

	INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO	Version 1.1
	MANUAL DE MANTENIMIENTO E INSPECCION RUTINARIOS DE LOS PUENTES PEATONALES PROTOTIPO	Hoja 24

5 ANEXO- FORMATOS DE INSPECCION



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD**

Instituto de Desarrollo Urbano

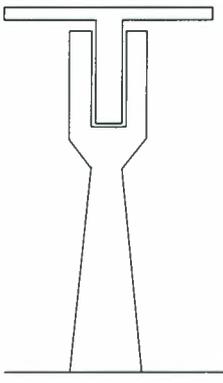


Instituto
DESARROLLO URBANO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO DEL ESPACIO PÚBLICO
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DEL IDU - SAPIDU

TIPOLOGÍA DE PUENTES PEATONALES PRINCIPALES

TIPO 1

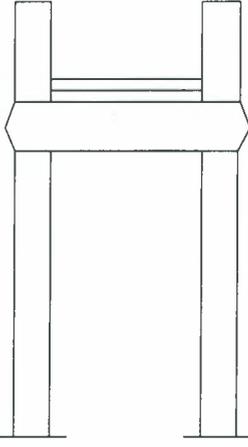


Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

Subestructura: Constituida por elementos de soporte únicos, es decir monopilas de sección variable o constante. Se puede resumir el comportamiento de estos elementos como trabajo en voladizo sin redundancia.

Superestructura: Una Viga T simplemente apoyada en cada luz. Estos elementos pueden ser de concreto reforzado o presforzado. Normalmente el sistema de apoyo sobre las pilas posee topes restrictivos para sostener el alma de las vigas.

TIPO 2

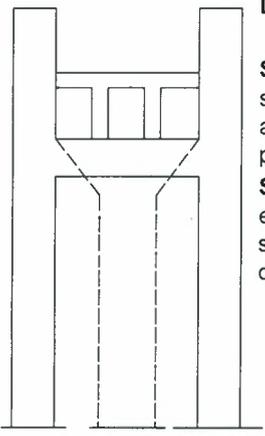


Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

subestructura: Constituida por porticos planos de concreto reforzado de sección rectangular constante. Estos elementos son muy típicos y no poseen una prolongación de sus columnas a manera de confinamiento para la superestructura.

Superestructura: La superestructura de esta tipología de puentes está conformada por secciones de vigas barandas intercomunicadas por diafragmas con pisos prefabricados.

TIPO 3



Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

Subestructura: Son pórticos peatonales planos similares a los puentes Tipo 2, pero lo que la diferencia es la superestructura que soporta conformada en vigas doble T. La tipología de estos puentes también incluye aquellos cuyas pilas están conformadas por columnas provistas de un cabezal que en algunos casos muy particulares ofrece algún tip de restricción lateral a la superestructura.

Superestructura: Conformada por vigas doble T en concreto (postensado). Normalmente el estado de estos elementos es óptimo pero en algunos casos particulares la deficiencia es por funcionalidad debido a la separación visible entre las vigas T, a la vibración ante el paso de los peatones y en algunos casos deficiencia de capacidad de resistencia.



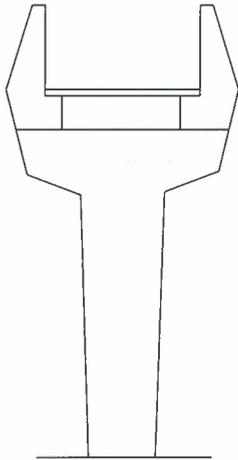


Instituto
DESARROLLO URBANO
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO DEL ESPACIO PÚBLICO
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DEL IDU - SAPIDU

TIPOLOGÍA DE PUENTES PEATONALES PRINCIPALES

TIPO 4

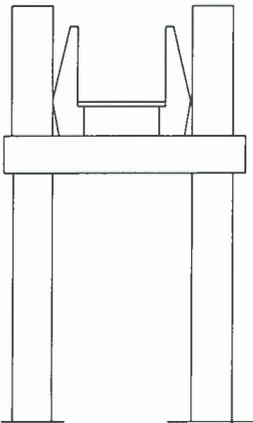


Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

Subestructura: Constituida por monopilas de concreto reforzado de sección variable pero dicha variación presenta la sección transversal de menor área en su parte inferior. Se destaca la presencia de una especie de cabezal que aumenta la condición de péndulo invertido y ofrece un comportamiento poco conveniente puesto que el puente sometido al mayor momento es el de menor sección

Superestructura: La superestructura de esta tipología de puentes está conformada por vigas barandas en concreto reforzado simplemente apoyadas y masivas.

TIPO 5

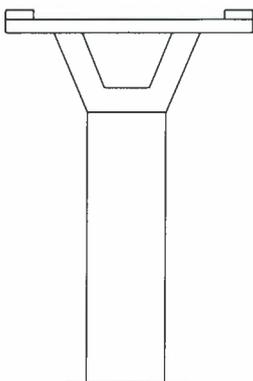


Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

subestructura: Constituida por porticos planos de concreto reforzado de sección rectangular constante. Estos elementos son muy típicos y poseen una prolongación de sus columnas a manera de confinamiento para la superestructura.

Superestructura: La superestructura de esta tipología de puentes está conformada por vigas barandas en concreto reforzado simplemente apoyadas y masivas.

TIPO 6



Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

Subestructura: Constituida por monopilas de concreto reforzado de sección constante, sin embargo existen algunos puentes cuyas piulas poseen sección variable. Otro aspecto relevante es la ausencia de prolongaciones que ejerzan una restricción transversal a la superestructura. Algunos puentes poseen prolongaciones a manera de parapetos pero no diseñados para restringir el movimiento lateral del puente en caso de sismo.

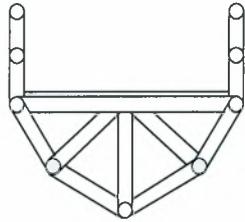
Superestructura: La superestructura de esta tipología de puentes está conformada por vigas barandas en concreto reforzado simplemente apoyadas y masivas.



SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO DEL ESPACIO PÚBLICO
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DEL IDU - SAPIDU

TIPOLOGÍA DE PUENTES PEATONALES PRINCIPALES

TIPO 7

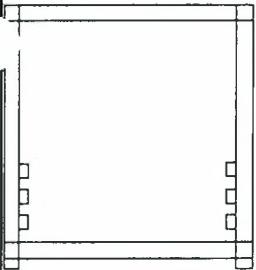


Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

subestructura: Regularmente están conformadas por monopilas de concreto reforzado masivas. Normalmente no se tienen deficiencias de estos elementos pero en algunos casos estos elementos están comprometidos con la estabilidad del puente.

Superestructura: Está conformada por una estructura metálica de tubos o elementos longitudinales ensamblados y forjados para dar una geometría especial. Poseen una losa de concreto reforzado como zona de paso peatonal.

TIPO 8

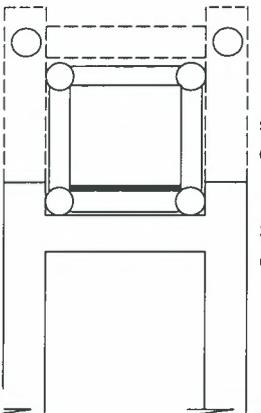


Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

subestructura: Normalmente son pórticos planos con secciones transversales constantes. Algunos puentes de esta tipología poseen monopilas en concreto reforzado por lo que serían de poca seguridad.

Superestructura: Son cerchas cuyas cuerdas están fabricadas por ángulos ensamblados formando cajones en tal caso no es pertinente mantenerlas en servicio por lo que la tendencia es al reemplazo total. Como excepción se tiene el puente de la Av. Circunavalar por U. América cuyas cuerdas están conformadas por perfiles tipo cajón.

TIPO 9



Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

subestructura: Pórticos de concreto reforzado de buena configuración estructural y excelente control de deflexiones laterales debido a la viga de la parte superior.

Superestructura: Son cerchas cuyos elementos de cuerdas principales la conforman tubos de acero (al carbono). Esta tipología es la que normalmente se encuentra en los puentes construidos por Almacenes Éxito.

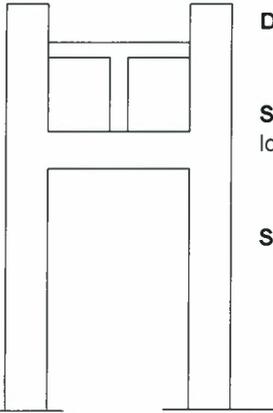


Instituto
DESARROLLO URBANO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO DEL ESPACIO PÚBLICO
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DEL IDU - SAPIDU

TIPOLOGÍA DE PUENTES PEATONALES PRINCIPALES

TIPO 10



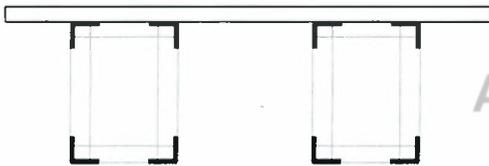
Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

Subestructura: Son pórticos planos similares a los puentes Tipo 2, pero con prolongación de sus columnas con lo que ejercen una restricción lateral a la superestructura.

Superestructura: Conformada por una viga T simplemente apoyada y normalmente postensada.

TIPO 11

Puentes sobre canales



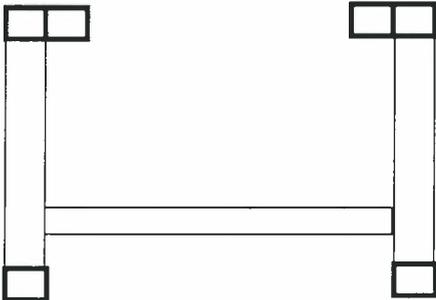
Descripción: Se trata de puentes peatonales con la siguiente característica:

Subestructura: Teniendo en cuenta que se trata de pasos sobre canales el tipo de elementos normalmente son "muertos" de concreto reforzado o ciclópeo apoyados directamente sobre los taludes.

Superestructura: Estas son variadas y en algunos casos son metálicas y en otros de concreto reforzado. Se destaca que las secciones transversales casi en su totalidad son deficientes y requieren un reforzamiento.

TIPO 12

Puentes metálicos tubulares tipo Transmilenio



Descripción: Son los puentes metálicos tubulares con piso en aluminio típicos de Transmilenio.

Subestructura: Las pilas son metálicas de tubo redondo, con apoyos articulados sobre pedestales de concreto.

Superestructura: Las vigas baranda son de tubo cuadrado con diagonales en varilla y arriostramiento inferior en perfiles tubulares. El piso es en aluminio.



Instituto
DESARROLLO URBANO
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO DEL ESPACIO PÚBLICO
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DEL IDU - SAPIDU

CUADRO DE CALIFICACIONES PATOLÓGICAS DE MATERIALES

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECISIONES
0	EXCELENTE	SIN DAÑO O DAÑO INSIGNIFICANTE. Significa que el elemento o la estructura se encuentra en óptimas condiciones de servicio y que de manera integral cumple dentro del marco establecido por la Normativa vigente.
1	BUENO	DAÑO PEQUEÑO. NO REQUIERE REPARACIÓN INMEDIATA. Significa que el elemento o la estructura presenta aspectos o detalles no estructurales que requieren tratamiento pero que no comprometen su funcionamiento. Estos detalles requieren de un tratamiento de mantenimiento rutinario.
2	REGULAR	EXISTE DAÑO AUNQUE EL COMPONENTE FUNCIONA. Significa que el elemento o la estructura presenta aspectos o detalles estructurales que requieren tratamiento y que se encuentran en un estado de deterioro inicial que en caso de prolongarse puede comprometer su funcionamiento y su estabilidad.
3	MALO	DAÑO SIGNIFICATIVO. REPARACIÓN. Significa que el estado de servicio o el grado de deterioro del elemento amerita una intervención estructural para garantizar su estabilidad dentro de las exigencias y solicitudes establecidas en la Normativa vigente.
4	MUY MALO	DAÑO GRAVE. REPARACIÓN INMEDIATA. Significa que el elemento o la estructura requiere una intervención inmediata ya que las características observadas describen un panorama de riesgo en su funcionalidad. Se deben tomar medidas de seguridad inmediatas.
5	EMERGENCIA	DAÑO EXTREMO. RIESGO TOTAL. Significa que se requiere la demolición inmediata o el apuntalamiento de la estructura. Estas acciones requieren ser tomadas con carácter de emergencia y se requiere la aplicación de un Plan de Contingencia.
NA	NO APLICA	

NOTA: La calificación de cada capítulo se hará promediando las calificaciones de cada subcapítulo y excluyendo los elementos donde no aplica.

REFERENCIACIÓN DE LAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECISIONES
A	ELEMENTOS DE SOPORTE	REFERENCIAR LAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES PARA CADA NUMERAL EN LA CALIFICACIÓN DE PATOLOGÍA, SEGÚN SE REQUIERA, CON LAS LETRAS AQUÍ INDICADAS. POR EJEMPLO, REFERENTE A LA SUCIEDAD EN LA SUPERESTRUCTURA, LA OBSERVACIÓN SE NUMERARÁ COMO 1,1.B. SE PODRÁN INCLUIR FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS.
B	SUPERESTRUCTURA	
C	ESCALERAS	
D	RAMPAS	
E	BARANDAS	
F	PISOS	



Instituto
DESARROLLO URBANO
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO DEL ESPACIO PÚBLICO
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES DEL IDU - SAPIDU

ESPECIFICACIONES PARA MANTENIMIENTO RUTINARIO PUENTES PEATONALES

TIPOLOGÍA	NÚMERO	ESPECIFICACIÓN MANTENIMIENTO RUTINARIO
DE CONCRETO	76	Implica inicialmente la elaboración de un informe detallado del estado inicial del puente incluyendo el concepto de la inspección visual de un patólogo con fichas técnicas y anexos fotográficos. A partir de los resultados del mencionado diagnóstico, se programarán labores de lavado del concreto con chorro de agua a presión (vapor), inspección y determinación del patrón de fisuración a diferentes horas del día en relación con el clima (inspección nueva del patólogo) para que la STME pueda determinar el adecuado estado y comportamiento de los materiales, levantamiento de hormigueros y/o cavernas, labores de picado de superficies y/o recubrimientos, limpieza de acero de refuerzo expuesto y/o corroído con inhibidores especificados, inyección de grietas, aplicación de morteros de reparación, pintura acrílica inhibidora del proceso de carbonatación, limpieza de juntas de dilatación, impermeabilización de juntas (detallado presentado por la STME), inspección y reparación de barandas (restitución de elementos, anclajes, soldadura, pintura, reemplazo total en caso de que sea necesario), verificación de las zonas de los accesos, anclajes de peldaños prefabricados, áreas de espacio público aferentes al puente peatonal, reemplazo de neoprenos de apoyo,....
METÁLICOS	37	Implica inicialmente la elaboración de un informe detallado del estado inicial del puente incluyendo el concepto de la inspección visual de un ingeniero especialista en estructuras metálicas con experiencia en soldaduras. A partir de los resultados del mencionado diagnóstico, se programarán labores de limpieza de elementos (sand blasting), pruebas para el estado de las soldaduras (tintas penetrantes, rayos X, extracción de probetas,...), ensayos de resistencia de materiales, inspección detallada de los pernos, remaches y/o cualquier tipo de elemento de conexión existente (incluye ensayos), verificación de que las uniones dilatadas funcionan con libertad. Una vez terminada esta etapa inicial se requiere un segundo informe para definir las labores finales que implican entre otras, reemplazo de elementos, reforzamiento de soldaduras, incorporación de nuevos elementos, reemplazo de pernos estructurales, y/o remaches y/o elementos de conexión, incorporación de elementos de conexión, reparación de anclajes del puente, reemplazo de neoprenos, aplicación de inhibidores de corrosión, pintura, reparación de barandas (restitución de elementos, anclajes, soldadura, pintura, reemplazo total en caso de que sea necesario),....
MIXTOS	34	Para este tipo de estructuras se deberá considerar todas las actividades descritas en los otros tipos de puente para cada combinación particular teniendo en cuenta que es una conformación de los dos tipos de elementos estructurales en concreto y en estructura metálica.
GENERAL INSPECCIÓN SEMESTRAL		El informe de las inspecciones semestrales deberá contener: A) Índice o contenido indicando los puentes incluidos. B) Primera página con la(s) fotografía(s) general(es) del puente y la tipología. C) Formato N° 1 D) Las siguientes hojas con las observaciones, recomendaciones y fotografías que se referencian en el formato 1

000028

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, D. C.



**ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.**

Instituto
DESARROLLO URBANO

CONTRATO IDU-133-05

Estudios y Diseños de la Troncal Calle 26
Av. 3ª - Aeropuerto El Dorado – Av. José Celestino Mutis, en Bogotá D.C.



Contiene:

**GUIA METODOLOGIA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL
CONTENIDO DE MEMORIAS**

Versión 0.3

MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano

CLIENTE:

CONSORCIO

GENERAL

ERT INGENIERIA LTDA
BOGOTA, D.C. ENERO DE 2007

INDICE

1. INTRODUCCION.....	4
1.1 OBJETIVOS DEL ANALISIS.....	4
2. INTRODUCCION DE LA MEMORIA.....	6
2.1 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA.....	6
2.2 TIPOLOGIA DE LA ESTRUCTURA.....	8
3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA.....	12
3.1 NORMAS DE CALCULO Y DISEÑO.....	12
3.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	13
3.2.1 REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE:.....	13
3.2.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	14
3.3 PERIODOS Y FRECUENCIA.....	16
3.4 VERIFICACION DE ESFUERZOS.....	17
3.5 ESTABILIDAD DEL CORDÓN SUPERIOR.....	18
3.6 FUERZAS RESISTIDAS POR LOS ELEMENTOS VERTICALES (PARALES).....	20
3.7 CHEQUEO DE DEFLEXIONES.....	21
3.7.1 Carga Viva.....	21
4. ANÁLISIS DE CARGAS.....	23
4.1 CARGA MUERTA (CM).....	23
4.1.1 FACTOR DE PESO PROPIO.....	23
4.1.2 SISTEMA DE PISO.....	24
4.2 CARGA DE TENSIONAMIENTO (To).....	25
4.3 CARGA VIVA.....	26
4.3.1 CARGA SOBRE LOS ELEMENTOS.....	26
4.3.2 CASOS DE CARGA.....	27
4.4 CARGA DE VIENTO (W).....	29
4.5 CARGAS SÍSMICAS.....	30
4.5.1 ESPECTRO SISMICO DE DISEÑO.....	30
4.5.2 COEFICIENTE DE DISIPACION DE ENERGIA.....	32
4.5.3 EVALUACION DE MASAS.....	32
4.5.4 COMBINACION ORTOGONAL DE SISMO.....	33
4.5.5 FACTORES DE SISMO.....	33
4.6 CARGA POR TEMPERATURA (T).....	34
4.7 CASOS DE CARGA.....	34
4.8 COMBINACIONES DE CARGAS BÁSICAS.....	35
5. SECCIONES Y MATERIALES.....	37
5.1 MATERIALES.....	37
5.2 SECCIONES.....	38
5.2.1 Cercha-baranda.....	38
5.2.2 Sistema de Piso.....	39
5.2.3 Plataformas.....	40



INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL
CONTENIDO DE MEMORIAS

**CONSORCIO
GENERAL**
CONTRATO IDU 133-05
Hoja 3
Version 0.3

5.2.4	Columnas.....	42
6.	MODELO DE ANALISIS, ANALISIS Y RESULTADOS	43
6.1	METODOLOGIA DE ANALISIS ESTRUCTURAL.....	43
6.2	PRESENTACION DEL MODELO ESTRUCTURAL Y RESULTADOS.....	44
6.3	VERIFICACION DEL DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA	45
6.4	VERIFICACION DEL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA.....	46



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano



**INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO**

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL

CONTENIDO DE MEMORIAS

**CONSORCIO
GENERAL**
CONTRATO IDU 133-05
Hoja 4
Version 0.3

1. INTRODUCCION

Este documento complementa lo indicado en documento titulado "GUIA PARA LA IMPLEMENTACION Y DISEÑO DE PUENTES PEATONALES PROTOTIPO IDU Y SUS ACCESORIOS" y hace parte de la "Guía de Control de Calidad para el Diseño, Compra y Recepción de materiales, construcción, fabricación, inspección en taller y campo y montaje de estructuras y accesorios del puente peatonal prototipo IDU".

Este documento describe los requisitos mínimos para el desarrollo del cálculo y verificación del diseño estructural del puente peatonal prototipo IDU. A manera de ejemplo se incluye la memoria de cálculo corresponde al análisis de la superestructura de un puente prototipo IDU. Para lo cual se parte de la condición de un puente de dos luces de aproximadamente 34.0m

MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

1.1 OBJETIVOS DEL ANALISIS

Con este análisis se pretenden los siguientes objetivos

- Guía metodologica: Presentar para evaluación el contenido mínimo de las memorias de calculo a ser desarrolladas en procesos futuros de diseño de puentes peatonales prototipo; estableciendo los requisitos del análisis estructural
- Establecer una metodología para el análisis con el fin de evaluar correctamente los efectos del tensionamiento inicial de los elementos diagonales en el comportamiento del puente.

- El objetivo de la memoria de cálculo de cada componente de un puente peatonal prototipo es determinar si el comportamiento estructural es adecuado en lo referente a:
 - Capacidad de los elementos
 - Vibraciones





**INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO**

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL

CONTENIDO DE MEMORIAS

**CONSORCIO
GENERAL**
CONTRATO IDU 133-05

Hoja 6

Version 0.3

2. INTRODUCCION DE LA MEMORIA

Preliminarmente a la edición de las memorias de cálculo, el consultor deberá someter a aprobación de la Interventoría la tabla de contenido de las memorias, las cuales deben contener como mínimo los siguientes aspectos:

En las Memorias de Cálculo se debe indicar en forma clara el registro descriptivo de los cálculos realizados para el análisis y diseño de la estructura y las consideraciones empleadas lo cual soporta y fundamenta las dimensiones y refuerzos determinados, permitiendo verificar el cumplimiento de los procedimientos exigidos por la normatividad aplicable. Comprende además, como mínimo lo indicado en los siguientes numerales y capítulos.

Las memorias se deberán dividir en tres volúmenes así:

Memorias de diseño estructural

Memorias de análisis y definición de procedimientos constructivos

Memorias de diseños o protocolos de las pruebas de carga estática y dinámica.

Para efectos de control, todas las memorias deberán contener un índice y un registro de versión en cada página, esto para control en el caso de que las modificaciones afecten parcialmente la memoria de cálculo. El cuadro de control de versiones indicara las páginas modificadas en cada versión

2.1 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

Descripción del proyecto: Este contendrá al menos lo siguiente; resultados generales del estudio de factibilidad, descripción detallada de las unidades de estructura que componen el puente, descripción del sistema de cimentación. Así,

Además de la descripción de la topología, que es estándar para todos los puentes peatonales prototipos, la memoria deberá contener una descripción sobre la localización, luces, condiciones especiales y demás aspectos que permitan verificar la geometría seleccionada.

La estructura consiste en un puente peatonal metálico, con tipología IDU, cuya implantación se asimila a la de un puente existente y el diseño estructural corresponde al actualmente utilizado para los puentes peatonales prototipo IDU, el tramo principal del puente es de dos luces de aproximadamente 34.0m y esta soportado por un sistema de plataformas fabricadas por perfiles "I" sobre columnas con perfiles tubulares de acero con configuración en "V" en sus tres apoyos. Las luces de aproximadamente 34.0 m presentan condiciones de interrupción en la continuidad de la cinta superior de una baranda-cercha para la conexión con una rampa central y la interrupción correspondiente a la conexión de dos rampas de acceso sobre las columnas extremas, adicionalmente y como condición crítica, se ha considerado una abertura adicional en un extremo para la conexión de una escalera.

Mediante análisis iterativos, se concluyó que la situación extrema de diseño de la topología del puente peatonal prototipo para condiciones de serviciabilidad (vibraciones) y de resistencia, se obtiene para luces de 34.0m con piso de aluminio. Sin embargo para cada condición particular y cada elemento estructural, rampa, tramo central se deberán realizar los análisis respectivos.



INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL

CONTENIDO DE MEMORIAS

**CONSORCIO
GENERAL**
CONTRATO IDU 133-05

Hoja 8

Version 0.3

2.2 TIPOLOGIA DE LA ESTRUCTURA

El puente consiste de módulos típicos de hasta 6.0 metros de longitud que se ensamblan con otros módulos de ajuste del tipo recto, curvo, de intersección y terminales que definen la geometría requerida para el paso peatonal. Los módulos se conectan entre si mediante uniones apernadas.

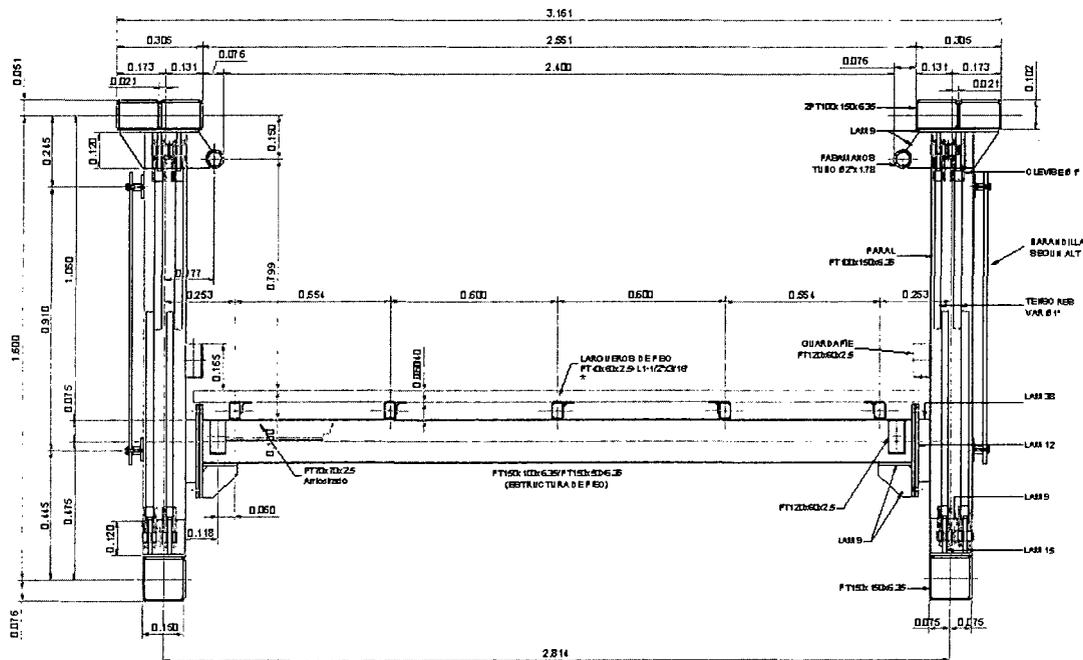
Los módulos están compuestos por 2 cerchas verticales, con cordones de sección rectangular, elementos verticales en sección tipo I y elementos diagonales en varillas que se conectan mediante clevises. Las cerchas de 1.60 metros de alto se conectan entre si por el sistema de piso.

El ancho total del modulo estándar es de 3.0 metros; con tablero estándar de 2.814 m de ancho a nivel del sistema de piso. El ancho efectivo para circulación peatonal es de 2.40m (Entre pasamanos). A nivel de piso, la estructura consta de un arriostrado horizontal conformado por elementos transversales y diagonales, Longitudinalmente se tienen dos estructuras tipo cercha paralelas moduladas cada 1.20m, así, los elementos verticales de las cerchas y el elemento horizontal del arriostrado inferior forman un marco rígido en H.

Sobre los elementos horizontales transversales se apoya el sistema de piso, conformado por elementos muy livianos y las cerchas de la estructura hacen las veces de baranda a la cual se le coloca un pasamanos y una barandilla de protección.

Los módulos se soportan sobre columnas fabricadas con perfiles tubulares, arriostradas entre si transversalmente, a través de plataformas en perfil I.

Las uniones entre las plataformas y las columnas, son articulaciones que permiten un fácil montaje de la estructura. En los arranques, el puente se apoya en un soporte simple, a continuación se presentan los esquemas de la topología anteriormente descrita:



SECCION TRANSVERSAL
 TIPICA



INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO

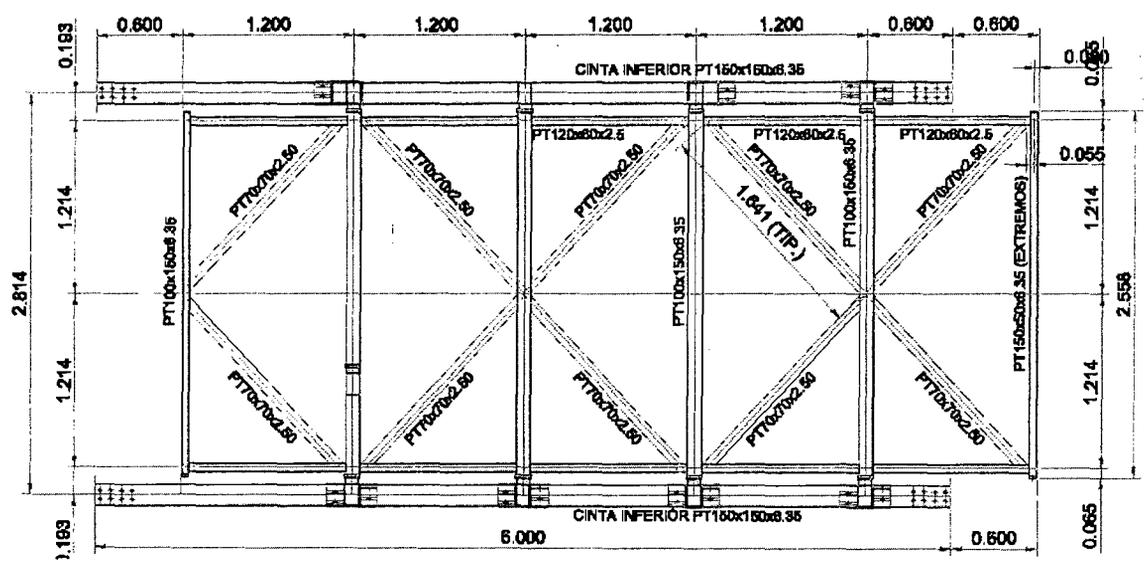
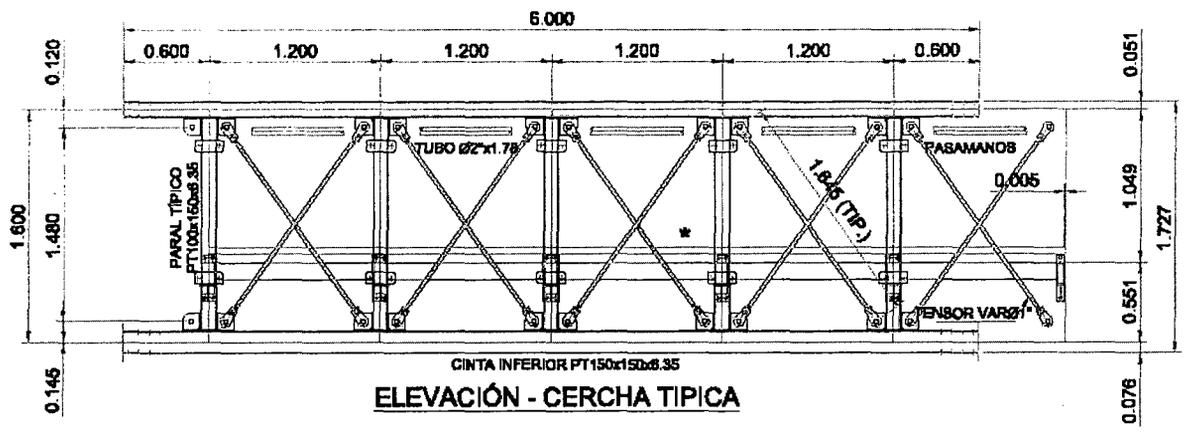
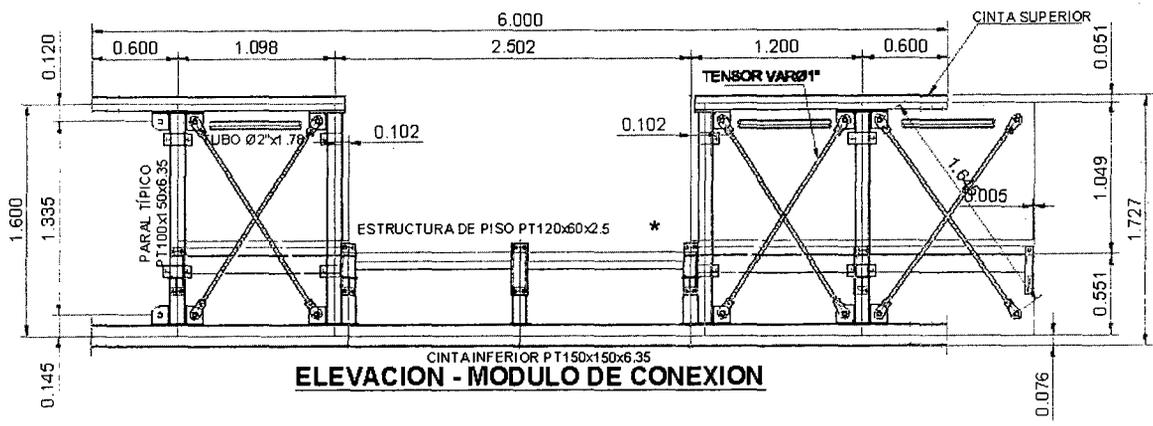
**CONSORCIO
GENERAL**
CONTRATO IDU 133-05

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL

Hoja 10

CONTENIDO DE MEMORIAS

Version 0.3



3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA

Las memorias de cálculo deberán contener una descripción detallada de los criterios de diseño estructural que deberán ser aplicados. Así, son de uso obligatorio las siguientes especificaciones:

3.1 NORMAS DE CALCULO Y DISEÑO

El diseño de los elementos Metálicos se desarrollara utilizando los siguientes códigos y especificaciones de diseño:

- Código Colombiano De Diseño Sísmico De Puentes – (CCDSP)- Diseño por esfuerzos admisibles.
- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente- NSR-98
- AASHTO -Pedestrian Bridges Specifications
- Microzonificación Sísmica De Santa fe De Bogota (Decreto 193 de 2006 y Decreto 623 de 2006)
- Especificaciones particulares del proyecto

NOTA: Se permite el uso de metodología de diseño AASHTO-LRFD “Bridge design specification” o la que en su momento adapte el CCDSP o su reemplazo, estas metodologías deben emplearse en su ultima versión utilizando de ellas la totalidad de su criterios y definiciones y no parcialmente para obtener de ella economías parciales. Por lo tanto, para la correcta aplicación de la metodología LRFD se deberán calibrar los correspondientes índices de confiabilidad al medio

colombiano y solo una vez se tenga la normativa correspondiente se podrán verificar todos los estados de carga mediante el uso de la misma.

3.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

3.2.1 **REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE:**

Dada la topología del puente peatonal prototipo y con el fin de verificar adecuadamente su comportamiento estructural, de acuerdo con los lineamientos de esta guía, se hace necesario utilizar un Software de diseño que tenga como mínimo las siguientes capacidades:

- Análisis en tres dimensiones (3D) para seis grados de libertad
- Análisis dinámico Modal
- Análisis P-Delta (Efectos de segundo orden)
- Análisis No lineal a partir de condiciones de rigidez iniciales no nulas
- Análisis No lineal de elementos con capacidad de recibir solo tensión
- Análisis de comportamiento bajo cargas térmicas o deformaciones unitarias inducidas en los elementos.
- Análisis con apoyos elásticos

Para el análisis de la estructura en el caso de esta guía se empleara el software especializado SAP 2000 versión 10.0.01NL, en el cuál se modela la estructura tridimensionalmente involucrando los diferentes tipos de elementos, materiales y propiedades estructurales, condiciones de carga y condiciones de apoyo. Dicho programa esta basado en el método de las rigideces para la solución del modelo estructural.



INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL

CONTENIDO DE MEMORIAS

CONSORCIO
GENERAL
CONTRATO IDU 133-05

Hoja 14

Version 0.3

3.2.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL:

Con el fin de evaluar el comportamiento real de las diagonales y el pretensionamiento de ellas, así como su incidencia en el comportamiento estructural, se verificaron, para la realización de esta guía, tres tipos de análisis de los cuales se hace a continuación una breve descripción de sus fundamentos y se conceptúa sobre la conveniencia de su utilización:

- **Análisis elástico lineal :(Modelo 1. 2L34-1 V0.0.sdb):** Corresponde a un modelo estructural realizado mediante el uso de un software de análisis elástico lineal, es decir se modelan todos los elementos del puente y se hace un análisis estático elástico lineal de los elementos determinando las solicitaciones para caso de carga particular y mediante superposición directa se determinan las condiciones de diseño de los elementos estructurales.

La hipótesis de diseño para elementos diagonales es que las diagonales no toman compresión, y la revisión de su capacidad de hace bajo el supuesto de que la diagonal a tensión toma el doble de la carga esto es representado considerando un área reducida al 50% en la verificación del diseño.

Observación: Este tipo de Análisis del puente no será aceptado por cuando no representa adecuadamente las condiciones reales de la estructura, no considera los estados iniciales de pre-esfuerzo producido por las diagonales ni los efectos reales de superposición de fuerzas.

- **Análisis elástico No lineal para cada caso de carga: (Modelo 2. 2L34-2 V0.1.sdb):** El análisis estructural para cada caso de carga se efectúa a partir de la hipótesis básica de que los elementos diagonales no toman compresión.

Es así como para cada caso de carga individual (Carga muerta, carga viva, viento...) se realiza un análisis No lineal bajo carga estática o la proveniente del análisis modal para los casos de sismo, considerando, con las facilidades del software, considerando que las diagonales no tomaran fuerzas de compresión. Posteriormente se realiza cada combinación (Hipótesis de carga descrita en el numeral 3.8) como la superposición directa de los análisis así realizados involucrando en ella los factores de correspondientes.

Para los análisis se parte de una condición de rigidez inicial correspondiente a la tensión producida en las diagonales por un pretensionamiento inicial del 20% y la tensión producto de la carga muerta. La tensión de los análisis individuales para cada caso de carga se superpone en forma directa en cada combinación.

Observación: Este tipo de análisis puede arrojar valores conservadores por cuanto no refleja que una diagonal (en tensión) se puede descargar bajo una combinación particular de cargas. Por lo anterior no es recomendable

Análisis elástico No lineal para cada COMBINACION de carga: (Modelo 3. 2L34-3 V0.1.sdb): Mediante este modelo se realiza el análisis de cada combinación de carga como un caso de análisis independiente, considerando que las diagonales no toman compresión en ningún caso.

Para cada caso de análisis se parte de una condición de rigidez inicial correspondiente a la tensión producida en las diagonales por un pretensionamiento inicial del 20% y los efectos de la carga muerta; Es decir, la condición de rigidez inicial es la obtenida de un análisis P-delta de la



INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL

CONTENIDO DE MEMORIAS

CONSORCIO
GENERAL
CONTRATO IDU 133-05

Hoja 16

Version 0.3

superposición de las cargas permanentes correspondiente a la tensión inicial y la carga muerta a los cuales se superponen los casos de carga hasta tener axial cero en las diagonales, estado a partir del cual este elemento no tomara carga.

CONCLUSION:

Así, con el fin de evaluar el comportamiento real de las diagonales y el pretensionamiento de ellas, se considera como una forma adecuada para realizar el análisis estructural el **Análisis elástico No lineal para cada COMBINACION de carga: (Modelo 3. 2L34-3 V0.1.sdb)**

3.3 PERIODOS Y FRECUENCIA

De acuerdo con la limitante establecida en la normativa AASTHO, la frecuencia mínima es de 3.0hz. Esta consideración de diseño se define considerando que la frecuencia de la pisada (paso) de una persona es de 2 pasos /seg, por lo que el comfort al caminar sobre un puente con una frecuencia menor se vería afectada al paso de cada peatón; por lo tanto AASHTO define con un factor de seguridad, una frecuencia mínima de 3.0 Hz. , es necesario aclarar que la cantidad energía aplicada y la variación en espacio y tiempo hacen que esta carga no sea suficiente para excitar la estructura hasta niveles no seguros. La consideración de la carga viva alta (450 kg/m²) involucra los factores de amplificación dinámica, por lo tanto en el general de los casos se obtiene estructuras suficientemente seguras y rígidas al utilizar esta carga.

Observación: Dado que el sentido de excitación de la carga peatonal es fundamentalmente vertical, la evaluación de vibraciones se debe hacer con

respecto al modo de vibración vertical en el cual se tenga la mayor participación de la masa en ese sentido.

En las memorias, para cada unidad de estructura, se deberá incluir un cuadro con los diferentes modos de vibración y respectivos factores de participación de masa identificando las frecuencias o periodos dominantes y sobre los cuales se especificará el control de vibraciones tanto como parámetro de control de los diseños como parámetro a alimentar la prueba de carga dinámica a especificar dentro de un ejercicio que integra el control de diseño y el de campo.

Esto permitirá, una vez efectuado el modelo matemático y completadas las pruebas de carga dinámica y estática, realizar la "calibración" de los modelos matemáticos que permitan corregir los errores de análisis y volver a correrlos para obtener los resultados acertados del comportamiento acordes con las mediciones.

3.4 VERIFICACION DE ESFUERZOS

La verificación de esfuerzos se puede hacer mediante el uso de post-procesadores de diseño que tengan en cuenta la normativa aplicable.

Tomando en cuenta que el CCDSP es una adaptación de la norma AASHTO-Standard Bridge Specification es posible utilizar esta en forma directa, si el post-procesador de diseño lo admite.

En el caso de esta guía se hace la revisión de esfuerzos de los elementos estructurales mediante el uso del post-procesador de diseño del SAP2000, el cual en la versión actual no dispone de verificación de diseño bajo la metodología ASD de la Norma AASHTO; por lo tanto se recurre al artificio de adaptación indicado a continuación:



INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL

CONTENIDO DE MEMORIAS

CONSORCIO
GENERAL
CONTRATO IDU 133-05

Hoja 18

Version 0.3

Dado que se aplica la metodología de diseño del CCDSP y se acepta el uso de la metodología AASHTO-ASD, y que el post-procesador de diseño solo cuenta con metodología AISC-ASD se debe realizar la siguiente corrección:

- El CCDSP tiene un factor de seguridad de 2.12 contra el factor de 1.92 tomado en la metodología AISC-ASD 89 utilizada por el post-procesador, por lo tanto se utiliza un esfuerzo de fluencia modificado así:

$$F_{ym} = (0.55/0.6) F_y$$

Donde:

F_{ym} : Es el esfuerzo de fluencia modificado a utilizar en los datos de diseño

F_y : Es el esfuerzo de fluencia real del material a utilizar en la fabricación de la estructura.

Las memorias deberán incluir en forma tabulada general la revisión de los índices de resistencia de todos los elementos y en forma particular para cada tipo de material se incluirá la memoria detalle de los elementos críticos.

3.5 ESTABILIDAD DEL CORDÓN SUPERIOR

A partir de los ensayos realizados para la evaluación de la rigidez lateral de cinta superior y de la conexión entre la vigueta transversal y el paral de los marcos tipos "U", los cuales presentados en el documento "DOCUMENTOS ANEXOS COMPLEMENTARIOS" realizado bajo el contrato IDU 133-05, se concluyo que los

valores de rigidez arrojados por la metodología establecida en "AASHTO-Pedestrian Bridge Design" son ligeramente conservadores; por lo tanto se acepta dicho procedimiento

La estabilidad del cordón superior depende de la rigidez del pórtico que forman los elementos verticales (paral) y el elemento transversal (vigüeta de piso).

La constante de resorte C del pórtico transversal es:

$$C = \frac{E}{h^2 * \left(\frac{h}{3 * I_c} + \frac{b}{2 * I_b} \right)}$$

Donde:

E : Modulo de Elasticidad del Acero. (2.1×10^{10} kg/m²).

h : Altura libre del paral. (1.1 m)

b : Distancia entre ejes de parales. (2.814 m)

I_c : Inercia del Paral. (3.32×10^{-6} m⁴)

I_b : Inercia de la Vigüeta de Piso. (1.27×10^{-5} m⁴)

Se obtiene por tanto:

$$C = 78520 \text{ kg/m}$$

Del análisis estructural se encuentra que la carga máxima en el cordón superior es de:

$$P = 43511 \text{ kg (a compresión)}$$



INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA CARTILLA PARA
EL PUENTE PEATONAL PROTOTIPO

GUIA METODOLOGICA DE ANALISIS TRIDIMENSIONAL

CONTENIDO DE MEMORIAS

CONSORCIO
GENIUM
CONTRATO IDU 133-05

Hoja 20
Version 0.3

Usando un factor de seguridad de 2.0 (Guide Specifications For Design of Pedestrian Bridges AASHTO Art. 1.3.6.2):

$$P_c = 2.0 * P = 87022 \text{ kg}$$

La separación entre elementos verticales (l) es 1.2 m.

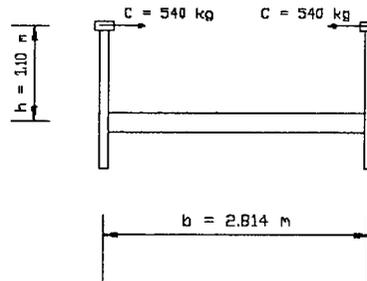
$$\frac{C * l}{P_c} = \frac{78520 * 1.2}{87022} = 1.08$$

Para un numero de vanos (n) de 16, extrapolando de las tablas se obtiene para el diseño del cordón superior un valor del coeficiente de longitud efectiva (K) de 3.0.

3.6 FUERZAS RESISTIDAS POR LOS ELEMENTOS VERTICALES (PARALES)

Como método complementario para evaluar la estabilidad lateral del cordón superior se aplica aquí lo establecido por la AASHTO según lo cual los elementos verticales (parales) deben resistir una carga transversal aplicada en el cordón superior de 450 kg/m. Para cumplir esta especificación se aplica una carga puntual (C) igual a:

$$C = 450 * 1.2 = 540 \text{ kg/m}$$



El momento adicional que debe resistir el paral, es por tanto:

$$M = C * h = 540 * 1.1 = 594 \text{ kg.m}$$

A partir de los ensayos realizados para la evaluación de la capacidad de la conexión entre la vigueta transversal y el paral de los marcos tipos "U", los cuales presentados en el documento "DOCUMENTOS ANEXOS COMPLEMENTARIOS" realizado bajo el contrato IDU 133-05, se concluyo que la capacidad de esta conexión tiene un factor de seguridad adecuado, cumpliendo con la condición indicada arriba.

3.7 CHEQUEO DE DEFLEXIONES

3.7.1 Carga Viva

Para el caso de carga viva, la AASHTO especifica que el valor máximo de deflexión vertical no debe ser superior a:

$$\Delta_{CV \text{ Real}} \leq \frac{L}{500}$$

Donde:

Δ_{CMReal} : Deflexión máxima ocasionada por la Carga Viva (m).

L : Luz entre apoyos adyacentes. (m).

En la memoria de calculo se deberan incluir en forma tabulada, según se ilustra a continuacion, las verificaciones de deflexion para cada luz en cada elemento del puente (rampas y tramo central)

Deflexiones en luces debidas a carga viva Δ_{cv} (m) Δz

	EJES	LUZ(m)	Nudo	Perm.	Calculad	CHK
TRAMO PRINCIPAL	A-B	34	315	0,068	0,0415	OK
	B-C	34	425	0,0068	0,0475	OK
RAMPA NORTE	C/1-3	25	228	0,050	0,0475	OK
	C/3-4	28	321	0,056	0,038	OK
RAMPA SUR	F / 1-5	32	153	0,064	0,048	OK