

**DISEÑO DE LA
RECONSTRUCCIÓN Y
AMPLIACIÓN DEL PUENTE “17
DE SEPTIEMBRE”
EN LA CIUDAD DE MILAGRO**

Presentado por: Fabián Peñafiel Torres.

ANTECEDENTES

- **Tesis de grado aprobada bajo la modalidad de trabajo profesional, el mismo que fue realizado para el Consultor Dr. Ing. Rafael Peso contando con su consentimiento y aprobación por escrito.**
- **El presente trabajo presenta algunas variaciones en relación al trabajo realizado para el consultor.**

SUMARIO

- ✿ **DIAGNÓSTICO.**
- ✿ **ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA.**
- ✿ **DISEÑO DEFINITIVO.**

DIAGNÓSTICO

UBICACIÓN

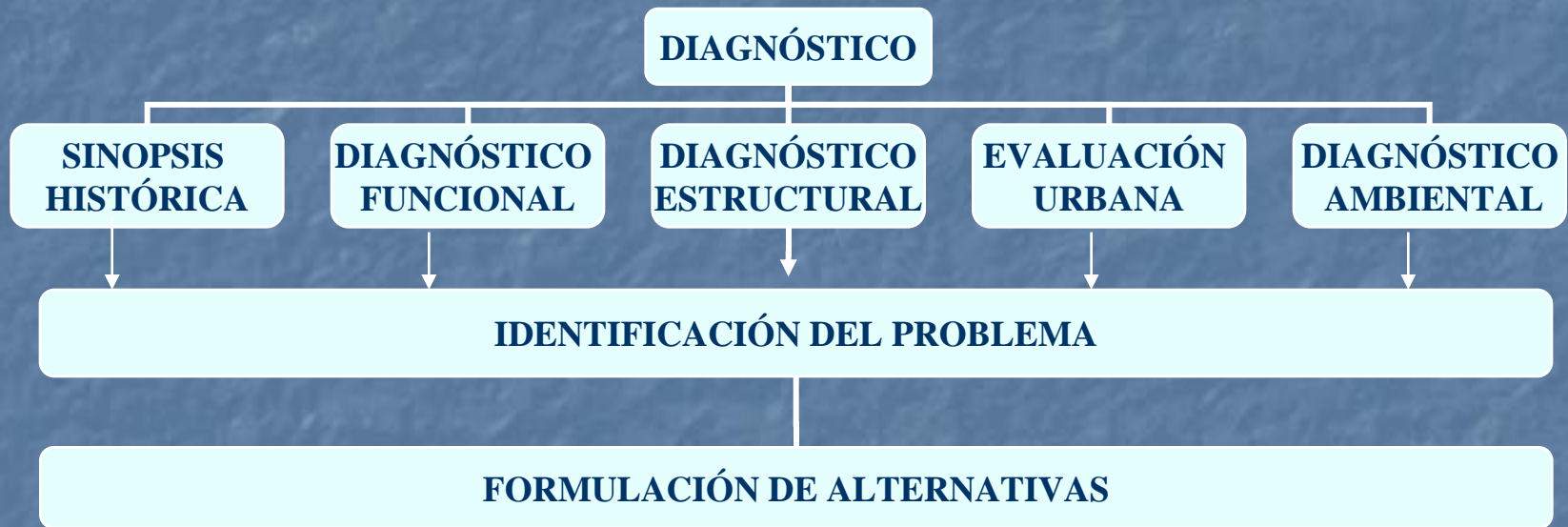
La ciudad de Milagro está ubicada al Sur Oeste del país a 40 Km. de la ciudad de Guayaquil con una elevación promedio de los 10 m. sobre el nivel del mar, y se constituye en la segunda ciudad a nivel poblacional y económico de la provincia del Guayas. La cruza el Río Milagro que forma parte de la cuenca hidrográfica del Río Babahoyo, su principal fuente de desarrollo es la agricultura.

DIAGNÓSTICO

Con el propósito de mejorar el tránsito en un sector sumamente conflictivo en la parte central de la Ciudad de Milagro, se realizaron los **estudios preliminares y diseños definitivos** para el proyecto de ampliación del puente "17 de Septiembre", en esta ciudad.

Se iniciaron los trabajos elaborando el diagnóstico de la situación actual del puente para identificar los problemas existentes y formular alternativas para su solución.

ESQUEMA DE LA FASE DE DIAGNÓSTICO



SINOPSIS HISTÓRICA.

- En 1945 el Sr. Manuel Antonio Andrade Presidente del Consejo Parroquial de Milagro planteó la necesidad de la construcción del puente.
- A mediados del año 1947 se inició la construcción del puente, el cual sólo tenía un carril.

PROCESO CONSTRUCTIVO (1947)



Fuente: Extraída del archivo de la Biblioteca Municipal

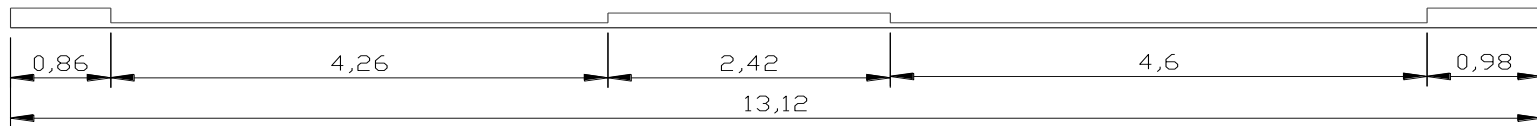
PROCESO CONSTRUCTIVO (1947)



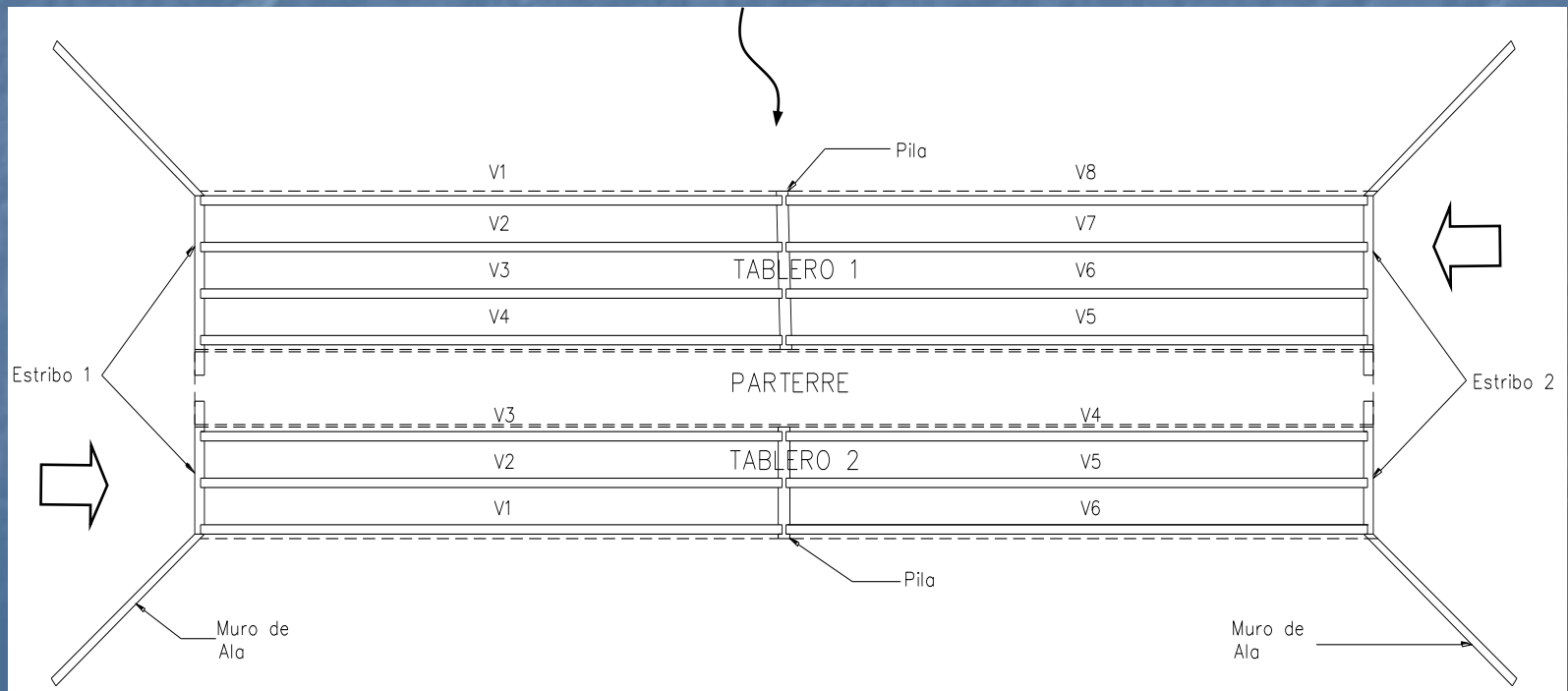
Fuente: Extraída del archivo de la Biblioteca Municipal

- La construcción del puente marcó un hito para el progreso de la ciudad, pero a medida que esta crecía y con ella su parque automotor, el puente no abastecía los requerimientos de la ciudad.
- En el año de 1964 el Comité de Vialidad del Guayas planteó y ejecutó el proyecto para la ampliación del puente "17 de Septiembre".

- Puente de 32m de longitud y 13,12m de ancho.



SECCIÒN TRANSVERSAL DEL PUENTE 17 DE SEPTIEMBRE.



DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

- El presente diagnóstico sirvió para establecer el nivel de servicio del puente en función de los datos obtenidos mediante el conteo de vehículos, peatones y vehículos no motorizados.

Valores de tráfico vehicular

DIA	TPDA
JUEVES	11,892
VIERNES	12,428
SABADO	13,751
DOMINGO	8,657

VOLUMEN DIARIO DE PEATONES, BICICLETAS, MOTOS Y CARRETAS

DIA	PUENTE 17 DE SEPTIEMBRE			
	PEATONES	BICICLETAS	MOTOS	CARRETAS
JUEVES	8732	4907	1779	690
VIERNES	10115	5224	1832	1041
SÁBADO	6600	4247	1703	931
DOMINGO	8520	4420	1406	670

DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL

- Para determinar las condiciones en la que se encuentra la estructura se realizó el presente diagnóstico estructural.
- Este diagnóstico se realizó mediante inspecciones visuales y ensayos no destructivos (con esclerómetro previamente calibrado).

Como resultado de la inspección visual se estableció que el puente se encuentra en pésimo estado, principalmente la estructura mas antigua del puente.



VIGA DE LA ESTRUCTURA ANTIGUA DEL PUENTE

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON ESCLERÓMETRO EN EL TRAMO ANTIGUO(2).

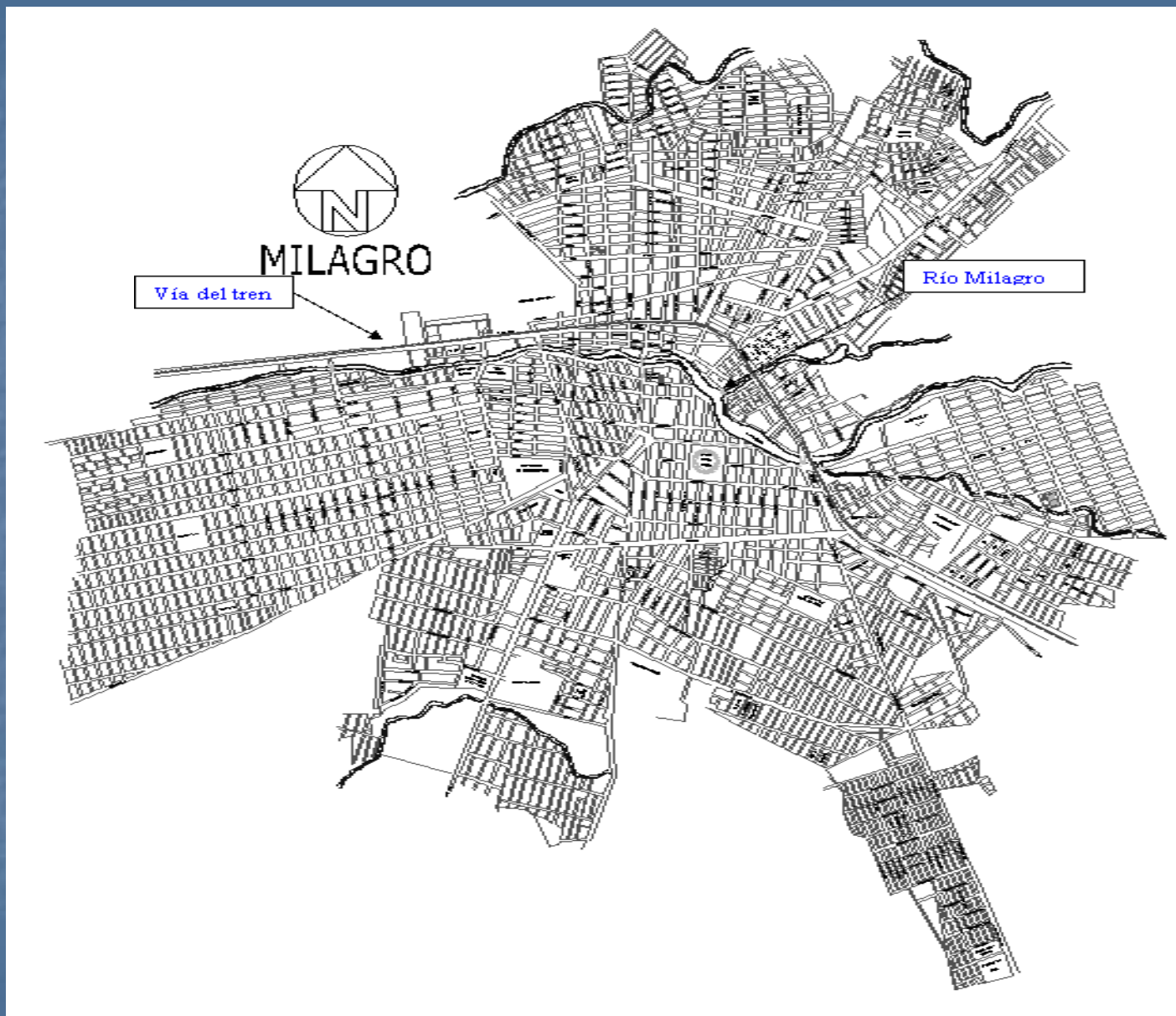
Elemento	Ubicación de prueba	Sector	Valores de golpes esclerometricos	Valor promedio	Resistencia aproximada Kg./cm2
Estribo 1	En el centro del estribo	Cara exterior	3.6 – 3.4 – 3.8 3.3 – 3.5 – 3.6 3.4 – 3.2 – 3.3	3.1	280
Estribo 2	En el extremo del estribo	Cara exterior	2.9 – 3.4 – 3.4 2.8 – 3.2 – 2.8	3.0	280
Vigas Lateral V1	Cerca del apoyo hacia el estribo No. 1	Cara inferior	4.4 – 4.2 – 4.0 4.6 – 4.0 4.4	4.2	380
Losa	Parte central	Cara superior	2.5 – 2.0 – 2.2 2.4 – 2.5 – 2.0	2.2	180

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON ESCLERÓMETRO EN EL TRAMO AMPLIADO(1).

Elemento	Ubicación de prueba	Sector	Valores de golpes esclerometricos	Valor promedio	Resistencia aproximada Kg./cm ²
Estribo 1	En el extremo del estribo	Cara exterior	3.6 – 3.8 – 3.3 3.5 – 3.6 – 3.3 3.8 – 3.4 – 3.6	3.5	300
Estribo 2	En el extremo del estribo	Cara exterior	2.5 – 2.5 – 2.2 2.5 – 2.2 – 2.9 2.1 – 2.1 – 2.8	2.4	210
Vigas Lateral V1	Cerca del apoyo hacia el estribo No. 1	Cara inferior	4.6 – 4.4 – 4.6 4.0 – 4.4 – 4.6	4.4	400
Losa	Parte central	Cara superior	2.5 – 2.4 – 2.0 2.5 – 2.0 2.4	2.3	180

EVALUACIÓN URBANA

Con el objetivo de establecer aspectos característicos de la Ciudad de Milagro en torno a sus puentes y su identidad así como aspectos socioeconómicos, factores geográficos y su condición actual se realizó la presente evaluación urbana.



PLANO DE LA CIUDAD DE MILAGRO



ACCESO AL PUENTE



ACCESO AL PUENTE

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Mediante este diagnóstico se identificaron los problemas ambientales que presenta el puente.

Se identificaron problemas de tipo:

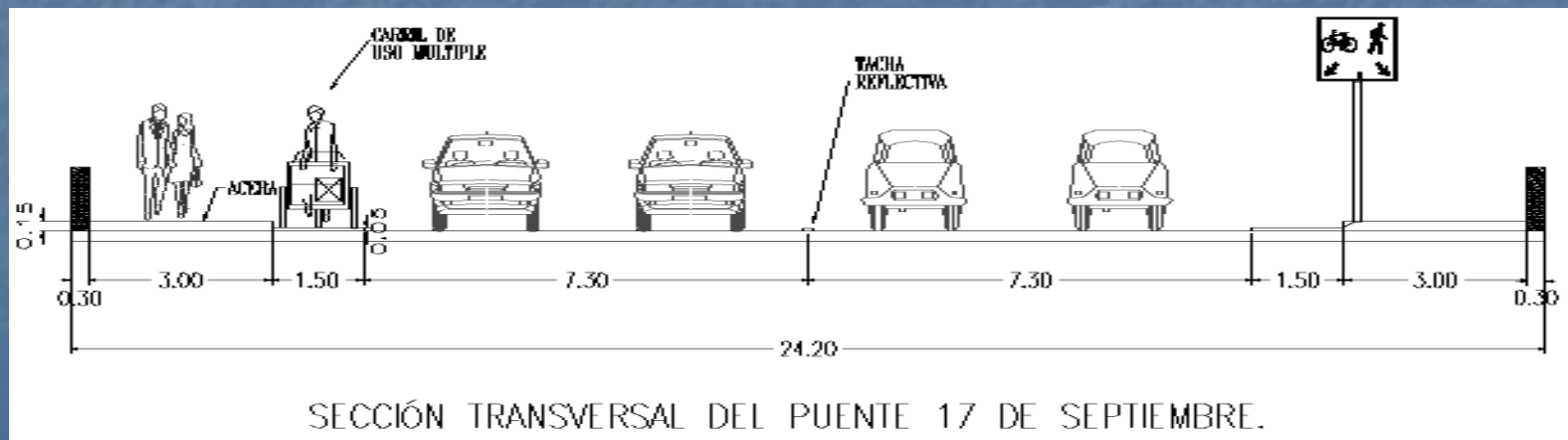
- **Social y Económico**
- **Paisajístico**
- **Ruido**

FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS

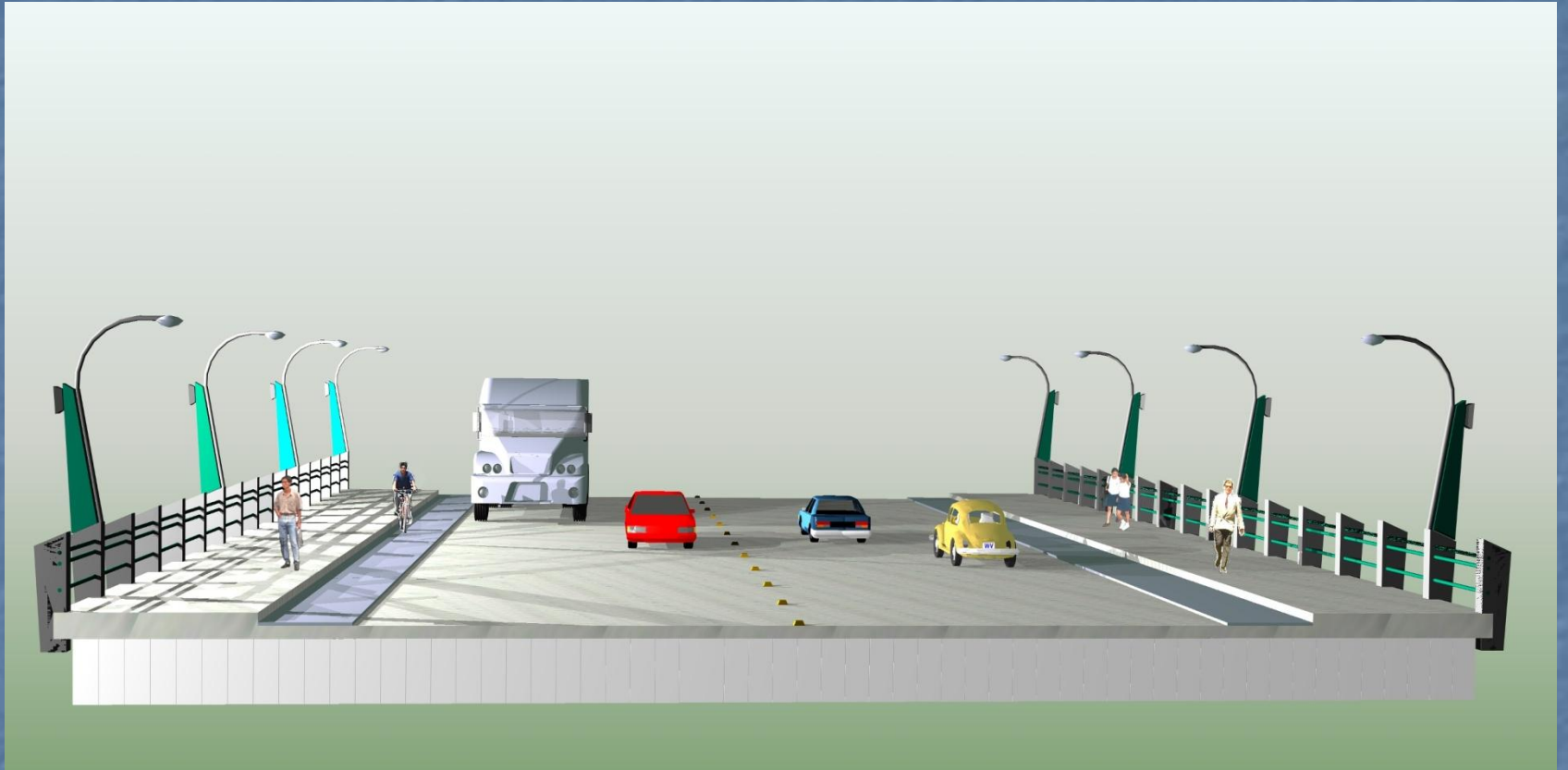
- **Alternativa Cero:** No Hacer Nada.
- **Alternativa Uno:** Ampliar el Puente Existente.
- **Alternativa Dos:** Reconstrucción y Ampliación del Puente.

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE DISEÑO

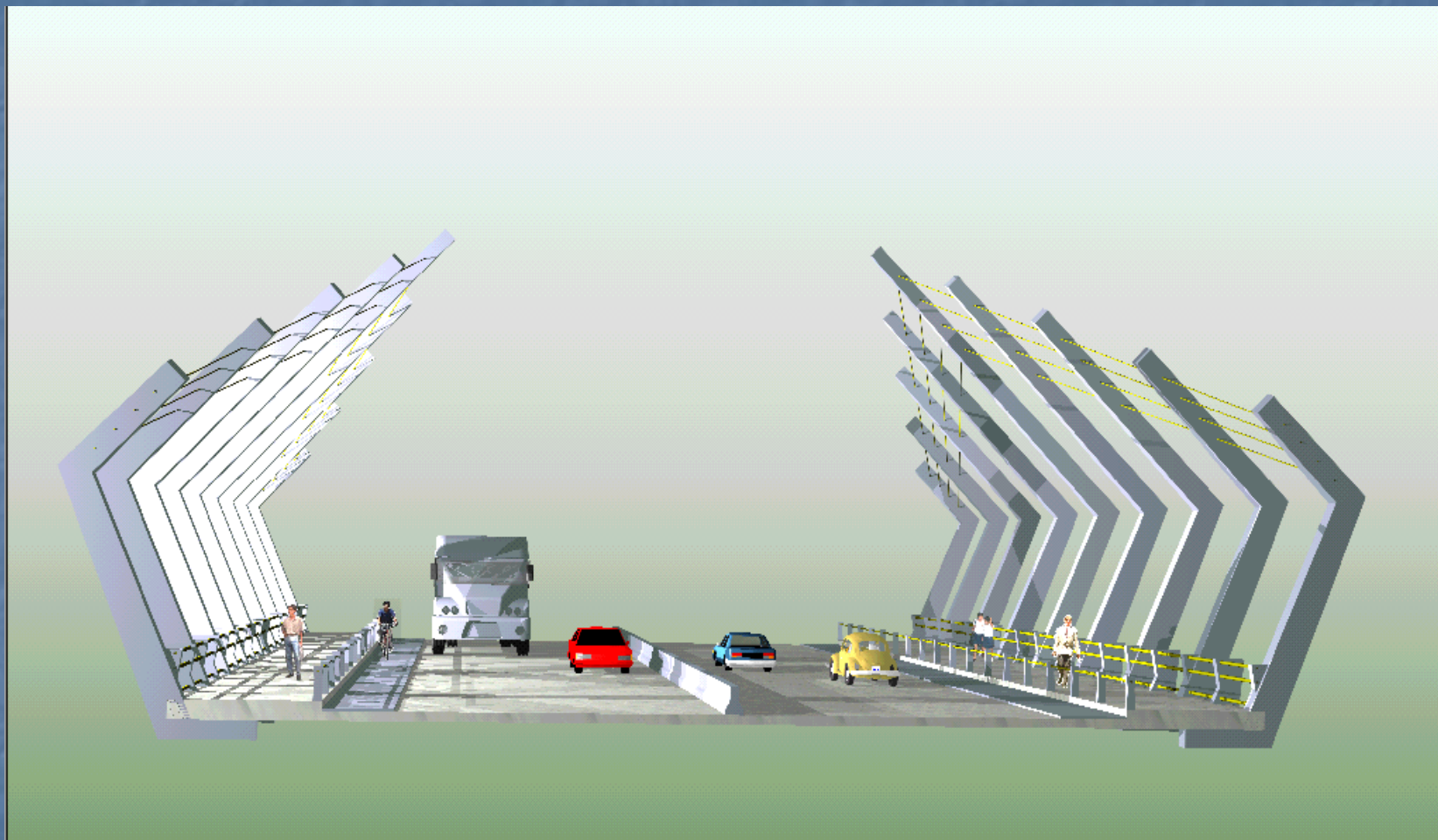
El dimensionamiento de la sección transversal del puente se lo realizó con el propósito de cubrir la demanda vehicular y de peatones proyectadas para los próximos 50 años, considerando una tasa de crecimiento del 1,5% anual.



**DETERMINACIÓN DE LAS
CARACTERÍSTICAS
ARQUITECTÓNICAS DE
DISEÑO**



OPCIÓN ARQUITECTÓNICA BASE



OPCIÓN ARQUITECTÓNICA 1



OPCIÓN ARQUITECTÓNICA 2



OPCIÓN ARQUITECTÓNICA 3

**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

- ◆ En función de los resultados obtenidos en el estudio vial los valores de TPDA del puente superan los 8000 vehículos por día, por lo que es indispensable su ampliación para solucionar los problemas de tráfico vehicular.
- ◆ El área de circulación para peatones no abastece la demanda de los mismos, por lo que es necesario ampliar el área para la circulación.

- ◆ En función de los resultados obtenidos en el diagnóstico estructural del puente, se determinó que la estructura se encuentra en pésimo estado por lo que será necesario la demolición de la misma.
- ◆ Cualquier proyecto que se inicie deberá ir apoyado, necesariamente, de un instructivo para la educación ciudadana y una campaña cívica intensa.



**ESTUDIOS DE
INGENIERÍA BÁSICA**

ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

- Se realizó el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico del puente y sus áreas de influencia.
- También se realizó un levantamiento del cauce del río.
- Como resultado del estudio se obtuvo el relevamiento topográfico.



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- La empresa AET realizó las perforaciones en las dos márgenes del río
- Luego de efectuadas las perforaciones se realizaron los ensayos correspondientes para determinar las propiedades del suelo.

CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES Y DE RIESGO SÍSMICO

- Esto tiene como objeto determinar las características de los elementos estructurales del puente, las condiciones de diseño de los mismos así como plantear las posibles opciones que se tienen para realizar la ampliación

OPCIONES PARA MEJORAR LA CONDICIÓN ACTUAL

- Ampliación, Reparación y Refuerzo de la Estructura Existente (1).
- Ampliación, Reconstrucción Parcial y Refuerzo de la Estructura Existente (2).
- Reconstrucción Total y Ampliación del Puente(3).

OPCIONES PARA MEJORAR LA CONDICIÓN ACTUAL

Luego de realizar el análisis del proceso constructivo y de los presupuestos referenciales de cada una de las opciones planteadas se establecieron los siguientes resultados:

OPCIÓN	PRESUPUESTO REFERENCIAL (US\$)
Ampliación, Reparación y Refuerzo de la Estructura Existente.	650,156
Ampliación, Reconstrucción Parcial y Refuerzo de la Estructura Existente.	674,756
Reconstrucción Total y Ampliación del Puente.	737,286

**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

- ◆ El puente 17 de Septiembre presenta condiciones deficientes en toda su estructura, además las condiciones de diseño y control de calidad de los materiales vigentes durante la construcción del puente difieren mucho de las actuales.
- ◆ De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos del estudio geotécnico, la cimentación de las ampliaciones será en forma de pilotes en ambos márgenes.

- ◆ Existe una diferencia marginal de costos entre la opción (3) de reconstrucción total y ampliación con respecto a las opciones de Ampliación, reparación y refuerzo de la estructura existente(1) y de Ampliación, reconstrucción parcial, reparación y refuerzo de la estructura existente(2), por lo que esta consultoría recomienda la opción número 3.
- ◆ La opción de reconstrucción total y ampliación del puente 17 de Septiembre permite resolver todos los problemas de tipo arquitectónico, paisajístico, socio-económico y funcional que se generan actualmente en el puente.

DISEÑOS DEFINITIVOS

The background features a light beige gradient. In the bottom right corner, there are several overlapping, wavy, light gray lines that create a sense of movement and depth.

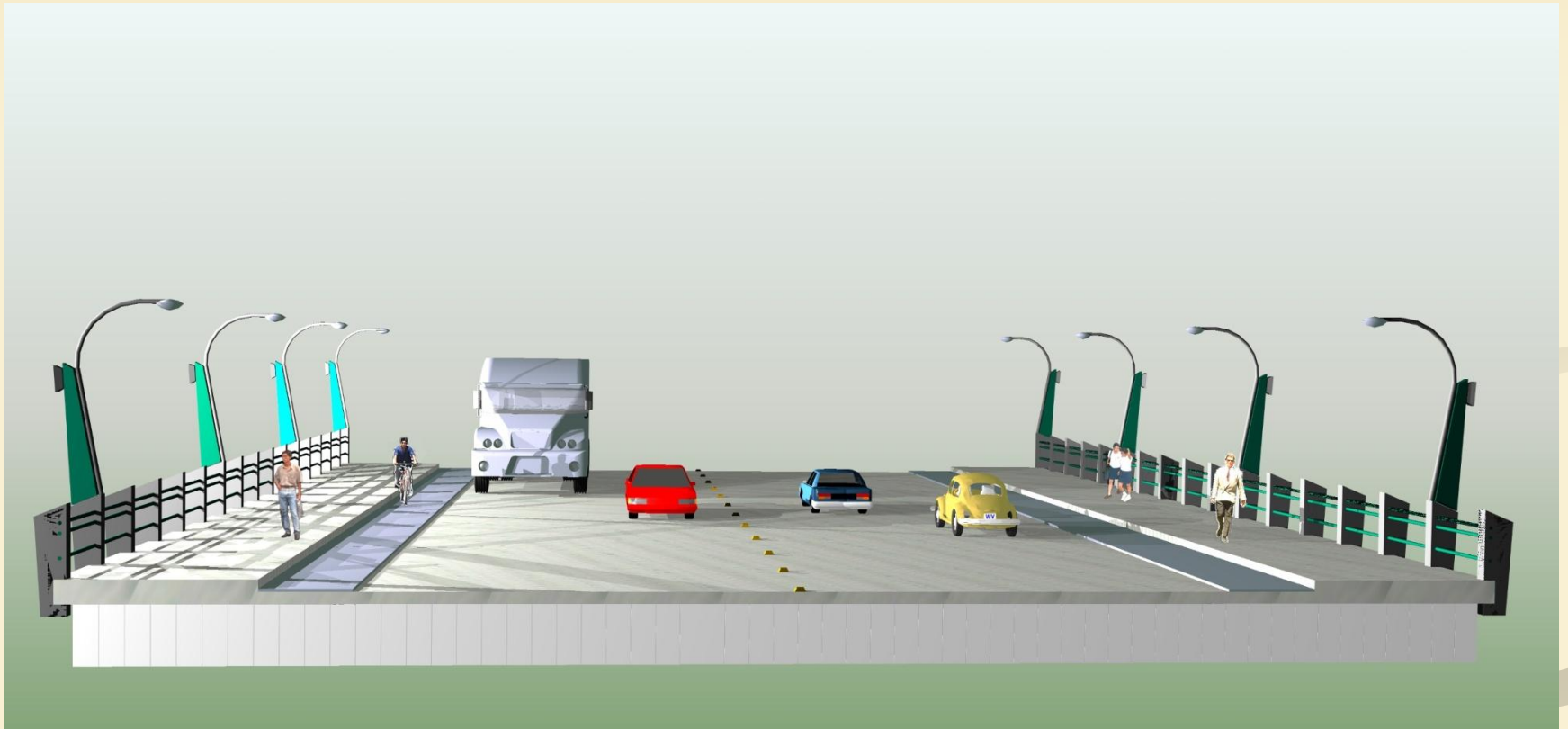
OBJETIVOS

- ◆ Modelar la estructura, o sea idealizar la estructura real por medio de un modelo teórico factible de ser analizado con los procesos de cálculo disponibles.
- ◆ Determinar las acciones de diseño.
- ◆ Diseñar una estructura capaz de resistir las fuerzas a las que va a estar sometido, sin colapso o mal comportamiento.

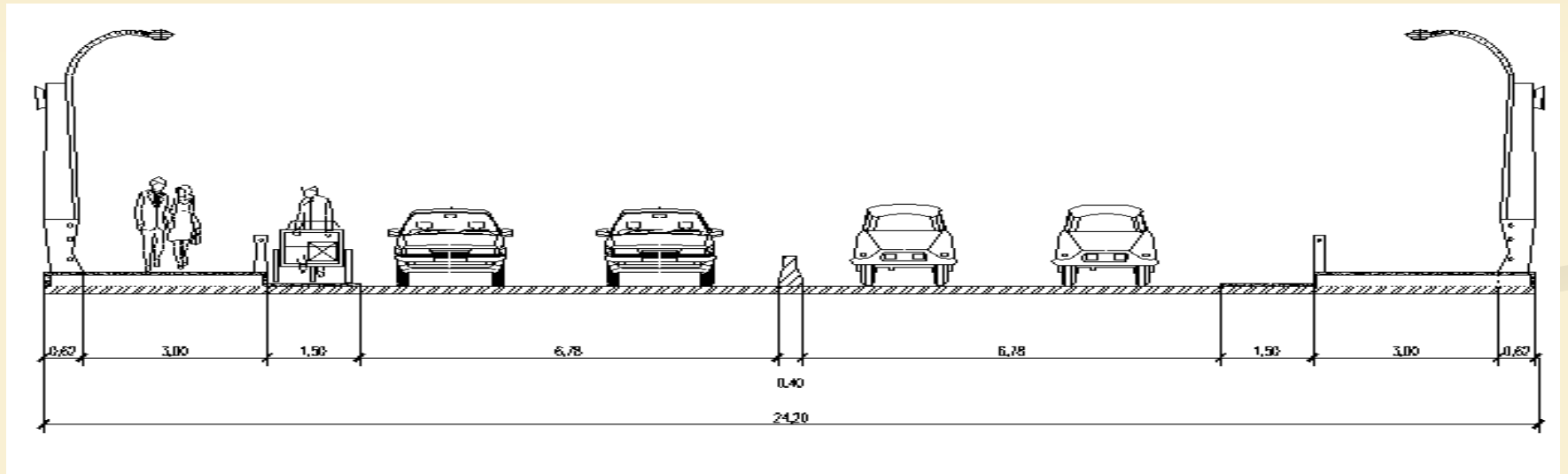
OBJETIVOS

- ◆ Proporcionar las especificaciones de construcción y planos de cada elemento de la estructura para que de esta manera la construcción del mismo se realice de manera adecuada.
- ◆ Establecer el tiempo para la construcción del puente y el presupuesto referencial del mismo.

ALTERNATIVA SELECCIONADA



ALTERNATIVA SELECCIONADA



SECCIÓN TRANSVERSAL PROPUESTA

MEMORIAS TÉCNICAS

- Memoria Técnica del Estudio Geotécnico.
- Memoria Técnica del Diseño Vial.
- Memoria Técnica del Diseño Estructural.
- Especificaciones Técnicas de Construcción.

MEMORIA TÉCNICA DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

Con los resultados de los ensayos geotécnicos se procedió al análisis de los resultados obteniendo la siguiente información:

- De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos, la cimentación de las ampliaciones será de tipo profunda, en forma de pilotes en ambos márgenes.
- Las cotas de cimentación en los dos márgenes están ubicadas a -13m del nivel de la perforación.

MEMORIA TÉCNICA DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

- Para el cálculo de la capacidad de carga de los pilotes se tomaron en cuenta los siguientes valores:

Capacidad de carga en la punta = 5.0 kg/cm².

Ángulo de rozamiento interno = 45 grad

Coeficiente de fricción lateral = 2

Modulo de elasticidad según D'Apolonia = 676 kg/cm².

MEMORIA TÉCNICA DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

- Debido a las características de permeabilidad de los suelos del depósito, se deberán tomar las precauciones necesarias para la evacuación de las aguas que inundan la zona de construcción de la cimentación.
- Debido al grado de compacidad que presenta el estrato sobre el cual se apoyará la cimentación, no se producirán deformaciones por efecto de la licuefacción de los suelos granulares.

MEMORIA TÉCNICA DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

- Antes de la construcción de la cimentación, se deberá verificar al nivel de la cimentación la capacidad de carga establecida en este informe.

MEMORIA TÉCNICA DEL DISEÑO VIAL

Del análisis vial que se realizó para el presente estudio se pudo establecer:

- El puente debe mantener la continuidad de la avenida 17 de Septiembre.
- Se debe disminuir la exagerada pendiente existente por lo que se recomienda que tenga una pendiente menor de 5%.

MEMORIA TÉCNICA DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

Una vez considerados todos los parámetros funcionales y arquitectónicos se procedió a realizar el diseño estructural de la alternativa seleccionada, para esto se consideraron las siguientes acciones:

- Carga viva.
- Carga Muerta.
- Fuerza Sísmica.
- Características de los materiales.

PROCESO DE DISEÑO

Para el análisis estructural se tomaron en cuenta las diferentes solicitaciones que van a actuar en un elemento estructural del tipo puente vehicular.

El análisis estructural fue ejecutado siguiendo las recomendaciones de las “Normas Interinas de Diseño de Carreteras y Puentes y Especificaciones Técnicas Complementarias de Construcción” de CORPECUADOR y las normas “AASHTO 96”.

Para el cálculo se elaboraron Hojas Electrónicas en Excel y además se utilizaron programas de análisis estructural.

CÁLCULO DE CARGAS SOBRE EL PUENTE

- Peso propio de la losa.
- Peso de la capa de asfalto.
- Peso propio de las aceras.
- Peso propio de la vigas.
- Peso propio de barandas.
- Peso de postes de iluminación y del separador central.



Hoja de cálculo de
Microsoft Excel

CÁLCULO DE CARGAS VIVAS PARA LAS VIGAS

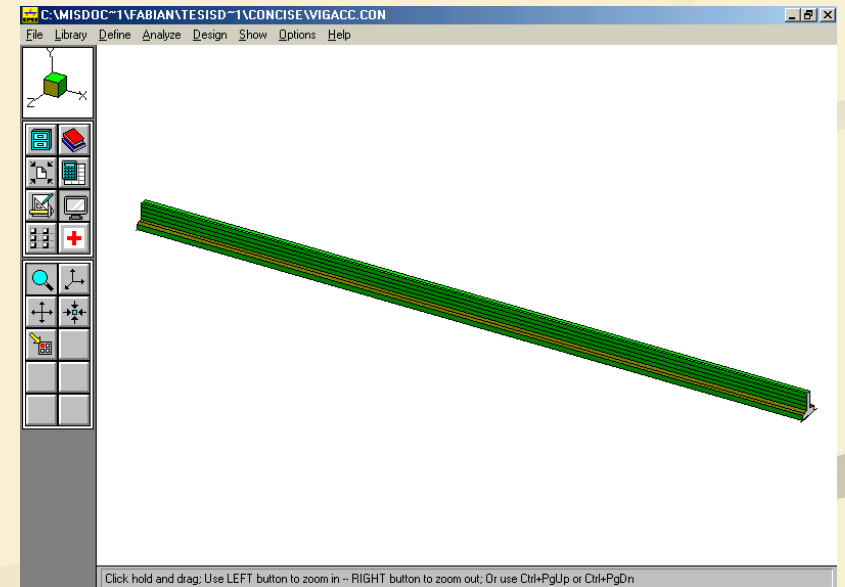
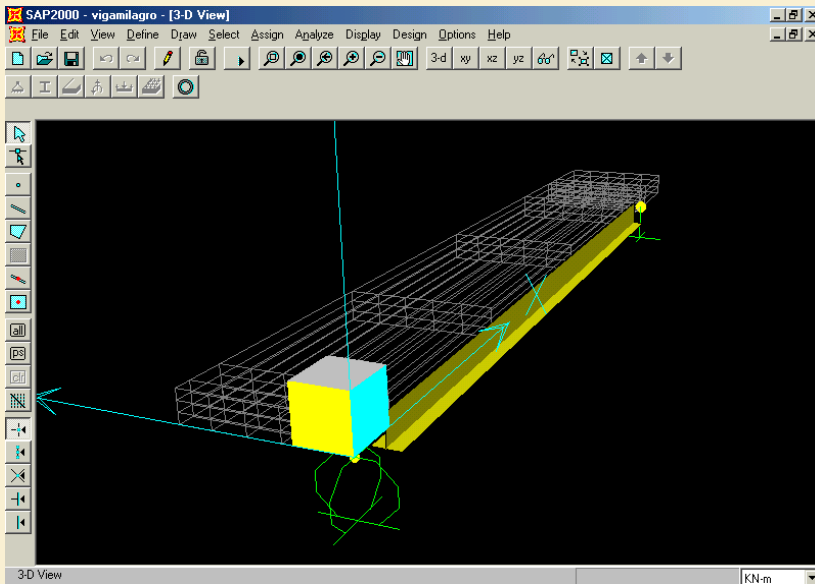
Para el análisis de la carga viva se consideró un camión de diseño HS 20-44 modificado por el factor 1.378 según lo establecido por el MOP y las consideraciones de diseño establecidas por la AASHTO del año 1996.



Cálculo de Carga Viva

DISEÑO DE VIGAS

El Diseño de las vigas se lo realizó mediante el uso del programa CONCISE v2.0, y también se efectuó una comprobación utilizando el programa SAP2000 v7.4.



DISEÑO DE LOS ESTRIBOS

Para el dimensionamiento y diseño de los estribos se elaboró una hoja electrónica en Excel, en la cual se consideraron todas las recomendaciones establecidas por las Normas Interinas de Diseño de Carreteras y Puentes de CORPECUADOR y las normas de la AASTHO 96.



Cálculo de Estribos

DISEÑO DE PILA CENTRAL

El diseño se lo hizo considerando a la pila como un elemento sometido a compresión y a flexión.

Para determinar la respuesta sísmica de la estructura se idealizó a la estructura como un sistema lineal de un grado de libertad.

El cálculo se lo realizó programando una hoja electrónica de Excel.



Cálculo de Pila

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES

El cálculo de la capacidad de carga de los pilotes se lo realizó utilizando métodos empíricos tal como lo determina el literal 4.5.6.1.2 y 4.5.6.1.3 del manual de la AASTHO 96.

Para el cálculo de la capacidad de carga de nuestros pilotes se utilizó el método de Terzaghi y Jambu.

El refuerzo de los pilotes se lo consideró según lo especificado por la Portland Cement Association.



CÁLCULO DE
PILOTES

CÁLCULO DEL REFUERZO PARA EL TABLERO DE LOSA DEL PUENTE Y ZAPATAS

Para el cálculo del refuerzo en el tablero de la losa se siguieron las recomendaciones establecidas por el código ACI318-98, esto se lo hizo utilizando la siguiente hoja electrónica.



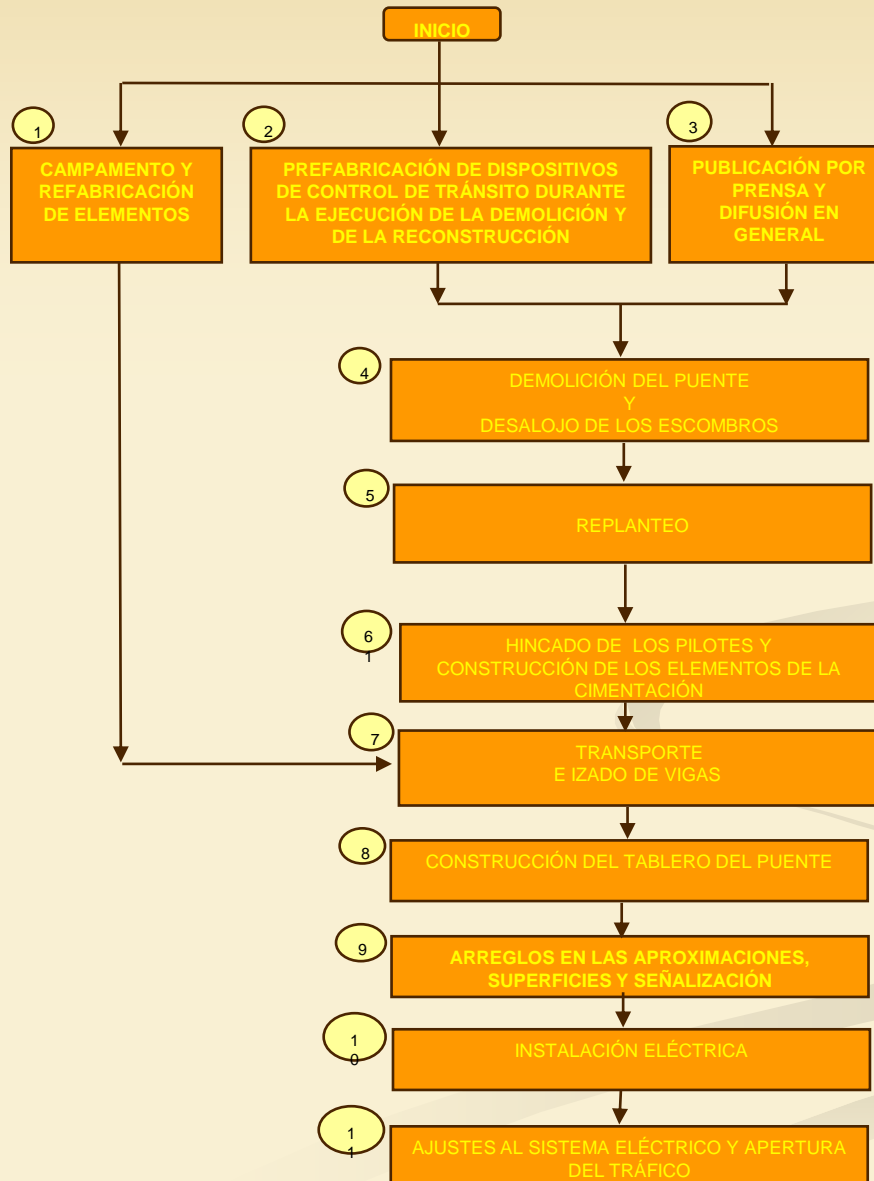
CÁLCULO DE LOSA

El diseño de las zapatas para la pila y los estribos se lo hizo con el siguiente procedimiento:




CÁLCULO DE
ZAPATAS

PROCESO CONSTRUCTIVO





**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**



■ **La alternativa de diseño seleccionada cumple con todos los requerimientos necesarios y satisface todos los problemas que se presentan en la actualidad en el puente, además de proporcionar una estructura estable y en su totalidad nueva.**

■ **De los estudios geotécnicos se obtuvieron todos los parámetros considerados en el proceso de diseño pero se recomienda que en el momento de la construcción se verifiquen los parámetros del suelo con nuevas perforaciones**



■ **La alternativa seleccionada proporciona continuidad en el ancho de la avenida y reduce la exagerada curva vertical existente mediante la utilización de vigas de menor peralte.**

■ **Las vigas del puente se las modeló en los programas CONCISE y SAP2000, como resultado de esto se puede concluir que los datos proporcionados por el programa CONCISE.**

The background of the image is a deep blue color, representing a vast body of water. A bright sun is visible on the left side, creating a shimmering reflection that extends across the horizon. The sky is a lighter shade of blue with some wispy white clouds. The word "GRACIAS" is centered in the middle of the image in a large, white, serif font with a subtle drop shadow.

GRACIAS