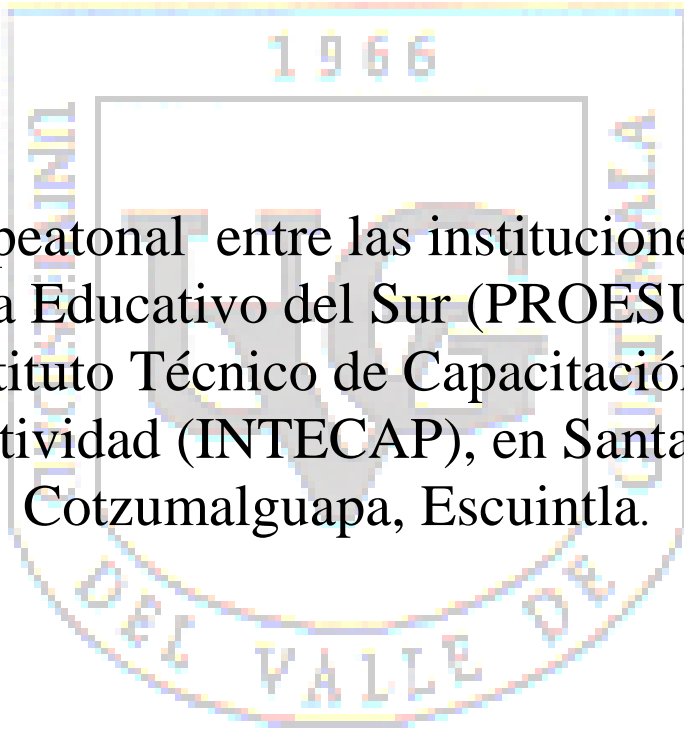


Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil



Paso peatonal entre las instituciones del
Programa Educativo del Sur (PROESUR) y el
Instituto Técnico de Capacitación y
Productividad (INTECAP), en Santa Lucía
Cotzumalguapa, Escuintla.

María Elena Ortiz Pineda

Guatemala
2005

Paso peatonal entre las instituciones del Programa Educativo del Sur (PROESUR) y el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP), en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil

Paso peatonal entre las instituciones del
Programa Educativo del Sur (PROESUR) y el
Instituto Técnico de Capacitación y
Productividad (INTECAP), en Santa Lucía
Cotzumalguapa, Escuintla.

Trabajo de graduación presentado por María Elena Ortiz
Pineda para optar al grado académico de Master en
Ingeniería Estructural

Guatemala

2005

AGRADECIMIENTOS

A Dios

El Maestro Constructor

A mis padres y hermanos

Julio Humberto

Marta Alicia

Daniel Humberto

Carmen Alicia

Por su confianza depositada desde el inicio de mi carrera.

A las autoridades de la Facultad de Ingeniería

Por su apoyo a lo largo de mi carrera

A mis catedráticos

Por sus conocimientos compartidos

A mis amigos

Por su apoyo incondicional y amistad sincera

« Si he llegado tan alto... es porque lo he hecho apoyándome sobre los hombros de gigantes »

Isaac Newton

PREFACIO

Unir, desde el punto de vista diseño, el campo de arquitectura y el campo estructural es una tarea que requiere un entendimiento que va más allá de la estética y de la función reflejada en un mismo proyecto, en él se abarcan distintos factores como el entorno, clima, topografía, punto focal, usuario, proporción y escala, entre otros.

La necesidad de unir a través de un puente peatonal dos instituciones educativas PROESUR e INTECAP es el tema central del presente trabajo, para llevar a cabo esta tarea se comenzó por realizar la visita de campo guiada y entrevistar a las personas conocedoras del tema, posteriormente se obtuvieron los planos topográficos y desarrollo de proyectos existentes para lograr entender la arquitectura del entorno y los elementos claves relacionados con ello.

Un aspecto interesante en el diseño final del puente peatonal Santa Lucía Cotzumalguapa es la unidad en el diseño por medio de los requisitos básicos de diseño estructural y arquitectónico logrando como resultado un puente acogedor que vincula dos criterios arquitectónicos diferentes, el puente en mención se caracteriza por ser un área agradable para el usuario, además de estar destinado a la circulación horizontal, es a su vez un espacio agradable en el cual se puede disfrutar del paisaje y tomar la lectura al aire libre en el área asignada para el solaz y esparcimiento.

Finalmente, en este trabajo se presenta la secuencia de pasos y requerimientos que se tomaron en cuenta para el desarrollo del puente peatonal con la finalidad de ir guiando al lector en los conceptos de elaboración de puentes no convencionales que integran entorno con estructura.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

El Maestro Constructor

A mis padres y hermanos

Julio Humberto

Marta Alicia

Daniel Humberto

Carmen Alicia

Por su confianza depositada desde el inicio de mi carrera.

A las autoridades de la Facultad de Ingeniería

Por su apoyo a lo largo de mi carrera

A mis catedráticos

Por sus conocimientos compartidos

A mis amigos

Por su apoyo incondicional y amistad sincera

« Si he llegado tan alto... es porque lo he hecho apoyándome sobre los hombros de gigantes »

Isaac Newton

CONTENIDO

	PÁG
I. INTRODUCCIÓN	01
II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	03
III. OBJETIVOS	
A. Generales	10
B. Específicos	10
IV. CONCEPTOS GENERALES	
A. Ingeniería de puente peatonal	11
1. Definición de puente peatonal	11
2. Clasificación de puente peatonal	11
a. Luz	11
b. Materiales de construcción	13
c. Tipología (sistema estructural)	15
d. Ejemplos de puentes peatonales y su clasificación	16
B. Estética en el diseño de puentes peatonales	
1. Definición de estética	29
2. Aspectos de estética	30
a. Función	30
b. Armonía	33
c. Orden y ritmo	34
d. Contraste y textura (manejo de materiales)	35
e. Proporción y escala	36
f. Color	38
C. Consideraciones de diseño	
1. Especificaciones de diseño para cálculo estructural del puente peatonal	39
a. Cargas vivas: carga viva peatonal	39
b. Carga de viento	40
c. Combinación de cargas	40
d. Detalles de diseño	40
e. Vibraciones	41
f. Esfuerzos de fatiga permisible	41
g. Espesor mínimo del metal	41
h. Conexiones tubulares soldadas	41
i. Medias luces de armaduras	42
V. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PUENTE PEATONAL	
A. Ubicación	43
B. Definición de la geometría de la estructura	44
C. Integración de cargas aplicadas a la estructura	48
1. Carga muerta	48
2. Carga viva	48
3. Carga de viento	49
4. Carga de sismo	49
D. Análisis estructural	50
1. Modelo estructural	50
2. Análisis estructural	60
3. Diseño estructural	74
E. Planos finales	75
VI. CONCLUSIONES	90
VII. RECOMENDACIONES	91
VIII. BIBLIOGRAFÍA	92

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁG
No.1 Primeros puentes peatonales en Guatemala	04
No.2 Puentes peatonales con énfasis en lo utilitario	06
No.3 Puentes peatonales no convencionales	07
No.4 Puente peatonal Plashet Grove	16
No.5 Puente peatonal Petrer	19
No.6 Puente peatonal del canal Main Danube	21
No.7 Puente peatonal Solferino	23
No.8 Puente peatonal Yunokabashi	25
No.9 Puente peatonal de la Mujer	27
No.10 Puente de Santa Lucia Cotzumalguapa	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁG
No.1 Plano de la Ciudad de Guatemala	05
No.2 Esquema de la problemática	09
No.3 Puente Petrer, España	11
No.4 Puente Volantin, España	12
No.5 Puente de la Mujer, Argentina	12
No.6 Puente Rialto, Italia	13
No.7 Puente Petrer, España	13
No.8 Puente Tapachula, Chiapas	14
No.9 Puente Pereira, Colombia	14
No.10 Puente de la Mujer, Argentina	14
No.11 Puente Plashet Grove, Inglaterra	15
No.12 Puente Volantin, España	15
No.13 Puente Traversita, Suiza	15
No.14 Puente Lechlade, Inglaterra	15
No.15 Puente Saransuns, Suiza	15
No.16 Puente Plashet Grove: vista, planta y elevación	16
No.17 Unión de viga	17
No.18 Perfiles superiores	17
No.19 Membrana de teflón	17
No.20 Unión de puente peatonal	18
No.21 Pilas de acero	18
No.22 Detalle de unión	18
No.23 Detalle de unión	18
No.24 Puente Petrer: vista, planta y elevación	19
No.25 Vista de tablero	20
No.26 Sistema estructural de arco de metal	21
No.27 Puente del canal Main Danube	21
No.28 Detalle de baranda de madera	22
No.29 Detalle de pila	22
No.30 Puente Solferino: vista, planta y elevación	23
No.31 Detalle de puente	24
No.32 Detalle de celosía	24
No.33 Puente Yunokabashi	25
No.34 Iluminación del puente	26
No.35 Puente de la Mujer	27
No.36 Pila central del puente	27
No.37 Esquema de pilas	28
No.38 Cimentación	28
No.39 Función del puente peatonal	30
No.40 Accesos del puente	31
No.41 Configuración del recorrido	31
No.42 Tipos de escaleras	32
No.43 Tipos de rampas	33
No.44 Armonía	34
No.45 Orden y ritmo	35
No.46 Contraste y textura	35
No.47 Proporción y escala	36
No.48 Número impar de tramos	37
No.49 Proporción entre vigas	37
No.50 Recomendaciones de proporción	37
FIGURA	PÁG

No.51 Recomendaciones de proporción	38
No.52 iluminación	38
No.53 Ubicación PROESUR	43
No.54 Puente peatonal Santa Lucía Cotzumalguapa	44
No.55 Armado interno de tablero	45
No.56 Sistema estructural de arco de metal	45
No.57 Riostra invertida en forma de V y X	46
No.58 Estructura marco y armadura	46
No.59 Modelo estructural subestructura	50
No.60 Modelo estructural estructura	51
No.61 Modelo tridimensional puente	52
No.62 Marco de análisis eje 2 y 7	53
No.63 Marco de análisis eje 3 y 6	54
No.64 Marco de análisis eje 4'	55
No.65 Marco de análisis eje 1' y 7'	56
No.66 Marco de análisis eje 2' y 6'	57
No.67 Marco de análisis eje 4 y 5	58
No.68 Marco de análisis eje B y C	59
No.69 Desplazamiento en X	73
No.70 Desplazamiento en Y	73
No.71 Desplazamiento en Z	74

ÍNDICE DE FOTOS

FOTOS	PÁG
No.1 Puente peatonal 12 calle zona 1	04
No.2 Puente peatonal zona 13	04
No.3 Puente peatonal de acero	06
No.4 Puente peatonal de concreto	06
No.5 Puente peatonal Tikal Futura	07
No.6 Puente peatonal Centro Médico	07
No.7 Puente peatonal Condado Concepción	07
No.8 Puente peatonal Km 16 carretera a El Salvador	07

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA	PÁG
No.1 Espectro de respuesta	71

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO	PÁG
Planta de ubicación	76
Planta de distribución	77
Planta acotada	78
Elevaciones	79
Secciones	80
Planta de acabados	81
Planta de techos	82
Volumen esquemático	83
Volumen subestructura	84
Volumen estructura	85
Planta de losa	86
Planta de estructura superior	87
Marco de estructura superior	88
Marcos típicos	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁG
No. 1 Combinaciones de cargas según LRFD	61
No.2 Espectro de aceleración UBC94	71
No.3 Participación efectiva de la masa	72
No.4 Factor de participación modal	72
No.5 Secciones finales de diseño	74

I. INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XX en el período entre guerras (I y II Guerra Mundial), la ingeniería civil cobró auge redescubriéndose obras funcionales importantes como los puentes.

El puente considerando hoy día como una obra pública de carácter estético y funcional ha presentado nuevos desafíos para ingenieros, arquitectos y constructores, en el diseño del mismo se toman en cuenta aspectos de composición, simetría, escala, proporción y entorno, entre otros. Este nuevo enfoque según Calatrava lo expone claramente en el siguiente pensamiento:

« Hay un ejercicio de estética en el hecho de proyectar un puente, se debe dedicar mayor atención a la integración entre estética y tecnología, pues la construcción del mismo comporta para el ingeniero una particular sensibilidad arquitectónica... el puente puede ser ideado para añadir una nota de interés en un paisaje sin ningún carácter distintivo»

Por ejemplo unir dos puntos equidistantes entre sí, salvar un claro o vacío, unir dos instituciones educativas, soportar fuerzas sísmicas o de viento, son entre otras las funciones básicas que presenta un puente.

En este trabajo la autora presenta un panorama histórico del surgimiento de los puentes peatonales en el país, haciendo énfasis en los distintos materiales de construcción, sistemas estructurales, diseños convencionales y no convencionales, función, estética, etc. exponiendo a su vez la problemática y objetivos en los cuales se fundamenta el trabajo, como se muestra en los Capítulos II y III.

Dentro de los conceptos generales (Capítulo IV) que apoyan a teóricamente el trabajo investigativo se muestra el concepto de puente peatonal definido como una estructura capaz de resistir cargas dinámicas construido sobre un obstáculo físico, cuyo usuario es el peatón. Se detalla a su vez la clasificación del puente peatonal de acuerdo a su luz, material constructivo y tipología o sistema estructural, para mayor entendimiento y aplicación de los conceptos mencionados se analizan en forma esquemática seis puentes a nivel mundial haciendo énfasis en los componentes de la subestructura y la superestructura.

Como un aspecto importante de diseño se en enumeran y definen los componentes de estética, función, usuario, circulación, armonía, orden y ritmo, manejo de texturas, proporción

y escala, iluminación, color, consideración de diseño de estructuras, incluyendo el diseño de cargas, combinaciones de cargas, detalle de diseño, etc.

El Capítulo V presenta el modelo final del puente peatonal, detallando su ubicación, definición de la geometría de la estructura, componentes de la estructura y subestructura, aspectos de estética, integración de cargas aplicadas a la estructura, procedimiento para el cálculo estructural, resultados de cálculo obtenidos, y finalmente diseño arquitectónico.

Las conclusiones y recomendaciones se presentan en los Capítulos VI y VII haciendo énfasis en las primeras propuestas planteadas para llegar a determinar el modelo final que cumpliera con los requisitos planteados tanto del punto de vista estructural como arquitectónico.

II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El puente es hoy día parte del mobiliario urbano, actualmente se le ha dado un mayor realce a su valor estético conjuntamente al valor tecnológico y funcional sin embargo desde sus inicios no siempre fue así. Roig menciona en su libro: <<Nuevos Puentes>> que en la antigüedad la palabra puente era relacionada con: <<función de continuidad en una vía>> haciendo énfasis en que el puente era parte del camino, a este tipo de obra funcional y utilitaria se le denominó obra de fábrica.

El concepto de puente se encuentra ligado al término viaducto, cuyo origen latín significa literalmente que transporta una vía.

Para los romanos la erección de puentes y viaductos eran símbolo de grandeza y poder sobre los territorios conquistados, acentuando el carácter de monumento más allá de lo funcional, como es el caso del puente de Mérida o Alcántara en España, dichas obras añaden a su funcionalidad los conceptos de composición, simetría, orden y ritmo, manejo de texturas, escala, etc.

En 1747, la Escuela de Puentes y Calzadas en Francia comienza a investigar la forma de aligerar las estructuras de los puentes, (estos se caracterizaban por ser muy masivos), a conseguir mayores luces, reducir el número de apoyos y reducir costo económico, entre otros.



Con la Invención del vehículo (1890-1900) , surgió una nueva preocupación, ya que la red viaria fue diseñada originalmente para peatones y vehículos de tracción animal (carruajes y

carretas) , ocasionando congestionamiento de tránsito, dando origen durante el período entre I y II Guerra Mundial al surgimiento de normas, las cuales incluían:

- i. utilización y clasificación de vías
- ii. Parámetros para su proyección
- iii. Clasificación según vías de locomoción
- iv. Se simbolizan ambos sentidos de la marcha(una vía, doble vía)
- v. Se identifican áreas de estacionamientos
- vi. Se independizó al peatón de la circulación rodada

El crecimiento demográfico en América dio paso al crecimiento urbano. En Guatemala este último cobró mayor auge durante la administración del General José María Reina Barrios, en 1892 se mandó a erigir el Boulevard 30 de Junio conocido hoy día como la avenida de la Reforma.

Los primeros puentes peatonales se construyeron durante la administración del General Jorge Ubico (1931-1944) muestra de ellas figuran en el cuadro no.1 a continuación:

cuadro No.1 PRIMEROS PUENTES PEATONALES EN GUATEMALA	
	
<p>Foto No.1 puente peatonal 7 avenida y 12 calle zona 1 Fuente: foto digital Arq. Ortiz</p>	<p>Foto No.2 puente peatonal zona 13 Fuente: foto digital Arq. Ortiz</p>
<p>Foto No.1 puente peatonal que une los dos edificios del Palacio de Correos y Telecomunicaciones, la estructura se caracteriza por ser masiva, sin embargo además de su funcionalidad al peatón, muestra un estudio de</p>	<p>Foto No.2 Puente peatonal cuya función fue vincular los salones del Hipódromo del Sur (actual Ministerio de comunicaciones y Obras Públicas), dándole seguridad de locomoción al peatón por encima de la vía</p>

en el manejo de orden, ritmo, escala, e integración con el entorno, dándole énfasis a su carácter monumental.

automovilística. El puente peatonal se caracteriza por ser masivo, incluyendo a su vez elementos de composición y realce como puntos focales.

Posteriormente, la ejecución de nuevas calzadas principales como: la ruta al Atlántico (calzada José Milla y Vidaurre), La calzada Roosevelt, Avenida Bolívar, Calzada Aguilar Batres, etc. (vid. Figura No.1) dieron lugar a una readecuación vial independizando el transporte motor del peatón, dándole prioridad a éste de circular y atravesar las vías sin mayor peligro, por medio de puentes peatonales comúnmente conocidos como pasarelas.

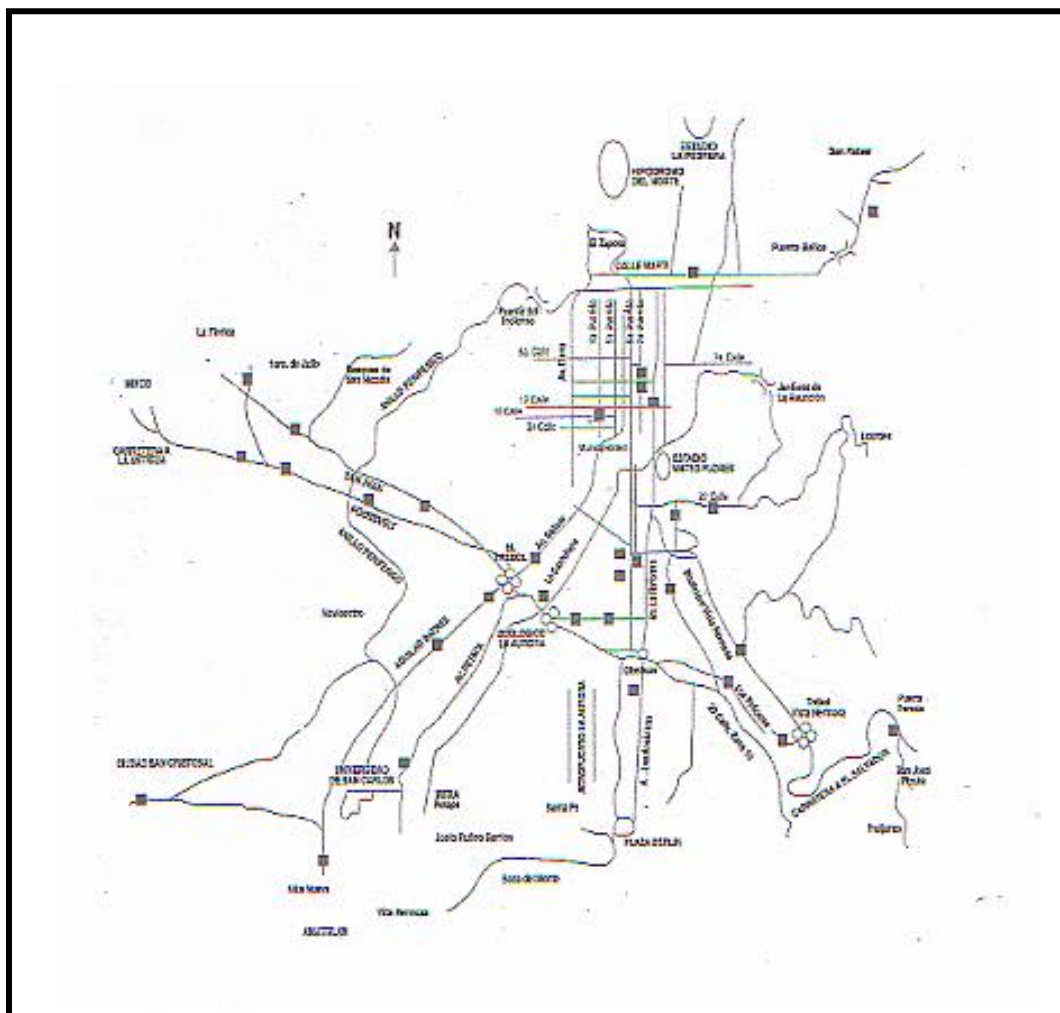




Figura No. 1 plano esquemático de calzadas, avenidas y boulevares principales de la ciudad de Guatemala.

Las

ente
ieza

en la composición que, a su vez, cumpliera con los requisitos de función y economía, por lo que se descuidaron los elementos de estética dándole mayor énfasis a lo utilitario.

Cuadro No.2 PUENTES PEATONALES CON ÉNFASIS EN LO UTILITARIO

	
<p>Foto No.3 puente peatonal de acero Fuente: foto digital Arq. Ortiz</p>	<p>Foto No.4 puente peatonal de concreto Fuente: foto digital Arq. Ortiz</p>
<p>Foto No.3 Las pasarelas de acero se realizaron en el año 1972 bajo la administración del General Manuel Arana. Formadas por dos perfiles WF longitudinales como vigas principales; el tablero peatonal es de lámina estriada, los barandales y pasamanos son de tubo de sección cuadrada y malla. Las gradas también son de metal en algunas son de tramo continuo y en otras de tramo recto. Estos puentes peatonales han carecido de mantenimiento.</p>	<p>Foto No.4 En la década de los 80 se construyeron las pasarelas realizadas de concreto presforzado de Precon, las cuales consiste en una viga sección T presforzada que constituye el tablero peatonal, las escaleras son de tramo recto en su mayoría, y otra parte que poseen tramos en U. Estas gradas se caracterizan por carecer de contrahuella tapada lo que produce en el peatón sensación de inseguridad.</p>

Ambas pasarelas reúnen el concepto de funcionalidad (servicio), sin embargo, carecen del manejo de composición en cuanto a los elementos de estética.

Por otra parte, en la actualidad se ha tratado de incluir un poco estos elementos (estética y entorno) conjuntamente al de servicio, dando como resultado nuevos puentes peatonales, entre los que se encuentran:

Cuadro No.3 PUENTES PEATONALES NO CONVENCIONALES



Foto No.5 puente peatonal de Tikal Futura
Fuente: foto digital
Arq. Ortiz



Foto No.6 puente peatonal Centro Médico
Fuente: foto digital
Arq. Ortiz

Foto No.5 construida aproximadamente en 1996, la pasarela de Tikal Futura muestra una integración entre el edificio y su entorno, en la misma se utiliza la estética unida a lo funcional, además de utilizar materiales con mayor expectativa de longevidad como es el uso del concreto, en este caso se utilizó el concreto en color marrón.

Foto No.6 Diseñada y construida en el año 2000, la pasarela del Centro Médica fue pensada con la finalidad de unir ambas instituciones médicas, por un lado el hospital y por el otro los laboratorios y clínicas. Este puente peatonal se caracteriza por la integración de diversos materiales: lámina, concreto, aluminio, etc. en ella se muestra un nuevo concepto de arquitectura funcional.

Continuación de Cuadro No.3....



Foto No.7 puente peatonal Condado Concepción
Fuente: foto digital
Arq. Ortiz



Foto No.8 puente peatonal Km 16 Carretera a El Salvador
Fuente: foto digital
Arq. Ortiz

Foto No.7 el puente peatonal muestra el uso de la mampostería (ladrillo). el mismo presenta una composición simétrica, uso de conceptos de armonía, y escala, entre otros. En su diseño se tomo en cuenta su estética y funcionalidad, este puente une los puntos urbanos importantes de dos áreas de comercio: Centro comercial de Condado Concepción e Hiper Paiz Puerta Parada.

Foto No.8 construido en el año 2003, el puente peatonal de la entrada de San José Pinula muestra un concepto novedoso en cuanto al uso de nuevos sistemas estructurales e integración de materiales de construcción (acero y concreto), a su vez representa la limpieza visual y el uso de color en integración con el entorno.

Estos últimos puentes peatonales muestran intentos alentadores de integrar las tres características básicas a tomar en cuenta en toda composición estructural: servicio (función), estética y entorno (contexto o paisaje urbano), sin embargo, aún no se le ha dado la suficiente importancia a otros aspectos básicos como: tipo de usuario (discapacitado) y manejo de color.

Una de las funciones del puente peatonal es unir dos puntos distanciados atravesando una vía, o un río o bien la unión de dos edificios educativos Proyecto Educativo del Sur e Instituto Técnico de Capacitación y Productividad en el departamento de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

En el km. 92.5 carretera a Mazatenango se encuentra ubicado el Proyecto Educativo del Sur (PROESUR) el cual está formado por los siguientes proyectos:

- Colegio Americano del Sur (CAS)
- Centro de Idiomas (CEI)
- Programa de Educación Continuada (EDUCON)
- Museo de las Culturas de la Costa Sur
- Tecnológico del Sur (TECSUR)

En el año 2003 se comenzaron las gestiones para que el Tecnológico del Sur (TECSUR) y el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP), trabajaran conjuntamente compartiendo aulas y talleres de ambas instituciones, dichas gestiones se consolidaron en febrero del 2004. En estas instituciones se presenta un movimiento de aproximadamente 175 alumnos los cuales caminan alrededor de 2 kilómetros diarios para llegar a sus respectivas aulas por carecer de un paso directo entre ambas instituciones y a su vez estos mismos estar divididos físicamente por un río (*vid.* Figura No.2).

Ante dicho panorama se propuso la donación de cálculo estructural y diseño arquitectónico de un puente peatonal que una directamente a ambas instituciones. El terreno presenta un desnivel aproximado de punto a punto de 10 metros además de contemplar áreas de futura expansión de acuerdo a ambos proyectos arquitectónicos de las dos instituciones (PROESUR e INTECAP) y una futura área ecológica de siembra de bambú.

En el diseño se tomó en cuenta aspectos de composición (estética), integración con el entorno, y sistema estructural de acuerdo a su función, entre otros.



Figura No.2 unión de las instituciones de PROESUR e INTECAP, el esquema muestra el río que atraviesa la distancia entre las dos instituciones

Fuente: PROESUR

III. OBJETIVOS

A. Generales

1. Proporcionar el análisis detallado de los puentes peatonales más relevantes en otros países, los cuales presentan un concepto no convencional en su diseño y estructuración con los requerimientos básicos para la integración de función, entorno y estética.

B. Específicos

1. Especificar el sistema estructural y material de construcción a utilizar en un puente peatonal, de acuerdo a su luz, ubicación (entorno), topografía, usuario y composición de diseño.
2. Detallar el desglose del cálculo de integración de cargas gravitacionales, laterales y otras de acuerdo a la aplicación de códigos y especificaciones, aplicadas a los elementos que componen un puente peatonal.
3. Dar a conocer el cálculo estructural de un puente peatonal basado en las normas estructurales Asociación Americana de transportes y carreteras (AASHTO), el Diseño de la Carga Resistente (LFRD) y el Código Uniforme de la Construcción (UBC)

IV. CONCEPTOS GENERALES

A. Ingeniería de puente peatonal

1. Definición de puente peatonal

El puente peatonal se define como la estructura capaz de resistir cargas dinámicas (viento y sismo), construido sobre un obstáculo para cruzarlo (río, barranco, etc), cuyo principal usuario es un peatón (persona que se conduce a pie).

2. Clasificación de puente peatonal

Los puentes peatonales se clasifican de acuerdo a

a. Luz

Según la luz de los puentes (claro), estos se pueden clasificar en tres tipos: luces pequeñas o cortas máximo de 20 metros, luces medianas de 20 a 125 metros y luces grandes o largas de 125 metros o más. (*vid.* Figura No. 3 , No4 y No.5)





Figura No. 4 luz mediana Puente del Campo
Volantin, España, 71 metros
Fuente: Wells



Figura No. 5 luz grande Puente de la Mujer,
Argentina, 160 metros
Fuente: Wells

b. Materiales de construcción

Los materiales de construcción utilizados en puentes peatonales se muestran en las figuras No. 6 al No. 10

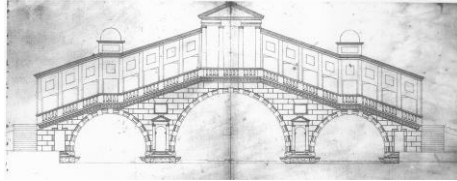


Figura No. 6 mampostería Puente Rialto, Venecia
Fuente: Wells



Figura No. 7 madera Puente Petrer, España
Fuente: Wells



Figura No. 8 acero Puente en Tapachula, Chiapas
Fuente: Arq. Ortiz



Figura No. 9 bambu Puente Pereira, colombia
Fuente: Wells



Figura No. 10 concreto Puente de la Mujer.
Argentina
Fuente: Wells

c. Tipología (sistemas estructurales)

Los sistemas estructurales más comunes en el uso de puentes peatonales



Figura No.11 sistemas de losas y vigas simplemente apoyadas o continuas Plashet Grove, school, Londeres. Fuente Wells



Figura No.12 arcos, Puente Volantin, España . Fuente Wells



Figura No.13 Armaduras, Puente Traversita, Suiza Fuente Wells



Figura No.14 cajón, Puente Lechlade, Reino Unido Fuente Wells

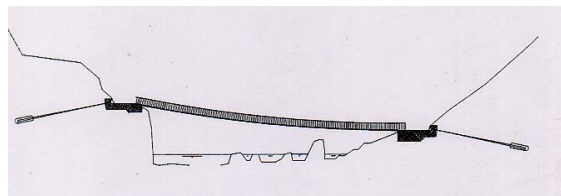


Figura No.15 suspendidos, Puente de Suransuns, Suiza Fuente Wells

d. Ejemplos de puentes peatonales y su clasificación

Puente peatonal Plashet Grove, Inglaterra

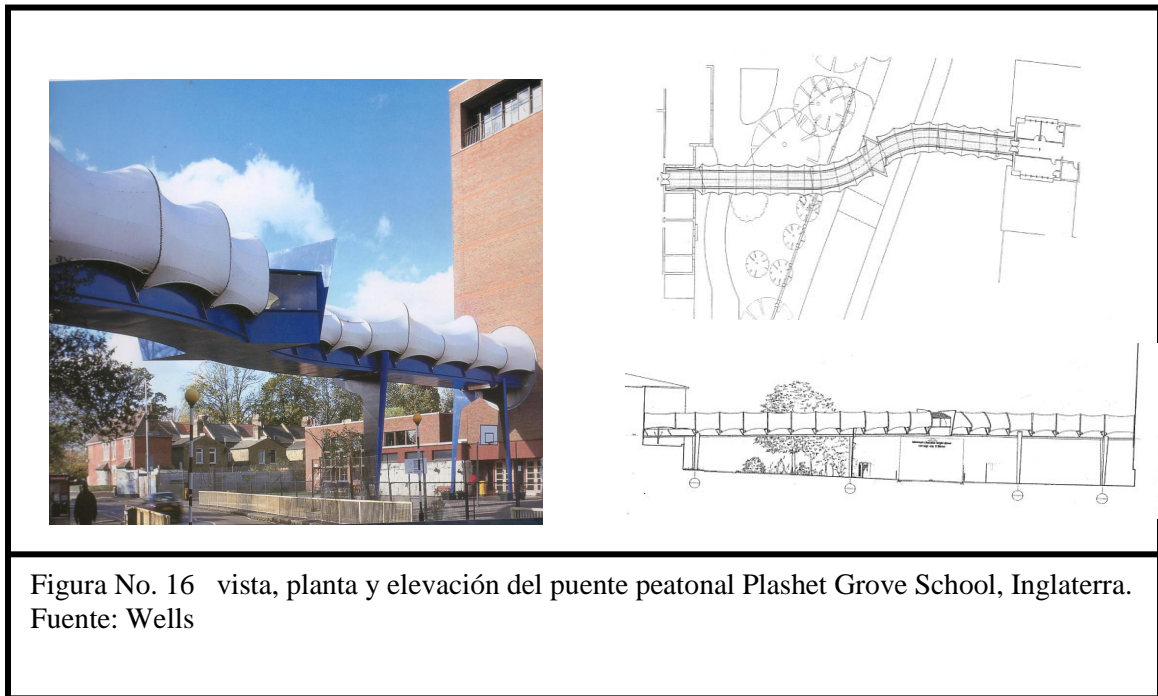


Figura No. 16 vista, planta y elevación del puente peatonal Plashet Grove School, Inglaterra.
Fuente: Wells

Cuadro No. 4 DATOS GENERALES

Año de construcción: 2000	Diseñador: Birds Portchmouth Russum	Ubicación: Londres, Reino Unido	Luz: 67 metros
------------------------------	---	---------------------------------------	-------------------

La escuela secundaria Plashet Grove se encuentra ubicada en dos edificios separados, en medio de los cuales atraviesa una avenida arbolada muy transitada por vehículos, para evitar el riesgo a los estudiantes se planificó uniendo ambos edificios por medio de un puente peatonal.

Cuadro No.4a CLASIFICACIÓN DEL PUENTE DE ACUERDO A:

Luz:	Material de construcción:	Tipología o Sistema Estructural	Carga
Mediana, 67 metros	Acero en su mayoría	Diafragma y viga	Peatonal

Puente compuesto por tres tramos simplemente apoyados sobre cuatro pilas de acero. (vid. Figura No. 17).

La superestructura del puente está formado por dos vigas principales I longitudinales de acero, las cuales a su vez forman la baranda de la pasarela. La estructura es continua de extremo a extremo en 60 metros, unida a los siete metros restantes a través de una junta de expansión. El puente está fijado en el sentido horizontal sólo en el extremo norte, en el extremo sur se colocó otra junta de expansión como una pieza simple para transferir esfuerzos laterales y verticales. La viga I fue rolada en frío y caliente para obtener la forma curva en el centro del puente. La misma se une directamente con el diafragma de acero que constituye el piso de la pasarela. La rigidez horizontal está dada por los perfiles superiores en forma de “U” invertida (vid. Figura No. 18) que, a su vez, forman la estructura de la cubierta la cual es una membrana de fibra de vidrio que cubre los perfiles superiores como muestra la Figura No.19.

El puente peatonal carece de estribos, ya que



Figura No. 17 viga unida con el diafragma apoyada directamente sobre la pila de acero.

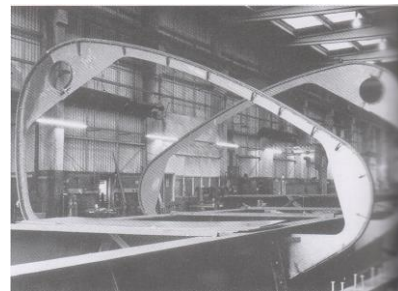


Figura No. 18 Perfiles superiores en forma de U, los cuales proporcionan rigidez.



Figura No. 19 membrana de fibra de teflón

el extremo norte se une directamente con el muro de mampostería de los edificio de aula en forma rígida y el extremo sur se une también al otro edificio, en forma flexible a través de una junta de dilatación. (vid. Figura No. 20)

Las pilas de soporte del puente peatonal son elementos elaborados en acero, (vid. Figura No.21) consisten en una estructura de placas con bordes curvos, pernadas en la parte central, sobre ellas descansa de manera indirecta el diafragma rígido ya que las pilas se unen directamente a las vigas I longitudinales a través de placas y pernos (vid. Figura No.22 y No. 23)



Figura No.20 unión del puente peatonal con el muro de mampostería del edificio de la escuela secundaria

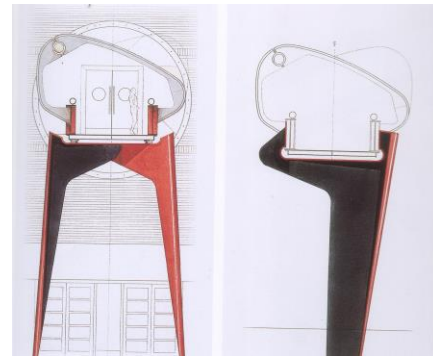


Figura No.21 pilas de acero de la pasarela Plashet Grove

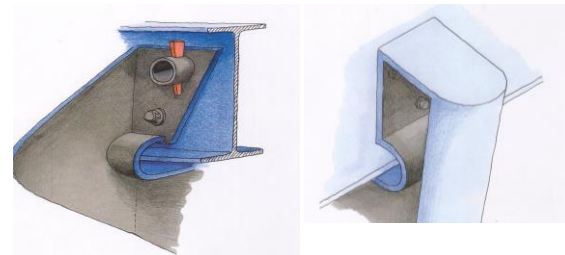
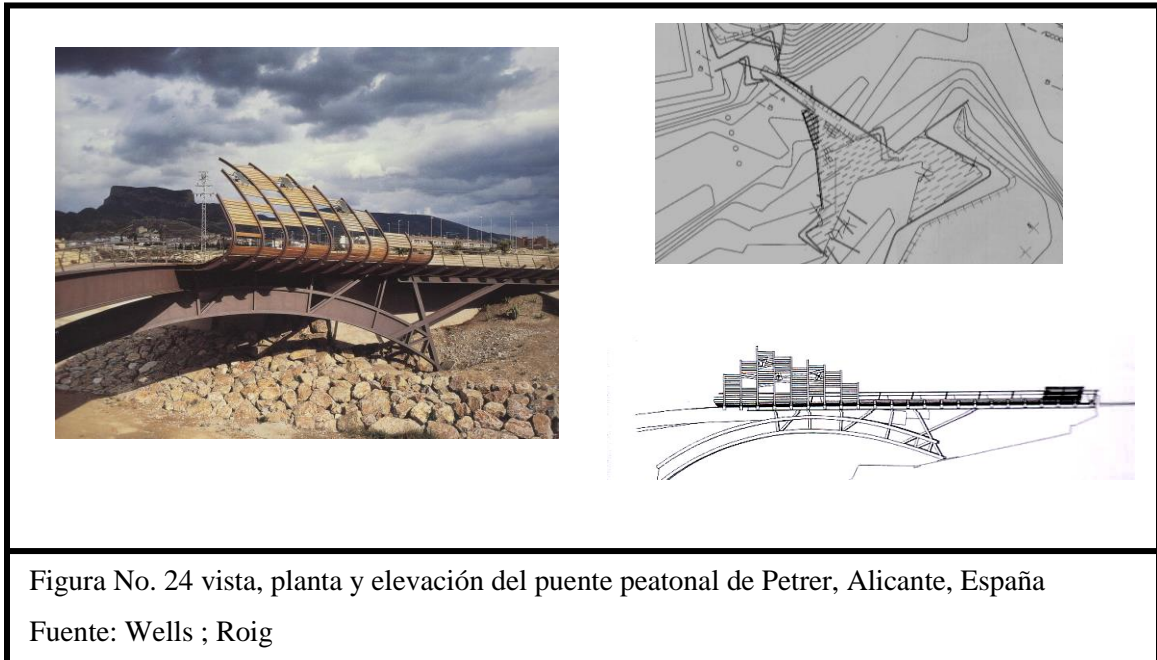


Figura No. 22 y No23 detalle de unión entre pila y viga longitudinal: sistema de soldadura y pernos.

Puente peatonal Petrer, España



Cuadro No. 5 DATOS GENERALES

Año de construcción: 1998	Diseñador: Carme Pinos Miquel Llorens	Ubicación: Alicante, España	Luz: 12 metros
------------------------------	---	-----------------------------------	-------------------

Puente peatonal ubicado sobre un barranco de la provincia de Alicante adaptado a la topografía del mismo. Los diseñadores usaron el concepto de plaza uniendo dos barrios residenciales. Su forma y tamaño responden a un trazado de aspa, reconocible tanto en planta como en la disposición de la estructura. El puente de Petrer se caracteriza por la integración de los elementos del entorno a la nueva estructura como es el caso de las ruinas del antiguo acueducto de mampostería.

Cuadro No. 5b CLASIFICACIÓN DEL PUENTE DE ACUERDO A:

Luz:	Material de construcción:	Tipología o Sistema Estructural	Carga
Pequeña 12 metros	Acero y madera	Arco y tablero	Peatonal

Cuadro No. 5c COMPONENTES DE LA SUPERESTRUCTURA Y LA SUBESTRUCTURA

Puente compuesto por un solo tramo continuo, su tablero está formado por madera laminada en distintos niveles, el espacio de la superficie del tablero peatonal se contempló la integración de áreas de descanso y realce en el entorno haciendo énfasis en los puntos focales importantes como el acueducto histórico que se encuentra paralelo a la estructura del puente Petrer. (vid. Figura No. 25)

El sistema estructura está constituido por dos arcos bajos que se entrecruzan en forma diagonal en la parte inferior. La estructura es metálica formada por perfiles I las vigas longitudinales curvas principales y reforzadas en su sentido transversal por perfiles I nuevamente actuando como costaneras.

Las barandas están elaboradas en dos materiales por un lado metal y por el otro madera, este puente representa un ejemplo de integración en la diversidad de materiales y la integración con el entorno. (vid. figura No. 26)



Figura No. 25 vista del tablero e integración del puente con el entorno.



Figura No. 26 sistema estructural de arco de metal .

Puente peatonal del canal Main Danube, Alemania

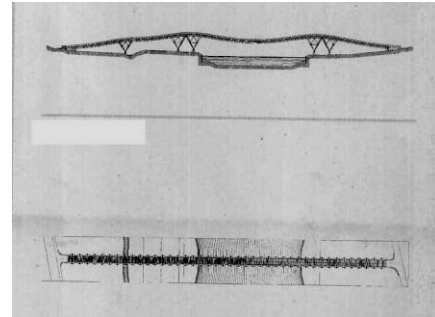


Figura No.27 vista, planta y elevación del puente peatonal Canal Main Danube, Alemania.
Fuente: Wells

Cuadro No. 6 DATOS GENERALES

Año de construcción: 1986	Diseñador: Richard Dietrich, Heinz Brünighoff	Ubicación: Essing, Alemania	Luz: 73.28 metros
------------------------------	---	-----------------------------------	----------------------

Situado en el Valle de Altmühltal, atravesando el canal del Río Danubio, el puente se diseñó pensando en la integración con su entorno natural. Para tal efecto se utilizó como material constructivo madera laminada y en su diseño estético forma ondulante orgánica provocando en el observador la sensación de ligereza y flexibilidad.

Cuadro No. 6 a CLASIFICACIÓN DEL PUENTE DE ACUERDO A:

Luz:	Material de construcción:	Tipología o Sistema Estructural	Carga
Mediana 73.28 metros	Madera laminada	Vigas y tablero	Peatonal

Puente compuesto por cuatro tramos, dos pilas dobles y una simple, el tablero peatonal está constituido por tablonces los cuales van apoyados directamente sobre dos vigas longitudinales continuas y curvas de sección rectangular, las mismas están rigidizadas en el sentido horizontal por riostras formando una X en la parte de abajo, evitando así el efecto de torsión.

La unión entre la viga principal, tablero y baranda se logra a través de los elementos que forman el módulo de la armadura vertical en forma de triángulo dividido en dos partes iguales y la unión de una de estas con el marco de la baranda por medio de dos puntales diagonales. (vid. Figura No 28).

Las pilas en forma de V están unidas directamente a la viga principal (extremo superior) por conexiones tipo balancín de acero; en el extremo inferior se utilizó el mismo tipo de apoyo móvil ubicado directamente sobre un módulo ovalado de concreto.

En cuanto a su funcionamiento estructural en sentido longitudinal funciona como un sistema de marco amarrado por la viga y tablero, en el sentido transversal (paralelo a la corriente) posee una rigidez mayor debido a la cercanía entre columnas, la cual es una distancia relativamente corta. (vid. Figura No. 29)



Figura No. 28 baranda de madera y conexiones de metal. Puntales de madera formando triángulo.

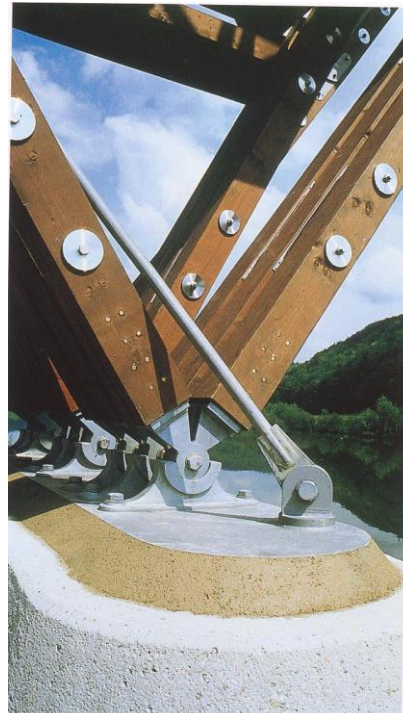
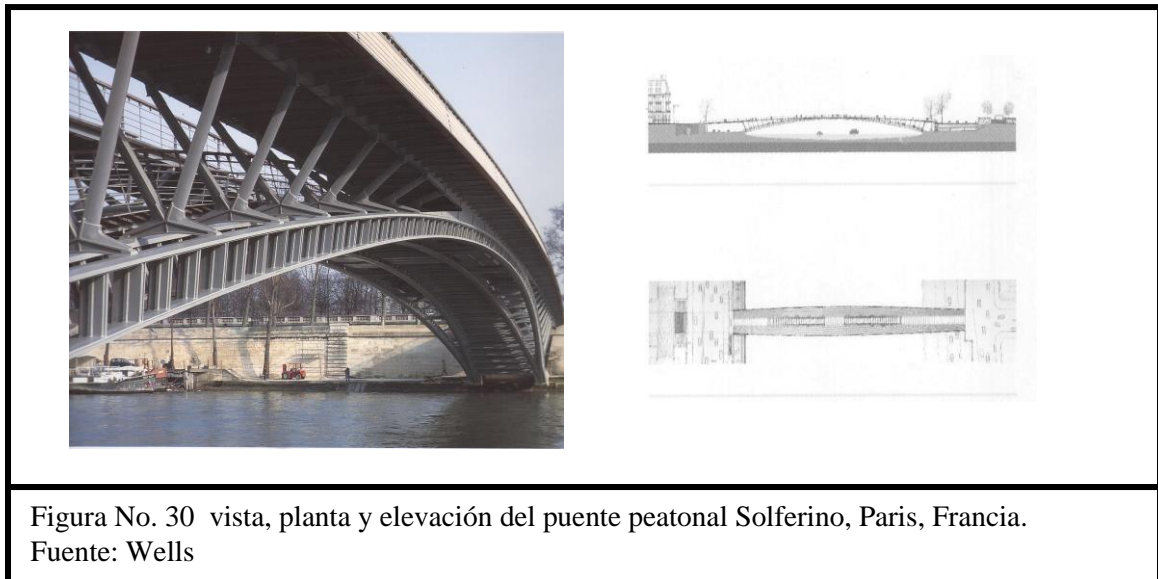


Figura No. 29 detalle de la pila del puente peatonal

Puente Peatonal Solferino, Francia



Cuadro No. 7a DATOS GENERALES

Año de construcción: 1999	Diseñador: Marc Mimram	Ubicación: Paris, Francia	Luz: 102 metros
------------------------------	---------------------------	---------------------------------	--------------------

Ubicado sobre el Río Sena, el puente Solferino une en su parte superior las áreas culturales e históricas del Jardín de las Tullerías y el Museo de Orsay, y en su parte inferior los muelles del río. Este puente peatonal se caracteriza por estar formado de dos niveles: el nivel alto, a la cota de la ciudad, conecta dos calles principales y el nivel bajo a la cota de rasante del río conectando los dos muelles.

Cuadro No.7b CLASIFICACIÓN DEL PUENTE DE ACUERDO A:

Luz:	Material de construcción:	Tipología o Sistema Estructural	Carga
Mediana 102 metros	Acero y madera	Arco	Peatonal

Puente peatonal se caracteriza por ser de un solo tramo, su sistema estructural esta formado por dos arcos bajos segmentados de distintos radios.

El tablero superior de madera recibe en su centro el paso inferior del arco que une a los muelles (*vid.* Figura No.31)

La estructura portante de metal está formada por un sistema de doble tornapunta en forma de U, los cuales son de sección variable y sostienen al tablero superior. El tablero inferior descansa sobre cuatro arcos (emparejados unidos en sus extremos) formando un elemento curvo de celosía elaborado en acero (*vid.* Figura No. 32)

El extremo de la estructura une al estribo por medio de un sistema de amortiguadores, los mismos se colocaron posteriormente al día de la inauguración del puente al comprobar la alta vibración que presentaba la estructura con el paso de peatones.



Figura No. 31 unión del paso superior a la calle y del paso inferior con los muelles

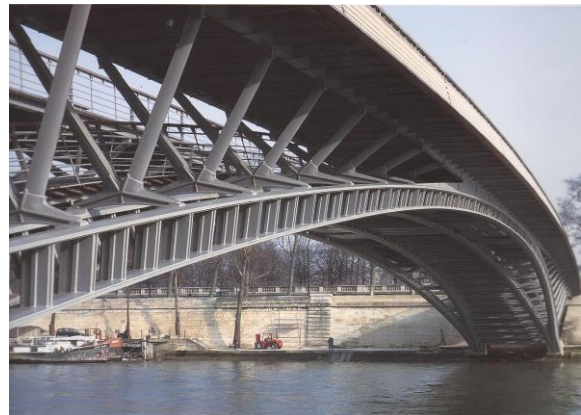


Figura No. 32 elementos curvos formando la celosía

Puente peatonal Yunokabashi, Japón

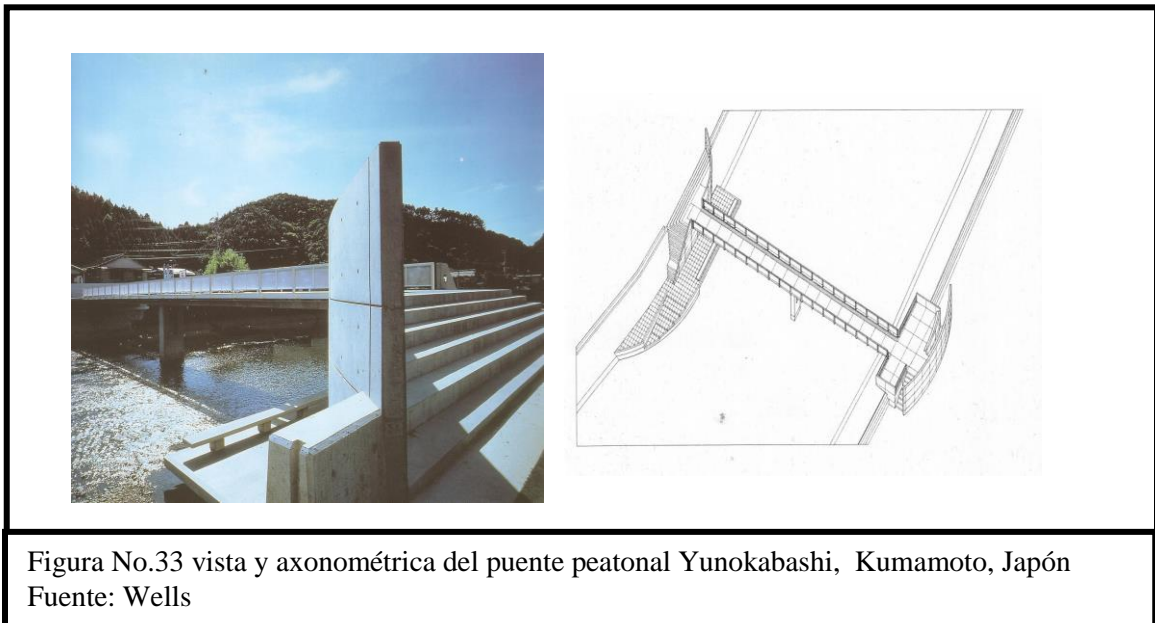


Figura No.33 vista y axonométrica del puente peatonal Yunokabashi, Kumamoto, Japón
Fuente: Wells

Cuadro No. 8 DATOS GENERALES

Año de construcción: 1991	Diseñador: Waro Kishi y asociados	Ubicación: Kumamoto, Japón
------------------------------	---	----------------------------------

Pasarela diseñada con la finalidad de unir el cruce de río a diferente cota, situando así el puente peatonal en una cuota intermedia entre ambos lados y mantenerla completamente horizontal.

Cuadro No. 8a CLASIFICACIÓN DEL PUENTE DE ACUERDO A:

Material de construcción:	Tipología o Sistema Estructural	Carga
Concreto reforzado	Viga y tablero	Peatonal

Puente peatonal compuesto por dos tramos y una pila central.

El tablero es de viga cajón continua con doble voladizo elaborada en concreto reforzado, el cual descansa sobre una pila central en forma de U. Su funcionamiento estructural en ambos sentidos en un sistema de marcos.

El puente se caracteriza por resolver la diferencia de cotas a través de grupos de graderío integrados como parte del mobiliario público como un espacio urbano. Para darle mayor realce a la estructura se pensó en un sistema de iluminación. (*vid.* Figura No.34).



Figura No. 34 puente peatonal Yunokabashi con iluminación durante la noche .

Puente peatonal de la Mujer, Argentina

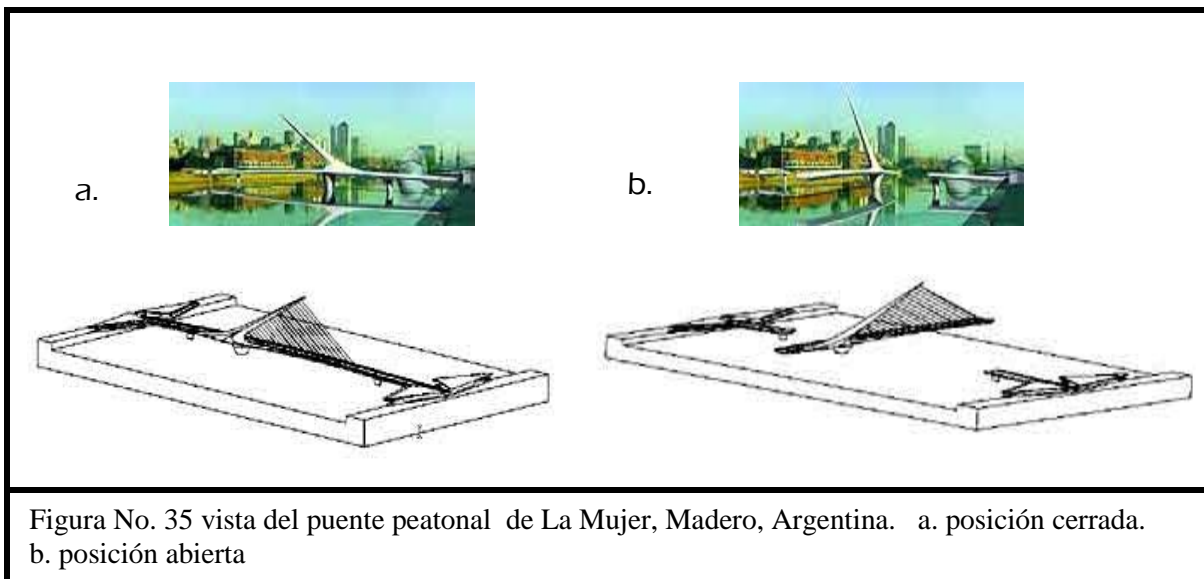


Figura No. 35 vista del puente peatonal de La Mujer, Madero, Argentina. a. posición cerrada.
b. posición abierta

Cuadro no. 9a	DATOS GENERALES
---------------	-----------------

Año de construcción: 2000	Diseñador: Santiago Calatrava	Ubicación: Dique 3 Madero, Argentina	Luz: 160 metros
------------------------------	----------------------------------	--	--------------------

Puente peatonal atirantado cuyo sistema central de rotación permite el tráfico marítimo por el dique, la distancia total del puente es de 160 metros segmentado de la siguiente manera, dos tramos extremos de 45 metros cada uno y uno central rotatorio de 70 metros.

CuadroNo. 9b	CLASIFICACIÓN DEL PUENTE DE ACUERDO A:
--------------	--

Luz:	Material de construcción:	Tipología o Sistema Estructural	Carga
Grande 160 metos	Concreto y acero	Puente atirantado	Peatonal

COMPONENTES DE LA SUPERESTRUCTURA Y LA SUBESTRUCTURA
--

Puente peatonal segmentado de tres tramos, formado por el tablero peatonal el cual se encuentra a una altura de 19.50 metros sobre el nivel del mar, con un a pendiente longitudinal medida desde su punto de inflexión hasta los estribos del 3.5% y una transversal del 1.5%. Estructuralmente se planteó como una viga cajón metálica de sección transversal asimétrica en la zona giratoria.

Los tramos rotatorios descansan en una pila central de hormigón blanco de 9.40 metros de altura, cuya parte inferior ubica los mecanismos de rotación, el mismo posee una geometría troncocónica invertida. (vid. Figura No. 36).



Figura No. 36 pila central del puente.

Las dos pilas laterales son de sección variable formada por una superficie generada de un círculo de 160 centímetros de diámetro en su base y una elipse en la cabeza, las mismas se ejecutaron de hormigón blanco, cimentadas cada una mediante un cabezal triangular y tres pilotes de un metro de diámetro y 26 metros de profundidad. (vid. Figura No.37 y No. 38).

Los estribos se revistieron con paneles de hormigón blanco prefabricado de 2 mts. de longitud y entre 4 y 6 mts. de altura.

Los tirantes del puente están formados por cables de acero galvanizado de alta resistencia, de sección circular presentando un diámetro nominal de 28 milímetros.

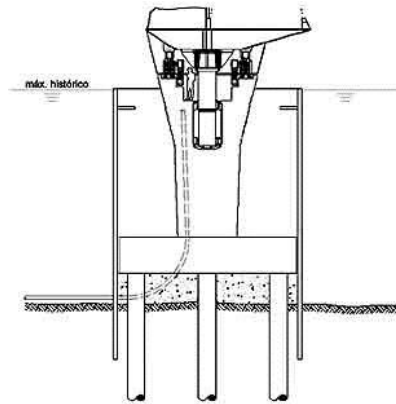


Figura No.37 esquema de las pilas laterales y su cimentación.



Figura No.38 cimentación con cabezal triangular.

B. Estética en el diseño de puentes

1. Definición de estética

La estética generalmente se encuentra relacionada con términos afines que la describen, como la belleza, la armonía y la filosofía entre otros. Algunos pensadores definen el término estética de la siguiente manera :

«.. no es una capa de barniz que cubra las cosas; no se encuentra a flor de piel; no es algo que se añade para hacer aceptable una cosa fea; es parte de la naturaleza del objeto »
Anónimo

«... es la interacción armónica de los elementos que componen el cuerpo, la mente y el espíritu »
Deepak Chopra

Entre otros, Santiago Calatrava menciona la comunión entre la obra y el entorno, realzando la estética de la obra misma:

«Hay un ejercicio de estética en el hecho de proyectar un puente, y creo que en ese caso se debe dedicar mayor atención a la integración entre estética y tecnología. Pienso que la construcción de un puente comporta para un ingeniero una particular sensibilidad arquitectónica, sobretodo a la hora de imaginar la forma de un puente como un importante punto de referencia para la ciudad, y que este puede ser ideado para que añada una nota de interés en un paisaje sin ningún carácter distintivo »

El término de estética lo conceptualiza F. Ordóñez en la siguiente frase:

« la estética es el estudio de las cualidades de belleza de un objeto y de su percepción a través de nuestros sentidos »

Estos y otros conceptos definen el término en sí, sin embargo, más que un concepto, lo más importante es su aplicación en el diseño de la estructura; el proyectista o diseñador determina las cualidades de estética de un puente y la sensación de belleza que la obra proyecte a los sentidos del ser humano, ya sea al usuario o al observador.

2. Aspectos de estética

a. Función

Los puentes en su diversidad, forman parte del mobiliario urbano de una ciudad, su función primordial es la conexión entre dos puntos opuestos en forma longitudinal en cuya estructura transitan medios de transportes (vehículos o ferrocarriles), abastecimiento (agua) y peatones (*vid.* Figura No.39). Los mismos vinculan vías de comunicación principales o secundarias entre centros urbanos en desarrollo o firmemente constituidos.

El puente debe combinar aspectos de funcionalidad y estética, logrando el equilibrio y armonía entre ambos. La función de un puente será definida por el diseñador, el cliente y el usuario de la obra.

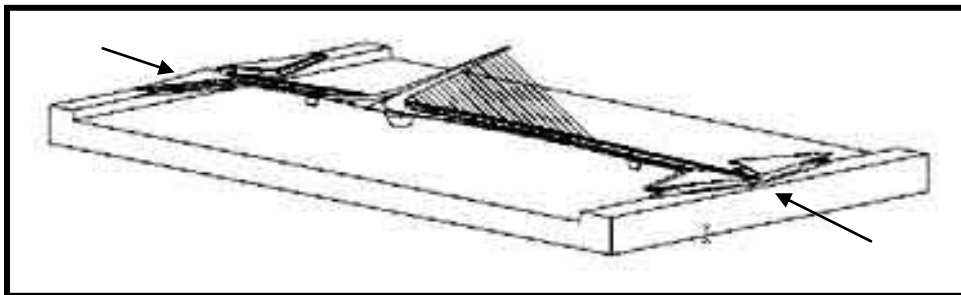


FIGURA No. 39 Función de un puente peatonal (puente de la Mujer, Argentina), las flechas indican los puntos de unión
Fuente: Wells

Usuario

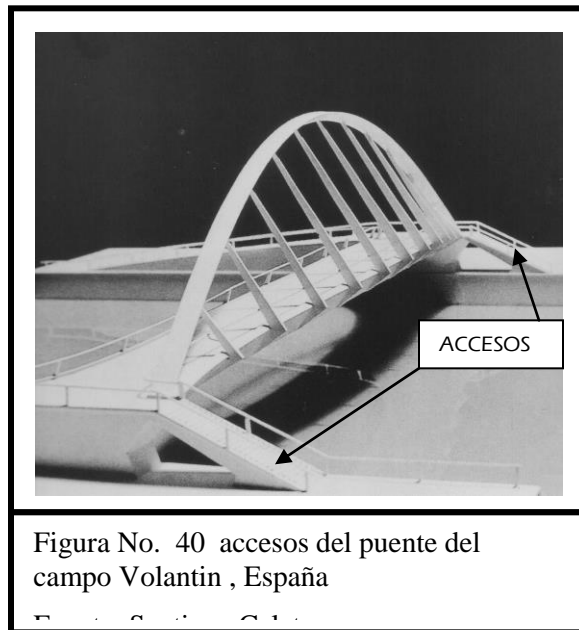
El usuario se define como la persona que hace uso normal o frecuente de una cosa, en el caso específico de este trabajo la estructura (puente peatonal) está enfocado a dos tipos de usuarios:

- I. Peatón: persona que va a pie
- II. Discapacitado: persona que padece de algún impedimento físico (minusválido)

Circulación

Según Ching la circulación se define como el movimiento a través de un espacio, un hilo invisible que une un conjunto de espacios interiores y exteriores. Todo inicio de una circulación está señalizado por un acceso, el cual se describe como el ingreso principal de una estructura, que

consiste en el acto de penetrar a través de un plano que distingue un espacio de otros. En el caso de un puente peatonal el ingreso o acceso principal está determinado por el cambio de nivel entre el suelo y las gradas o rampas (*vid.* Figura No. 40).



Configuración del recorrido

I. Horizontal: al hablar de configuración espacial Ching se refiere a todos aquellos que por naturaleza son lineales conduciendo al peatón a través de una serie de secuencias espaciales hasta alcanzar el destino determinado.

Los recorridos pueden ser de distintas formas: lineal, radial, espiral, retícula, etc. En general los puentes peatonales hacen uso de la configuración de recorrido horizontal lineal, definiéndola como una circulación recta, la cual ayuda a ordenar espacios y ramificarlos. (*vid* Figura No. 41).

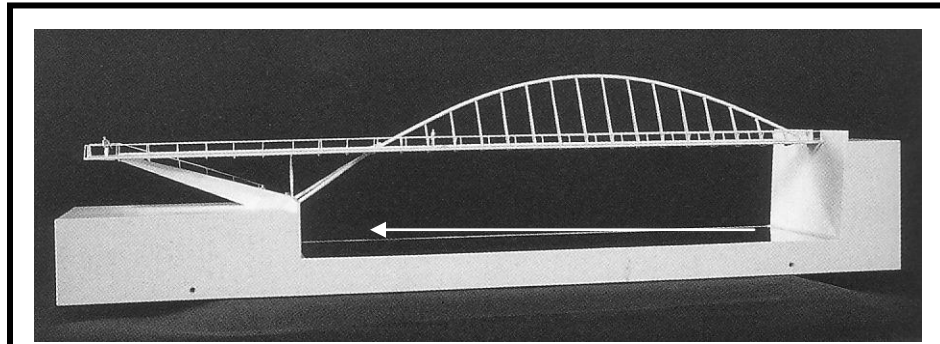


Figura No. 41 : configuración del recorrido horizontal lineal
 (indicado por la flecha)
 Puente de la Devesa, Ripoll , España (Calatrava)
 Fuente: Santiago Calatrava

II. Vertical: la circulación vertical va a indicar el movimiento del usuario de un nivel de suelo a otro nivel más elevado, los dos componentes básicos que determinan la circulación vertical son:

II.a. Gradas o escaleras: fijan la configuración del recorrido , los tramos de descanso o rellanos permiten en algunos casos los cambios de dirección. Ching asegura que:

«junto con la pendiente, la localización de los rellanos o descansos determinan el ritmo y coreografía del movimiento de ascenso y descenso por la escalera»

Los tipos de escaleras usadas en puentes peatonales son:

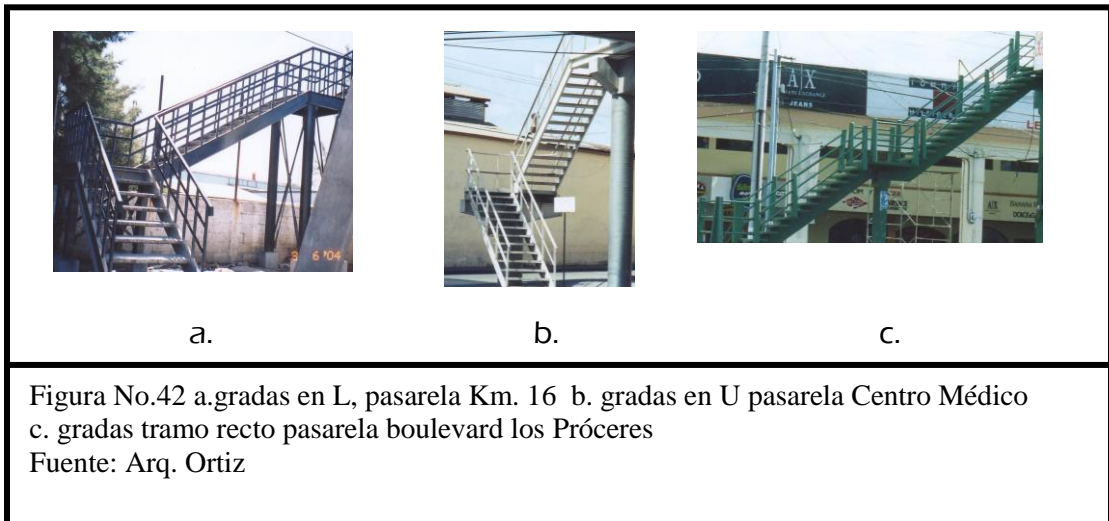
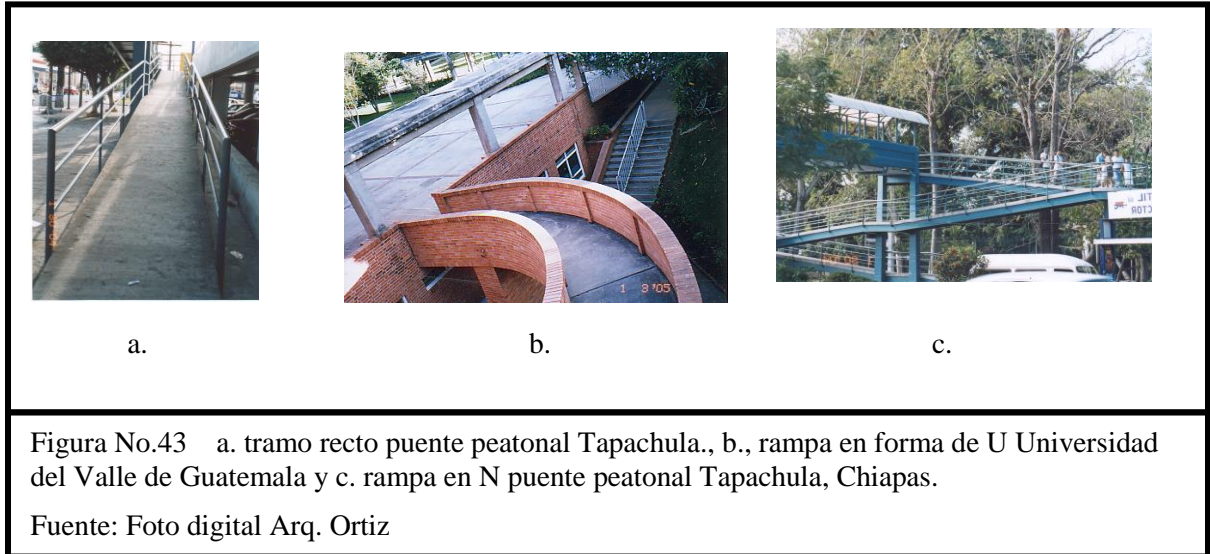


Figura No.42 a.gradas en L, pasarela Km. 16 b. gradas en U pasarela Centro Médico
 c. gradas tramo recto pasarela boulevard los Próceres
 Fuente: Arq. Ortiz

II.b Rampas: elementos con pendiente que definen la configuración vertical en un puente peatonal, la pendiente ideal que favorece al usuario (peatón y/o discapacitado) es del 6 al 8 %.

Los tipos de rampas usadas en puentes peatonales son:



b. Armonía

Se define como la interrelación de los elementos o partes que componen la estructura.

En el caso específico de los puentes Baker et al. menciona que la armonía depende de:

- I. Proporción entre luces o claros y el alma de la viga
- II. Altura y tamaño de las vigas
- III. Relación entre espacios negativos (espacio vacío entre columnas) y masas sólidas (estructura)
- IV. Relación entre la estructura y su entorno o contexto

Estos factores se muestran en la Figura No.44 a continuación .

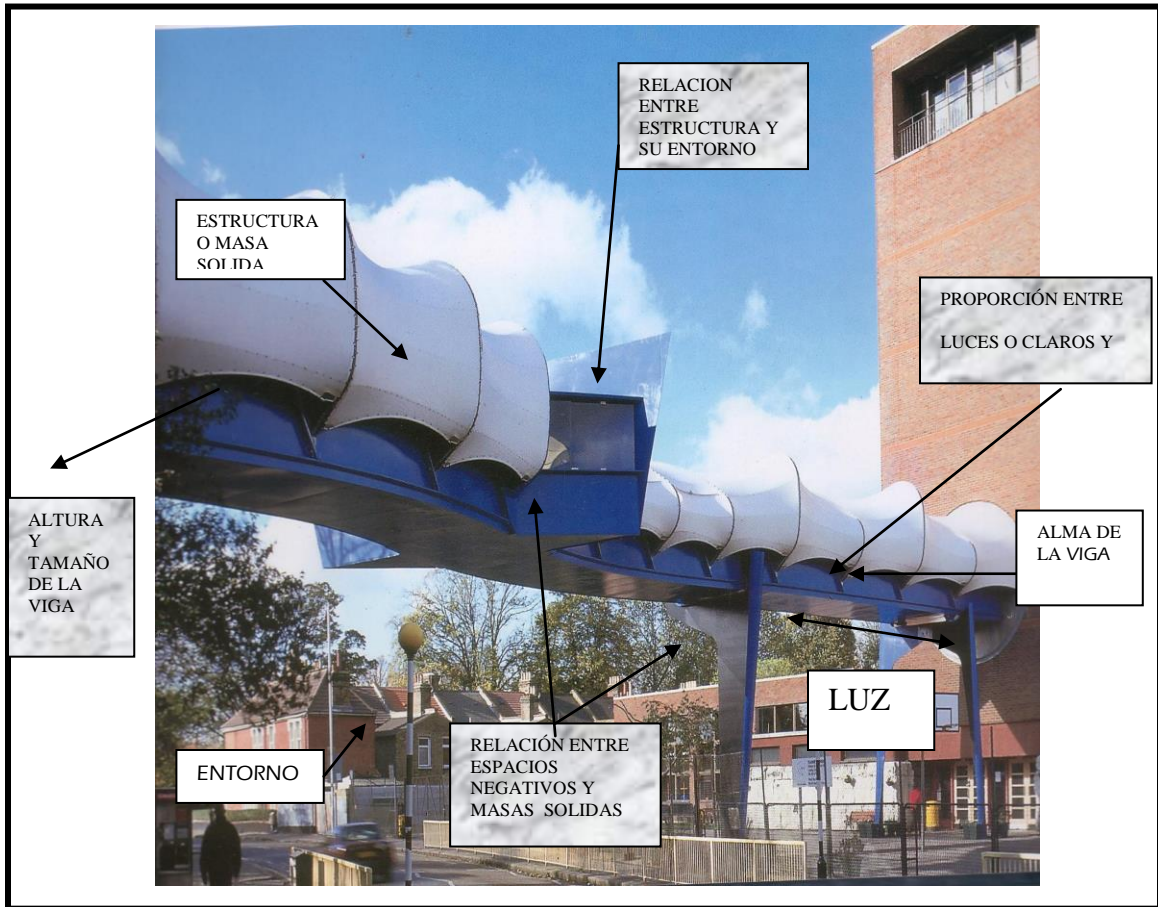


Figura No.44 factores que definen la armonía según Baker. Puente de Plashet Groove school, Inglaterra. Fuente: Wells

c.Orden y ritmo

Ching en su libro *Espacio y Forma* explica que el orden se refiere a la regularidad geométrica; menciona que cada una de las partes de un conjunto se encuentran dispuestas con relación a las demás, originando en conjunto una composición armoniosa. El orden al no poseer un cambio o punto focal puede originar una monotonía o hastío visual, por lo que se recomienda mantener una variante armoniosa dentro de la composición.

El ritmo se define como el movimiento unificador que se caracteriza por la repetición o alternancia modulada de elementos o motivos formales que tengan una configuración idéntica o diversa como se muestra en la Figura No.45.

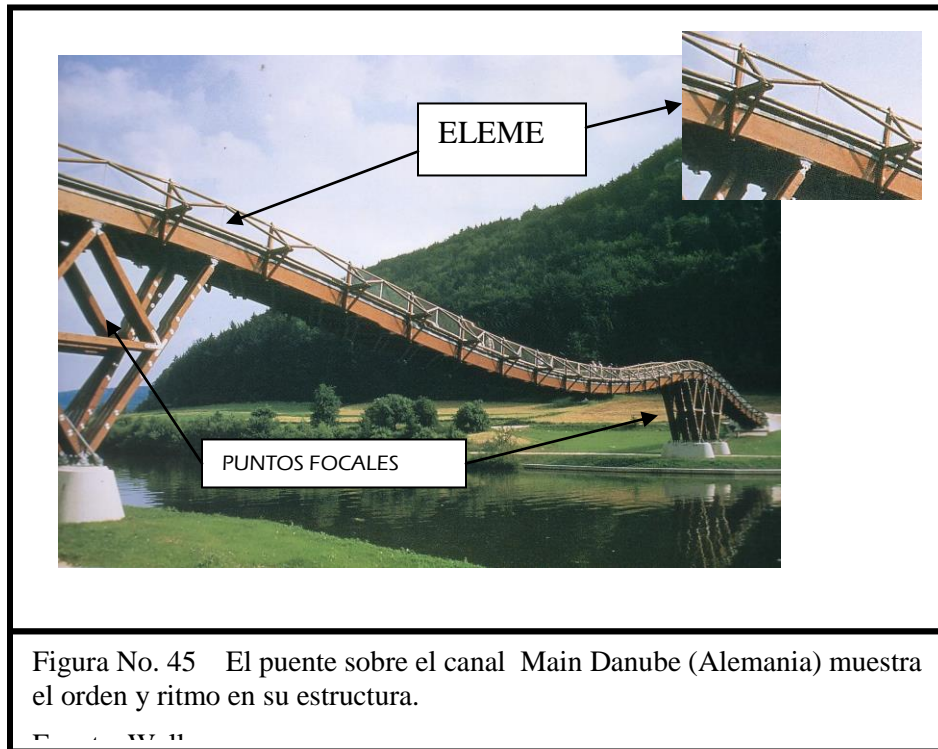
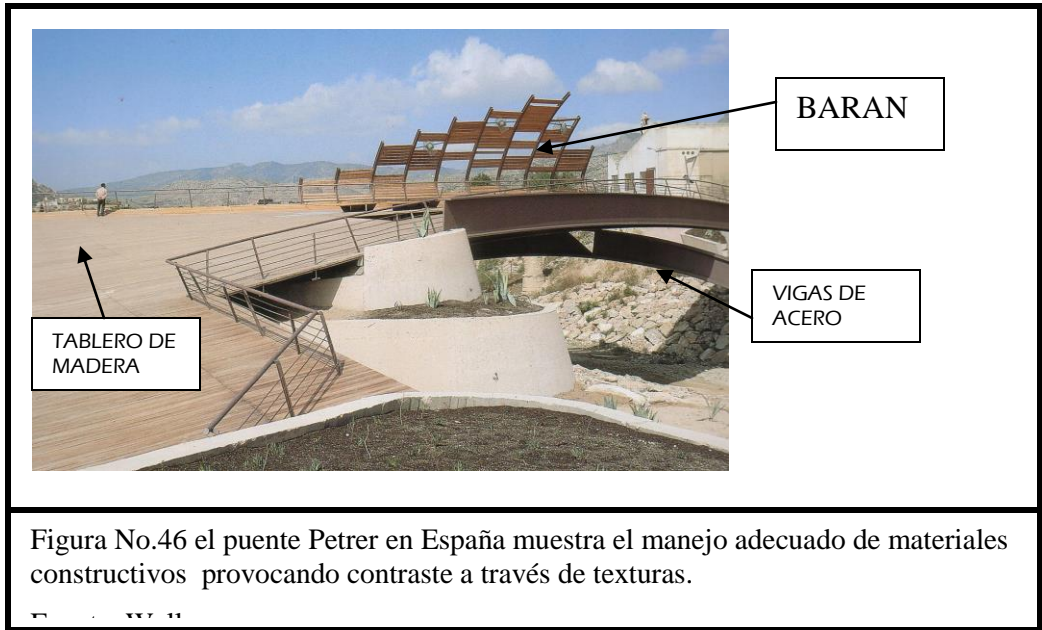


Figura No. 45 El puente sobre el canal Main Danube (Alemania) muestra el orden y ritmo en su estructura.

d. Contraste y textura (manejo de materiales)

Otras maneras de evitar la monotonía en una composición o estructura es el uso de contraste. En el caso de diseño de puentes, Baker menciona que se debe tomar en cuenta el contraste entre elementos por medio del uso de materiales (textura) para enfatizar por ejemplo la esbeltez de las vigas o lo largo de las pilas y estribos. (*vid.* Figura No. 46)

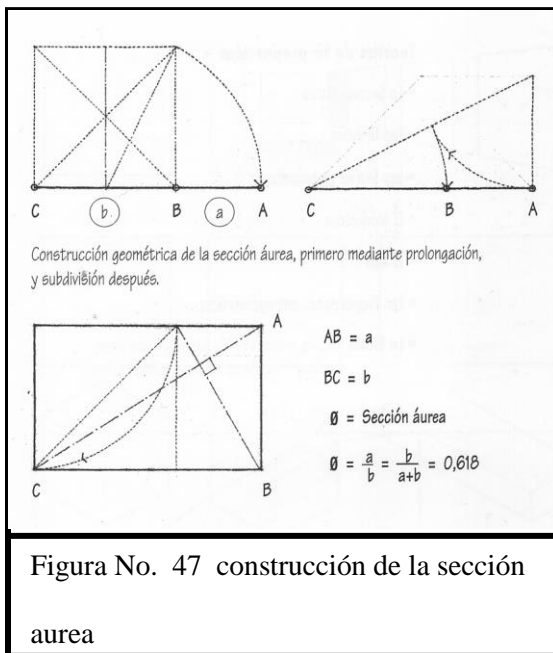


e.Pro

porción y escala

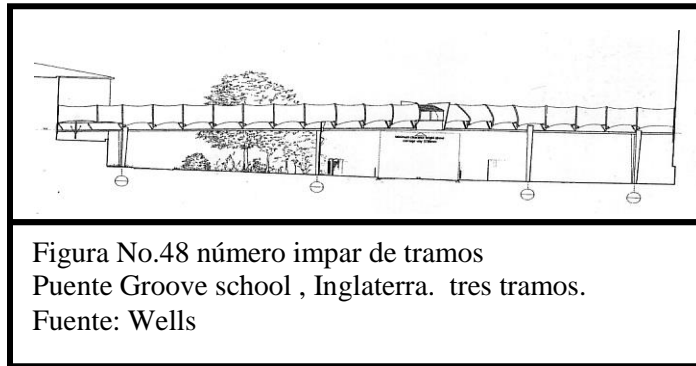
La proporción se define como la armoniosa relación (de magnitud, tamaño o grado) de una parte con otras o con el todo. La escala se refiere al tamaño de un objeto comparado con un estándar de referencia o con el de otro objeto.

Desde la antigüedad hasta la actualidad se han empleado distintos patrones de proporción en el diseño de puentes y edificios públicos, entre los que destaca el uso de la Sección Aurea, la cual consiste en definir geoméricamente como un segmento rectilíneo dividido de manera que la parte menor es a la mayor como ésta lo es a la total. Algebraicamente se expresa mediante una ecuación de dos razones.



$$a/b = b/a+b \text{ (vid. Figura No. 47)}$$

Aplicando el concepto de proporción en el diseño de puentes, AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) a través de Leonhardt menciona algunas recomendaciones básicas (*vid.* Figura No.48 a la No.51)



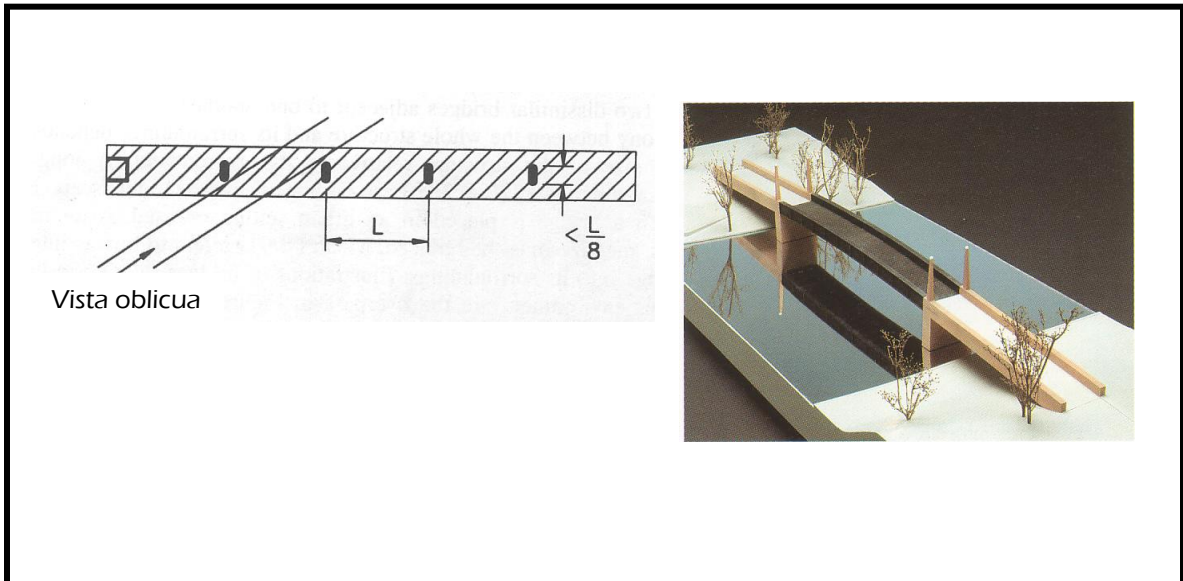


Figura No. 50 la proporción del ancho de pilas no debe exceder $1/8$ del claro de las vigas, con finalidad de mostrar transparencia entre pilas como se muestra en el puente sobre el río Spree, Alemania
 Fuente: Baker; Roig

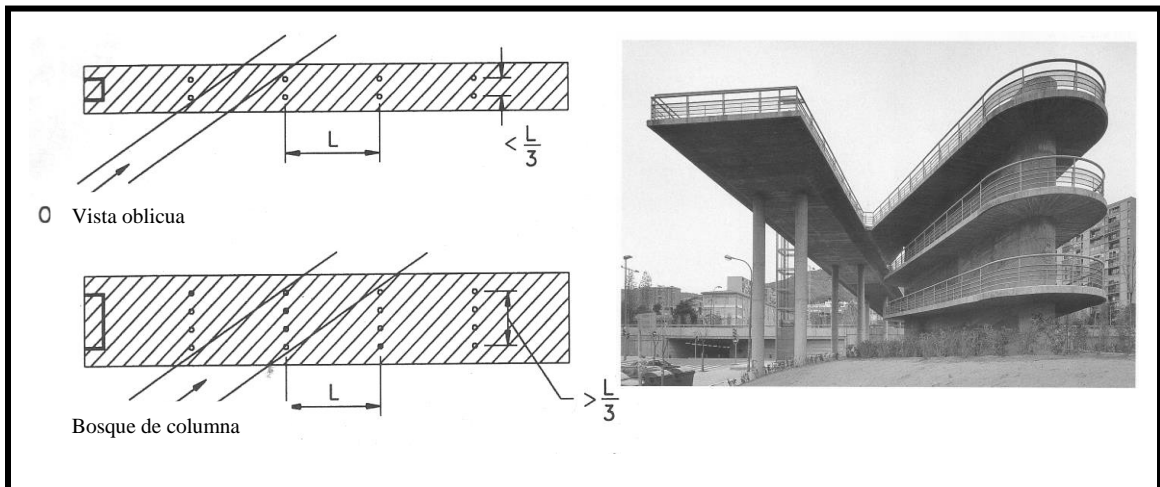
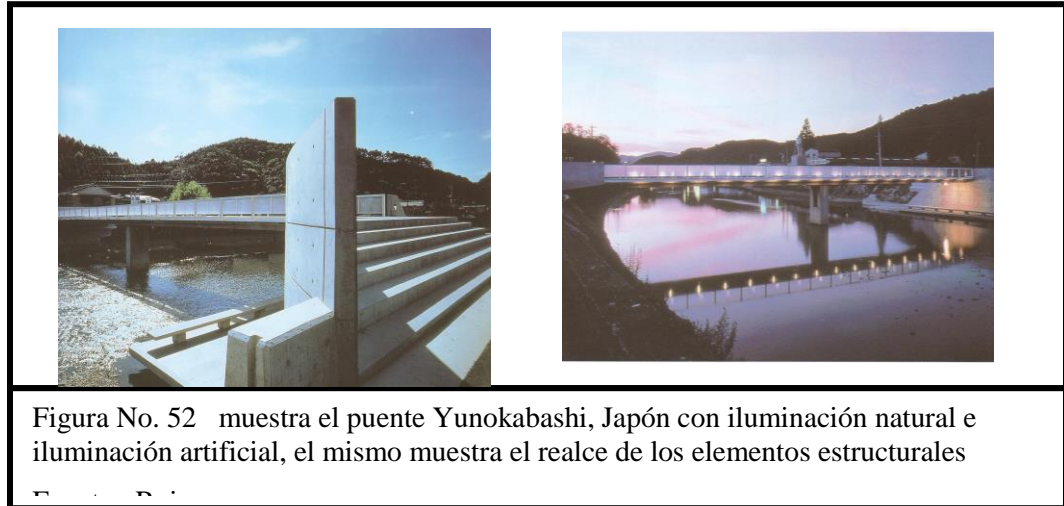


Figura No. 51 la proporción para el ancho total del grupo de columnas no debe ser mayor que $1/3$ de la luz. El puente sobre la Ronda de Dalt, España muestra el uso de grupo de pilas y la separación adecuada. Fuente: Barrer y Roig .

En el diseño de un puente el proyectista debe tomar en cuenta los efectos que pueden causar el manejo de luz y sombra, ya que estos pueden ayudar a realzar algún elemento de la estructura proporcionando un efecto placentero para el observador . (vid. Figura No.52)



f. Color

Un aspecto importante en la estética de un puente es el uso de color en el mismo, ya que el color es la impresión que proporciona en el ojo humano la luz difundida por un cuerpo, en este caso específico el puente, el uso adecuado del color puede proporcionar en el usuario (peatón) una sensación agradable o desagradable en el uso del espacio.

C. Consideraciones de diseño

1. Especificaciones de diseño para cálculo estructural del puente peatonal

La guía de especificaciones está diseñada para ser aplicada principalmente a peatones o tráfico de bicicletas, la cual utiliza las normas existentes de la AASHTO basadas en los métodos de diseño de cargas de servicio o diseño por esfuerzos.

Diseño de cargas

a. Cargas Vivas: carga viva peatonal

Los miembros principales incluyendo vigas, armaduras y arcos, pueden ser diseñados con una carga viva peatonal de 85 lb/ pie² de área peatonal de puente. La carga viva peatonal puede ser explicada en las áreas de calzada peatonal produciendo el esfuerzo máximo en el miembro.

Si el área de calzada peatonal del puente conjunto con la carga viva peatonal aplicada (área de influencia de la losa) excede los 400 pies², la carga viva peatonal debe ser reducida de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W = 0.85 (0.25 + (15 / \sqrt{A1}))$$

Donde:

W= carga peatonal (lb/pie²)

A1= área de influencia de la losa (pie²)

donde el área de losa sobre la superficie de influencia para los efectos de la estructura es diferente de cero.

Los miembros secundarios incluyendo las losas de puentes y sistemas de piso soportantes, vigas de piso y sus conectores para soportar miembros principales pueden ser diseñados con una carga viva de 85 (lb/pie²), sin permitir reducción alguna.

b. Carga de Viento

Una carga de viento de la siguiente intensidad puede ser aplicada horizontalmente en ángulos rectos al eje horizontal de la estructura. La carga de viento puede ser aplicada a la proyección vertical del área de todos los elementos de la superestructura , incluyendo los miembros de armaduras expuestos en el sotavento de la estructura.

Armaduras y arcos: 75 lb/pie²

Vigas : 50 lb/pie²

Para puentes con armaduras abiertas, donde el viento puede pasar a través de la armadura, el puente puede ser diseñado para una carga mínima horizontal de 35 lb/pie² en la proyección total del área del puente.

c. Combinación de cargas

Las combinaciones de carga permitidas especificadas en las cargas de diseño por servicio y diseño por factores de cargas como lo especifica la AASHTO pueden utilizar las siguientes especificaciones:

Viento sobre carga viva: WL puede ser igual a cero

Fuerza longitudinal: LF puede ser igual a cero

d. Detalles de diseño

Los miembros pueden ser diseñados tal que la deflexión debido a la carga de servicio de carga viva no exceda 1/500 del largo total de la luz.

La deflexión del voladizo debido a la carga viva peatonal debe tener como límite 1/300 del voladizo.

La deflexión horizontal debido a la carga lateral como el viento no debe exceder 1/500 del largo total de la luz.

e. Vibraciones

La frecuencia fundamental de un puente peatonal sin carga viva deberá ser mayor que 3.0 hertz (HZ) en el primer modo de vibración. Si la frecuencia fundamental no satisface esta limitación deberá realizarse un análisis dinámico.

De este análisis el puente deberá proporcionar la frecuencia fundamental mayor de:

$$f > 2.86 \ln (180/ W)$$

Donde:

f = frecuencia fundamental mayor

ln = logaritmo natural

W = peso en kips que soporta la estructura incluyendo carga muerta y viva peatonal

Alternativamente el peso mínimo soportado de la estructura deberá ser mayor que

$$W > \delta = 180 e^{(-0.35f)}$$

Donde:

W = peso en kips

f = frecuencia fundamental (HZ)

f. Esfuerzo de fatiga permisible

Las provisiones de fatiga no necesitan ser aplicadas a la carga viva peatonal para casos donde las cargas pesadas peatonales son frecuentes, pero pueden ser consideradas las cargas de viento.

g. Espesor mínimo del metal

El espesor mínimo en miembros de una estructura cerrada tubular deberá ser de $\frac{1}{4}$ ".

h. Conexiones tubulares soldadas

Las conexiones tubulares soldadas deberán ser diseñadas de acuerdo con el código de soldaduras en estructuras American Welding Society (AWS).

i. Medias luces de armaduras

Los miembros verticales en armaduras y las vigas de piso y sus conexiones en mitades de la luz de la armadura pueden ser diseñadas para resistir la fuerza lateral aplicada en lo alto de las armaduras verticales que sean menor de $0.01/K$ veces el diseño permisible de las fuerzas en compresión en dos superficies cortas superiores de miembros donde K es el factor de diseño de largo efectivo para miembros individuales cortas soportados entre armaduras verticales.

V. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PUENTE PEATONAL

A. Ubicación

Ubicado en el Km. 92.5 carretera a Mazatenango el Proyecto Educativo del Sur (PROESUR) colinda al norte con el Instituto Técnico de capacitación y Productividad (INTECAP), al sur con el Instituto de la Caña, al este con la carretera a Mazatenango y al oeste con el área boscosa de terreno baldío.

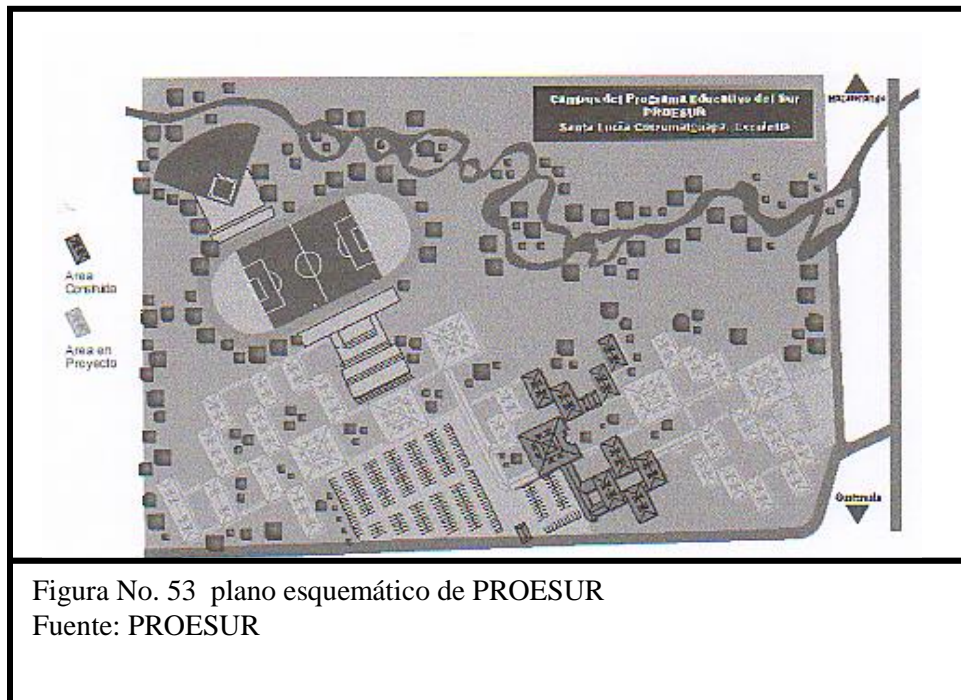


Figura No. 53 plano esquemático de PROESUR
Fuente: PROESUR

El plano arquitectónico (Arq 1/Arq8) presenta la ubicación en planta del puente peatonal respecto a los dos puntos educativos que une PROESUR e INTECAP.

B. Definición de la geometría de la estructura

Puente peatonal PROESUR, Santa Lucía Cotzumalguapa

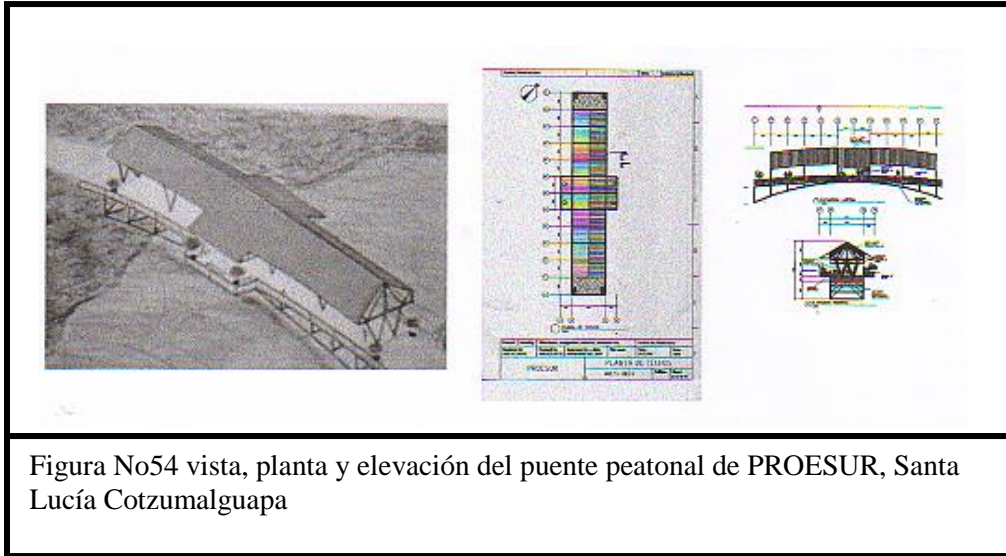


Figura No54 vista, planta y elevación del puente peatonal de PROESUR, Santa Lucía Cotzumalguapa

CUADRO No. 10 DATOS GENERALES

Año de diseño: 2004	Diseñador: Arq. María Elena Ortiz Pineda	Ubicación: Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla	Luz: 36 metros
------------------------	--	--	-------------------

El puente peatonal de Santa Lucía Cotzumalguapa se diseñó pensando en su entorno arquitectónico, su función primordial es unir dos puntos educativos: PROESUR e INTECAP ambas instituciones separadas físicamente por un río. El sistema estructural empleado fue el concepto de doble arco de sección variable apto a la topografía irregular que presenta el terreno, el material constructivo empleado en la estructura es metal, concreto estampado para el caminamiento y lámina troquelada en la cubierta. Aspectos de estética, punto focal, composición, contraste, textura y proporción, se tomaron en cuenta al determinar su configuración.

Cuadro No.10 a CLASIFICACIÓN DEL PUENTE DE ACUERDO A :

Luz	Material de Construcción	Tipología o Sistema Estructural	Carga
Mediana 36 metros	Acero y concreto	Arco y tablero	Peatonal

Cuadro No.10 b COMPONENTES DE LA SUPERESTRUCTURA Y LA SUBESTRUCTURA

Puente compuesto por un solo tramo continuo, su sistema o tipología estructural se encuentra formado por dos arcos bajos de distintos radios de sección W 16 x 89 unidos por puntales de peralte variado. El tablero de caminamiento peatonal se encuentra dividido en 12 tramos de 3x 6 metros, el tramo central constituye el área de descanso cuya dimensión es de 12 x 12 metros en la cual se ubican un área jardinizada y bancas para la lectura. La losa de caminamiento está formada estructuralmente por una losa de concreto calibre 22 con una losa de recubrimiento de 10 cms (vid.Figura No. 55 y plano estructural Es3/Es6) apoyados directamente sobre dos vigas longitudinales en forma de arco de sección W 14 x 89. Se contempló la integración de áreas de descanso y realce en el entorno haciendo énfasis en los puntos focales importantes como lo es el río que se encuentra perpendicular al puente. (vid. Figura No.56)

El caminamiento, por ser un tramo visual horizontal utilizó el cambio de textura (concreto estampado en dos motivos variados) para romper la monotonía. El sistema estructural está constituido por dos arcos bajos de distinto radio que se unen en la parte superior, la estructura es metálica formada por perfiles I en el sentido transversal, las vigas longitudinales están unidas nuevamente por perfiles I actuando como vigas de piso. Para evitar la torsión se colocaron arriostres o breizas en sentido longitudinal en forma de cruz y en sentido transversal las riostras se colocaron en forma de V invertida las cuales le dan rigidez al sistema como se indica en la Figura No. 57.

Las barandas elaboradas en metal poseen una altura estándar de 0.90 metros, los marcos que forman la estructura son en forma de W, los mismos se unen a través de un embreizado longitudinal y sostienen la armadura metálica que soporta la lámina de techo aluzinc calibre 24 como se indica en la Figura No.58.



Figura No. 55 Vista del tablero, armado interno



Figura No.56 Sistema estructural de arco de metal

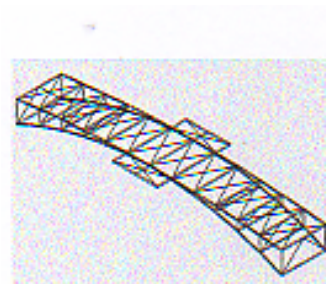


Figura No.57 riostra invertida en forma de V y riostra en forma de X

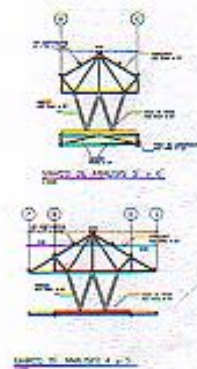






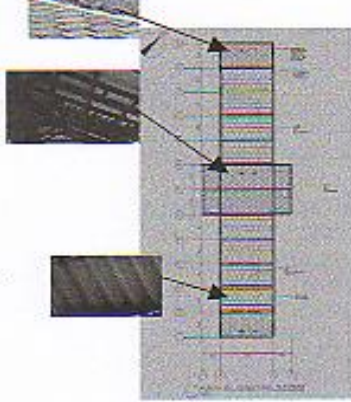
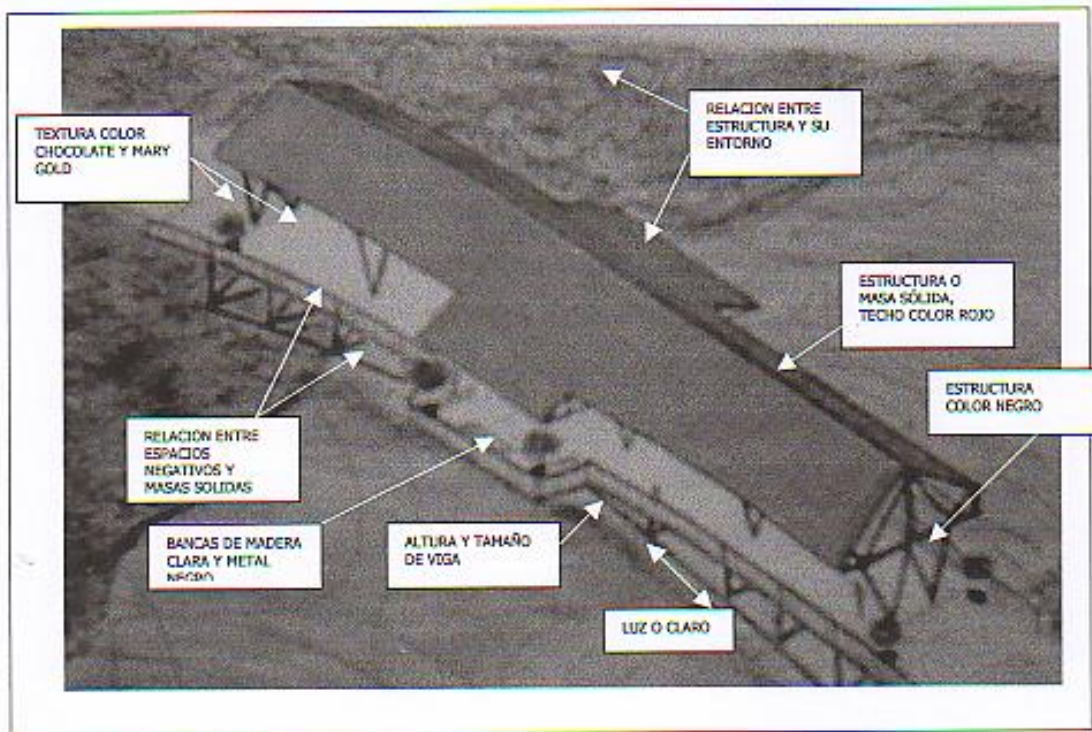


Figura No. 58 estructura de marco y armadura

Cuadro No.10 c ASPECTOS DE ESTETICA

Función:	Usuario:	Circulación:	Configuración del Recorrido:
<p>Conexión entre dos puntos opuestos en forma longitudinal (tránsito peatonal) uniendo dos instituciones educativas PROESUR e INTECAP.</p> 	<p>Peatón y discapacitado</p> 	<p>Movimiento a través de un espacio delimitado por los accesos.</p>  <p>accesos</p>	<p>Horizontal: recorrido espacial lineal.</p>  <p>Vertical: rampa de acceso (arco)</p> 

Orden y Ritmo:	Proporción:	Contraste y textura:
<p>Orden: regularidad geométrica (pto. Focal para evitar la monotonía) Ritmo: movimiento unificador.</p>  <p>Pto focal</p>	<p>Proporción: armoniosa relación de una parte con el todo. Escala: tamaño de un objeto. Se sugiere un número impar de tramos, en este caso se manejan 9 tramos.</p>	<p>concreto estampado</p> <p>estructura metálica</p> <p>lámina aluzinc</p> 



C. Integración de cargas aplicadas a la estructura

Las cargas que se contemplaron el diseño del puente peatonal fueron las siguientes de acuerdo con la combinación de los códigos estructurales de diseño LRFD y especificaciones AASHTO.

1. Carga muerta

Se definen como cargas fijas, inamovibles, que no cambian de lugar, ni posición, ni magnitud, actuando perennemente sobre la estructura.

Ejemplo de carga muerta es el peso propio de la estructura, el cual se define como el peso determinado del material empleado en la estructura.

2. Carga viva

Cargas no fijas, móviles que pueden cambiar de lugar y de posición así como de magnitud, respecto de la estructura. Ejemplo peso de las personas.

Para efectos del puente peatonal se tomó como carga viva la normada por el código UBC de 500 kg/m².

3. Carga de viento

Diseño de presión de viento en edificios y estructuras se determina de acuerdo a la altura en concordancia con las siguientes fórmulas:

$$p_1 = C_e C_q^1 q_s I_w = 18.74 \text{ lb/pie}^2 \text{ ó } 91.66 \text{ kg/m}^2$$

$$p_2 = C_e C_q^2 q_s I_w = 6.25 \text{ lb/pie}^2 \text{ ó } 30.56 \text{ kg/m}^2$$

Donde

C_e = factor o coeficiente de altura combinada (Tabla 16-G UBC)

C_q = coeficiente de presión para estructura o porción de estructura en consideración (Tabla 16-H UBC)

I_w = factor de importancia (Tabla 16-K UBC)

p = Presión de diseño del viento

q_s = Presión del viento de acuerdo a la altura estándar de 33 pies (10,000) (Tabla 16-F UBC)

Haciendo uso de esta formula se obtuvo la presión del viento con los siguientes valores:

C_e = 1.27 altura del puente es 10 metros (Tabla 16-G, interacción entre 30 y 40 pies de altura con una exposición C)

C_q¹ = 0.9 sistema de marcos (Tabla 16-H, sotavento factor 0.9)

C_q² = 0.3 sistema de marcos (Tabla 16-H, barlovento factor 0.3)

I_w = 1.00 (Tabla 16-K, estructuras misceláneas categoría de ocupación)

q_s = 16.4 (Tabla 16-F, en 80 km/h, 16.4 lb/pie²)

4. Carga de sismo

La tabla 16-N UBC presenta los siguientes sistemas estructurales: sistemas de muros de corte, sistemas de marcos para edificios, marcos resistentes al momento, sistema dual, sistema de voladizos y otros.

De acuerdo al sistema estructural empleado en el puente peatonal se eligió el sistema de marcos resistentes al momento tomando los siguientes valores de acuerdo a la dirección de aplicación de la carga de sismo:

Marcos especiales resistentes al momento (SRMF)

Dirección X valor de 8.5 para marcos de acero

Marcos ordinarios resistentes al momento (OMRF)

Dirección Y valor de 4.5 para marcos de acero

$$g = 9.81 \text{ m/seg}^2$$

D. Análisis estructural

1. Modelo estructural

El modelo tridimensional de la Figura No. 59 está compuesto por los siguientes elementos empleados para el diseño del puente peatonal

CANTIDAD	ELEMENTOS SUBESTRUCTURA
8	Apoyos (4 de cada lado)
4	Medios arcos (2 de cada lado) unidos en el centro
16	Puntales verticales de peralte variable
6	Breizas en forma de V invertida
12	Breizas en forma de X
20	Vigas de piso

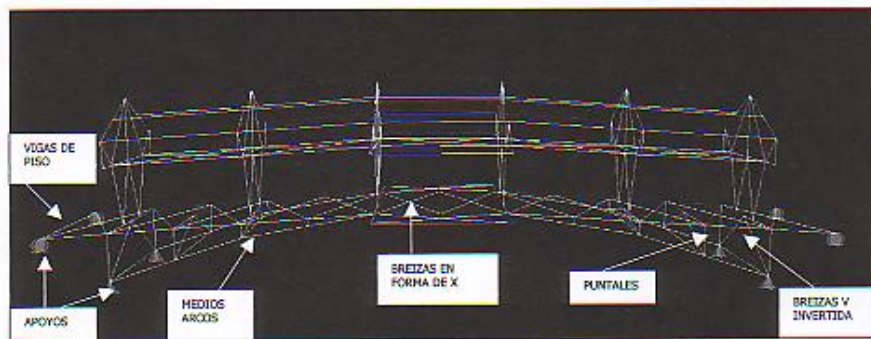


Figura No. 59 modelo estructural del puente peatonal. Elementos de la subestructura.

El modelo tridimensional de la Figura No. 60 indica los elementos que componen la estructura, los cuales son:

CANTIDAD	ELEMENTOS ESTRUCTURA
6	Marcos en forma de W
5	Breizas en forma de X
6	Armaduras
8	Costaneras dobles

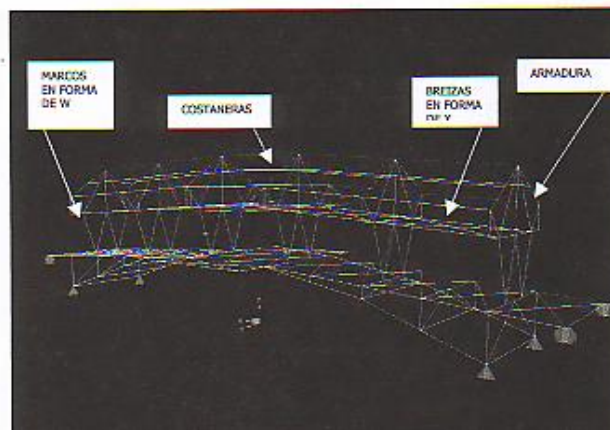
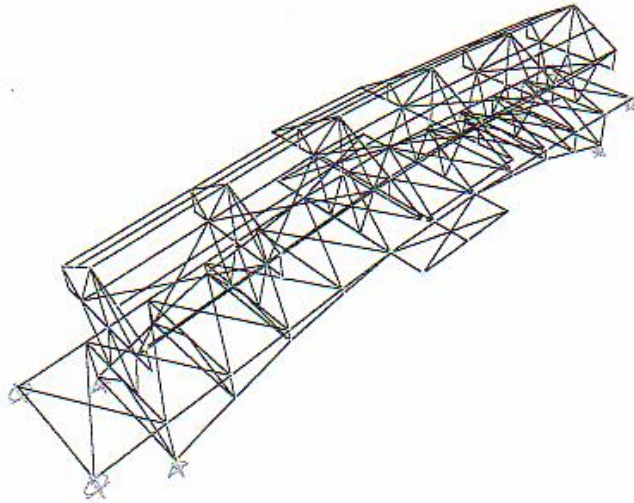


Figura No. 60 modelo estructural del puente peatonal. Elementos de la Estructura

En las Figuras No. 61 a la No. 68 se presenta el modelo estructural empleado para el diseño del puente peatonal indicando en cada marco las respectivas secciones de análisis.

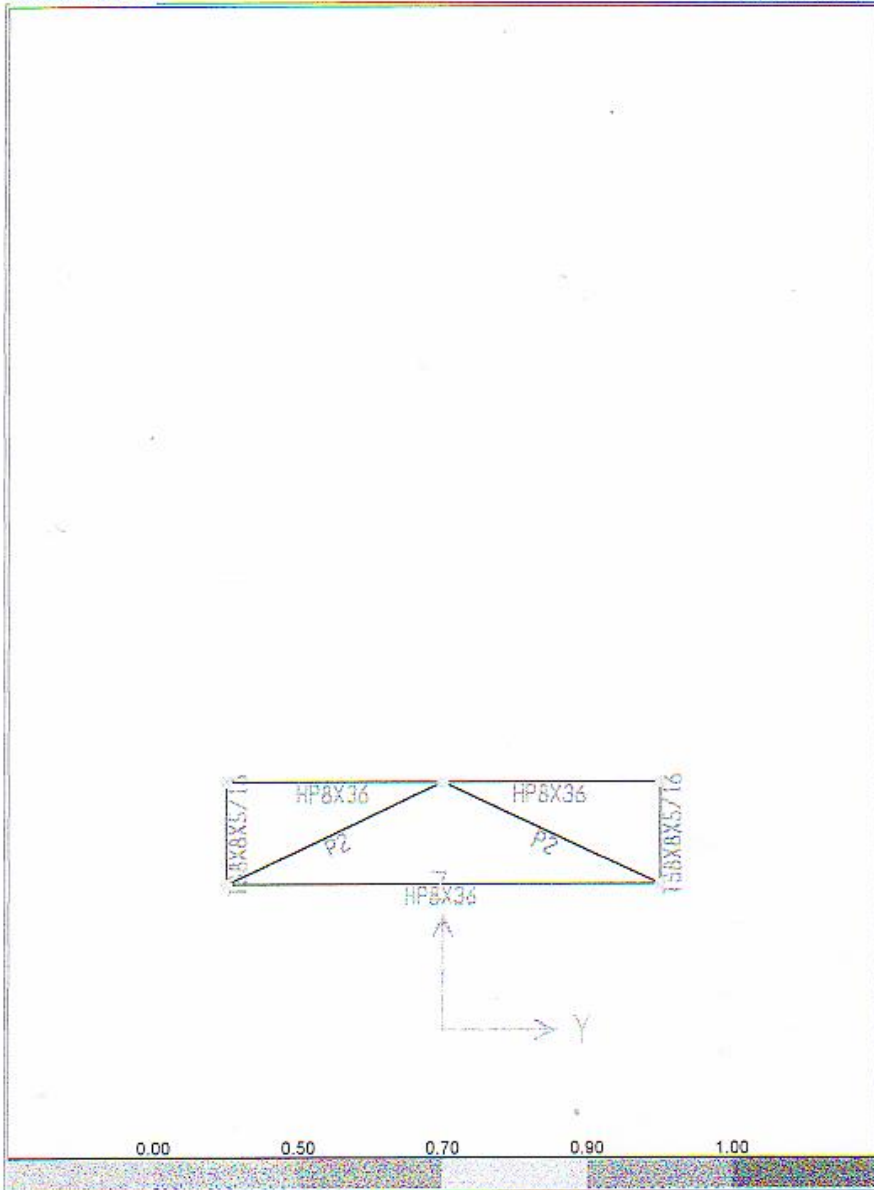
SAP2000

1/2/05 16:56:07



SAP2000 v7.21 - File:modelo puente dic (repuesto) - 3-D View - Kgf-m Units

Figura No. 61 modelo tridimensional del puente

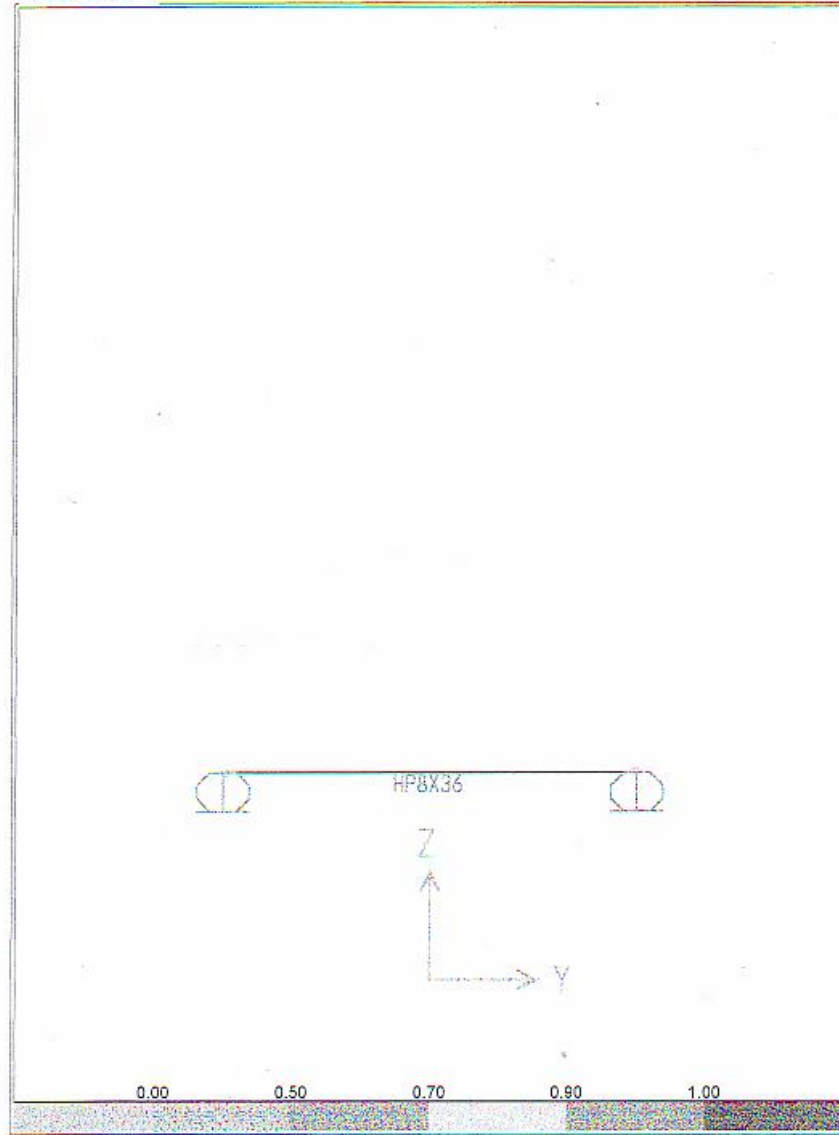


SAP2000 v7.21 - File:modelo puente final - Steel Design Sections (AISC-LRFD93) - Kgf-m Units

Figura No. 62 Marco de análisis eje 2 y 7

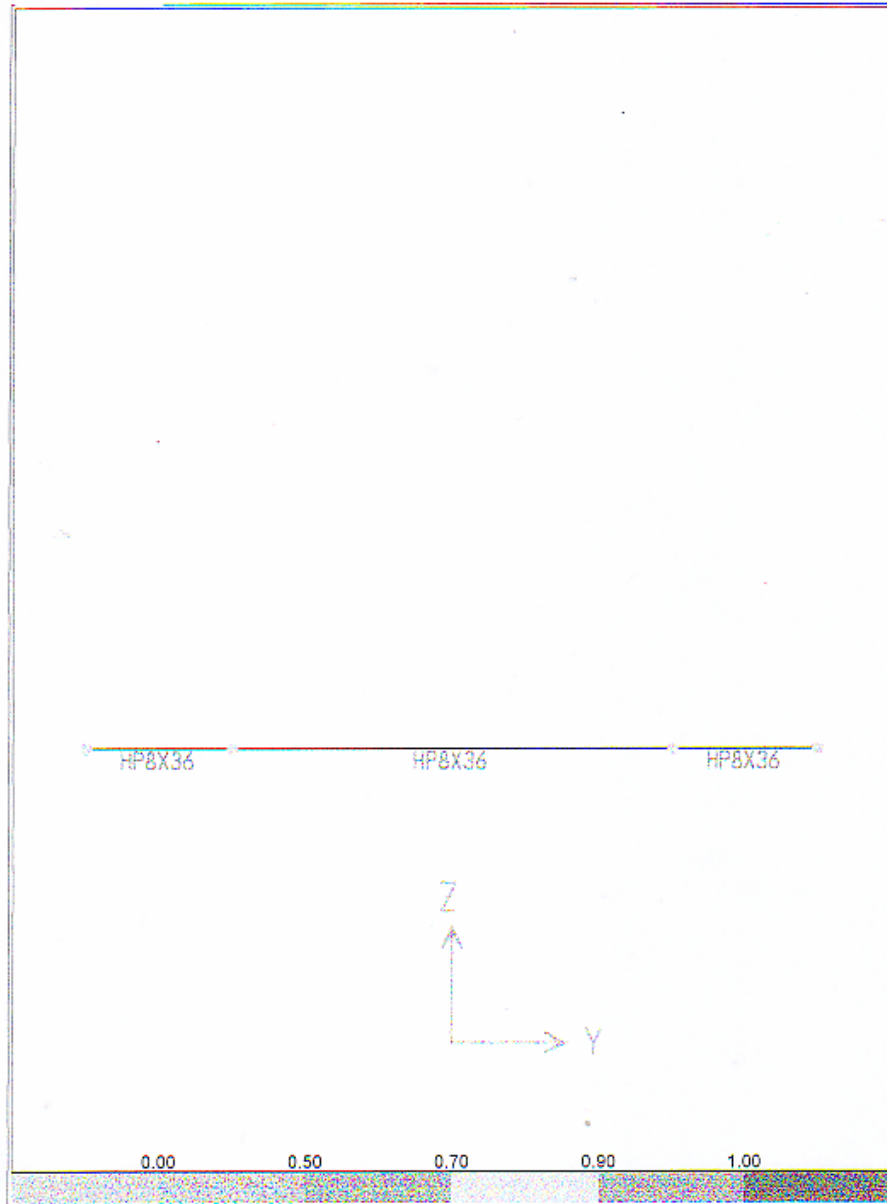
SAP2000

1/13/05 21:59:55



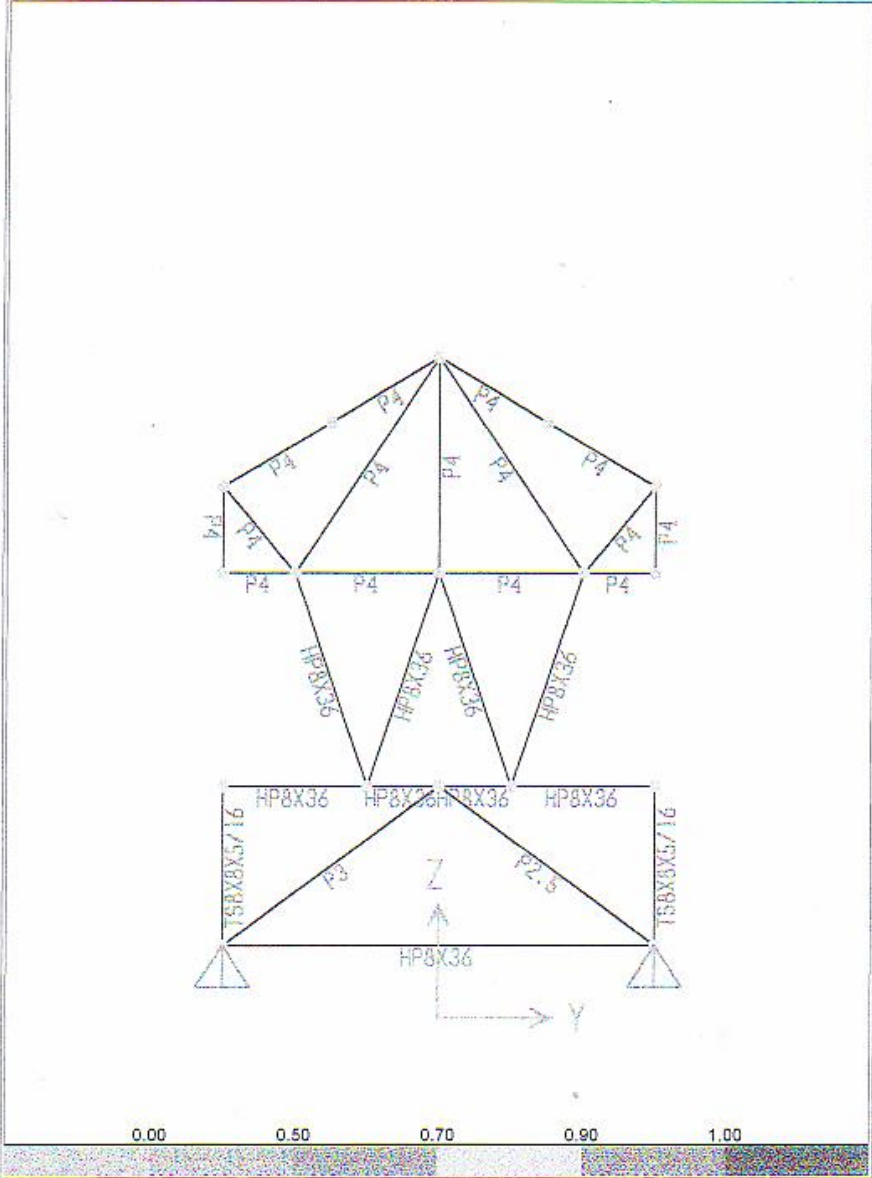
SAP2000 v7.21 - File:modelo puente final - Steel Design Sections (AISC-LRFD93) - Kgf-m Units

Figura No. 63 Marco de análisis eje 3 y 6



SAP2000 v7.21 - File:modelo puente final - Steel Design Sections (AISC-LRFD93) - Kgf-m Units

Figura No. 64 Marco de análisis eje 4



SAP2000 v7.21 - File:modelo puente final - Steel Design Sections (AISC-LRFD93) - Kgf-m Units

Figura No. 65 Marco de análisis eje 1' y 7'

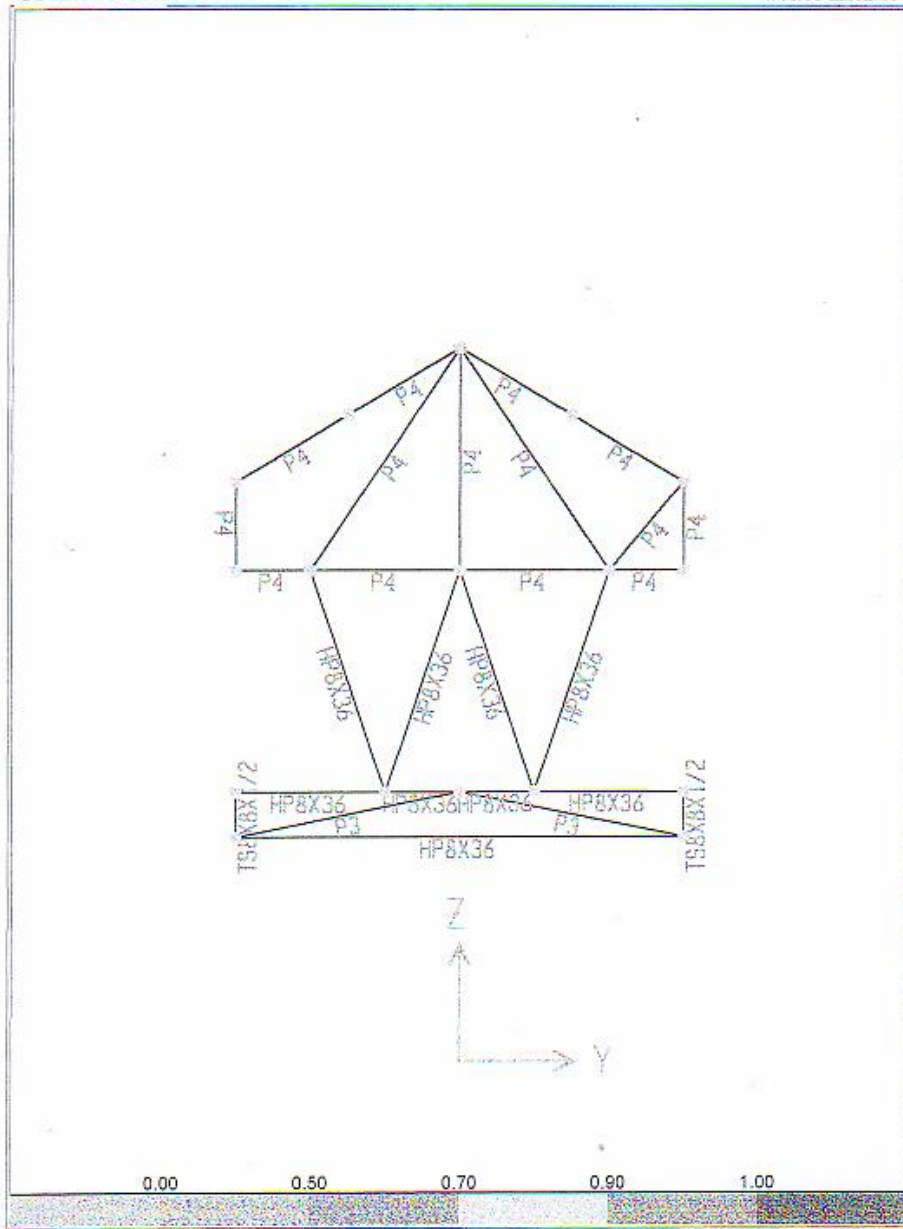


Figura No. 66 Marco de análisis eje 2'y 6'

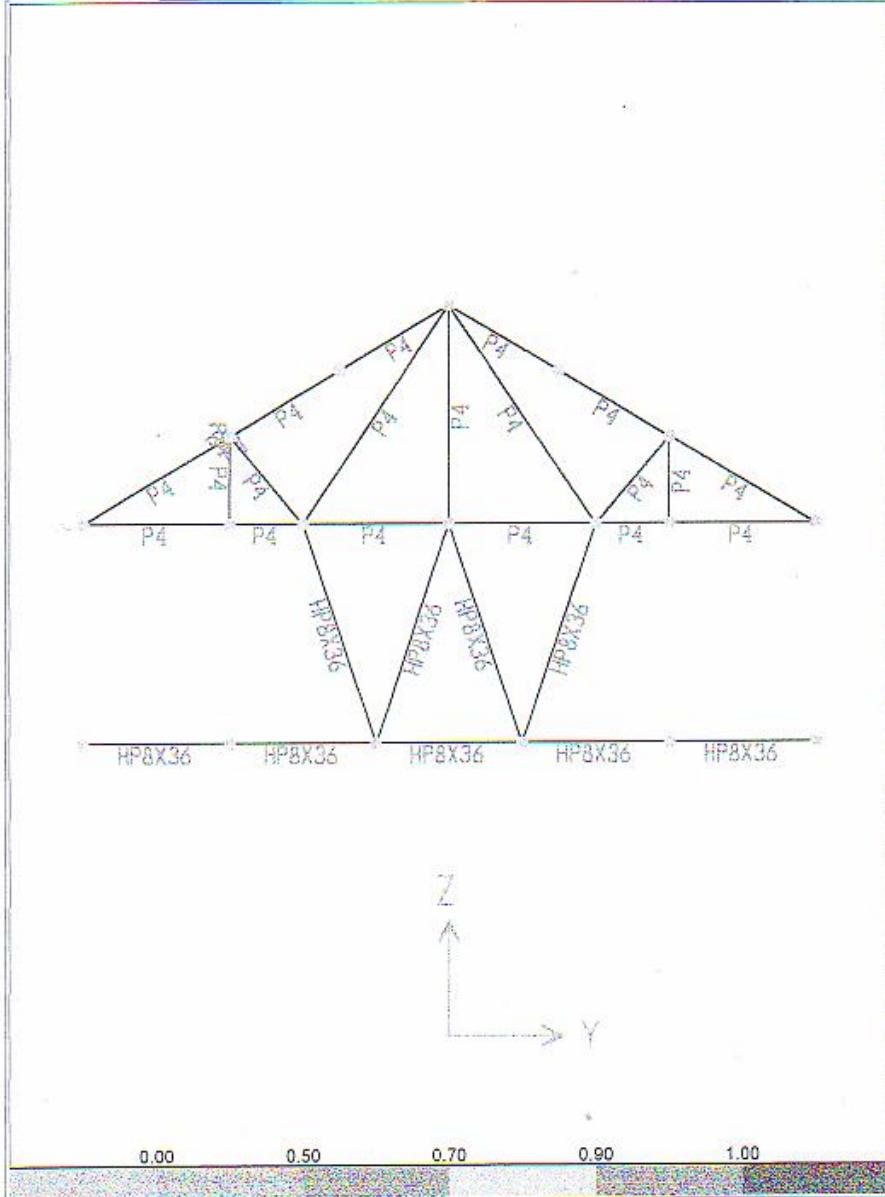
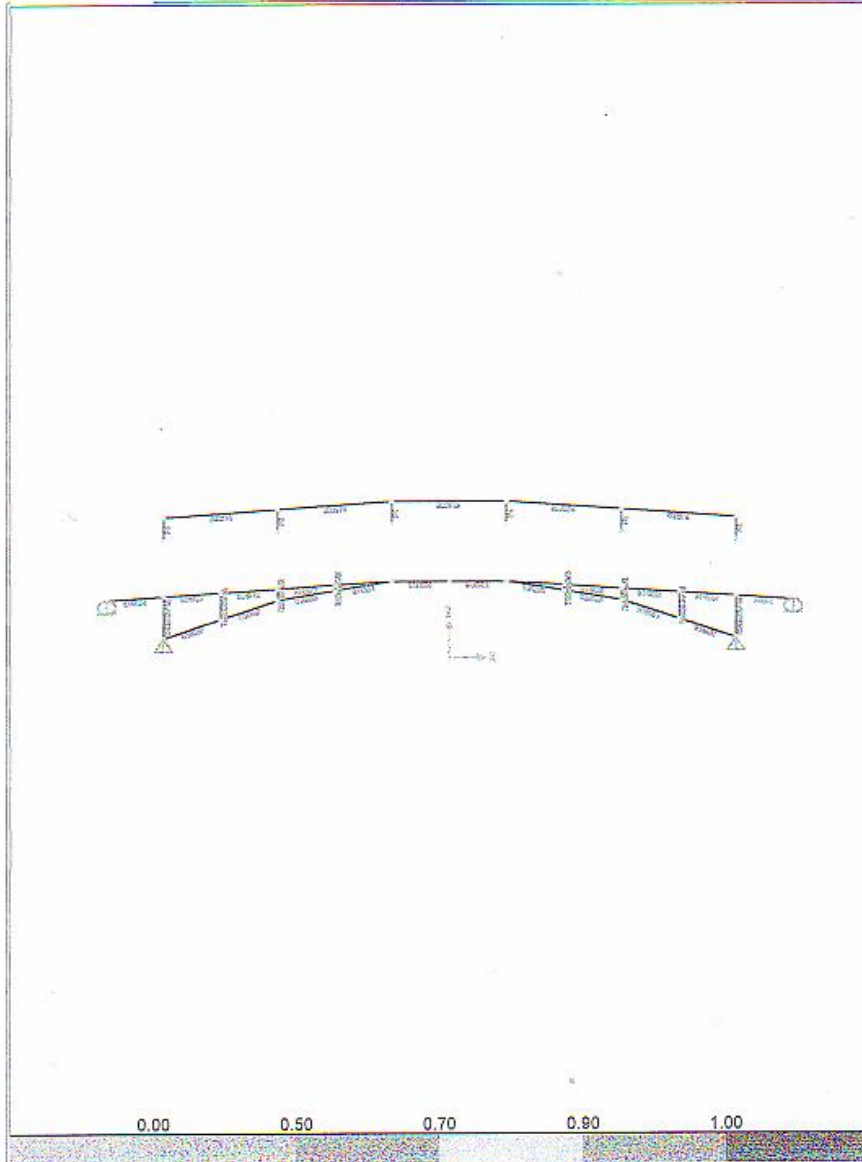


Figura No. 67 Marco de análisis eje 1' y 7'

SAP2000

1/13/05 22:07:47



SAP2000 v7.21 - File:modelo puente final - Steel Design Sections (AISC-LRFD93) - Kgf-m Units

Figura No. 68 Marco de análisis eje B y C

2. Análisis estructural

Procedimiento del cálculo estructural a través del programa SAP

Al modelo tridimensional que se muestra en las Figuras No. 59 y No. 60 se le aplicaron los casos y combinaciones de cargas previamente definidas carga viva, muerta, viento y sismo de acuerdo con el código LRFD las combinaciones o combos de cargas que se utilizaron en el programa SAP son los siguientes

1.4 D

$$1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (0.5 L \text{ o } 0.8 W)$$

$$1.2 D + 1.6 W + 0.5 L + 0.5 (L_r \text{ o } S \text{ o } R)$$

$$1.2 D + 1.0 E + 0.5 L + 0.2 S$$

$$1.2 D - 1.0 E + 0.5 L + 0.2 S$$

$$0.9 D + (1.6 W \text{ o } 1 E)$$

$$0.9D - (1.6 W \text{ o } 1E)$$

Donde

D= carga muerta

L = carga viva de ocupación

L_r = carga viva de techo

S = carga de nieve

R= carga nominal debido a lluvia

W= carga de viento

E= carga de sismo

La Tabla No.1 muestra las combinaciones de carga utilizadas en el programa con sus respectivos factores

Combo	Tipo de caso	Nombre de la carga	Factor de escala
COMBO1	Estático lineal	MUERTA	1.4
COMBO2	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMBO2	Estático lineal	VIVA	1.6
COMBO2	Estático lineal	TECHO	0.5
COMBO3	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMBO3	Estático lineal	VIVA	1
COMBO3	Estático lineal	TECHO	1.6
COMBO3	Estático lineal	VIENTOX	0.8
COMBO4	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMBO4	Estático lineal	VIVA	1
COMBO4	Estático lineal	TECHO	1.6
COMBO4	Estático lineal	VIENTOY	-0.8
COMBO5	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMBO5	Estático lineal	VIENTOX	1.3
COMBO5	Estático lineal	VIVA	1
COMBO5	Estático lineal	TECHO	0.5
COMBO6	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMBO6	Estático lineal	VIENTOY	-1.3
COMBO6	Estático lineal	VIVA	1
COMBO6	Estático lineal	TECHO	0.5
COMB7	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMB7	Espectro de respuesta	SISMOX1	1
COMB7	Estático lineal	VIVA	1
COMB8	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMB8	Espectro de respuesta	SISMOX1	0.3
COMB8	Estático lineal	VIVA	1
COMB9	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMB9	Espectro de respuesta	SISMOY1	1
COMB9	Estático lineal	VIVA	1
COMB10	Estático lineal	MUERTA	1.2
COMB10	Espectro de respuesta	SISMOY1	0.3
COMB10	Estático lineal	VIVA	1
COMB11	Estático lineal	MUERTA	0.9
COMB11	Espectro de respuesta	SISMOX1	1
COMB11	Estático lineal	VIENTOX	1.3
COMB12	Estático lineal	MUERTA	0.9
COMB12	Espectro de respuesta	SISMOX1	0.3
COMB12	Estático lineal	VIENTOY	-1.3
COMB13	Estático lineal	MUERTA	0.9
COMB13	Espectro de respuesta	SISMOY1	1
COMB13	Estático lineal	VIENTOY	1.3
COMB14	Estático lineal	MUERTA	0.9
COMB14	Espectro de respuesta	SISMOY1	-0.3
COMB14	Estático lineal	VIENTOY	-1.3

TABLA No.1
COMBINACIONES DE
CARGAS

LOAD COMBINATION MULTIPLIERS					
COMBO	TYPE	CASE	FACTOR	TYPE	TITLE
COMB01	ADD	MUERTA	1.4000	STATIC(DEAD)	1.4 D
COMB02	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D+1.6L+0.5LR
		VIVA	1.6000	STATIC(LIVE)	
		TECHO	0.5000	STATIC(LIVE)	
COMB03	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D+1.6LR+(FIL OR 0.6WX)
		VIVA	1.0000	STATIC(LIVE)	
		TECHO	1.6000	STATIC(LIVE)	
		VIENTOS	0.8000	STATIC(WIND)	
COMB04	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D+ 1.6LR+1L OR -0.6WY
		VIVA	1.0000	STATIC(LIVE)	
		TECHO	1.6000	STATIC(LIVE)	
		VIENTOS	-0.8000	STATIC(WIND)	
COMB05	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D+1.3WX +1L+0.5LR
		VIENTOS	1.3000	STATIC(WIND)	
		VIVA	1.0000	STATIC(LIVE)	
		TECHO	0.5000	STATIC(LIVE)	
COMB06	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D-1.3WY+1L+0.5LR
		VIENTOS	-1.3000	STATIC(WIND)	
		VIVA	1.0000	STATIC(LIVE)	
		TECHO	0.5000	STATIC(LIVE)	
COMB7	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D+1.6X +1L
		SISMOX	1.0000	SPECTRA	
		VIVA	1.0000	STATIC(LIVE)	
COMB8	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D+0.3EX+1L
		SISMOX	0.3000	SPECTRA	
		VIVA	1.0000	STATIC(LIVE)	
COMB9	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D+1.6Y+1L
		SISMOY	1.0000	SPECTRA	
		VIVA	1.0000	STATIC(LIVE)	
COMB10	ADD	MUERTA	1.2000	STATIC(DEAD)	1.2D+0.3EY+1L
		SISMOY	0.3000	SPECTRA	
		VIVA	1.0000	STATIC(LIVE)	
COMB11	ADD	MUERTA	0.9000	STATIC(DEAD)	0.9D+1.6X OR 1.3WX
		SISMOX	1.0000	SPECTRA	
		VIENTOS	1.3000	STATIC(WIND)	
COMB12	ADD	MUERTA	0.9000	STATIC(DEAD)	0.9D-0.3EX OR -1.3WY
		SISMOX	0.3000	SPECTRA	
		VIENTOS	-1.3000	STATIC(WIND)	
COMB13	ADD	MUERTA	0.9000	STATIC(DEAD)	0.9D+1.6Y OR 1.3WY
		SISMOY	1.0000	SPECTRA	
		VIENTOS	1.3000	STATIC(WIND)	
COMB14	ADD	MUERTA	0.9000	STATIC(DEAD)	0.9D-0.3EY OR -1.3WY
		SISMOY	-0.3000	SPECTRA	
		VIENTOS	-1.3000	STATIC(WIND)	

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELE NT FACTOR
MUERTA	DEAD	1.0000
VIVA	LIVE	0.0000
TECHO	LIVE	0.0000
SISMOX	QUAKE	0.0000
VIENTOX	WIND	0.0000
VIENTOY	WIND	0.0000
SISMOY	QUAKE	0.0000

RESPONSE SPECTRUM CASES

SPECTRUM CASE	EXCITATION ANGLE	MODAL COMBO	DIRECTION COMBO
SISMOX	0.0000	CQC	SRSS
SISMOY	90.0000	CQC	SRSS

JOINT DATA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-18.00000	3.00000	3.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
2	0.00000	3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
3	-3.00000	3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
4	3.00000	3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
5	-15.00000	3.00000	1.00000	1 1 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
6	-9.00000	3.00000	3.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
7	18.00000	3.00000	3.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
10	15.00000	3.00000	1.00000	1 1 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
12	9.00000	3.00000	3.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
13	-12.00000	3.00000	2.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
14	6.00000	3.00000	3.80000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
16	9.00000	3.00000	3.60000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
17	12.00000	3.00000	3.40000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
18	15.00000	3.00000	3.20000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
19	12.00000	3.00000	2.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
20	-15.00000	3.00000	3.20000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
21	-12.00000	3.00000	3.40000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
22	-9.00000	3.00000	3.60000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
23	-6.00000	3.00000	3.80000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
24	-6.00000	3.00000	3.50000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
25	6.00000	3.00000	3.50000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
26	0.00000	-3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
27	-3.00000	-3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
28	3.00000	-3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
29	-15.00000	-3.00000	1.00000	1 1 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
30	-12.00000	-3.00000	2.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
31	-9.00000	-3.00000	3.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
32	6.00000	-3.00000	3.80000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
33	9.00000	-3.00000	3.60000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
34	12.00000	-3.00000	3.40000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
35	15.00000	-3.00000	3.20000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
36	18.00000	-3.00000	3.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
37	15.00000	-3.00000	1.00000	1 1 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
38	12.00000	-3.00000	2.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
39	9.00000	-3.00000	3.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
40	-18.00000	-3.00000	3.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
41	-15.00000	-3.00000	3.20000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
42	-12.00000	-3.00000	3.40000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
43	-9.00000	-3.00000	3.60000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
44	-6.00000	-3.00000	3.80000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
45	-6.00000	-3.00000	3.50000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
46	6.00000	-3.00000	3.50000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
47	3.00000	-3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
48	0.00000	3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
49	3.00000	3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
50	-3.00000	3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
51	0.00000	-3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
52	3.00000	-3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
53	0.00000	3.00000	4.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

56	15.00000	-1.00000	3.20000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
57	15.00000	0.00000	3.20000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
61	-15.00000	1.00000	3.20000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
62	-15.00000	-1.00000	3.20000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
63	-15.00000	0.00000	3.20000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
64	-12.00000	0.00000	3.40000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
65	-9.00000	1.00000	3.60000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
66	-9.00000	-1.00000	3.60000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
67	-9.00000	0.00000	3.60000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
68	-3.00000	-1.00000	4.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
69	-3.00000	1.00000	4.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
70	3.00000	1.00000	4.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
71	3.00000	-1.00000	4.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
75	9.00000	-1.00000	3.60000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
76	9.00000	0.00000	3.60000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
77	12.00000	0.00000	3.40000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
82	-3.00000	-2.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
93	-3.00000	0.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
94	-3.00000	2.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
103	-3.00000	-5.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
106	-3.00000	0.00000	10.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
107	-3.00000	5.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
108	-3.00000	-3.00039	8.20476	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
109	-3.00000	-3.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

SAP2000 v7.21 File: MODELO PUENTE FINAL Kgf-m Units PAGE 3
1/13/05 22:09:41

J O I N T D A T A

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
110	-3.00000	3.00029	8.19659	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
111	-3.00000	3.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
112	-3.00000	-3.00039	8.19877	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
113	-3.00000	-2.99762	8.20143	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
114	-3.00000	3.00172	8.19897	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
115	-3.00000	-1.49881	8.10071	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
116	-3.00000	1.50086	8.09946	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
117	3.00000	-3.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
118	3.00000	0.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
119	3.00000	2.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
120	3.00000	0.00000	10.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
121	3.00000	3.00029	8.19659	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
122	3.00000	3.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
123	3.00000	-3.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
124	3.00000	-5.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
125	3.00000	-3.00039	8.19877	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
126	3.00000	-2.99762	8.20143	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
127	3.00000	3.00172	8.19897	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
128	3.00000	5.00000	7.00000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
129	3.00000	-3.00039	8.20476	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
130	3.00000	-1.49881	8.10071	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
131	3.00000	1.50086	8.09946	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
132	-9.00000	-2.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
133	-9.00000	0.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
134	-9.00000	2.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
137	-9.00000	0.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
138	-9.00000	3.00029	7.78659	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
139	-9.00000	3.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
140	-9.00000	-3.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
141	-9.00000	-3.00039	7.78977	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
142	-9.00000	-2.99762	7.79143	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
143	-9.00000	-1.49881	8.69071	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
144	-9.00000	1.50086	8.68946	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
146	9.00000	-2.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
147	9.00000	0.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
148	9.00000	2.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
149	9.00000	0.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
150	9.00000	3.00029	7.78659	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
151	9.00000	3.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
152	9.00000	-3.00000	6.59000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
153	9.00000	-3.00039	7.78977	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
155	9.00000	-1.49881	8.69071	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
156	9.00000	1.50086	8.68946	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
159	15.00000	-2.00000	6.19000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
160	15.00000	0.00000	6.19000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
161	15.00000	2.00000	6.19000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
162	15.00000	0.00000	9.19000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
163	15.00000	3.00029	7.37659	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
164	15.00000	2.00000	6.19000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
165	15.00000	-3.00000	6.19000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

167	15.00000	-2.99762	7.38143	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
168	15.00000	-1.49881	8.28071	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
169	15.00000	1.50086	8.27948	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
187	-15.00000	-2.00000	6.18000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
188	-15.00000	0.00000	6.18000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
189	-15.00000	2.00000	6.18000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
190	-15.00000	0.00000	9.18000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
191	-15.00000	3.00029	7.37659	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
192	-15.00000	3.00000	6.18000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
193	-15.00000	-3.00000	6.18000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
194	-15.00000	-3.00039	7.37977	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
195	-15.00000	-2.99762	7.38143	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
196	-15.00000	-1.49881	8.28071	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
197	-15.00000	1.50086	8.27948	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
203	9.00000	1.00000	3.61000	0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

SAP2000 v7.21 File: MODELO FUENTE FINAL Kgf-m Units PAGE 4
1/13/05 22:09:42

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
2	3	4	W16X26	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
3	3	5	W16X26	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
14	6	14	W16X67	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
15	14	7	W16X67	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
18	5	16	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
19	16	17	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
20	17	18	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
21	18	19	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
23	12	20	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
24	20	13	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
26	1	21	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
27	21	22	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
28	22	23	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
29	23	24	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
30	24	4	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
31	21	6	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.200
32	22	14	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.400
33	23	7	T86X6X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.600
34	7	25	W16X69	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.041
35	25	4	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.041
36	24	25	T86X8X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.300
37	13	26	W16X89	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.041
38	26	5	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.041
39	16	26	T86X8X3/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.300
40	17	13	T86X8X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.600
41	19	20	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.400
42	19	12	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.200
43	27	28	W16X26	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
44	27	29	W16X26	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
45	30	31	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
46	31	32	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
47	29	33	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
48	33	34	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
49	34	35	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
50	35	36	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
51	36	37	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
52	38	39	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
53	39	40	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
54	41	42	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
55	42	43	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
56	43	44	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
57	44	45	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
58	45	28	W14X22	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
59	42	30	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.200
60	43	31	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.400
61	44	32	T86X8X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.600
62	32	46	W14X74	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.041
63	46	28	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.041
64	45	46	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.300
65	40	47	W16X77	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.041
66	47	29	W14X61	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.041
67	33	47	T86X8X3/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.300
68	34	40	T86X8X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.600
69	35	39	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.400
70	36	38	T86X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.200
72	6	30	HP6X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
73	1	41	HP6X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
75	14	31	HP6X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
77	7	32	HP6X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000

79	3	27	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
84	13	40	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
86	20	39	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
87	12	38	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
89	10	37	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
91	4	48	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
92	48	49	W14X22	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
93	49	50	W14X22	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
94	50	5	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
95	3	49	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
96	28	51	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
98	52	27	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
99	52	53	W14X22	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000

SAP2000 v7.21 File: MODELO PUENTE FINAL Kgf-m Units PAGE 5
1/13/05 22:08:42

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
100	53	29	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
104	10	36	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
105	19	55	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
106	19	37	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
107	56	36	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
108	55	57	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
109	57	56	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
110	57	38	P3	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.720
111	57	12	P2.5	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.720
112	19	35	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
113	18	36	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
114	18	34	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
115	17	35	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
116	17	33	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
117	16	34	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
118	16	29	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
119	5	33	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
120	5	27	P2	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.708
121	29	5	P2	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.708
122	21	61	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
123	29	51	P2	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.325
124	62	42	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
125	61	63	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
126	63	62	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
127	63	30	P2.5	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.720
129	63	8	P3	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.720
129	22	64	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
130	64	43	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
131	66	31	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.311
132	66	14	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.311
133	23	65	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
134	53	28	P3	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.325
135	66	44	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
136	65	67	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
137	67	66	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
138	67	32	BREIZA	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.059
139	67	7	BREIZA	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.059
140	28	68	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
141	68	69	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
142	69	4	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
143	5	70	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
144	70	71	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
145	71	29	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
146	3	28	P2	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.708
147	4	27	P2	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.708
148	16	33	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
150	48	5	P2.5	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.325
151	75	34	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
153	76	75	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
154	76	40	P3	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.059
155	76	13	P3	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.059
156	18	77	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
157	77	35	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	3.000
158	77	39	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.311
159	77	20	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.311
160	50	4	P2.5	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.325
161	4	45	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
162	24	28	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
163	24	44	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711
165	82	83	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
166	23	45	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.711

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	ELEMENTS	P1	P2	CPX1000	CPX1000
217	203	17	HP8X36	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
248	83	106	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.000
250	110	111	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.197
252	82	105	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.606
253	106	84	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.606
254	84	110	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.560
255	82	109	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
256	109	103	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
257	103	112	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.332
258	112	113	P4	0.000	000000	2	0.800	0.000	1.000	3.227E-03
261	114	107	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.330
262	107	111	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
263	111	84	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
264	108	112	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	4.994E-03
265	112	109	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.200
266	108	113	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	4.334E-03
267	113	82	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.562
269	115	106	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.748
270	106	116	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
272	19	10	FBECL	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.007
273	117	118	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
274	118	119	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
275	117	71	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
276	71	118	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
277	118	70	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
278	70	119	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.162
279	118	120	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.000
280	121	122	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.197
281	117	120	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.606
282	120	119	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.606
283	119	121	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.560
284	117	123	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
285	123	124	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
286	124	125	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.332
287	125	126	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.227E-03
288	127	128	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.330
289	128	122	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
290	122	119	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
291	129	125	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	4.994E-03
292	125	123	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.200
293	129	126	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	4.334E-03
294	126	117	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.562
295	130	120	P4	0.000	000000	2	0.300	0.000	1.000	1.748
297	120	131	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
299	132	133	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
300	133	134	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
305	133	137	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.000
306	138	139	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.197
307	132	137	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.606
308	137	134	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.606
309	134	138	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.560
310	132	140	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
311	139	134	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
312	141	140	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.200
313	142	132	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.562
315	143	137	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.748
316	137	144	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
318	132	86	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.153
319	86	133	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.153
320	133	85	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.153
321	85	134	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.153
322	146	147	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
323	147	148	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000

325	150	151	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.197
326	146	149	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.806
327	149	148	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.806
328	148	150	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.560
329	146	152	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
330	151	148	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
331	153	152	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.200
334	155	149	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.748
335	149	156	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750

SAP2000 V7.21 File: MODELO FUENTE FINAL Kpf-m Units PAGE 7
1/13/05 22:08:42

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
341	146	75	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.153
342	75	147	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.153
343	147	203	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
344	203	148	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
345	159	160	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
346	160	161	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
347	160	162	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.000
348	163	164	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.197
349	159	163	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.806
350	162	161	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.806
351	161	163	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.560
352	159	165	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
353	164	161	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
354	166	165	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.200
355	167	159	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.562
357	168	162	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.748
358	162	169	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
364	159	56	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
365	56	160	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
368	160	55	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
367	55	161	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
367	51	52	WL4X22	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
368	187	188	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
369	188	189	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
390	195	190	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.000
391	191	192	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.197
392	197	190	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.806
393	190	189	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.806
394	195	191	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.560
395	197	193	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
396	192	199	P4	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.000
397	194	193	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.200
398	195	187	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.562
400	196	190	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.748
401	190	197	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
403	187	62	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
404	62	188	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
405	188	61	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
406	61	189	HP8X36	90.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.143
420	134	84	T8X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
421	84	119	T8X8X5/	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
422	119	145	T8X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
423	149	161	T8X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
424	189	134	T8X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
425	159	145	T8X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
426	146	117	T8X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
427	117	82	T8X8X5/	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
428	82	132	T8X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
429	132	187	T8X8X5/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
430	191	138	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
432	138	110	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
433	110	121	2CO8T6	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
434	121	150	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
435	150	163	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
436	197	144	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
437	144	116	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
438	116	131	2CO8T6	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
439	131	168	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
440	156	169	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
441	167	128	2CO8T6	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
442	162	149	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
443	149	120	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
444	120	106	2CO8T6	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
445	106	137	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
446	190	137	2CO8T6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014

448	155	130	2CCOST6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
449	130	115	2CCOST6	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
450	115	143	2CCOST6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
451	143	196	2CCOST6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
452	166	153	2CCOST6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
453	153	125	2CCOST6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
454	125	108	2CCOST6	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000

SAP2000 v7.21 File: MODELO PUENTE FINAL Kgf-m Units PAGE 8
1/13/05 22:08:42

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
455	108	141	2CCOST6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
456	194	141	2CCOST6	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	6.014
457	124	103	2CCOST6	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	6.000
458	189	132	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	7.223
459	187	134	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	7.223
461	84	132	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	7.223
462	134	82	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	7.223
463	84	117	P2	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	7.211
464	119	82	P2	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	7.211
465	119	146	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	7.223
466	148	117	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	7.223
467	148	159	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	7.223
468	161	146	P2	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	7.223
470	143	141	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.751
471	155	153	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.751
472	166	168	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.751
473	125	130	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.751
474	108	115	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.749
475	156	150	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
476	159	163	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
477	131	121	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
478	116	110	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
479	144	136	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750
481	194	196	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.751
482	197	191	P4	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.750

SAP2000 v7.21 File: MODELO PUENTE FINAL Kgf-m Units PAGE 9
1/13/05 22:08:42

SHELL ELEMENT DATA

SHELL	JNT-1	JNT-2	JNT-3	JNT-4	SECTION	ANGLE	AREA
1	1	41	42	21	LOSA	0.000	18.040
2	21	42	43	22	LOSA	0.000	18.040
3	22	43	44	23	LOSA	0.000	18.040
4	23	44	45	24	LOSA	0.000	18.040
5	24	45	29	4	LOSA	0.000	18.040
6	191	190	137	138	LAMINA	0.000	21.039
7	4	28	27	3	LOSA	0.000	18.000
8	190	194	141	137	LAMINA	0.000	21.030
9	138	137	106	110	LAMINA	0.000	21.039
10	48	4	3	49	LOSA	0.000	6.000
11	49	3	5	50	LOSA	0.000	6.000
12	3	27	29	5	LOSA	0.000	18.000
13	107	106	120	128	LAMINA	0.000	34.986
14	27	52	53	25	LOSA	0.000	6.000
15	29	33	16	5	LOSA	0.000	18.040
16	15	33	34	17	LOSA	0.000	18.040
17	17	34	35	18	LOSA	0.000	18.040
18	18	35	36	19	LOSA	0.000	18.040
19	19	36	37	10	LOSA	0.000	18.040
20	121	120	149	150	LAMINA	0.000	21.039
21	163	150	149	162	LAMINA	0.000	21.039
22	149	153	166	162	LAMINA	0.000	21.030
23	120	125	153	149	LAMINA	0.000	21.030
24	106	103	124	120	LAMINA	0.000	34.986
25	137	141	106	106	LAMINA	0.000	21.023

1/13/05 22:08:42

SHELL UNIFORM LOADS Load Case VIVA

SHELL	DIRECTION	VALUE
1	GLOBAL-Z	-500.0000
2	GLOBAL-Z	-500.0000
3	GLOBAL-Z	-500.0000
4	GLOBAL-Z	-500.0000
5	GLOBAL-Z	-500.0000
7	GLOBAL-Z	-500.0000
10	GLOBAL-Z	-500.0000
11	GLOBAL-Z	-500.0000
12	GLOBAL-Z	-500.0000
14	GLOBAL-Z	-500.0000
15	GLOBAL-Z	-500.0000
16	GLOBAL-Z	-500.0000
17	GLOBAL-Z	-500.0000
18	GLOBAL-Z	-500.0000
19	GLOBAL-Z	-500.0000
6	GLOBAL-Z	-97.8000
8	GLOBAL-Z	-97.8000
9	GLOBAL-Z	-97.8000
13	GLOBAL-Z	-97.8000
20	GLOBAL-Z	-97.8000
21	GLOBAL-Z	-97.8000
22	GLOBAL-Z	-97.8000
23	GLOBAL-Z	-97.8000
24	GLOBAL-Z	-97.8000
25	GLOBAL-Z	-97.8000

SAP2000 V7.21 File: MODELO PUENTE FINAL Kgf-m Units PAGE 11
1/13/05 22:08:42

SHELL PRESSURE LOADS Load Case SISMOY

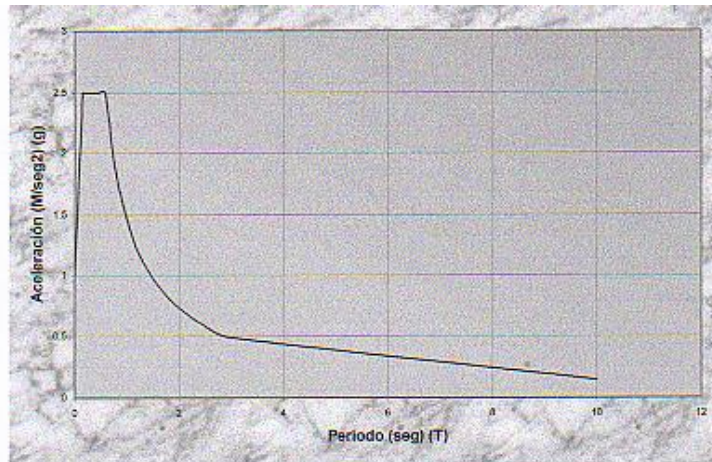
SHELL	VALUE	PATTERN	MULTIPLIER
6	91.8800		
8	91.8800		
9	91.8800		
13	91.8800		
20	91.8800		
21	91.8800		
22	91.8800		
23	91.8800		
24	91.8800		
25	91.8800		

Las fuerzas de sismo en las direcciones X y Y fueron determinadas en la siguiente manera

➡ Sismo en X:
Tabla 16-N (UBC) sistema
estructural de marcos
Factor en dirección de X:
 $R = 8.5$
 $g = 9.81 \text{ m/seg}^2$
Factor de escala
 $9.81/8.5 = 1.15$
Amortiguamiento 0.05 (5%)
CQC, angulo de excitación 0°
Espectro de Respuesta:
UBC 94 S2

➡ Sismo en Y:
Tabla 16-N (UBC) sistema
estructural de marcos
Factor en dirección de Y:
 $R = 4.5$
 $g = 9.81 \text{ m/seg}^2$
Factor de escala
 $9.81/4.5 = 2.18$
Amortiguamiento 0.05 (5%)
CQC, angulo de excitación
 90°
Espectro de Respuesta:
UBC 94 S2

El espectro de respuesta del suelo se define como la respuesta de acelerógrafos ante un evento sísmico en función del tiempo y la aceleración obteniendo la respuesta máxima que puede ocurrir en un instante dado. El espectro de respuesta que se utilizó en el diseño del puente peatonal fue el de UBC 94 (*vid.* gráfica No.1 y Tabla No.2)



Gráfica No.1 Espectro de Aceleración

TABLA No.2:Espectro de Aceleración del suelo		
Nombre	Periodo	Acel
Texto	Seg	
UBC94S2	0	1
UBC94S2	0.15	2.5
UBC94S2	0.2	2.5
UBC94S2	0.39	2.5
UBC94S2	0.45	2.5
UBC94S2	0.585	2.5
UBC94S2	0.75	1.95
UBC94S2	0.915	1.6
UBC94S2	1.1	1.33
UBC94S2	1.25	1.17
UBC94S2	1.5	0.975
UBC94S2	1.75	0.836
UBC94S2	2	0.732
UBC94S2	2.5	0.585
UBC94S2	3	0.488
UBC94S2	10	0.146

Se utilizó un suelo tipo S2 el cual se define como suelo firme cuyo basamento rocoso está a más de 50 metros de profundidad, y cuyos depósitos son cenizas volcánicas, suelos granulares densos, limos densos y arcillas firmes. En general suelos firmes y estables cuyos perfiles no clasifican como S1 ni como S3.

La participación de la masa efectiva está relacionada con la cantidad de modos (como se muestra en las tablas No.3 y No.4) a analizar para lo cual se deben cumplir los siguientes requisitos:

- participación del 90% de la masa
- 3 modos mínimos de vibración
- T (períodos) mayores a 0.4 segundos

Caso:Output	dirección		Estático	Dinámico
Texto	Texto	Texto	Porcentaje	Porcentaje
RITZMODES	Aceleración	UX	100	95.3798
RITZMODES	Aceleración	UY	100	99.5383
RITZMODES	Aceleración	UZ	100	87.2815

Se analizaron un total de 12 modos de vibración de los cuales los que presentan un mayor período son el modo No.1, No.2 y No.3, que a su vez presentan la menor rigidez.

Caso:Output	Tipo	Número	Periodo	UX	UY	UZ	FX	FY	FZ	Masa	Rigidez
Texto	Texto		Seg	Kgf-s2	Kgf-s2	Kgf-s2	Kgf-ms2	Kgf-ms2	Kgf-ms2	Kgf-ms2	Kgf-m
RITZMODES	Mdb	1	0.421428	80.541308	0.057957	0.214841	-1.981487	322.928082	7.658153	1	222.289
RITZMODES	Mdb	2	0.286355	21.828088	2.103411	2.341526	-28.946036	-391.745484	-13.106651	1	481.45
RITZMODES	Mdb	3	0.279458	1.354255	-50.213657	2.3712	401.694257	-25.889997	19.808184	1	836.507
RITZMODES	Mdb	4	0.217167	-2.137512	5.278737	47.968117	-22.395056	48.117759	13.312133	1	837.091
RITZMODES	Mdb	5	0.167373	-0.200803	-15.513538	48.334227	11.952799	25.978602	-39.21054	1	1409.248
RITZMODES	Mdb	6	0.158124	-0.745755	-77.308128	-7.353429	103.657846	-5.046505	-8.351941	1	1578.506
RITZMODES	Mdb	7	0.12051	9.430284	0.232785	32.235244	13.628319	-26.738066	107.434272	1	2718.366
RITZMODES	Mdb	8	0.105726	-15.550538	13.426047	21.355253	-111.530459	84.997007	-80.03871	1	3339.451
RITZMODES	Mdb	9	0.105884	-16.954693	-16.304617	10.473763	125.840939	5.544832	64.030514	1	3455.692
RITZMODES	Mdb	10	0.078341	-10.505555	6.780807	-38.689405	-21.795755	-41.537793	108.545738	1	6432.489
RITZMODES	Mdb	11	0.057133	-6.485732	21.064707	9.20353	-54.331311	-101.586284	185.946572	1	8759.638
RITZMODES	Mdb	12	0.051806	-74.135515	-1.683441	2.075594	1.44957	-577.354583	25.015025	1	14708.254

Los efectos de desplazamiento en las direcciones X, Y y Z se muestran en las Figura No. 69 donde se observa el modo más significativo No.7, Figura No.70 modo más significativo el No.8 y la Figura No.71 modo más significativo el No.3.

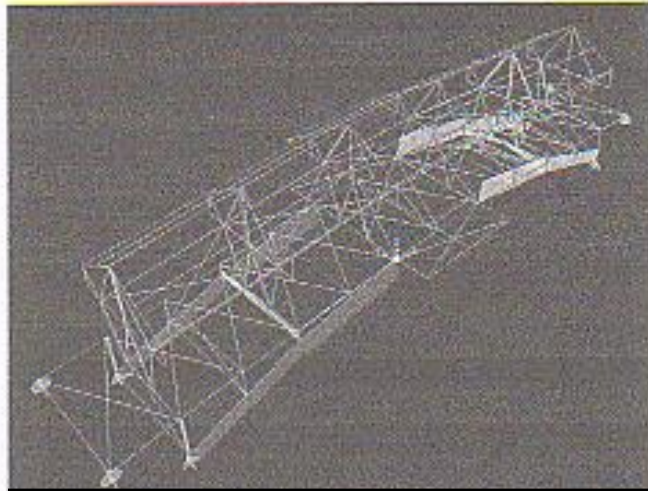


Figura No.69 efecto de desplazamiento en dirección X 0.018 metros modo 7

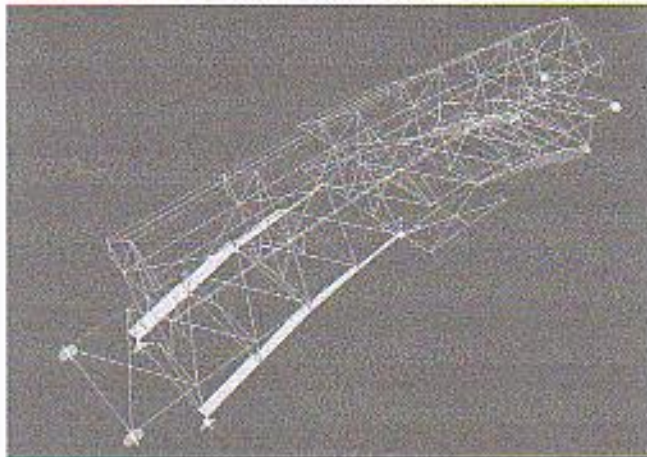


Figura No.70 efecto de desplazamiento en dirección Y 0.026 metros modo 3

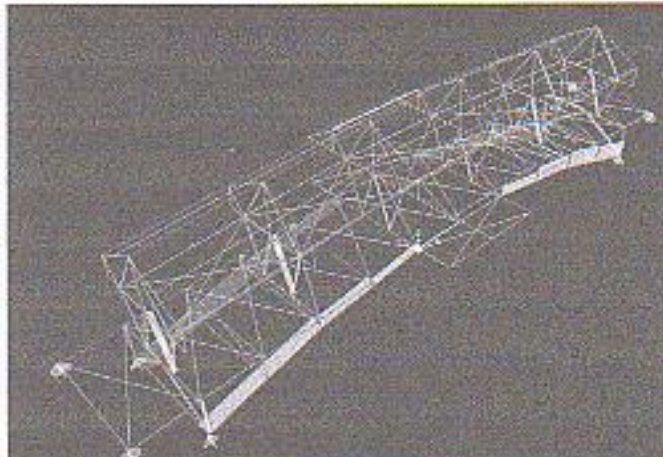


Figura No.71 efecto de desplazamiento en dirección Z 0.034 metros modo 8

3. Diseño estructural

Las secciones obtenidas para el diseño final del puente peatonal se muestran en la Tabla No.5

Tabla No.5 Propiedades Geométricas de las Secciones						
Elemento	Sección	Area	tw	tf	bf	d
Sub estructura						
Arcos	W16 x 89	26.4	1/2 pulg	7/8 pulg	10 3/8 pulg	16 3/4 pulg
Viga de piso	HP 8 x 38	10.6	7/16 pulg	7/16 pulg	8 1/8 pulg	8 pulg
Breiza V inv.	Pipe3	2.03	t=1/4			
Breiza en X	Pipe3	2.03	t=1/4			
Estructura						
Marco	HP 8 x 36	10.6	7/16 pulg	7/16 pulg	8 1/8 pulg	8 pulg
Unión marco	Hss 8x8x 1/2	13.5	T=0.465			
Breiza en X	Pipe 3	2.03	t=1/4			
Armadura	Pipe 4	2.76	t=1/4			
Costanera	2cost6		t=1/4			

E. Planos finales

Los planos Arq1- Arq 8 muestran el diseño arquitectónico del puente peatonal incluyendo la planta de ubicación, planta de distribución, elevaciones, secciones, planta acotada, planta de acabados, planta de techos y volumetría del puente.

Los planos Es1- Es6 muestran el diseño estructural del puente peatonal incluyendo la subestructura (volumen), estructura (volumen), planta de losa, planta de estructura superior, marco típico longitudinal y marcos típicos transversales.

VI. CONCLUSIONES

- A. Teniendo en consideración los resultados finales del diseño del puente peatonal, se puede afirmar que los elementos estructurales denominados marcos en forma de doble V presentan la mayor rigidez en la dirección Y cuando el sismo es aplicado en el sentido transversal de la estructura.
- B. Cuando el sismo actúa perpendicular al eje longitudinal de la estructura, dirección X, los marcos en forma de doble V presentan debilidad debido a que originalmente se planteó el uso de secciones redondas, por tal motivo se reforzaron en el sentido débil, cambiando dichas secciones a HP 8x36.
- C. La configuración en forma de doble V de los marcos permite conducir las cargas directamente del techo a los marcos y de estos a la estructura.
- D. Tomando en cuenta las sugerencias para el diseño y estética de puentes mencionados por Leonhart, se plasman en diseño varios factores como son número impar de tramos, claridad visual entre los espacios positivos y negativos, estética, dualidad entorno estructuras entre otras.
- E. Para proveer de estabilidad al puente peatonal se planteó el uso de breizas o arriostramientos en la subestructura (pipe tres pulgadas) y estructura (pipe de tres y cuatro pulgadas) evitando así el efecto de torsión en el sentido longitudinal por clasificarse como una estructura de luz mediana (36 metros de longitud).

VII. RECOMENDACIONES

- A. Se recomienda la elaboración de puentes peatonales no convencionales que integren el entorno con la estructura tomando en cuenta aspectos de proporción, escala, estética, usuario y punto focal entre otros factores.
- B. Se sugiere la utilización de sistemas estructurales que provean estabilidad a los puentes por medio de elementos cuya forma permita una conducción directa de la carga.
- C. Se sugiere el uso de secciones compatibles en los elementos que conforman los puentes peatonales tomando en cuenta el sentido de las cargas en el cual se necesita colocar la sección del elemento en el eje fuerte o eje débil para proveer mayor rigidez al sistema.
- D. Se recomienda el uso de arriostres en el sentido horizontal de la estructura para evitar la torsión en el sentido longitudinal de los puentes peatonales.
- E. Se sugiere la utilización de los incisos que incluyen normas para puentes peatonales como AASHTO e integración de cargas del LFRD, entre otros para el cálculo de diseño estructural de puentes peatonales.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

American association of state highway and transportation officials (AASHTO)

Barker, Richard. 1997. *Design of highway bridges*. John Willey and sons. New York. 1169 pages.

Ching, Frank. 1998. *Forma, espacio y orden en arquitectura*. Editorial Gustavo Gili. 11ava. edición. Barcelona. 398 páginas.

Mérida, Luis. 1989. *Pasos peatonales aéreos como medios de comunicación y seguridad urbana*. Tesis Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 86 páginas.

Mollinari, Luca. 1999. *Santiago Calatrava*. Editorial Skira. Milán. 221 páginas.

Roig, Joan. 1996. *Nuevos Puentes*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 192 páginas.

Wells, Matthew. 2002. *Puentes*. Editorial Kliczkowski. Madrid. 192 páginas.