densidad es crítica y la capacidad se ha alcanzado.

#### ***Relación Velocidad – Densidad***

$$u = u_r (1 - k / k_i)$$

u = velocidad promedio (kph)

$u_r$  = velocidad de flujo libre (kph)

k = densidad (veh/km)

$k_i$  = densidad máxima, completamente congestionado, (veh/km)

#### ***Relación Flujo – Densidad***

$$q = u_r (k - k^2 / k_j)$$

q = tasa de flujo (vph)

#### ***Relación Flujo – Velocidad***

$$q = k_j (u - u^2 / u_r)$$

### **2.2.9 Condiciones de congestión**

La congestión se produce como el resultado de la demanda de tránsito excediendo la capacidad de la vía.

La capacidad de una vía se determina por secciones de esta. Depende del número de canales y de la longitud de la sección en cuestión. Para una sección determinada de una vía la capacidad es constante a menos se cambien sus condiciones geométricas.

Mientras la demanda de tránsito sea menor o igual que la capacidad de una sección de vía, hay poca congestión. Sin embargo, en la medida que la demanda vaya aumentando, en función de la tasa de llegadas, y comienza a exceder a la capacidad en un instante de tiempo “t” se forma un “embotellamiento” y los vehículos comienzan a acumularse por detrás del embotellamiento. En algún momento, por las razones de comportamiento de los usuarios, la demanda de tránsito por esa vía embotellada comienza a bajar y luego de un tiempo la cantidad de vehículos acumulados se va disipando, haciendo a la vía nuevamente atractiva a la demanda de tránsito.

***Para canales de incorporación***

$$S = (V^2 - V_0^2) / 2a$$

Siendo:

S: la distancia necesaria para incorporar o desincorporar el tránsito de una vialidad a otra.

V: velocidad de proyecto.

V0: velocidad final.

a: rango de aceleración o desaceleración dependiendo del diseño. (Ver cuadros 2 y 3).

**Cuadro 3:** Rango de aceleración en canales de acceso.

Rango de Aceleración	
Vehículos deportivos	3,5 a 4,5 $m/s^2$
Vehículos turismo	0,9 a 2,2 $m/s^2$
Vehículos pesados	0,3 a 0,7 $m/s^2$

**Fuente:** Manual de Carreteras, Bañón L. y Bevia J. (2000)

**Cuadro 4:** Rango de desaceleración en canales de acceso.

Rango de Aceleración	
Inicio de frenado	1 a $3 \frac{m}{s^2}$
Final del frenado	$3,5 \frac{m}{s^2}$
Frenado de emergencia	$6 \frac{m}{s^2}$

**Fuente:** Manual de Carreteras, Bañón L. y Bevia J. (2000)

### 2.2.10 Carriles de desaceleración o desincorporación

Tienen por objeto permitir que los vehículos que vayan a ingresar en un ramal de salida o en un ramal de enlace puedan reducir su velocidad hasta alcanzar la de la calzada secundaria o la del ramal de enlace. Su utilidad es tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de velocidades.

#### *Tipo directo*

Está constituido por un carril recto (o curvo de gran radio), que forma en el borde de la calzada principal un ángulo muy pequeño (dos a cinco grados (2 a 5 grados)) y empalma con el ramal de salida o enlace.

#### *Tipo paralelo*

Es un carril adicional que se añade a la vía principal, con una zona de transición de anchura viable.

#### *Para canales de desincorporación*

$$S = (V_0^2 - V^2) / 2a$$

### 2.2.11 Enlaces

Los enlaces son conexiones entre diferentes vías a distinto nivel. Para materializar este tipo de soluciones, es imprescindible la construcción de estructuras auxiliares que permitan el paso a desnivel de las distintas vías, así como también, usar las existentes si es necesario. Los más usados son puentes o pasos subterráneos. La homogeneidad de soluciones dentro un mismo itinerario es uno de los aspectos a cuidar, muchas veces la mayor dificultad de los enlaces es hacerlos de fácil

interpretación para los usuarios, siempre dentro de la variedad de situación que pueden presentarse a lo largo de dicho recorrido. Por último, reseñar que zonas urbanas, el aspecto estético y de adaptación al entorno es uno de los factores que condiciona la forma y el tipo de enlace adoptado como solución final.

Existen varios tipos de enlaces, mejor conocidos como ramales de enlaces que no son más que cada uno de los tramos que interconectan dos vías, conduciendo los movimientos de los vehículos entre ambas. En función de cómo se produce dicho enlace, se distinguen tres tipos de ramales.

### **2.2.12 Peralte**

Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en la curva de una calzada de una carretera, con el fin de compensar con una componente de su propio peso, la inercia o fuerza centrífuga, aunque esta denominación no es acertada del vehículo, y lograr que la resultante total de las fuerzas se mantenga aproximadamente perpendicular al plano de la vía o del calzado. El objetivo del peralte es contrarrestar la fuerza centrífuga que impide al vehículo hacia el exterior de la curva. También tiene la función de evacuar aguas de la calzada, exigiendo una inclinación mínima.

Por otra parte, la condición de movimiento que se considera óptima para un vehículo en un alineamiento vertical es aquello que corresponde a un movimiento cuya componente horizontal de la velocidad es constante.

Una curva que no presenta peralte provoca el deslizamiento hacia fuera de la vía y resulta inadecuado porque limita la velocidad en las curvas.

Por otra parte, ha quedado comprobado que cuando mayor sea el peralte asignando a una curva que cruza a la izquierda, mayor es la dificultad de maniobrar en la zona de transición.

#### **2.2.12.1 Transición en Peralte**

A lo largo del tramo que precede al alineamiento curvo, para pasar de una sección con bombeo a otra con peralte, es necesario efectuar un cambio en la inclinación transversal de la calzada. Este cambio no puede efectuarse bruscamente, sino que debe hacerse a través de un cambio gradual de la pendiente de la calzada,

haciéndose llamado transición de peraltado al tramo de carretera en el cual se realiza. Cuando en el proyecto de la carretera se han empleado curvas de transición, la transición de peraltado se realiza juntamente con la de la curvatura. En el caso en que no se emplee curvas de transición, la transición del peraltado se realiza en la tangente y parte de la curva circular.

### **2.2.13 Pendiente**

Tasa constante de ascenso o descenso de una línea. Se expresa usualmente en porcentaje; por ejemplo, una pendiente del 4% es aquella que sube o baja 4 metros en una distancia horizontal de 100 metros. Cuando existen pendientes longitudinales no es conveniente que se anule la transversal, como en algunos casos se hace, porque entonces el agua seguirá la dirección del eje de la vía, deteriorara el firme y podrá llegar a molestar el tráfico. Se prescribe, en general, que el agua tenga que recorrer longitudinalmente como máximo, el doble del ancho de la vía.

#### **2.2.13.1 Pendiente Máxima**

El valor absoluto de la pendiente no puede exceder nunca a un valor máximo especificado. En todo momento se calcula el valor de la pendiente necesaria para alcanzar la cota tentativa, y si este sobrepasa el máximo permitido. La longitud de la pendiente máxima no debe sobrepasar tampoco cierto valor especificado.

Las pendientes máximas permiten en una carretera, están suspendidas a la velocidad de proyecto y a la composición del tráfico.

### **2.3 Definición de Términos Básicos**

A continuación, se definen los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado:

- **Acción:** Es toda causa capaz de originar una sollicitación o efecto en la estructura o sus elementos.
- **Puente:** es una estructura que forma parte de caminos, carreteras, y líneas férreas y canalizaciones, construidas sobre una depresión, río, u obstáculo cualquiera.
- **Hombrillos:** Son canales continuos o adyacentes a la calzada, destinado al estacionamiento de vehículo en caso de emergencia.

- **Barandilla:** Antepecho compuesto, generalmente, de balaustres y barandales de poco espesor, destinada a evitar la caída de personas.
- **Bordillo:** Encintado de una acera o arcén. En la presente Instrucción, el de altura superior a cinco centímetros (5 cm) sobre la calzada.
- **Calzada:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos que se compone de un cierto número de carriles.
- **Carril:** Franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas.
- **Defensa:** Elemento longitudinal del tablero cuyo fin es impedir que los vehículos invadan ciertas zonas reservadas a otros usos, o que sirven de protección de las pilas de un puente contra choques originados por el tráfico de la vía que el puente salva (vehículos, barcos, entre otros).
- **Estribo:** Estructura de soporte en el extremo de un puente que permite la conexión estructura-terraplén.
- **Mantenimiento vial:** es el conjunto de acciones continuas y permanentes para prever y asegurar el funcionamiento normal, eficiencia y buen aspecto de los bienes e instalaciones y prolongar su vida útil.
- **Losa:** se consideran como uno de los elementos más delicados en la construcción de edificaciones, ya que una colocación incorrecta del acero de refuerzo puede llevarla al colapso sin necesidad de que sobrevenga un sismo o alguna otra carga de tipo accidental.
- **Fundaciones:** es aquella parte de la estructura que tiene como función transmitir en forma adecuada las cargas de la estructura al suelo y brindar a la misma un sistema de apoyo estable.
- **Subestructura:** Conjunto de elementos de un puente que constituyen el soporte de la superestructura. En general, está formada por todos los elementos que se encuentran debajo del tablero, tales como cimentaciones, pilas, estribos y dispositivos de apoyo.

- **Superestructura:** Conjunto de elementos de un puente sometidos a la acción directa del tránsito de personas, vehículos o animales y/o cuya función sea la de salvar el vano correspondiente.
- **Tablero De Un Puente:** Elemento directamente portante de las cargas debidas al tránsito de personas, animales o vehículos.
- **Método Racional:** Este método, es uno de los más antiguos de la hidrología cuantitativa y es útil en cuencas pequeñas menores de 200 Ha. Este límite está dado por las características de las lluvias en la zona y debe ser tal que la lluvia puntual se pueda considerar uniformemente distribuida en el área a considerar.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En esta fase se presenta el marco metodológico que constituye la medula de cualquier estudio, por cuanto refiere en forma detallada sobre cómo trabajar en la investigación, explicando lo relativo al tipo de diseño o método, población, técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados para obtener, procesar, evaluar e interpretar los resultados obtenidos de la investigación, así como el procedimiento llevado a cabo para el estudio.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El presente se considera una investigación de un proyecto tipo factible, debido a que este no es más que una propuesta viable, destinada atender necesidades específicas a partir de un diagnóstico.

Según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2003), plantea: “El proyecto factible, consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos y organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades.” (p.13).

Del mismo modo, Arias (2006), señala: “Que se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (p.134).

Todas las anteriores coinciden en que los proyectos factibles consisten en buscar facilitar o dar solución a un problema puntual que ocasiona una incomodidad.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

Arias (1999), define el diseño de la investigación como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado” (p.30).

Dentro de la investigación el investigador realizara una recolección de datos tanto por vía documental como por vía de campo, es decir dentro del entorno en estudios con el fin de tomar las mediciones y evaluaciones necesarias, que permitan justificar cuales son las situaciones a las cuales se va a encontrar expuesto todo el diseño que se piensa plantear dentro de la investigación como posible solución al mejoramiento de la infraestructura del puente de la avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, estado Carabobo, por lo cual solo serán observadas y analizadas por el mismo investigador sin que se afecte de ningún modo la zona en el desarrollo de la investigación. Por esto, el autor Santa Palella y Feliberto Martins (2010) (p.88), define la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.

El investigador realizara la ejecución de una serie de estudios previamente analizados de otras investigaciones similares, así como de trabajo de campo como de análisis de la zona, sea en materia de agua, terreno, estructura, etc. Para de esta manera poder sustentar el desarrollo de la propuesta. Que según el autor Santa Palella y Feliberto Martins (2010) (p.90), define: La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia.

### **3.3 Nivel de Investigación**

Según Tamayo y Tamayo (2006), el tipo de investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo, cosa funciona en el presente; la

investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentarnos una interpretación correcta.

### **3.4 Población y Muestra**

Según Tamayo y Tamayo (1997), la población se define como “La totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (P.114).

Balestrini, (2006), señala que: “Una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben producirse en ella, lo más exactamente posible. (p.141)”.

Destacando con esto que en el caso del presente trabajo la población es igual a la muestra debido que será el puente de la avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, estado Carabobo, donde se le realizará un estudio y diagnóstico de la infraestructura por la cual está conformado.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Según Arias (2006) “Las técnicas de recolección de datos son el procedimiento o forma particular de obtener datos e información.”. Para obtener los datos e información relacionada con esta investigación la técnica que se utilizara es la observación directa simple, técnica que permitirá tener una clara visión del estado de todos los elementos, factores y variables que intervienen en funcionamiento del puente de la avenida Bolívar Del municipio Puerto Cabello, estado Carabobo.

Según Sierra (1991), la observación directa simple: “Es la inspección y estudio realizado por el investigador, mediante el empleo de sus propios sentidos, especialmente el de la vista, con o sin ayuda de aparatos técnicos, de las cosas y hechos de interés social, tal como son o tienen lugar espontáneamente en el tiempo en que alcance y con arreglo a las exigencias de la investigación científica”. (P. 253).

En cuanto a los instrumentos que se utilizarán para la recolección de datos serán las planillas de inspecciones de diferentes elementos (ANEXO A) para así saber el estado de cada uno de ellos, de igual manera se utilizar una cámara fotográfica muy importante ya que gracias a esta podemos demostrar a través de una imagen las fallas

que se puedan presentar en el puente de la Avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo.

### **3.6 Fases Metodológicas**

#### **Fase I: Diagnosticar la situación actual de las vías de acceso a la Urbanización Rancho Grande y el centro de Puerto Cabello respectivamente.**

La eficacia de este diagnóstico será determinar el estado actual del de las vías de acceso a la Urbanización Rancho Grande y el centro de Puerto Cabello, para así poder lograr conocer cuáles son los causantes de los problemas presentes en ellas.

Para la evaluación de las vías de acceso será necesaria la observación visual, de tal manera que se visitara el lugar, donde se captarán unas imágenes que podrán ser estudiadas como causantes de posibles problemas estructurales.

#### **Fase II: Determinar el perfil vial con el propósito de bajar el nivel de la calzada y aumentar la altura útil del puente**

Para determinar el perfil vehicular se visitará el puente de la Avenida Bolívar del municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo. En donde se observará, medirá y estimará los valores necesarios para el levantamiento de la vía en estudio y así poder realizar el cálculo y estudio necesario que amerite un nivel de calzada suficiente que logré obtener la apropiada altura útil del puente.

#### **Fase III: Comprender la situación estructural del puente para rediseñar las vigas de carga existentes y su ampliación para uso peatonal**

Al realizar este diagnóstico se contará con la utilización de una evaluación y clasificación de la situación estructural del puente. Se estudiará el deterioro de la estructura en función a la clase de daño, severidad y cantidad y así se obtendrán valores, los cuales dirán la cantidad de daño que existe en esta para lograr la correcta reparación y la posible ampliación mencionada.

Se considerarán las características de la vialidad, refiriéndose a la longitud y ancho de trochas para el tramo en estudio.

**Fase IV: Estimar el cauce de escorrentía superficial para plantear un sistema de drenaje correcto.**

Se procederá a visitar entes gubernamentales tales como el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) e Instituto Geográfico Simón Bolívar (IGVSB) con el fin de obtener los documentos pertinentes, según las variables hidrológicas será necesario obtener información de precipitaciones máximas o curvas IDF y cartografía de la zona en estudio, con estos se procederá al correcto desarrollo del proyecto y cálculo del cauce de escorrentía superficial para así plantear un sistema de drenaje correcto.

**Fase V: Desarrollar una intervención urbana sobre las bases de los objetivos anteriores.**

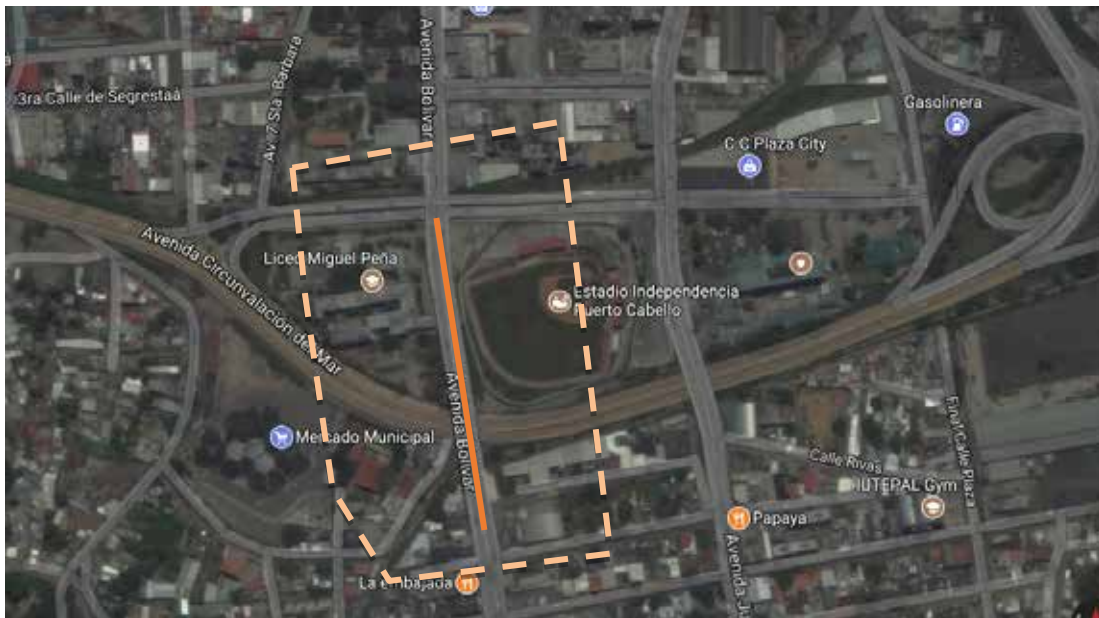
Se desarrollará una propuesta de intervención urbana, la cual ofrecerá soluciones a los problemas actuales del puente en estudio y se presentará los antecedentes históricos de este, por otra parte, se encontrará la interpretación de las inspecciones realizadas en los sistemas de vialidad y drenajes, con el fin de reparar, y mejorar la infraestructura existente y el contexto para dar un sentido de pertenencia a la ciudad.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

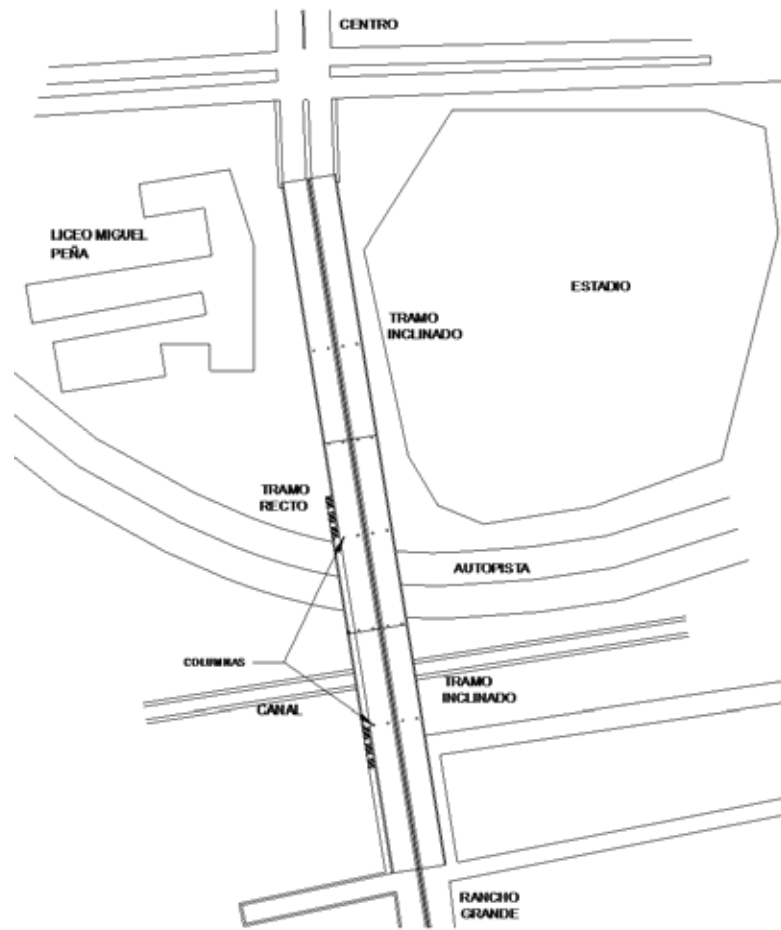
#### 4.1 Diagnosticar la situación actual de las vías de acceso a la Urbanización Rancho Grande y el centro de Puerto Cabello respectivamente

Para llevar a cabo la intervención de las vías de acceso en la Avenida Bolívar de Puerto Cabello, era necesario realizar un diagnóstico de la situación actual, lo cual se logró dirigiéndose a la zona en estudio para constatar la problemática existente. Para ello, se tomaron fotografías, medidas, y se indicaron los puntos importantes a intervenir tomando en cuenta el funcionamiento de los usuarios que transitan por el puente de la Av. Bolívar, tanto a nivel peatonal como vehicular. En la figura 10 se observa una vista aérea de la zona de estudio, así mismo, en la figura 11 se puede presenciar un levantamiento en planta del puente y sus alrededores.



**Figura 10:** Zona de estudio

**Fuente:** Google maps (2017)



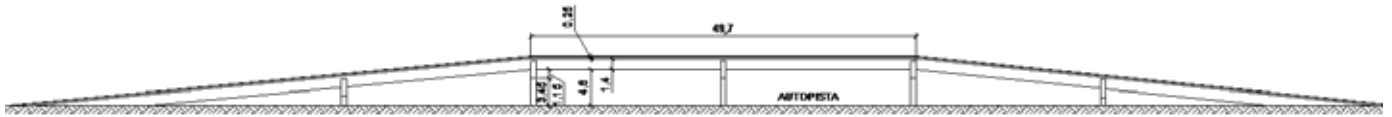
**Figura 11:** Vista de planta de la zona de estudio

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

Las participaciones urbanas en ciudades requieren un entendimiento más extenso del comportamiento vial y peatonal. Es común observar que aun cuando los núcleos urbanos han ido creciendo, las infraestructuras destinadas para el desarrollo del tránsito no han obtenido el correcto mantenimiento que le corresponden, es el caso de esta infraestructura, la cual presenta las siguientes deficiencias:

- Desgaste de las vigas principales por efecto del flujo vehicular pesado que transita hacia el muelle de Puerto Cabello, evidenciando una insuficiencia en el diseño geométrico de la infraestructura, específicamente en el gálibo, que

corresponde a la altura libre entre la autopista y el puente. (Ver figura 12 y 13).



**Figura 12:** Alzado del puente

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

- Ausencia de infraestructura para el paso peatonal, ciclistas y minusválidos, tanto en el puente como en las áreas adyacentes. (Ver figura 14 y 15)



**Figura 13:** Desgaste de la viga principal por golpe del flujo vehicular pesado.

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

- Sistema de drenaje incorrecto en los espacios colindantes al puente.
- Carencia de desarrollo urbanístico a nivel del puente y sus alrededores. (Ver figura 16)



**Figura 14:** Persona caminando por el puente para trasladarse a la Urbanización Rancho Grande.

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)



**Figura 15:** Ausencia de escalones para acceso peatonal al puente.

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)



**Figura 16:** Limitado acceso al peatón y deficiencia en el desarrollo urbano.

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

#### **4.1.1 Conteo Vehicular**

Se procede a la realización de un conteo vehicular que permita entender las características y patrones de comportamiento del flujo vehicular de los usuarios del sector Centro-Rancho Grande en la Avenida Bolívar, lo cual facilita la planificación y funcionamiento óptimo que presta dicha avenida.

Los conteos se llevaron a cabo en el lapso de un mes, tres días a la semana (lunes, miércoles y viernes), y tres turnos por día. El primer turno a las 11:00 am, luego 1:00pm y por último a las 5:00pm; esto con la finalidad de obtener los datos que sintetizan la situación que se presenta en la actualidad y determinar los Factores de Horas Pico (F.H.P.). Este factor está definido como la relación del volumen de

horario máximo de demanda y la intensidad de flujo vehicular máximo que se presenta durante un período establecido en la hora de mayor demanda.

#### 4.1.2 Factor de hora pico

Para la determinación del factor de hora pico se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$F.H.P. = \frac{VHMD}{N * q_{max}}$$

Dónde:

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda.

N: Número de periodos durante hora pico.

Qmax: Volumen máximo durante el período.

#### 4.1.3 Cálculo de capacidad

La capacidad para las vías expresas viene dada por la máxima tasa de flujo vehicular sostenida por un período de tiempo estipulado en el cual el tránsito pasa por una sección determinada y dirección.

La capacidad viene definida por la cantidad de unidades (vehículos particulares, transporte público, entre otros), el área de la infraestructura (números de canales de circulación, ancho de los canales de circulación, ancho de las aceras peatonales, entre otros) y el período de tiempo que se quiere estudiar; el objeto de estudiar la capacidad es el conocimiento del volumen de servicio de un camino o de una intersección semaforizada y sirve fundamentalmente para fines de proyectos de una obra o para la investigación de las condiciones de operación de un camino existente. Cabe destacar que, para los efectos de este trabajo de grado, es importante reconocer que todos los parámetros geométricos y funcionales del puente en estudio sean correctos para la intervención y mejoramiento que aquí se presenta.

Finalmente, para la determinación de la capacidad de una vía, se utiliza la siguiente ecuación matemática:

$$Capacidad = \frac{VHMD}{Numero\ de\ canales * EU}$$

Dónde:

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda.

EU: Entorno Urbano o Suburbano según la velocidad de flujo libre.

**Cuadro 5:** Capacidad por carril de las carreteras de múltiples carriles en función de la velocidad de flujo libre.

Velocidad de flujo libre (Km/h)	Entorno Urbano o Suburbano
100	2200
90	2100
80	2000
70	1900
60	1800
50	1700
40	1600

**Fuente:** Highway Capacity Manual (2000)

Luego de realizar el conteo vehicular se verificó cual es el día y la hora más desfavorable en ambos sentidos, arrojando como resultado que el puente de la Avenida Bolívar de Puerto Cabello presenta un mayor flujo vehicular el viernes en el sentido Centro-Rancho Grande en el período comprendido desde las 5:00 hasta las 6:00pm.

**Tabla 1:** Flujo Vehicular Viernes 5:00 – 6:00 pm Sentido Centro – Rancho Grande

Horas	N.º Vehículos	Tasa de Flujo (N.º de Vehículos x Período)
5:00-5:15pm	482	$482 \times 4 = 1928$
5:15-5:30pm	386	$386 \times 4 = 1544$
5:30-5:45pm	449	$449 \times 4 = 1796$
5:45-6:00pm	375	$375 \times 4 = 1500$
Total	<b>1682</b>	

Al obtener el volumen del flujo vehicular respectivo a periodos de 15 minutos durante una hora, mostrados en la tabla 1, se puede observar que la tasa de flujo

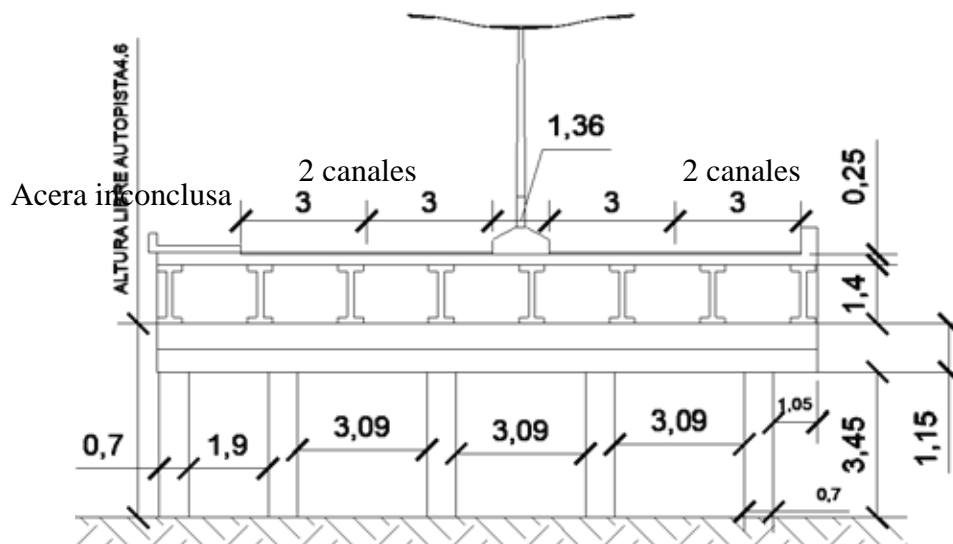
mayor es de 1888 vehículos por hora. Así como también se logra observar la cantidad de vehículos que transitaron por la vía, equivalente a 1682 por hora. A partir de estos datos se puede calcular tanto el factor de hora pico como la capacidad de la vía.

$$F.H.P. = \frac{1682}{1928} = 0,86 = 86\%$$

Posteriormente se efectúa el cálculo de la capacidad real que posee la vía en la actualidad en función a la hora más desfavorable obtenida en todo el estudio realizado.

$$Capacidad = \frac{1682}{2 \times 1600} = \frac{1682}{3200} = 0,53 = 53\%$$

Este cálculo de la capacidad real da como resultado que la vialidad está trabajando al 53% de su amplitud actual total, lo que se traduce en que existe una baja demanda vehicular. Por este motivo, cabe destacar que no es necesario llevar un rediseño geométrico del puente, el cual presenta una configuración transversal tal como se presenta en la figura 17.



**Figura 17:** Corte transversal Puente Avenida Bolívar.

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

**Tabla 2:** Flujo Vehicular Viernes 5:00 – 6:00 pm Sentido Rancho Grande – Centro

Horas	N.º Vehículos	Tasa de Flujo (N.º de Vehículos x Período)
5:00-5:15pm	375	375x4= 1500
5:15-5:30pm	439	439x4= <b>1756</b>
5:30-5:45pm	351	351x4=1404
5:45-6:00pm	412	412x4=1648
Total	<b>1577</b>	

Al obtener el volumen del flujo vehicular respectivo a periodos de 15 minutos durante una hora, mostrados en la tabla 2, se puede observar que la tasa de flujo mayor es de 1716 vehículos por hora. Así como también se logra observar la cantidad de vehículos que transitaron por la vía, equivalente a 1567 por hora. A partir de estos datos se puede calcular tanto el factor de hora pico como la capacidad de la vía.

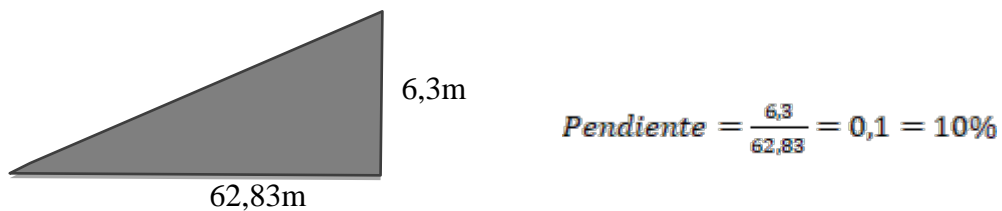
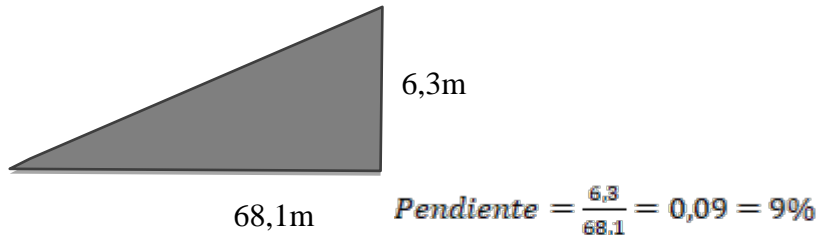
$$F.H.P. = \frac{1577}{1756} = 0,89 = 89\%$$

Posteriormente se efectúa el cálculo de la capacidad real que posee la vía en la actualidad en función a la hora más desfavorable obtenida en todo el estudio realizado.

$$Capacidad = \frac{1577}{2 \times 1600} = \frac{1577}{3200} = 0,5 = 50\%$$

Este cálculo de la capacidad real da como resultado que la vialidad está trabajando al 50% de su amplitud actual total, lo que se traduce en que existe una baja demanda vehicular. Por este motivo, cabe destacar que no es necesario llevar un rediseño geométrico del puente.

#### 4.1.4 Cálculo de pendientes de rampas de acceso



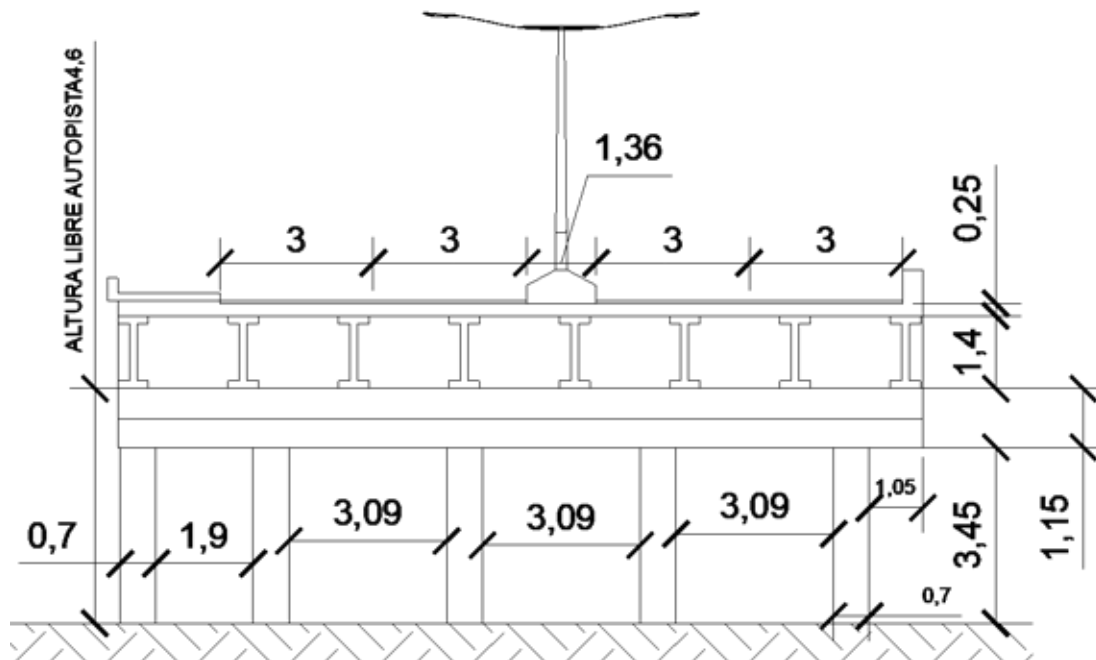
La norma COVENIN Venezolana establece que se podrán ejecutar rampas de acceso peatonal con una pendiente máxima de 10% si la misma es para el uso de personas minusválidas, y para el caso de las rampas de acceso vehicular obtienen una pendiente máxima de 20%.

Por lo descrito en el párrafo anterior cabe destacar que el puente de la Avenida Bolívar de Puerto Cabello presenta una configuración acertada en cuanto a las pendientes de acceso, por tal motivo, se puede realizar una ampliación del puente hacía uno de sus extremos para efectos del uso de ciclistas y minusválidos, sin la necesidad de bajar los valores de las pendientes de las rampas o diseñarlas aisladas a la misma.

#### 4.2 Determinar el perfil vial con el propósito de bajar el nivel de la calzada y aumentar la altura útil del puente

Como se ha mencionado en la fase anterior, actualmente el puente de la Av. Bolívar de Puerto Cabello presenta un deterioro en sus vigas principales, esto se debe al constante paso del tráfico pesado por la autopista, sumado a ello, esta autopista es la principal vía de acceso al Puerto más importante del país, lo que amerita el tránsito de equipos con dimensiones elevadas, que serán transportados a otras ciudades importantes del territorio nacional. El perfil vial de la autopista actual se refleja en la figura 18, presentado dos canales de circulación de 3,6 metros cada uno y un hombrillo de 2,5 metros en ambos sentidos.

La solución presentada pretende ser la más económica, factible y funcional, ya que, es mucho más rentable bajar el nivel de la calzada para aumentar la altura útil o gálibo del puente, que elevar la infraestructura completamente.



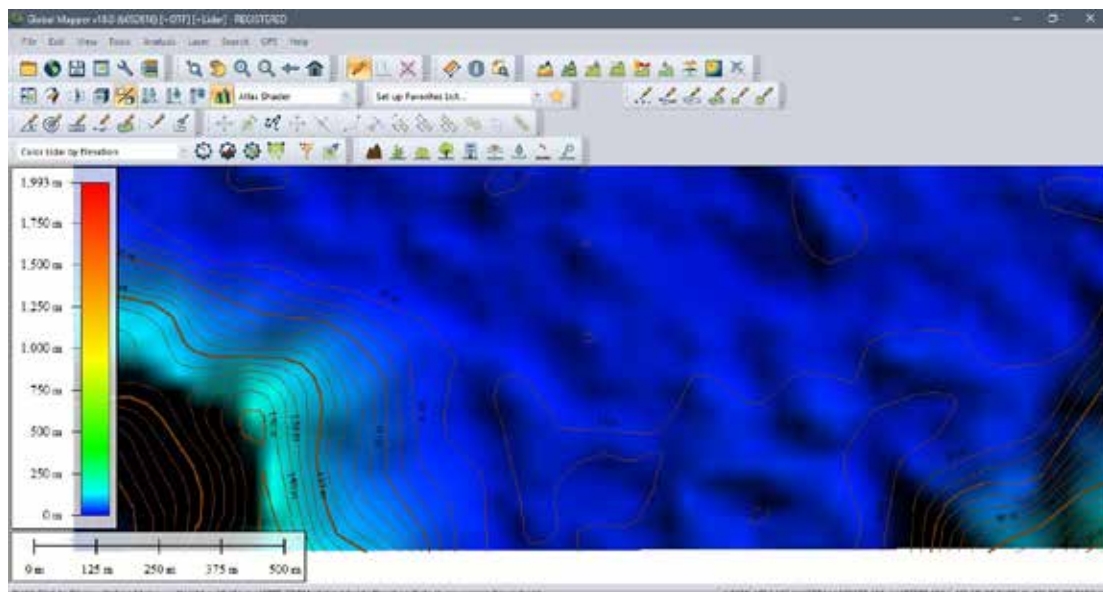
**Figura 18:** Perfil vial autopista

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

El deterioro de las vigas por el choque de los vehículos pesados es eminente, para ello es importante, no solo bajar el nivel de la calzada, sino también mejorar las vigas deterioradas y para ello debe plantearse el denominado concreto lanzado, el cual consiste en la colocación de una capa adicional de concreto con el fin de alojar o proteger el refuerzo de acero existente, con un pequeño espesor es suficiente. Es conveniente señalar que, antes de efectuar el proyecto de reparación, es necesario contar con una valoración exacta y realista del estado del puente.

#### 4.2.1 Curvas de la vialidad existente

La autopista que circunda por debajo del puente presenta una configuración geométrica importante, con una curva de transición horizontal definida como clotoide. Para poder hacer el levantamiento digital de la vía y la zona en estudio se generó a través del Software Global Mapper, un planeamiento topográfico para conocer las curvas de nivel existentes en la zona, este programa trabaja a nivel satelital en conjunto con la aplicación Google Earth. Se puede observar la ejecución de la misma en la figura 18.



**Figura 19:** Desarrollo del levantamiento topográfico con Global Mapper

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

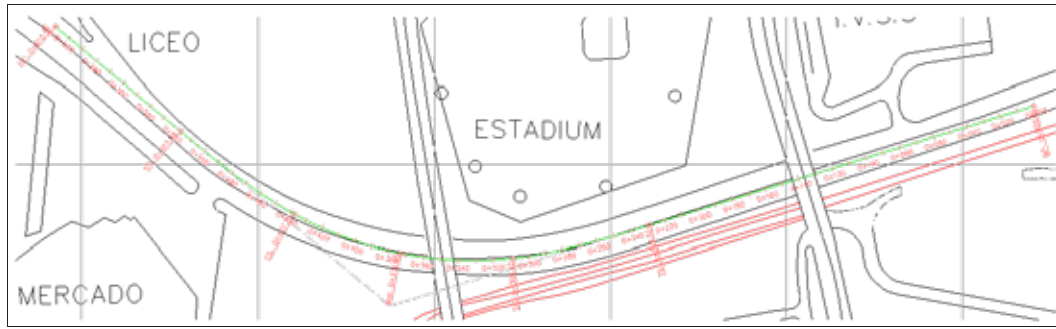
Al hacer este levantamiento, se presenci6 la poca diferencia de niveles existentes, por lo tanto, se denota la presencia de una zona plana a la altura del nivel del mar. Luego de obtener las curvas de nivel, se adapt6 el plano inicial levantado en sitio, en conjunto con los valores de Google maps, y as6 poder obtener toda la informaci6n necesaria del sitio. Al diagnosticar la situaci6n actual de la autopista, era necesario el levantamiento de la curva horizontal, para ello se us6 el software AutoCAD Civil 3d, el cual es una herramienta productiva para el ingeniero civil en la rama de la vialidad. Ver figura 20 y 21.



**Figura 20:** Levantamiento de clotoide con topograf6a en zona de estudio con AutoCAD Civil 3d

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

A trav6s del levantamiento de la curva clotoide en planta, se lograron exportar los valores necesarios en cuanto a progresivas y otros par6metros que son de gran importancia como punto de partida para los c6lculos de la nueva curva vertical que se presenta como soluci6n al mejoramiento del puente.



**Figura 21:** Clotoide de la Autopista

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

Los valores obtenidos del levantamiento de la clotoide se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 3:** Valores de la curva clotoide



#### 4.2.2 Diseño de la curva vertical

La solución planteada para la elevación de la altura útil del puente se plantea mediante una curva vertical que pretende bajar la calzada actual. Actualmente la infraestructura presenta una distancia de 4,6m desde el nivel de la autopista hasta la viga más cercana. La medida que se ha optado por descender la vía es de unos 50 centímetros aproximadamente, no solo para cumplir con la medida mínima para nuevos puentes que está fijada en 5,1m y 4,8m para puentes viejos, sino para cumplir una demanda de tráfico pesado que transita de y hacia el puerto de Puerto Cabello.

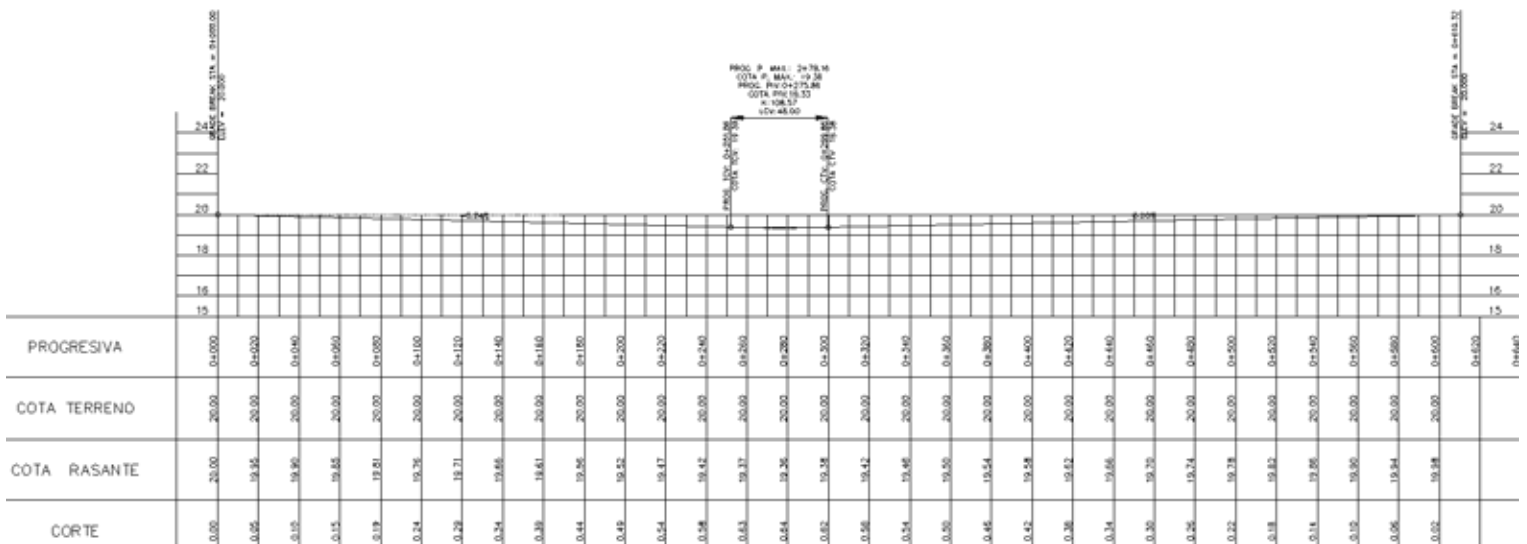
Para el desarrollo de la curva vertical se toman los valores iniciales y finales presentados en la curva horizontal, luego se aplican las fórmulas normativas

correspondientes y en la tabla que se muestra a continuación se observan los valores presentados para cubrir la demanda necesaria de altura útil.

**Tabla 4:** Valores de la curva vertical


En una distancia de 640 metros aproximadamente (longitud total de la curva clotoide mostrada) se implanta una curva vertical que describe una pendiente inicial de 0,24% y una pendiente final de 0,2%, la calzada de la vía expresa se ha fijado a una cota rasante de 19,36 metros presentando una distancia sobre el nivel del mar de 20 metros inicialmente, lo que indica que la cantidad de corte total que se logró fue de 64 centímetros, dando como resultado un nuevo perfil vial en la autopista a nivel de elevación, donde la altura libre del puente ahora se muestra con una distancia de 5,24 metros.

En la figura 22 se muestra el perfil de la rasante en conjunto con los valores de corte necesarios para cumplir con las pendientes mencionadas.



**Figura 22:** Perfil del terreno con rasante

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

### **4.3 Comprender la situación estructural del puente para rediseñar las vigas de carga existentes y su ampliación para uso peatonal**

La principal deficiencia que presenta este puente en su funcionalidad es la carencia de espacios para el peatón, ciclista y minusválidos. Originalmente la infraestructura muestra una configuración con un perfil mencionado en la figura 17 mostrada anteriormente, en ella se puede visualizar la presencia de una acera en uno de sus extremos; esta acera solo se identifica en el tramo recto del puente, y presenta acceso a través de una escalera por un solo extremo, debido a que por el otro extremo la circulación vertical se ve afectada porque los peldaños de concreto están deteriorados y en su mayoría ya no existen, lo que conlleva a que los peatones se vean en la necesidad de transitar por el canal vehicular, tomando en cuenta que dicho canal presenta una ausencia en las barreras de protección.

Cabe destacar que el diseño geométrico del puente no necesariamente debe incluir acceso peatonal, para eso, en los desarrollos urbanos que se ven interrumpidos por autopistas; implantadas en este caso para el desarrollo de la ciudad, se deben establecer pasarelas colindantes al puente con el fin de proveer a las personas de los espacios necesarios para poder transitar de una zona a otra. Las pendientes de las rampas de acceso del puente presentadas en la situación actual de la infraestructura presentan una conformación acertada para el uso mixto del mismo, lo que determina que las rampas pueden usarse no solo para vehículos sino para peatones, ciclistas y minusválidos, por lo tanto, la propuesta que aquí se muestra, determina una adaptación al puente para mejorar su funcionalidad sin afectar la disposición estructural actual.

Para el desarrollo de la ampliación que se quiere lograr en el puente, es necesario determinar la situación actual de las vigas de carga. Es eminente constatar que visualmente la vigas del puente que sostienen la losa, en especial la viga longitudinal de uno de los extremos, se encuentra bastante agrietada en virtud de los atascamientos vehiculares a la salida y entrada de dichas estructuras, así como la pérdida de los recubrimientos nominales de protección del concreto, lo cual deja al descubierto todo el acero de refuerzo de los mismos, con la consecuencia inmediata

de la posible pérdida en su capacidad de resistir, una parte de los esfuerzos para los cuales está diseñado para trabajar.

Florescencia y cascajos en las obras de concreto, oxidación de las piezas de acero tanto de los refuerzos estructurales, como de diversos accesorios urbanos, son algunas de las fallas que se observan en los elementos estructurales del puente. Así mismo, las vigas presentan agrietamientos y corrosiones que están dando paso a diversos tipos de fallas como la pérdida de sus espesores nominales, así como, agrietamientos y desconche de los recubrimientos normativos de protección de concreto, y todo esto ante la mirada de quienes logran transitar por la zona.

#### **4.3.1 Reparación de las vigas de concreto armado**

Los problemas generales que presentan las fisuras en una viga de un puente son: las posibles pérdidas de monolitismo y resistencia, vulnerabilidad a tener vías de penetración de ataques químicos y aspecto antiestético de alarma para los usuarios. Para reparar fisuras y oquedades generadas en las vigas de un puente en un ambiente húmedo con grietas en su base es importante analizar y resolver la patología que produjo la fisura para reconocer si no volverá a abrirse. Tal como se ha nombrado desde los inicios de este proyecto las grietas han sido causadas por los atascamientos vehiculares, por lo tanto, es una falla por colisiones que al pasar del tiempo se ha ido empeorando por falta de mantenimiento.

##### **4.3.1.1 Diagnóstico y soluciones de la pieza perjudicada**

El primer diagnóstico es reconocer que efectivamente la viga presenta coqueras y oquedades que son necesarias reparar y pintar con solución antisalina, además del refuerzo de acero que necesita, en vista del acero perdido por las colisiones. Como la fisura ha empeorado con el tiempo únicamente por efectos externos a las vibraciones del puente, es considerable usar una resina normal y buscar la fórmula epóxico adecuada, ya que, se describe como una falla muerta. En la figura 23 se puede observar la fisura en una de las vigas o carguero del puente.



**Figura 23:** Agrietamiento de las vigas del puente  
**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

La reparación inmediata consiste en remover el hormigón defectuoso, regularizar la superficie y reemplazar el hormigón. Para ello se debe preparar la superficie, en este caso con aire caliente, para luego proceder a realizar la inyección con el sellador dependiendo del ancho de las fisuras.

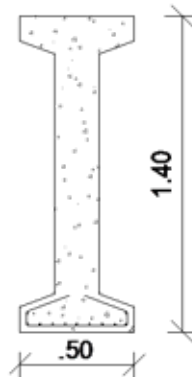
#### **4.3.1.2 Reparación de las oquedades en el eje inferior de la viga**

1. Se debe descamar la capa inferior de la viga de hormigón, el corte se realiza suavemente con paso de cierra a profundidad de 2,5 cm.
2. Colocar nuevos estribos que sean capaces de absorber los esfuerzos de desgarramiento entre el hormigón antiguo y el nuevo. Realizar una buena unión entre ambos concretos con epóxico.

3. Agregar las armaduras longitudinales y hormigonar.
4. Se revisa el acero existente y se coloca la misma cantidad, pero con un diámetro mayor.

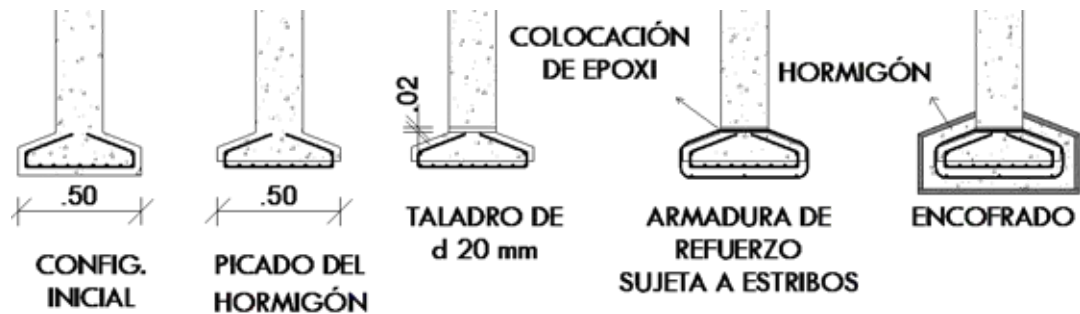
### ***Colocación de la nueva armadura transversal de la viga***

Para la colocación de la nueva armadura se debe como primer paso picar el hormigón hasta visualizar el acero inferior, luego taladrar la viga a una altura justo por encima del espesor del ala de la viga con un taladro de 20 mm de diámetro, esto con el fin de proceder a colocar la armadura de refuerzo que va a bordear la viga tipo I en su eje inferior. Los estribos deben colocarse con un diámetro mínimo de 3/8 de pulgada. El hormigón que va a recubrir la viga con el acero de refuerzo debe llevar un concreto hidrófugo con una resistencia superior al existente. La inyección a presión del relleno de epóxico puede hacerse manual en la zona de refuerzo con un sistema epóxico de baja viscosidad y aplicar con pistolas de calafateo. En la figura 24 se define la sección transversal original con el acero colocado según lo observado en sitio y en la figura 25 se puede observar el proceso de la reparación de la viga.



**Figura 24:** Sección transversal original de la viga con acero inferior definido por observación

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)



**Figura 25:** Proceso de reparación del eje inferior de la viga

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

El refuerzo más sencillo y práctico de aplicar consiste en añadir los estribos que sean necesarios a una distancia mínima de 25 cm con el nuevo acero de refuerzo longitudinal y cerrar con el mortero epoxi, a su vez se debe recubrir todo el acero colocado con un espesor de concreto mínimo de 5 cm. Cabe destacar, que es importante el correcto apeo de la viga a intervenir.

#### ***Colocación de la nueva armadura longitudinal inferior de la viga***

Para el cálculo del acero longitudinal se debe generar una nueva armadura, ésta configuración debe ser generada mediante los cálculos normales del acero en una viga, a través del conocimiento del momento último que presenta.

Guarnición de concreto de 30x50 cm:  $0,15\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$

Losa de Concreto Armado de 30cm:  $0,3\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 720 \text{ kg/m}^2$

Capa asfáltica de 5cm:  $0,05\text{m} \times 2250 \text{ kg/m}^3 = 112,5 \text{ kg/m}^2$

Para la determinación de la carga viva, se tomaron los valores de peso para el camión más desfavorable que en este caso sería el HS20 con valores de hasta 36 toneladas según las normas ASHTOO. Ver figuras 26 y 27.

Carga viva: Si el camión pesa 36 ton, se colocan cargas puntuales de 7,2 ton y 28,8 ton en los puntos respectivos del camión, ubicados en la viga longitudinal en la

configuración más desfavorable, además de ello debe disponerse de una carga distribuida por norma denominada como carga de carril de diseño de 9,35 KN equivalente a 1,2 ton/m. Al hacer esta configuración la carga viva ya estaría mayorada, ya que, este es un factor de sobrecarga vehicular.

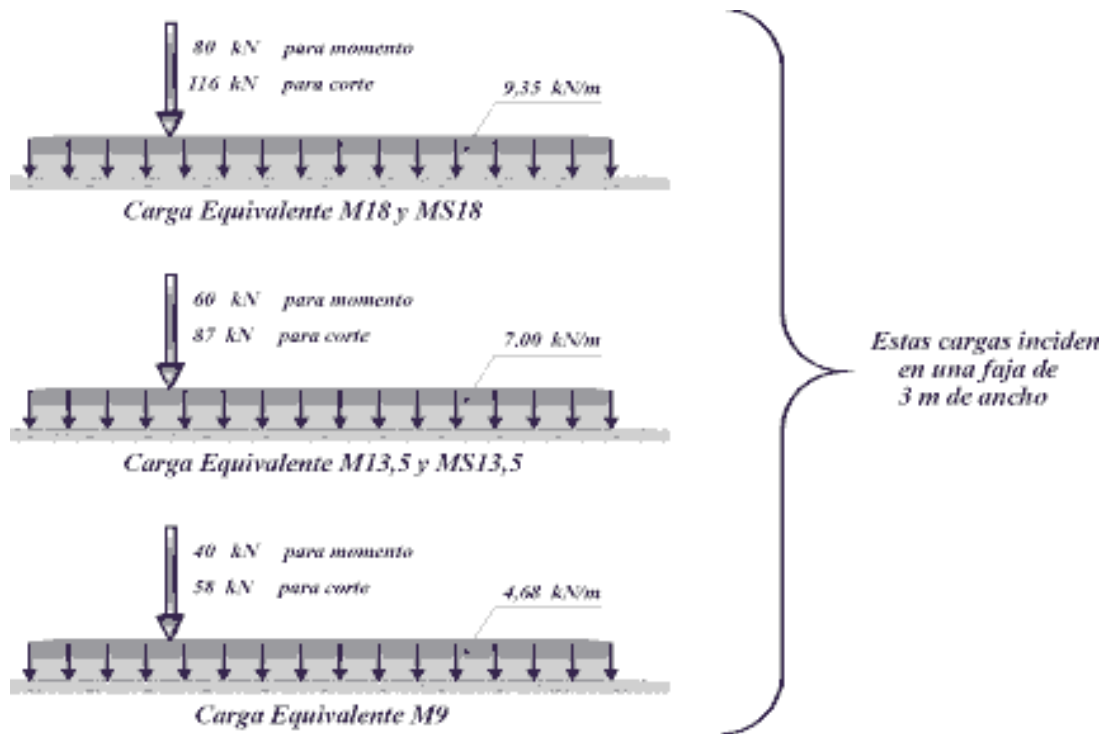
$$Q_{cp} = 1192,5 \text{ kg/m}^2$$

$Q_{cv}$  distribuida = 1200 kg/m más las cargas puntuales.

Ancho tributario de la losa = 2,16 m.

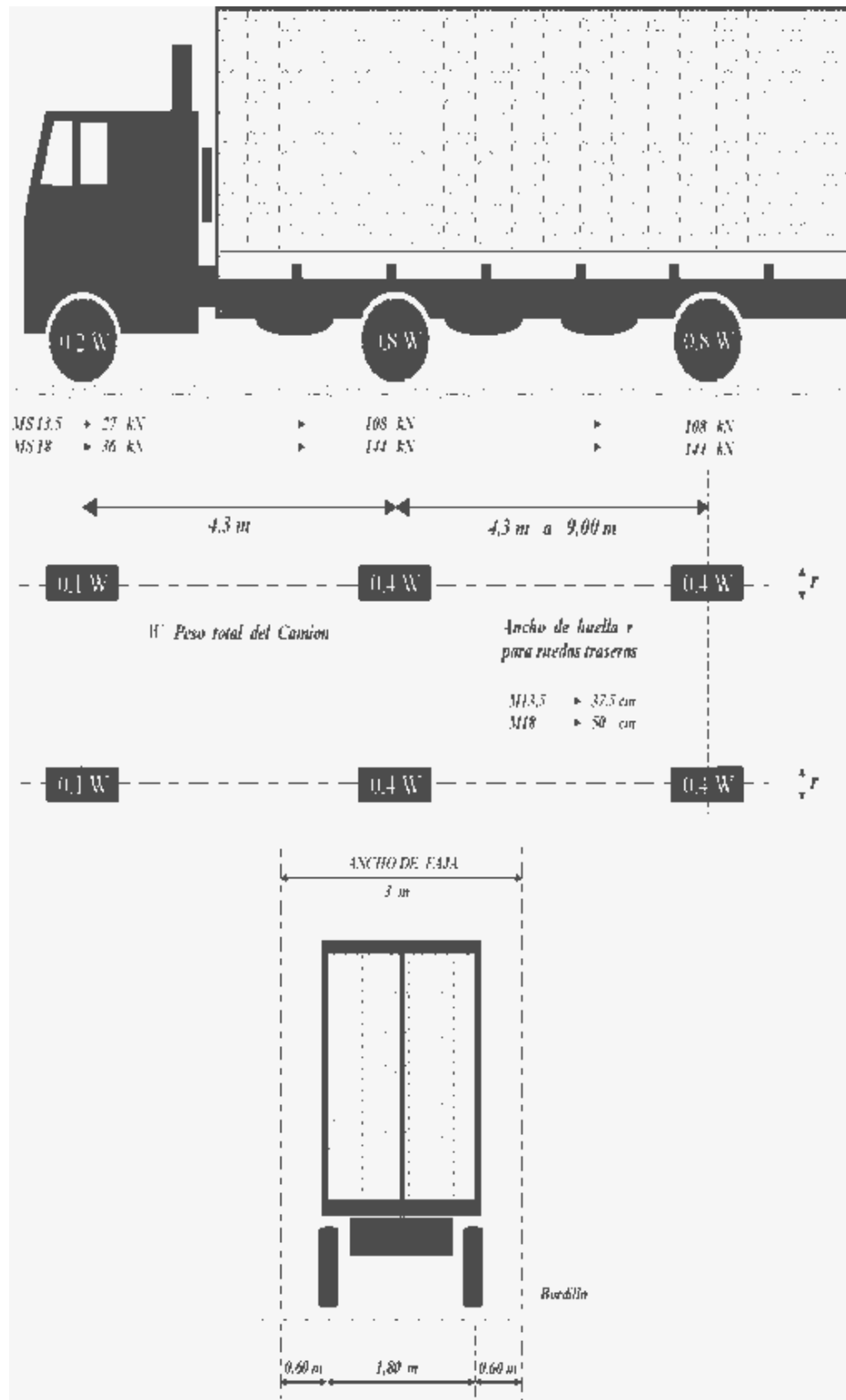
$$Q_{cp} \text{ definitiva} = 1192,5 \times 2,16 = 2575,8$$

$$\text{Mayoración de la carga muerta: } 1,2 \times 2575,8 = 3090,96 \text{ kg/m}^2$$



**Figura 26:** Cargas distribuidas para camiones de diseño

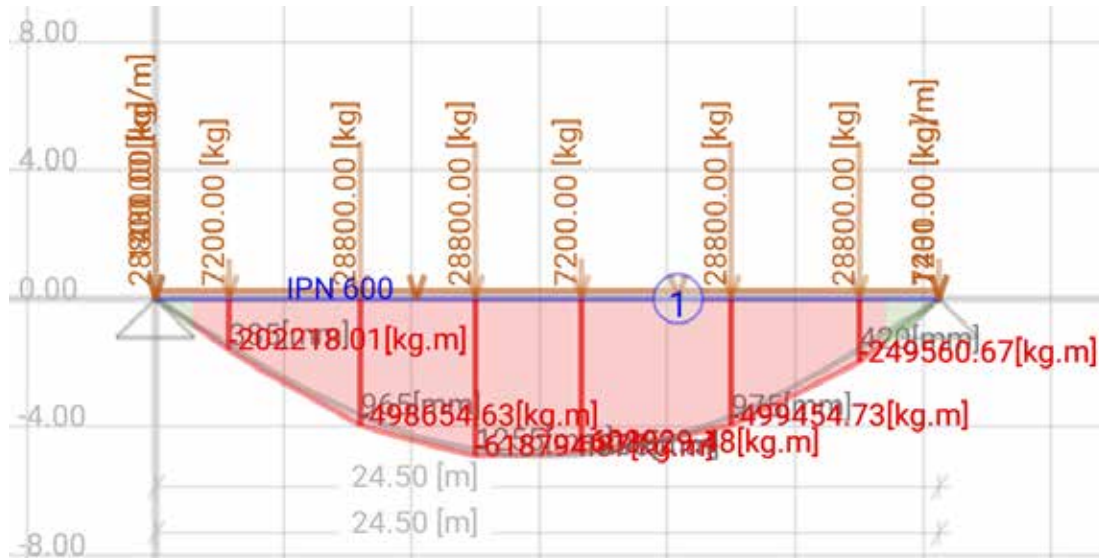
**Fuente:** Normas ASHTOO (2002)



**Figura 27:** Camiones de diseño  
**Fuente:** Normas ASHTOO (2002)

El nuevo acero requerido se definirá mediante la siguiente ecuación:

$$AS_{req} = \text{Momento último} / 0,85 \times F_y \times (H \text{ de la viga} - \text{recubrimiento})$$



**Figura 28:** Diagrama de momento de la viga

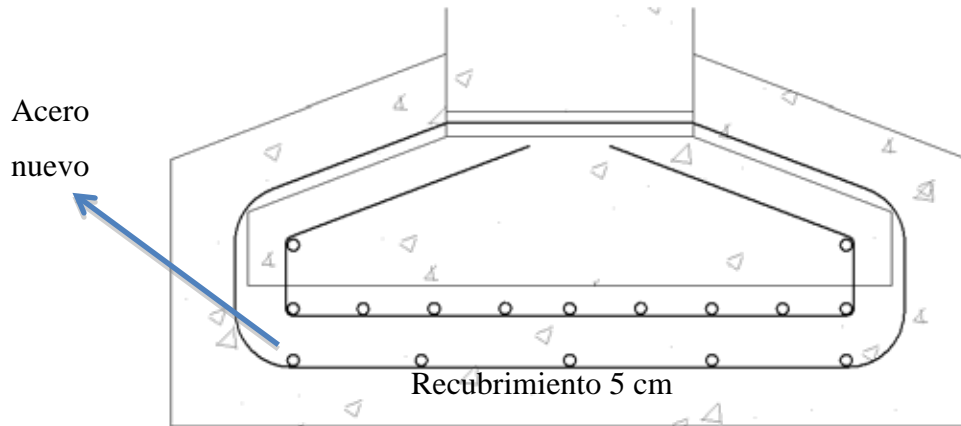
**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

Dónde, el momento último debe ser definido del estudio de la viga pretensada en efecto junto con las cargas muertas y vivas que la misma presenta. En la figura 28 se puede observar el diagrama de momento generado a través de la aplicación frame design con los valores de las cargas calculados y los resultados finales para conocer el momento último de la viga longitudinal. El  $F_y$  (esfuerzo último del acero) el cual tiene un valor de 4200 kg/cm<sup>2</sup>. La altura  $H$  de la viga tipo I es de 1,40 metros y el recubrimiento definido es de 5 cm. Al obtener el acero requerido se debe definir el tipo de cabilla a usar, que no debe ser menor de 5/8.

$$AS_{req} = \frac{73914100}{0,85 \times 4200 (140 - 5)} = 153,36 \text{ cm}^2$$

Por ser una viga pretensada, un porcentaje del acero se va en los cables de acero, los cuales van colocados en la franja media de la sección transversal de la viga tipo I. Por lo tanto, para terminar de definir el acero inferior se debe conocer mediante

los estudios necesarios el valor del área del acero de los cables, para finalmente definir el refuerzo inferior final que debe ser configurada como se muestra en la figura 29.



**Figura 29:** Nueva armadura inferior de la viga

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

Por último y no menos importante, la viga debe recubrirse con pintura antisalina para aislar la humedad, y puede emplearse luego de 15 días de fraguado el concreto, reemplazando el proceso de quemado, logrando una alta resistencia a la alcalinidad. El producto que se menciona es la pintura LOXON de Sherwin Williams mostrado en la figura 27.

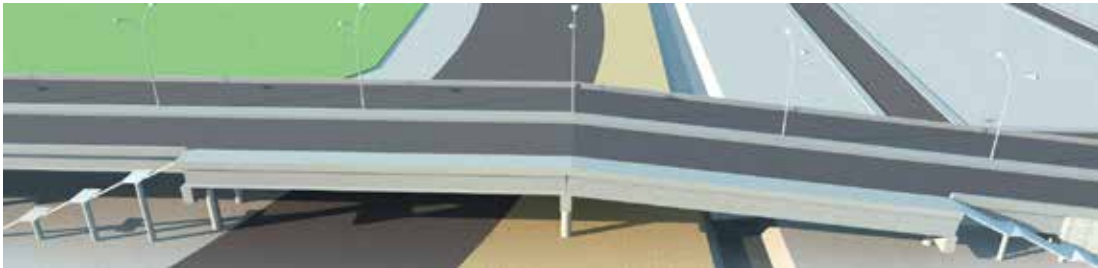


**Figura 30:** Pintura Loxon de Sherwin Williams

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

#### 4.3.1 Reestructuración de los accesos peatonales

En la figura 31 y 32 se pueden observar cómo está actualmente la configuración del puente en cuanto a los accesos verticales para el peatón, presenciando en uno de sus extremos longitudinales la acera actual, la cual presenta un acceso limitado únicamente por un solo tramo, para este caso, se pretende solucionar agregando unas rampas en reemplazo de las escaleras, optando por apoyar unos perfiles metálicos en acero en el dintel de la losa del puente, el material a emplear para la nueva losa de ampliación debe ser un material liviano, en vista de que se desconoce la resistencia de los pilares existentes, las cuales se describen en perfecto estado, por lo tanto, se utiliza los acero con un espesor de concreto mínimo necesario. La disposición de las láminas Steel deck se puede apreciar en la figura 30.



**Figura 31:** Vista aérea accesos peatonales al puente

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)



**Figura 32:** Vista acceso Centro – Rancho Grande peatonal al puente

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)



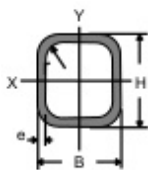
**Figura 33:** Disposición de losacero en rampas

**Fuente:** Catálogo de Steel deck de la empresa METALPANEL (2004)

En vista de que las rampas abarcan una mayor longitud horizontal que las, para poder construir las rampas necesarias que se desean adecuar para cubrir la deficiencia del acceso para los minusválidos, para ello se debe determinar los perfiles estructurales que se adapten a las condiciones de carga que presentara este nuevo paso peatonal, por lo tanto, se ha considerado utilizar perfiles conduven estructurales rectangulares para las vigas que serán las correas de apoyo para la losacero, en la figura 31 se puede observar el catálogo de los perfiles rectangulares y cuadrados.

Para el lado donde se encuentra la acera en el tramo recto del puente, se dispone de una ampliación de 1,4 metros, medida mínima para el paso de minusválidos ida y vuelta.

### DIMENSIONES Y PROPIEDADES ESTATICAS



DIMENSIONES		Sección		Peso	Propiedades Estáticas		
H x B	mm		A		I	S	r
mm	e	r	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
60X60	2,25	3,38	5,02	3,94	27,40	9,13	2,34
70X70	2,25	3,38	5,92	4,65	44,60	12,74	2,74
90X90	2,50	3,75	8,54	6,70	107,46	23,88	3,55
100X100	3,00	4,50	11,33	8,89	175,10	35,02	3,93
110X110	3,40	5,10	14,10	11,07	263,04	47,82	4,32
120X120	4,00	6,00	18,01	14,14	397,30	66,22	4,70
135X135	4,30	6,45	21,85	17,15	612,27	90,71	5,29
155X155	4,50	6,75	26,39	20,72	982,43	126,77	6,10
175X175	5,50	8,25	36,25	28,46	1.709,23	195,34	6,87
200X200	5,50	8,25	41,75	32,77	2.597,67	259,77	7,89
200X200	7,00	10,50	52,36	41,10	3.194,10	319,41	7,81
220X220	7,00	10,50	57,96	45,50	4.314,30	392,21	8,63
220X220	9,00	13,50	73,18	57,45	5.317,27	483,39	8,52
260X260	9,00	13,50	87,58	68,75	9.038,52	695,27	10,16

### DIMENSIONES Y PROPIEDADES ESTATICAS



DIMENSIONES		Sección		Peso	Propiedades Estáticas					
H x B	mm		A		Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry
mm	e	r	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
80x40	2,25	3,38	5,02	3,94	4061	10,15	2,84	1384	6,92	1,66
100x40	2,25	3,38	5,92	4,65	7137	14,27	3,47	1705	8,53	1,70
120x60	2,50	3,75	8,54	6,70	159,29	26,55	4,32	54,67	18,22	2,53
140x60	3,00	4,50	11,33	8,89	274,27	39,18	4,92	73,46	24,49	2,55
160x65	3,40	5,10	14,44	11,34	449,65	56,21	5,58	110,41	33,97	2,77
180x65	4,00	6,00	18,41	14,45	697,99	77,55	6,16	140,88	43,35	2,77
200x70	4,30	6,45	21,85	17,15	1.016,19	101,62	6,82	194,94	55,70	2,99
220x90	4,50	6,75	26,39	20,72	1.561,83	141,98	7,69	388,34	86,30	3,84
260x90	5,50	8,25	36,25	28,46	2.844,82	218,83	8,86	536,10	119,13	3,85
300x100	5,50	8,25	41,75	32,77	4.366,42	291,09	10,23	777,00	155,40	4,31
300x100	7,00	10,50	52,36	41,10	5.360,46	357,36	10,12	943,61	188,72	4,25
320x120	7,00	10,50	57,96	45,50	7.032,23	439,51	11,02	1.512,24	252,04	5,11
320x120	9,00	13,50	73,18	57,45	8.654,16	540,89	10,87	1.841,31	306,88	5,02
350x170	9,00	13,50	87,58	68,75	13.546,10	774,06	12,44	4.418,30	519,80	7,10

Figura 34: Perfiles de acero conduven

Fuente: Catálogo de perfiles CONDUVEN (2006)

#### 4.3.1.1 Cálculo de los perfiles en volado para ampliación peatones y minusválidos

Luego de identificar los tipos de perfiles existentes, se realiza un pequeño cálculo estructural para determinar la carga a resistir y el momento último a aplicar para poder definir el acero estructural. En el caso más desfavorable la losacero tendrá, una configuración de un solo extremo continuo, por lo que se debe dividir la luz entre 18,5 para determinar el espesor de la losa, si se disponen los perfiles a cada 1,8 metros entonces se puede colocar una losacero de calibre 22 con espesor total de 10 cm. En la figura 35 se puede observar el armado de una losacero.



**Figura 35:** Armado losacero

**Fuente:** Catálogo de Steel deck de la empresa LAMIGAL (2015)

$Q_{cp} = 960 \text{ kg/m}^2$  (peso losacero  $H=10\text{cm}$ )

$Q_{cv} = 300 \text{ kg/m}^2$

Ancho tributario de la losa = 1,8 m

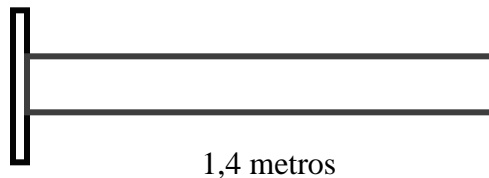
$Q_{cp} \text{ definitiva} = 1728 \text{ kg/m}$

$Q_{cv} \text{ definitiva} = 540 \text{ kg/m}$

$Q_{\text{Final}} = 1,2(1728) + 1,6(540) = 2937,6 \text{ kg}$

$$M = q * \frac{L^2}{2}$$

$$M = 2937,6 * \frac{1,4^2}{2} = 2878,85 \text{ kg.m}$$



$$S_x = \frac{M_u}{F_{yx}0,6}$$

$$S_x = \frac{287885}{3515 * 0,6} = 136,5$$

Para este valor se puede usar un perfil tubular cuadrado conduven de 175x175 mm o un perfil tubular rectangular de 220x90 mm, como se quieren colocar unas costillas metálicas se optará por un tubo rectangular.

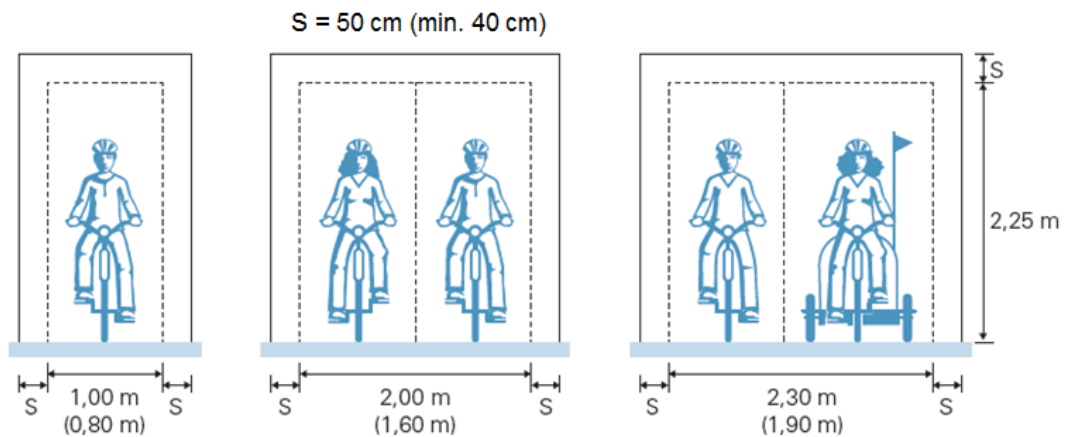


**Figura 36:** Propuesta estructural de ampliación peatonal de un lado del puente

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

#### 4.3.2 Ampliación en volado para ciclovía

Para adaptar una ciclovía al puente se pretende colocar voladizos adaptados al dintel de la losa del puente, dicha ciclovía presenta una losa con un ancho de 2 metros. Para efecto de los ciclistas es necesario incorporar según norma 1(un) metro para cada sentido de la vía. En la figura 37 se observa las medidas oficiales para ciclovías establecidas a nivel mundial.



**Figura 37:** Medidas mínimas para el diseño de ciclovías

**Fuente:** Manual de diseño para el tráfico de bicicletas, Crow, J. (2011)

La discusión inicial para el desarrollo de estas nuevas vías fue el tipo de material, cabe destacar que el concreto es un material que se adapta cómodamente al clima abrasivo de Puerto Cabello y es un elemento que puede presentar formas y diseños bastante agradables a la vista, pero también salvar una luz de 24,5 metros requiere el uso de perfiles bastante robustos, además de un proceso constructivo más engorroso y un cálculo estructural más extenso. Por esa razón y por otros aspectos que presenta el acero como material de construcción, se escogió el uso del acero como material para el diseño de esta nueva estructura.

Hoy en día, empresas de construcción estiman que las creaciones de pasarelas peatonales en acero presentan un precio 20 % menor que la versión de concreto y un plazo muchísimo menor en el tiempo de ejecución de la misma, así como la facilidad de ensamblaje de los elementos. La factibilidad de ampliar las luces o contemplar la expansión de la ruta en el futuro se contempla mucho más en la alternativa con acero galvanizado y no en concreto. La adopción del acero galvanizado es una decisión mucho más económica. Por otra parte, al hacer la infraestructura metálica se logra generar elementos más livianos que los de concreto, logrando además una economía en las fundaciones.

Cabe también acotar que existe otra opción que es el uso de acero patinable, que tiene 3 veces más resistencia a la corrosión que el acero común y que no se recubre. Aunque para este caso la opción es el uso de acero galvanizado. El proceso con acero galvanizado es un poco más complejo, pero más accesible y es preciso que se garantice el espesor adecuado de galvanización, además el transporte debe ser realizado de forma más cuidadosa para no deteriorar el recubrimiento. Es también necesario un control más minucioso de las soldaduras, ya que después de soldado no es posible galvanizar. A pesar de la complejidad del material la propuesta en acero galvanizado es más ventajosa en precio.

Para la ampliación en el otro sentido del puente se pretende colocar el mismo cálculo de losacero utilizado para los peatones y minusválidos, los perfiles de acero deben ser calculados nuevamente en vista de que el volado ahora tiene un valor de 2 metros.

$Q_{cp} = 960 \text{ kg/m}^2$  (peso losacero  $H=10\text{cm}$ )

$Q_{cv} \text{ ciclovía} = 418 \text{ kg/m}^2$

Ancho tributario de la losa = 1,8 m

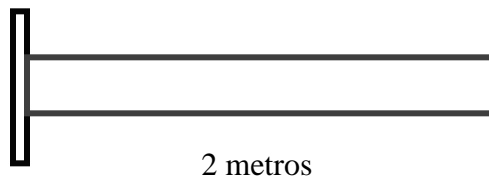
$Q_{cp} \text{ definitiva} = 1728 \text{ kg/m}$

$Q_{cv} \text{ definitiva} = 752,4 \text{ kg/m}$

$Q_{\text{Final}} = 1,2(1728) + 1,6(752,4) = 3277,4 \text{ kg}$

$$M = q * \frac{L^2}{2}$$

$$M = 3277,4 * \frac{2^2}{2} = 6554,8 \text{ kg.m}$$



$$S_x = \frac{Mu}{F_y * 0,6}$$

$$S_x = \frac{655480}{3515 * 0,6} = 310,8$$

Para este valor se puede usar un perfil tubular cuadrado conduven de 200x200 mm o un perfil tubular rectangular de 300x100 mm, se opta por los perfiles cuadrados en vista de que el dintel de la losa tiene 30 cm de espesor.

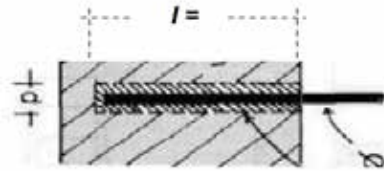
En ambos casos de la propuesta se dispone de una plancha de 30x30 cm = 900 cm<sup>2</sup>, con 4 pernos que deben ir enroscados y anclado hasta la mitad del dintel según la figura 38.

$$\text{Peso perno} = \frac{29376}{4} = 7344 \text{ kg}$$

$$As = \frac{7344}{0,8 * 4200} = 2,19 = \text{Pernos de } 3/4''$$

$$\delta Adm = \frac{7344}{900 \text{ cm}^2} = 8,16 \text{ kg/cm}^2 = \text{Plancha de } 1/2$$

Aplica para ambas estructuras.



**Figura 38:** Anclado a la losa

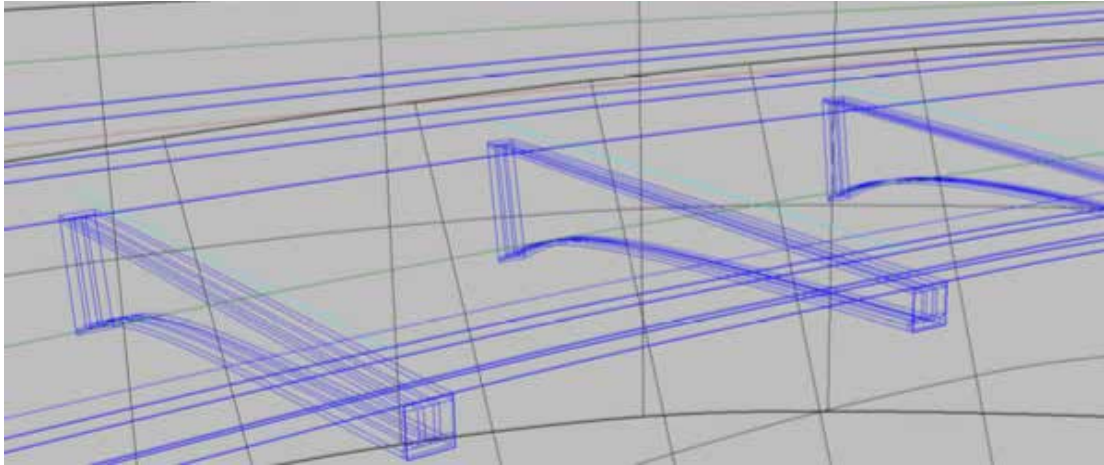
**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

La broca del canal de colocación del anclado debe ser un diámetro mayor al cálculo, es decir, como los pernos son de 3/4, el espacio de anclado debe ser con una broca de 7/8 y reforzado con epóxido. La distancia del perno al borde de la plancha debe ser 1,5 la medida del diámetro del perno.

#### 4.3.2.1 Detalle de la estructura

El diseño geométrico de la estructura en acero se presenta con el uso de costillas metálicas en forma de ménsula que puedan cubrir la demanda y peso de la losa que será también diseñada bajo los parámetros de la rampa peatonal, es decir, una losa de espesores mínimos. Los anchos de estas costillas deben ser de 2 metros para la ciclovía y de 1,4 metros para los peatones y minusválidos y así cumplir con las medidas mínimas en cuanto al paso de ciclistas y sillas de rueda por una vía.

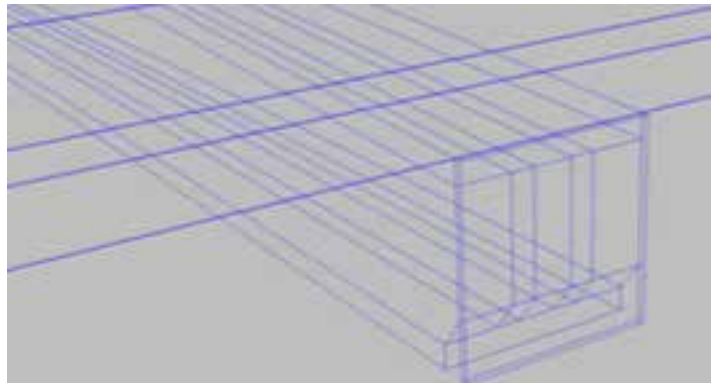
En la figura 38 se observa una vista en 3d de las costillas metálicas propuestas que serán soldadas a las planchas y perfiles tubulares de acero calculados anteriormente. Cabe destacar, que la propuesta para la ampliación de la calzada va a ameritar un análisis más extenso de la situación estructural del puente y es posible que sea necesario reforzar con vigas rigidizadoras para evitar un efecto torsional, a pesar de que las cargas por efecto de la ciclovía serán mucho menores que las que ocasiona el puente en su función normal. Además, es importante mencionar que, en el otro extremo del puente, la estructura está bajo los efectos de un volado que soporta una viga tipo I, por lo tanto, generar un volado de baja carga en este extremo podría compensar una simetría en la configuración estructural del puente.



**Figura 38:** Propuesta costillas metálicas

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

Las costillas deberán estar cerradas por una chapa metálica en su extremo para evitar la acumulación de suciedad en ellas y deberán estar previstas de un goterón que impida la llegada del agua al cordón inferior del perfil, (Ver figura 37). Por lo tanto, para materializar la ampliación, la losacero se apoyará directamente en las costillas que trabajaran como correas, evitando la construcción de más elementos estructurales que puedan generar mayor efecto de cargas al puente y empeorar su vida útil. Las costillas del puente estarán formadas por perfiles metálicos con forma de doble T y con doble alma. Todas tienen una longitud de 2 metros.



**Figura 39:** Propuesta costillas metálicas

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

#### **4.3.2.2 Galvanización de la estructura**

Se ha propuesto un recubrimiento en inmersión de galvanizado además de que las piezas serán recubiertas con láminas de acrílico de alto rendimiento. Estas dos opciones que se presentan constituyen una variable importante en el diseño de la estructura tanto a nivel del cálculo del viento, como de la abrasión, en vista de que, al recubrir la estructura por completo, el diseño se vuelve más homogéneo evitando el aumento de la carga de los vientos que se presenten. Y por último, pero no menos importante, el tema climático que presenta la zona de estudio podría generar un impacto corrosivo en los elementos de acero, pero las láminas de acrílico plaskolite son un producto que ha evidenciado una larga duración y una resistencia a la abrasión considerable, en vista de que es un material que es usado en naves industriales, edificios, aviones, entre otros, además de que logra definir un diseño arquitectónico que resulta agradable en la concepción de las edificaciones.

El proceso de inmersión en caliente de las piezas que componen la pasarela exige un tanque para sumergirlas con secciones suficientes para garantizar la calidad de la galvanización. Luego de aplicado, presenta una película de apariencia lisa, buena formación, con especial atención a las soldaduras y los ángulos. El revestido se hace tanto en su parte externa como interna de la estructura.

La inspección del revestimiento es una parte importante dentro del mantenimiento de la edificación y debe darse en varias etapas, siendo la primera la inspección visual de todos los elementos estructurales que componen la pasarela como tal.

#### **4.4 Estimar el cauce de escorrentía superficial para plantear un sistema de drenaje correcto.**

Los caminos producen una alteración en el drenaje natural. Estas alteraciones requieren soluciones de drenaje diferentes; por un lado, será necesario actuar sobre aquellos puntos en los que hay un cambio de sentido de la pendiente de la rasante. El objetivo principal del drenaje de caminos es el de reducir o eliminar la energía generada por una corriente de agua y evitar la presencia de agua o humedad excesiva

en la calzada, ya que ésta puede repercutir negativamente en las propiedades mecánicas de los materiales con que fue constituida; esto hace que la previsión de un drenaje adecuado sea un aspecto vital para el diseño de caminos. Muchos de los problemas asociados al drenaje pueden ser evitados a la hora de trazar y diseñar el camino, por lo que resulta necesario incluir el sistema de drenaje durante la alineación y planeamiento del mismo.

En los últimos años se ha evidenciado una mayor cantidad de eventos climatológicos aunado a las precipitaciones en el Municipio Puerto Cabello, viéndose afectada por grandes inundaciones, por lo tanto, es necesario plantear un sistema de drenaje que pueda evitar desastres en eventos de gran magnitud como los ocurridos a principio de este año. Ver figura 40.



**Figura 40:** Autopista inundada, a unos 300 metros del puente.

**Fuente:** Diario El Nacional (2017)

El drenaje de la plataforma se determinará en función de la sección transversal: bombeo a dos aguas (pendientes transversales entre 1% y 3%) o la simple

inclinación a uno de los lados (pendiente transversal del 1% al 3%, generalmente el 2%) para permitir el escurrimiento del agua.

#### 4.4.1 Cálculo de la capacidad vial

$$Q = \frac{1}{n} * b * y^{5/3} * S^{1/2}$$

Donde Y = 0.05 m

b = Ancho de la calzada

n (asfalto) = 0.011

Long = Longitud de la calle

Z2-Z1 = Diferencia de cotas de terreno

$$S = \frac{Z2 - Z1}{Long} = \frac{20 - 19,36}{600} = 0,001066$$

$$Q = \frac{1}{0,011} * 17 * 0,05^{5/3} * 0,001066^{1/2} = 0,34$$

#### 4.4.2 Cálculo del caudal proveniente de las precipitaciones de la zona de estudio

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Dónde:

Q = Caudal en  $m^3/s$

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional), por ser una vía hormigonada y asfaltada, posee un coeficiente de escorrentía máximo de 0,90 y mínimo de 0,70.

I = Intensidad de la lluvia en mm/hora, la ciudad de Puerto Cabello tiene un promedio de precipitaciones máximas de 130mm/hora.

A = Es el área de escurrimiento en hectáreas. La zona de estudio y más desfavorable a inundación cercana al puente posee un área de 1,3 hectáreas.

Aplicando la ecuación:

$$Q = \frac{0,90 * 130 * 1,3}{360} = 0,423 \text{ m}^3/s$$

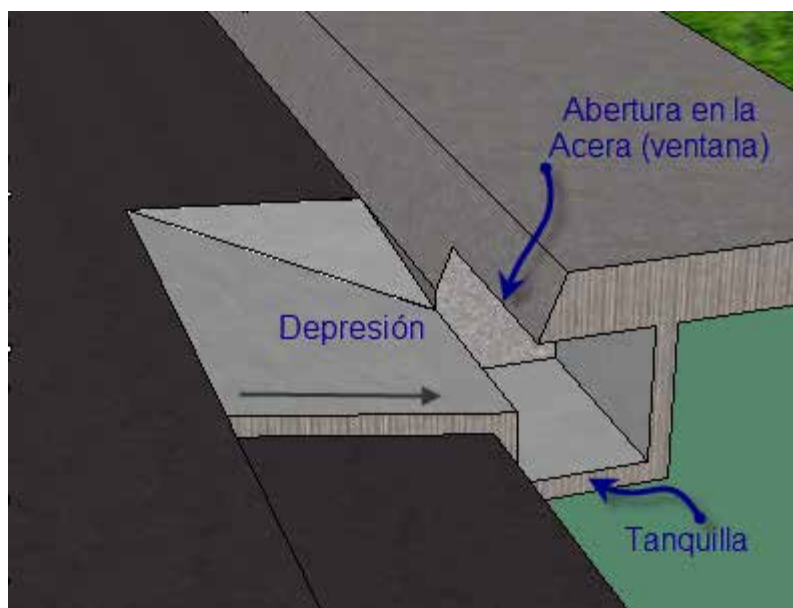
Como la capacidad vial es menor que el cálculo del caudal por el método racional es necesario colocar sumideros.

#### **4.4.1 Sistema de drenaje**

Para drenar el caudal de agua calculado en la zona de estudio con tendencia a inundarse se propone un sistema de drenaje basado en sistemas simples de captación, conducción y vertido. Para captar las aguas inicialmente se debe colocar una inclinación transversal de mínimo 3% que permita escurrir las aguas hacia el sentido menos desfavorable, este extremo sería hacia el Centro de Puerto Cabello, y así construir los elementos necesarios con los sumideros distribuidos para finalmente disponer las aguas. El peralte final definido por norma se estima mediante la tabla de valores mínimos admisibles, para un radio de vía de 210 metros con una velocidad de 70 km/h, el peralte debe ser de 4% mínimo. El colector general de drenaje recibirá en forma directa los aportes de las calles más el agua que cae dentro de las áreas alrededores y escurren hacia la autopista, desde allí por medio de una tubería son conducidas al canal general de recolección. Estas aguas son recolectadas mediante sumideros de rejillas y conducidas mediante una tubería de concreto a su destino final.

La separación mínima entre sumideros está determinada en función de la intensidad de la precipitación, pero en general para este caso, se debe mantener una distancia fija para vías de anchura de un poco más de 15 metros de unos 30 metros. El tipo de sumidero seleccionado es el de tipo ventana o acera. Ver figura 41.

El colchón para evitar rupturas por cargas vivas debe ser de un metro de profundidad. Para permitir una correcta fluidez se debe colocar una pendiente mínima de 1% y que la cámara de inspección interior más inmediata tenga una profundidad mínima de 90 cm. La profundidad máxima del alcantarillado será de 6 metros. Los tamaños mínimos de las tuberías de las alcantarillas o colectores no están dictados por los requerimientos hidráulicos sino para evitar la obstrucción y facilitar la limpieza de las mismas.

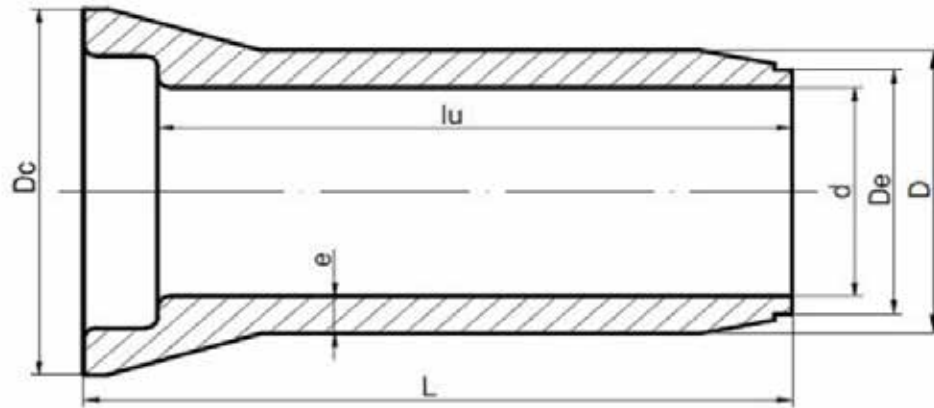


**Figura 41:** Sumidero tipo ventana

**Fuente:** Diario El Nacional (2017)

Se recomienda usar, como diámetro mínimo 200 mm y en colectores principales un diámetro interno no menor a 800 mm. Al colocarse tramos de 30 metros entre sumideros, se procede a estudiar el tramo más desfavorable, que es último por conducir la mayor cantidad de caudal.

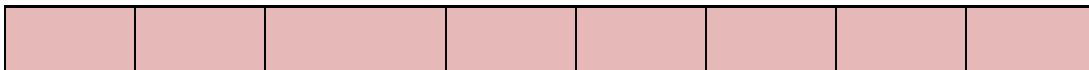
Para los tubos prefabricados de hormigón en masa, con enchufe de campana de sección interior circular, se destinan principalmente a conducir, en canalizaciones generalmente enterradas, aguas pluviales y aguas de superficie por gravitación o baja presión. En la figura 42 se puede observar sus características geométricas.



Dimensiones y peso aproximado								
Diámetro Nominal DN mm	Diámetro Interior d mm	Diámetro Exterior D mm	Espesor e mm	Diámetro Campana Dc mm	Diámetro Enchufe (macho) De mm	Longitud Util lu mm	Longitud Total L mm	Peso Unidad TN
300	300	410	55	505	390	2000	2100	0,350
400	400	524	67	624	497	2000	2100	0,530
500	500	637	69	760	614	2000	2100	0,685
600	600	754	77	910	738	2400	2500	1,102

**Figura 42:** Características geométricas de los tubos de hormigón en masa.

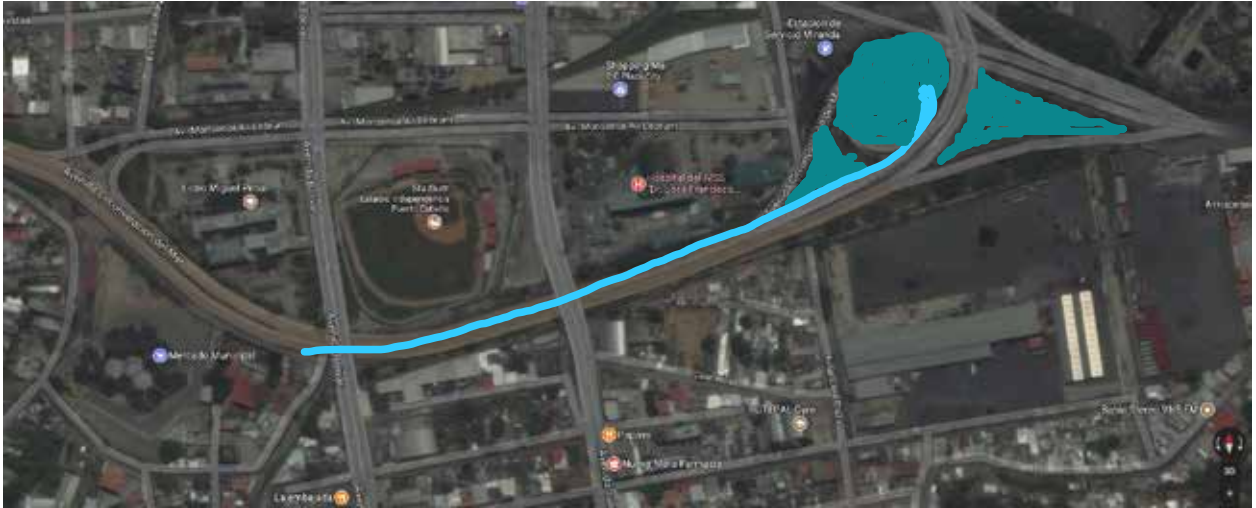
**Fuente:** Pretensados EJE A (2008)



Al escoger la tubería mínima para tubos de concreto en masa, se determinó que la velocidad final está entre 0,3 y 5 m/seg por lo tanto es correcta.

Para la disposición final se proponen dos soluciones, la primera es enviar las aguas al distribuidor más cercano donde se encuentra un terreno en desuso y proponer una laguna con fuentes ornamentales para un beneficio estético de la ciudad (Ver figura 42), y la segunda opción sería destinar estas aguas al mar, para esta opción se

tendría que salvar una distancia total de aproximadamente 1,1 kilómetros hasta el Puerto de Puerto Cabello.



**Figura 42:** Solución 1 para disposición de las aguas de lluvia

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

#### **4.5 Desarrollar una intervención urbana sobre las bases de los objetivos anteriores.**

Una intervención urbana consiste en un proceso complejo donde se deben tomar en cuenta aspectos estéticos, ambientales, económicos y sociales que constituyen el espacio o territorio a intervenir con el fin de encontrar una solución efectiva para fusionar los elementos y generar en la zona de estudio una actuación concisa y armónica en cuanto al ambiente que articula.

La propuesta consiste en detallar las deficiencias urbanas y solucionarlas de manera puntual en el puente a intervenir y sus espacios colindantes, para ello es importante determinar los elementos urbanos que de alguna forma presentan fallas o insuficiencias que necesitan una actuación.

Los espacios ubicados debajo del puente que se pueden presenciar en la figura 43 y 44 actualmente no presentan función alguna y visualmente su configuración es

desagradable para los usuarios, para ello es muy importante intervenir estos recintos y convertirlos en zonas de esparcimientos, como gimnasios al aire libre, y plazas que te inviten a pernoctar o a seguir transitando hacia las edificaciones contiguas como el Estadio de Beisbol que se encuentra a un extremo del puente.



**Figura 43:** Espacios debajo del puente

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)



**Figura 44:** Imágenes actuales espacios debajo del puente

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

Es importante destinar de las barreras vehiculares en el recorrido del puente, tales como guarniciones, barandas y delimitaciones para los peatones, ciclistas y vehículos, las cuales se encuentran en deficiencia, ameritando el correcto uso de las vialidades y así permitir una completa seguridad en los usuarios.

Cabe destacar además que se debe suplir de los elementos necesarios en las zonas a intervenir, tales como: papeleras, banquillos de descanso, pavimentación, áreas verdes, postes de iluminación, barreras vehiculares-peatonales, para ello se ha destinado una propuesta en planta con la ubicación y explicación de cada uno de estos elementos.

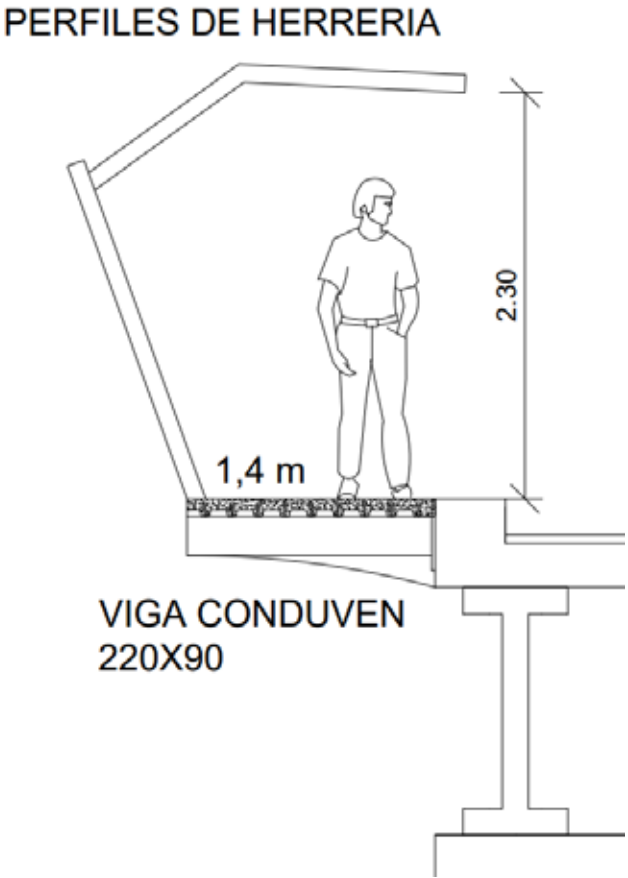


**Figura 44:** Propuesta intervención urbana debajo del puente

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

Por último y no menos importante, se dispone de una intervención arquitectónica en el recorrido del puente con el fin de generar un sentido de pertenencia a la ciudad en vista de que la infraestructura es una de las edificaciones viales más transitadas en el municipio ya que la mayoría de los usuarios pasan por esta autopista con el fin de ir a las playas ubicadas en toda la línea costera de la ciudad, por lo tanto, la propuesta se muestra como barandas que a la misma vez

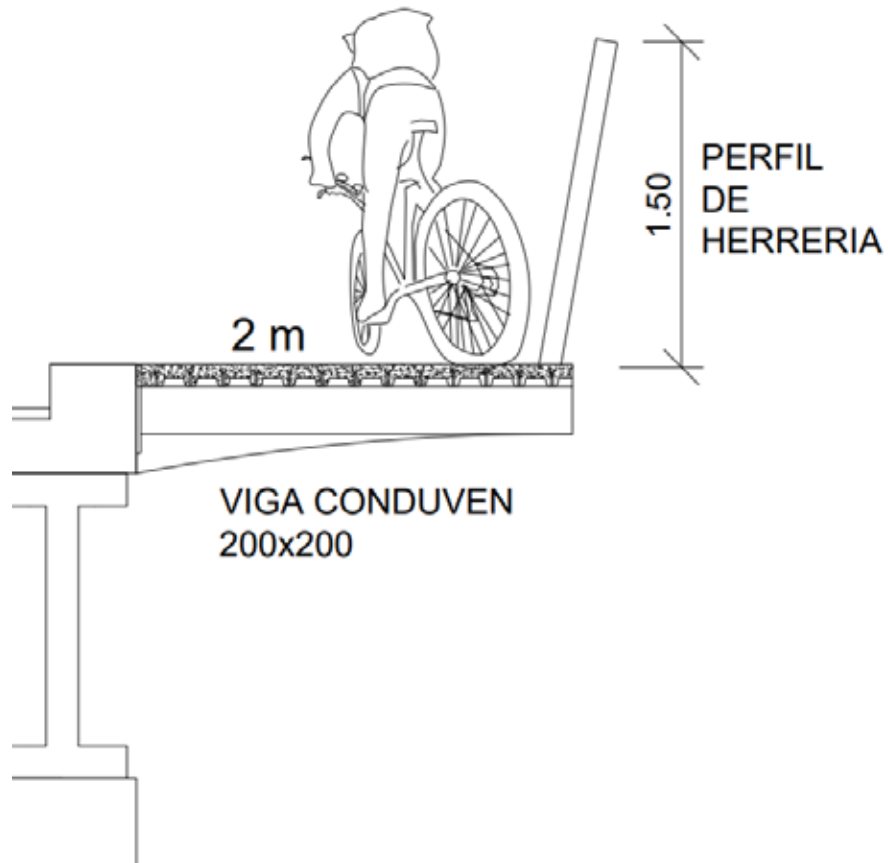
puedan generar un pergolado en la parte superior, permitiéndole a los ciclistas y peatones en general un juego de sombras que permitan suavizar el sol penetrante de la ciudad. En la figura 45 se observa un corte transversal para la propuesta arquitectónica en el extremo de peatones y minusválidos.



**Figura 45:** Propuesta extremo peatonal

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

En la siguiente imagen se puede observar la propuesta para el extremo donde se plantea la ciclovía.



**Figura 45:** Propuesta extremo ciclovía

**Fuente:** De Caires, Y. (2017)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El puente de la Avenida Bolívar de Puerto Cabello presenta una gran cantidad de deficiencias no solo a nivel estructural sino a nivel funcional, entender su comportamiento y función dentro de la sintaxis urbana fue necesario para entender, analizar y llevar a cabo las propuestas mencionadas.
- Incrementar la altura útil del puente ayuda a prolongar la vida de la infraestructura y evitar colisiones futuras por el tráfico de equipos pesados, esto conlleva al mejoramiento en función de la autopista y el tráfico perteneciente al Puerto de Puerto Cabello.
- Estudiar las vigas existentes del puente logró determinar la necesidad de repararlas, mejorando el puente estéticamente y aumentando su resistencia. Cabe destacar, que es recomendable profundizar en el estudio de la fortaleza de las vigas, en vista de que se desconoce el refuerzo total en acero que ellas poseen, impidiendo así, el cálculo final de acero nuevo a colocar, ya que, para ello sería necesario usar equipos de sonda y ultrasonidos, los cuales son aparatos de última tecnología que determinan la composición completa del concreto armado y el acero colocado.
- La necesidad de generar accesos peatonales y ciclovía optó por establecer ampliaciones al puente que permiten un mayor uso para la ciudad y el correcto traslado de las personas hacia ambas urbanizaciones. Los cálculos y perfiles utilizados tienen un correcto resultado para las cargas aplicadas, de igual forma es importante determinar otros tipos de chequeos estructurales, tales como el estudio del viento y los sismos en la infraestructura, así como también se recomienda determinar si el dintel de la losa necesita algún reforzamiento especial, en vista de la intervención en volado que se está

planteando.

- Al bajar el nivel de la calzada de la autopista, era evidente la necesidad de plantear un sistema de drenaje que lograra disponer las aguas fluviales hacia un destino mejor, evitando inundaciones que se han evidenciado en la zona. Es importante destacar que se debe realizar el cálculo completo de las tuberías fluviales de concreto, planteadas para ambas soluciones, así mismo las dimensiones finales de los elementos de captación colocados.

- Bajo los efectos de todas las propuestas de mejoramiento presentadas en este trabajo de grado, era importante culminar con una intervención urbana del puente y sus espacios colindantes, permitiendo al usuario poder hacer uso de instalaciones y espacios que parecen abandonados logrando una mayor convivencia y mejorando notablemente la estética de la zona estudiada.

- Este proyecto de grado pretende ser un plan piloto para futuras actuaciones en puentes y remodelaciones que presenten una deficiencia a nivel de ingeniería y arquitectura. Así mismo, reconocer que a pesar de los problemas políticos, sociales y económicos que presenten los países es importante seguir proyectando y proponiendo ideas que puedan ser dignas de admirar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, P. e Icaza, M. (2012), **Diseño de puentes**, [Libro] México.
- Aparicio, C. (1999), **Fundamentos de Hidrología de Superficie**, [Libro] México. Grupo Noriega Editores.
- Arias, F. (2012): **El proyecto de Investigación**, Caracas: Episteme.
- Balestrini, M. (2006): **Como se elabora el Proyecto de Investigación**, Caracas: Bl Consultores Asociados.
- Bañon L. y Bevia J. (2000), **Manual de Carreteras**, [Libro], España.
- Cabrera E. (2004): **Diseño de puentes**, [Libro] Chile.
- Cayambe J. y Córdova G. (2012), **Elementos de puentes**.
- Fattorelli, S. Fernández, P. (2011), **Diseño Hidrológico**, [Libro Digital] Argentina, Disponible:<http://www.wasagn.net/private/admin/ficheiros/uploads/47ac6decaf84e70811097da22ddab634.pdf> [Consulta 2016].
- Hernández. Fernández. Baptista. (1998): **Metodología de la Investigación**, Colombia: McGraw-Hill.
- LFRD y AASHTO (2010), **Manual de Diseño de puentes**.
- McCuen, R. (1998), **HYDROLOGIC ANALYSIS AND DESIGN**, [Libro] E.E.U.U.
- Monleón Cremades, S. (1997), **Ingeniería de Puentes**, [Libro] España. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Monterola J. (2006). **Puentes**, [Libro] España: Editorial: canales y puertos colegio de ingenieros de caminos.
- Palella. Martins. (2003): **Metodología de la investigación cuantitativa**. Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Rodríguez A. (2016): **Puentes**, [Libro Digital] Perú, Disponible: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/puentes-ing-arturo-rodriguez-serquen.pdf> [Consulta 2017].

Tamayo y Tamayo M. (2001), **El Proceso de Investigación Científica**, México:  
Limusa. Universidad Bicentenario de Aragua.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, (1998). **Manual de trabajos de  
grado de especialización y maestría y tesis doctorales**, Caracas: FEDUPEL

