

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**“ DISEÑO DE UNA PASARELA  
DE HORMIGÓN PRETENSADO ( SECCIÓN DOBLE T )  
EN INMEDIACIONES DE LA PARADA AL CHACO “**

**Realizado por:**

**RONALD ALEX ALEMÁN ROJAS**

**Tesis de Grado presentada a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
“ JUAN MISAEL SARACHO “, como requisito para optar por el Grado  
Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.**

**Junio de 2010**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
Ing. Delcy Escobar R.

**PROFESOR GUIA**

.....  
Ing. Luis Alberto Yurquina

**DECANO FACULTAD**

**DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

.....  
MSc. Lic. Marlene Hoyos Montecinos

**DIRECTORA P.E.T.**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Oscar Chávez Vargas

.....  
Ing. Marcelo Segovia

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en la misma, siendo únicamente responsabilidad del autor.

**DEDICATORIA:**

El trabajado realizado va dedicado a mis padres y a mi tío Jorge Rojas, cuyo amor, dedicación y apoyo incondicional forjaron mi persona.

### **AGRADECIMIENTOS:**

A mis padres y hermanos, por el respaldo y comprensión constantes, a través de estos años.

En especial a mis tíos Jorge y Adolfo Rojas, cuyas personalidades me brindaron y enseñaron cualidades como el cariño y la fortaleza, desde mi niñez.

A mi hermana Yvette por su afecto y compañerismo incondicional, desde siempre.

A los amigos que colaboraron y contribuyeron a mi superación.

## ÍNDICE

Resumen

### CAPÍTULO I CONSIDERACIONES PREVIAS

	<b>Página</b>
1.1. Antecedente.....	1
1.2. Identificación del Problemas.....	8
1.3. Justificación del Trabajo.....	8
1.4. Objetivos.....	10
1.4.1. Objetivo Específico.....	10
1.4.2. Objetivos Generales.....	10
1.5. Alcance del Trabajo.....	11

### CAPÍTULO II ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1. Análisis de Alternativas.....	13
2.1.1. Puentes tipo Viga.....	18
2.1.2. Puentes tipo Pórtico.....	21
2.1.3. Puentes en Arco.....	22
2.1.4. Puentes Colgantes y Atirantados.....	24
2.1.5. Puentes Metálicos.....	28
2.1.6. Puentes de Hormigón Armado.....	32
2.1.7. Puentes de Hormigón Pretensado.....	34
2.1.7.1. Selección de la forma de la Sección Transversal y Eficiencia a la Flexión.....	35
2.1.7.1.1. Selección de la forma de la Sección.....	35
2.1.7.1.2. Eficiencia a la Flexión de la Sección.....	42

2.2.	Sistemas Constructivos.....	50
2.2.1.	Falso Puente.....	50
2.2.2.	Erección de vigas Prefabricadas.....	51
2.2.3.	Construcción por Voladizos Sucesivos.....	51
2.2.4.	Método de Tramo por Tramo.....	52
2.2.5.	Procedimiento de Lanzamiento Incrementado.....	53
2.3.	Tipología Elegida.....	55

### **CAPÍTULO III**

#### **CRITERIOS DE ANÁLISIS Y DE DISEÑO GENERALES DEL HORMIGÓN PRETENSADO**

3.1.	Criterio de Diseño; Códigos y Especificaciones.....	56
3.2.	Concepto del Hormigón Pretensado.....	58
3.2.1.	Analogías entre el Hormigón Armado y el Hormigón Presforzado....	62
3.2.2.	Comportamiento Estructural del Hormigón Presforzado.....	65
3.2.2.1.	Efectos del Presfuerzo.....	67
3.2.2.1.1.	Control de Esfuerzos en el Concreto mediante Presfuerzo.....	67
3.2.2.1.2.	Cargas Equivalentes.....	72
3.3.	Métodos de Presforzado.....	74
3.3.1.	Pretensado.....	75
3.3.2.	Postensado.....	81
3.4.	Presforzado Parcial.....	88
3.5.	Cambios en la Fuerza de Presforzado.....	90
3.6.	Materiales para el Hormigón Pretensado.....	91
3.6.1.	Concreto de Alta Resistencia.....	92
3.6.2.	Acero de Alta Resistencia.....	105
3.6.2.1.	Alambres redondos.....	113
3.6.2.2.	Cable trenzado.....	115
3.6.2.3.	Varillas de Acero.....	116

3.6.3.	Barras de Refuerzo.....	118
3.6.4.	Materiales Auxiliares.....	125
3.6.4.1.	Conductos ( Vainas ).....	125
3.6.4.2.	Mortero o Lechada.....	126
3.7.	Sistema de Pretensado “ Freyssinet “.....	128
3.8.	Cargas de Diseño.....	136
3.8.1.	Cargas Muertas o Acciones Permanentes.....	137
3.8.2.	Cargas Vivas o Acciones no Permanentes.....	139
3.8.2.1.	Sobrecarga de Uso.....	143
3.8.2.2.	Acción del Viento.....	144
3.8.3.	Cargas Ambientales.....	149
3.8.4.	Acciones según las Normativas ( A.A.S.H.T.O. ).....	150
3.9.	Bases del Diseño.....	152
3.9.1.	Diseño Elástico o Diseño para Cargas de Servicio.....	155
3.9.2.	Diseño a la Resistencia o Diseño para los Estados Límites Últimos.....	157
3.9.2.1.	Cargas.....	158
3.9.2.2.	Resistencias y Seguridad Estructural.....	160
3.9.2.3.	Comportamiento bajo Sobrecarga y Resistencia a la Flexión. ....	163
3.10.	Predimensionamiento de la Viga.....	166
3.10.1.	Determinación de la Longitud de los Patines ( Alas ) de la Sección.....	169
3.10.1.1.	Ancho y Espesor Efectivo del Patín.....	169
3.10.2.	Propiedades geométricas de la sección transversal de la viga.....	173
3.10.3.	Núcleo Central de la Sección Transversal.....	176
3.10.4.	Eficiencia a la Flexión.....	178

**CAPÍTULO IV**  
**DISEÑO DE LA PASARELA PEATONAL**  
**MÉTODO DE LAS CARGAS DE TRABAJO O DE LAS TENSIONES**  
**ADMISIBLES**

4.1.	Análisis Elástico a Flexión.....	181
4.1.1.	Estados de Carga.....	181
4.2.	Esfuerzos Elásticos ( Comportamiento en el Rango Elástico ).....	186
4.3.	Diseño por Flexión basado en los Esfuerzos Permisibles.....	188
4.3.1.	Inecuaciones de Condición.....	195
4.3.2.	Determinación de la Fuerza de Pretensado Inicial.....	198
4.3.3.	Determinación del Número de Tendones.....	200
4.3.4.	Zona Límite y Trayectoria de los Cables.....	203

**CAPÍTULO V**  
**PÉRDIDAS EN LA FUERZA DE PRETENSADO**

5.1.	Clasificación de las Pérdidas de la Fuerza de Pretensado.....	212
5.1.1.	Pérdida de la Fuerza Pretensora por Fricción ( FR ).....	212
5.1.2.	Pérdida de la Fuerza de Pretensado por Hundimiento del Anclaje ( TH ).....	215
5.1.3.	Pérdida de la Fuerza de Pretensado por Acortamiento Elástico del Hormigón ( ES ).....	218
5.1.4.	Pérdida del Presfuerzo debido a la Contracción ( Retracción ) de Hormigón ( SH ).....	219
5.1.5.	Pérdida del Esfuerzo de Pretensado debido al flujo Plástico del Hormigón ( $f_{cs}$ ).....	220
5.1.6.	Pérdida del Esfuerzo de Pretensado por Relajamiento de los Cables ( RE ).....	222
5.2.	Sumatoria de las Pérdidas Instantáneas y de las Dependientes	

	del Tiempo.....	225
5.3.	Verificación con respecto a los Esfuerzos Admisibles.....	226

## CAPÍTULO VI

### CRITERIO DE DISEÑO POR CORTANTE APLICADO A ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN PRETENSADO MÉTODO DE DISEÑO A LA RESISTENCIA

6.1.	Cargas Actuales.....	228
6.2.	Fuerzas Cortantes en la Viga.....	228
6.3.	Fuerzas Cortantes Máximas a ( $h/2$ ) del apoyo de la viga.....	228
6.4.	Cortante Último Máximo ( $V_u$ ).....	230
6.5.	Resistencia Nominal al Cortante ( $V_n$ ).....	230
6.5.1.	Resistencia Nominal al Cortante proporcionada por el Concreto. Cálculo de ( $V_c$ ).....	231
6.5.1.1.	Cortante que resiste el concreto para una grieta por Flexión-Cortante ( $V_{ci}$ ).....	231
6.5.1.2.	Cortante que resiste el concreto para una grieta por Cortante en el Alma ( $V_{cw}$ ).....	234
6.5.2.	Resistencia Nominal al Cortante proporcionada por el Refuerzo para Cortante ( $V_s$ ).....	237
6.6.	Refuerzo Mínimo en el Alma.....	240

## CAPÍTULO VII

### ANÁLISIS Y DISEÑO A LA FLEXIÓN MÉTODO DE DISEÑO A LA RESISTENCIA

7.1.	Comportamiento bajo Sobrecarga y Resistencia bajo Flexión.....	242
7.2.	Clasificación de las Vigas Presforzadas según su Tipo de Falla por Flexión.....	243

7.2.1.	Vigas presforzadas subreforzadas.....	243
7.2.2.	Vigas presforzadas sobreforzadas.....	244
7.3.	Bloque Rectangular de Esfuerzos Equivalentes.....	244
7.4.	Ecuaciones del Código A.C.I. para la Resistencia a la Flexión.....	245
7.5.	Armadura Mínima a Flexión.....	249

## **CAPÍTULO VIII**

### **CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL**

8.1.	Características del Proyecto.....	252
8.2.	Cálculo de las Propiedades Geométricas de la Sección.....	253
8.3.	Cálculo de las Cargas.....	256
8.3.1.	Cargas Muertas o Acciones Permanentes.....	256
8.3.1.1.	Peso Propio ( P.P. ).....	256
8.3.1.2.	Carga Muerta ( CM ).....	256
8.3.1.2.1.	Barandado ( $q_B$ ).....	256
8.3.1.2.1. 1.	Cálculo de la sobrecarga de uso por metro lineal en los barandados ( $q_{SCB}$ ).....	256
8.3.1.2.1.2.	Cálculo de la carga muerta del barandado por metro lineal de pasarela ( $q_{PPB}$ ).....	256
8.3.1.2.1. 3.	Análisis del Barandado.....	257
8.3.2.	Cargas Vivas o Acciones No Permanentes ( CV ).....	259
8.3.2.1.	Sobrecarga de Uso ( $q_{SC}$ ).....	259
8.3.2.2.	Acción del Viento ( $q_V$ ).....	260
8.4.	Diseño de la Pasarela Peatonal. Método de las Cargas de Trabajo o de las Tensiones Admisibles.....	262
8.4.1.	Datos Iniciales.....	262
8.4.2.	Cargas Actuantes.....	263
8.4.3.	Momentos Flectores.....	263
8.4.4.	Propiedades “ Esfuerzo-Deformación “ del Acero y del	

	Concreto.....	264
8.4.4.1.	Acero de Pretensado.....	264
8.4.4.2.	Acero de Refuerzo.....	265
8.4.4.3.	Características Mecánicas del Hormigón de Resistencia de uso Común.....	266
8.4.4.4.	Características Mecánicas del Hormigón de Alta Resistencia.....	267
8.4.5.	Esfuerzos Admisibles en el Concreto en elementos Presforzados sometidos a Flexión.....	269
8.4.6.	Inecuaciones de Condición y Determinación de la Máxima Excentricidad Práctica.....	270
8.4.7.	Cálculo de la Fuerza de Pretensado Inicial.....	273
8.4.8.	Cálculo del Número de Tendones.....	274
8.5.	Zona Límite y Trayectoria de los Cables.....	275
8.6.	Clasificación de las Pérdidas de la Fuerza de Pretensado.....	281
8.6.1.	Pérdida de la Fuerza Pretensora por Fricción ( FR ).....	281
8.6.2.	Pérdida de la Fuerza de Pretensado por Hundimiento del Anclaje ( TH ).....	283
8.6.3.	Pérdida de la Fuerza de Pretensado por Acortamiento Elástico del Hormigón ( ES ).....	286
8.6.4.	Pérdida del Presfuerzo debido a la Contracción ( Retracción ) del Hormigón ( SH ).....	286
8.6.5.	Pérdida del Esfuerzo de Pretensado debido al flujo Plástico del Hormigón ( $f_{cs}$ ).....	288
8.6.6.	Pérdida del Esfuerzo de Pretensado por Relajamiento de los Cables ( RE ).....	290
8.6.7.	Sumatoria de las Pérdidas Instantáneas y de las Dependientes del Tiempo.....	292
8.6.8.	Verificación con respecto a los Esfuerzos Admisibles.....	292
8.7.	Criterio de Diseño por Cortante Aplicado a Estructuras de	

	Hormigón Pretensado. Método de Diseño a la Resistencia.....	294
8.7.1.	Cargas Actuales.....	294
8.7.2.	Fuerzas Cortantes en la Viga.....	295
8.7.3.	Fuerzas Cortantes Máximas a ( $h/2$ ) del apoyo de la Viga.....	295
8.7.4.	Cortante Último Máximo ( $V_u$ ).....	297
8.7.5.	Resistencia Nominal al Cortante ( $V_n$ ).....	297
8.7.5.1.	Resistencia Nominal al Cortante proporcionada por el Concreto. Cálculo de ( $V_c$ ).....	298
8.7.5.1.1.	Cortante que resiste el concreto para una grieta por Flexión-Cortante ( $V_{ci}$ ).....	298
8.7.5.1.2.	Cortante que resiste el concreto para una grieta por Cortante en el Alma ( $V_{cw}$ ).....	302
8.7.5.2.	Resistencia Nominal al Cortante proporcionada por el Refuerzo para Cortante ( $V_s$ ).....	306
8.7.6.	Refuerzo Mínimo en el Alma.....	308
8.8.	Análisis y Diseño a la Flexión. Método de Diseño a la Resistencia .....	310
8.8.1.	Comportamiento bajo Sobrecarga y Resistencia bajo Flexión.....	310
8.8.2.	Clasificación de las Vigas Presforzadas según su Tipo de Falla por Flexión.....	311
8.8.2.1.	Vigas presforzadas subreforzadas.....	311
8.8.2.2.	Vigas presforzadas sobreforzadas.....	311
8.8.3.	Bloque Rectangular de Esfuerzos Equivalentes.....	311
8.8.4.	Ecuaciones del Código A.C.I. para la Resistencia a la Flexión.....	312
8.8.5.	Armadura Mínima a Flexión.....	318
8.9.	Análisis y Cálculo Estructural de los Accesos y Estribos de Hormigón Armado mediante Programa Computarizado.....	320
8.9.1.	Diseño de Placas de H <sup>o</sup> A <sup>o</sup> a Flexión en Ejes Globales de los Accesos al Puente Pasarela. Escalera y Descansos ( Programa Estructural ).....	320

8.9.1.1.	Consideraciones de Diseño.....	320
8.9.1.1.1.	Referencias de Diseño.....	320
8.9.1.1.2.	Datos de Diseño.....	321
8.9.1.1.3.	Diseño del Área de Refuerzo de H°A°.....	321
8.9.1.2.	Combinaciones de Carga.....	323
8.9.2.	Diseño de Columnas de H°A° que constituyen los Accesos y Estribos del Puente Pasarela ( Programa Estructural ).....	332
8.9.3.	Diseño de Zapatas de Hormigón Armado de la Pasarela Peatonal ( Programa Estructural ).....	353

## **CAPÍTULO IX**

### **ANÁLISIS DE COSTOS**

9.1.	Introducción.....	361
9.2.	Cómputos Métricos.....	361
9.3.	Precios Unitarios.....	363
9.4.	Presupuesto General.....	377

## **CAPÍTULO X**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

10.1.	Conclusiones.....	378
10.2.	Recomendaciones.....	380

## **BIBLIOGRAFÍA**

Bibliografía.....	383
-------------------	-----

## **ANEXOS**

Anexo 1. Resumen Climatológico

Anexo 2. Planos

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1.1. Vista de la Zona del Emplazamiento.....	2
Figura 1.2. Desplazamiento de Peatones a través de las Vías.....	4
Figura 1.3. Tráfico del Transporte Público en la Rotonda “ Oscar Alfaro “.....	4
Figura 1.4. Vista Fotográfica de la Rotonda “ Oscar Alfaro “.....	5
Figura 1.5. Vista Fotográfica del Espacio disponible para el Emplazamiento de la Obra.....	6
Figura 1.6. Referencia Fotográfica del Área útil para el establecimiento de Faenas.....	6
Figura 1.7. Referencia Fotográfica de la Zona de Emplazamiento de uno de los extremos de la Pasarela. Aledaña a las Oficinas de ( ACLO ).....	7
Figura 1.8. Circulación Vehicular en la Zona del Emplazamiento de la Pasarela.....	8
Figura 1.9. Circulación Vehicular de Transporte Pesado en la Zona del Emplazamiento de la Pasarela.....	8
Figura 2.1. Vista en Planta Resultante del Relevamiento Topográfico.....	18
Figura 2.2. Esquemas de Puentes Tipo Viga.....	20
Figura 2.3. Esquema detallado de un Puente Tipo Viga.....	21
Figura 2.4. Esquema de un Puente Tipo Pórtico.....	22
Figura 2.5. Esquema de un Puente en Arco.....	24
Figura 2.6. Esquema de un Puente Colgante.....	26
Figura 2.7. Esquema de un Puente Atirantado.....	27
Figura 2.8. Vista Fotográfica de la Pasarela Peatonal “ El Peregrino “.....	28
Figura 2.9. Esquema de un Puente Metálico ( Reticular ).....	30
Figura 2.10. Partes Constitutivas ( Tablero ) de un Puente Metálico.....	31
Figura 2.11. Secciones Transversales aplicables a Puentes de Hormigón Armado.....	32
Figura 2.12. Secciones Transversales aplicables al Hormigón Presforzado.....	36

Figura 2.13.	Secciones Transversales Estandarizadas de Vigas según la Normativa ( A.A.S.H.T.O. ).....	40
Figura 2.14.	Construcción Compuesta. Secciones Transversales.....	41
Figura 2.15.	Representación Gráfica de los Esfuerzos y Fuerzas Resultantes de la Flexión.....	45
Figura 2.16.	Esquema de un Puente Falso.....	51
Figura 2.17.	Esquema del Sistema Constructivo Tramo por Tramo ( Colocación Progresiva ).....	53
Figura 2.18.	Esquema del Sistema Constructivo del Lanzamiento Incrementado de Vigas.....	54
Figura 3.1.	Control de Esfuerzos en el Concreto mediante el Presfuerzo Viga de Concreto Simple.....	68
Figura 3.2.	Control de Esfuerzos en el Concreto mediante el Presfuerzo Viga Presforzada Axialmente.....	68
Figura 3.3.	Control de Esfuerzos en el Concreto mediante el Presfuerzo Viga Presforzada Excéntricamente.....	69
Figura 3.4.	Control de Esfuerzos en el Concreto mediante el Presfuerzo Viga Presforzada con Excentricidad Variable.....	70
Figura 3.5.	Control de Esfuerzos en el Concreto mediante el Presfuerzo Etapa de Carga Balanceada para Viga con Excentricidad Variable.....	71
Figura 3.6.	Cargas y Momentos Equivalentes Producidos por Tendones Presforzados.....	73
Figura 3.7.	Cargas y Momentos Equivalentes Producidos por Tendones Presforzados.....	73
Figura 3.8.	Cargas y Momentos Equivalentes Producidos por Tendones Presforzados.....	74
Figura 3.9.	Proyectos para Presforzar Vigas.....	77
Figura 3.10.	Esquema del Pretesado de una Viga.....	78
Figura 3.11.	Método de Pretesado. Viga con Tendón Recto.....	79

Figura 3.12.	Método de Pretelado. Viga con Excentricidad Variable del Tendón.....	80
Figura 3.13.	Método de Pretelado. Esforzado y Vaciado de Línea Larga.....	80
Figura 3.14.	Formas de Postensado.....	84
Figura 3.15.	Esquema Constructivo de Postensado.....	85
Figura 3.16.	Método de Postensado. Viga con Conducto Hueco embebido en el Concreto.....	86
Figura 3.17.	Método de Postensado. Viga Celular Hueca con Diafragmas Intermedios.....	87
Figura 3.18.	Curvas Esfuerzo – Deformación Unitaria de Elementos de Concreto sujetos a Compresión.....	96
Figura 3.19.	Curvas Esfuerzo – Deformación Unitaria de Aceros de Refuerzo y de Presfuerzo.....	108
Figura 3.20.	Curvas Esfuerzo – Deformación Unitaria de Aceros de Presfuerzo.....	109
Figura 3.21.	Curvas Esfuerzo – Deformación Unitaria a Tensión en Barras de Refuerzo.....	122
Figura 3.22.	Representación Gráfica de un Gato Hidráulico (Freyssinet ).....	130
Figura 3.23.	Esquema de los Dispositivos de Anclaje ( Cono Macho y Cono Hembra ).....	132
Figura 3.24.	Distancia Mínima entre Conos de 12 Torones.....	133
Figura 3.25.	Gato Modelo S.6 para Cono de 12 Torones.....	134
Figura 3.26.	Espacio Mínimo Requerido por el Gato.....	135
Figura 3.27.	Coefficiente Eólico de Sobrecarga Local en una Construcción Cerrada.....	148
Figura 3.28.	Viga de Concreto Presforzado a la Carga Máxima de Flexión. Viga con Carga Factorizada.....	164
Figura 3.29.	Viga de Concreto Presforzado a la Carga Máxima de Flexión. Equilibrio de Fuerzas en Media Viga.....	165

Figura 3.30.	Esquema para la Determinación de la Longitud de los Patines .....	171
Figura 3.31.	Esquema de la Sección Transversal de la Viga Doble T. ( Patines ).....	172
Figura 3.32.	Distribución de Esfuerzos para Fuerzas Pretensoras aplicadas en los Límites del Núcleo de la Sección.....	177
Figura 3.33.	Zona Límite Típica para el Centroides del Acero de Presfuerzo.....	178
Figura 4.1.	Fuerzas que Actúan en una Viga Presforzada. Perfil de la Viga y su Sección Transversal.....	183
Figura 4.2.	Fuerzas que Actúan en una Viga Presforzada. Fuerzas que Actúan en el Concreto.....	183
Figura 4.3.	Fuerzas que Actúan en una Viga Presforzada. Fuerzas de Anclaje y Curvatura reemplazadas por la Resultante.....	184
Figura 4.4.	Fuerzas que Actúan en una Viga Presforzada. Viga con Cargas Transversales.....	185
Figura 4.5.	Esfuerzos Elásticos en una Viga Presforzada sin Agrietar. Efecto del Presfuerzo Inicial ( $P_i$ ).....	186
Figura 4.6.	Esfuerzos Elásticos en una Viga Presforzada sin Agrietar. Efecto del Presfuerzo Inicial más el Peso Propio de la Viga.....	187
Figura 4.7.	Esfuerzos Elásticos en una Viga Presforzada sin Agrietar. Efectos del Presfuerzo Final ( $P_e$ ) más la Carga de Servicio Total.....	188
Figura 4.8.	Esfuerzos Elásticos en una Viga Presforzada sin Agrietar. Efecto del Presfuerzo Inicial ( $P_i$ ).....	196
Figura 4.9.	Esfuerzos Elásticos en una Viga Presforzada sin Agrietar. Efecto del Presfuerzo Inicial más el Peso Propio de la Viga.....	196
Figura 4.10.	Esfuerzos Elásticos en una Viga Presforzada sin Agrietar. Efectos del Presfuerzo Final ( $P_e$ ) más la Carga de Servicio Total.....	197

Figura 4.11.	Relación esquematizada de los Esfuerzos de Trabajo y los Esfuerzos Admisibles Límites.....	198
Figura 4.12.	Zona Límite típica para el Centroides del Acero.....	204
Figura 4.13.	Ubicación de los distintos Parámetros de la Zona Límite para el Centroides del Acero.....	209
Figura 4.14.	Zona Límite del Centroides del Acero de Presfuerzo. Límite Inferior controlado por la Máxima Excentricidad Permisible ( $e_{max}$ ). Diseño Común.....	210
Figura 4.15.	Zona Límite de los Cables. Diseño Optimo.....	211
Figura 4.16.	Zona Límite de los Cables. Inadecuada Sección Transversal de la Viga.....	211
Figura 5.1.	Esquema Analítico de la Pérdida por Hundimiento del Anclaje.....	218
Figura 6.1.	Esquema representativo de la Ubicación de la Fuerza Cortante Máxima.....	229
Figura 6.2.	Ubicación de la Fuerza Cortante Máxima debido al Peso Propio de la Viga.....	229
Figura 6.3.	Disposición de la Fuerza Efectiva de Pretensado en una Viga Presforzada.....	236
Figura 6.4.	Esquema de la Disposición de la Trayectoria Parabólica del Tendón.....	236
Figura 7.1.	Viga de Concreto Presforzado a la Carga Máxima de Flexión. Equilibrio y Distribución de Esfuerzos en Media Viga.....	242
Figura 7.2.	Esquema del Bloque Rectangular de Esfuerzos Equivalentes.....	244
Figura 7.3.	Esquema del Área para determinar la Armadura Mínima a Flexión .....	250
Figura 7.4.	Detalle del Área a determinar para hallar la Armadura Mínima a Flexión.....	250
Figura 8.1.	Diseño de la Sección Transversal de la Viga ( Pasarela Peatonal ).....	253

Figura 8.2.	Valores de la Zona Límite de Excentricidad y la Excentricidad del Centroide del Concreto según una Trayectoria Parabólica hasta la mitad de la Viga.....	279
Figura 8.3.	Esquema de la Disposición y Denominación de un Elemento de H°A ( losa ) aplicado al Programa Computacional.....	321
Figura 8.4.	Distribución de Esfuerzos y Fuerzas en una Sección Transversal....	322
Figura 8.5.	Gráfica representativa del Programa Computacional (Accesos al Puente Pasarela ).....	324
Figura 8.6.	Esquema de la Disposición y Denominación de un Elemento de H°A ( columna ) aplicado al Programa Computacional.....	333
Figura 8.7.	Esquema de la Disposición y Denominación de un Elemento de H°A ( zapata ) aplicado al Programa Computacional.....	354
Figura 8.8.	Gráfica resultante del Programa Computacional .....	359
Figura 8.9.	Gráfica resultante del programa Computacional .....	360

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 2.1. Relevamiento Topográfico.....	14
Tabla 3.1. Resistencia a la Compresión del Concreto respecto del Tiempo.....	99
Tabla 3.2. Flujo o Esgurrimiento Plástico del Concreto.....	102
Tabla 3.3. Intervalos Aproximados de Resistencia del Concreto a la Tensión.....	104
Tabla 3.4. Esfuerzos Permisibles en el Acero de Presfuerzo.....	111
Tabla 3.5. Propiedades de Alambres ( Forma de Acero de Alta Resistencia para Presforzado ).....	114
Tabla 3.6. Cable de 7 Alambres ( Forma de Acero de Alta Resistencia para Presforzado ).....	115
Tabla 3.7. Propiedades de los Aceros de Alta Resistencia para el Presforzado.....	117
Tabla 3.8. Propiedades de Aceros de Refuerzo y Presforzado.....	120
Tabla 3.9. Propiedades de las Barras de Acero de Refuerzo.....	124
Tabla 3.10. Pesos Unitarios de algunos Materiales de Construcción.....	137
Tabla 3.11. Cargas Vivas Mínimas Uniformemente Distribuidas. Normas ( A.N.S.I. ).....	140
Tabla 3.12. Presión Dinámica del Viento.....	147
Tabla 3.13. Factores de Carga del Código ( A.C.I. ).....	160
Tabla 3.14. Factores de Reducción de Resistencia ( $\phi$ ). Código ( A.C.I. ).....	163
Tabla 4.1. Esfuerzos Admisibles en el Concreto en Elementos Presforzados sometidos a Flexión.....	191
Tabla 4.2. Resistencia a la Compresión del Concreto en el Tiempo.....	194
Tabla 4.3. Esfuerzos Permisibles en el Acero de Presfuerzo.....	202
Tabla 5.1. Coeficientes de Fricción para Tendones Postesados.....	213
Tabla 5.2. Coeficientes de ( $\lambda$ ) y ( $x$ ) para Perfiles típicos de Tendones.....	215

Tabla 5.3.	Valores de ( $K_{sh}$ ) para Elementos Postensados en la Pérdida de Presfuerzo por Retracción del Hormigón.....	220
Tabla 5.4.	Coefficientes en la Pérdida de Presfuerzo del Acero por Relajamiento.....	223
Tabla 5.5.	Valores y Coeficientes en la Pérdida de Presfuerzo por el Relajamiento de los Cables.....	224
Tabla 8.1.	Propiedades Geométricas de la Sección Transversal de la Viga Pretensada ( Pasarela Peatonal ).....	254
Tabla 8.2.	Valores de la Zona Límite de Excentricidad y la Excentricidad del Centroides del Concreto según una Trayectoria Parabólica.....	278
Tabla 9.1.	Cálculos Métricos de la Obra.....	361
Tabla 9.2.	Presupuesto General de la Obra.....	364