

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE VIGA
CAJÓN SOMETIDO A ACCIONES SÍSMICAS DURANTE SU CONSTRUCCIÓN
POR VOLADIZOS SUCESIVOS

MARIO ALEJANDRO SUAREZ RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
BUCARAMANGA

2016

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE VIGA
CAJÓN SOMETIDO A ACCIONES SÍSMICAS DURANTE SU CONSTRUCCIÓN
POR VOLADIZOS SUCESIVOS

MARIO ALEJANDRO SUAREZ RODRIGUEZ

Trabajo de grado para optar al
Título de Magister en Ingeniería Estructural

DIRECTOR
JOSE MIGUEL BENJUMEA ROYERO
Magister en Ingeniería Civil
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL
BUCARAMANGA

2016

*A Dios por las bendiciones otorgadas, por brindarme la fortaleza necesaria para
luchar por mis metas y por permitir que todo esto sea posible.*

*A mi mujer Tatiana y a mi hermosa hija Sara Alejandra, quienes son mi motivación
e impulso para seguir adelante y mejorar día tras día.*

*A mi familia, en especial a mi madre que siempre ha sido un apoyo incondicional
en todas las etapas de mi vida.*

*A mis amigos que siempre han estado a mi lado y me han brindado su compañía
en los momentos más importantes.*

AGRADECIMIENTOS

Durante el desarrollo de este proyecto fue de gran importancia la orientación del profesor José Miguel Benjumea Royero, a quien solo tengo palabras de gratitud por su gran contribución y apoyo como director durante todo este proceso.

De igual manera al profesor Gustavo Chio, a quien le agradezco sus valiosos aportes y observaciones realizadas a lo largo del estudio.

Al profesor Álvaro Viviescas, quien como coordinador de la maestría siempre nos ofreció su acompañamiento y nos motivó a culminar nuestros estudios.

A mi mujer Tatiana y a mi madre Marlene, quienes estuvieron conmigo para apoyarme en los momentos más difíciles.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	21
1. OBJETIVOS	23
2. GENERALIDADES	24
2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS PUENTES DE SECCIÓN VIGA-CAJÓN	
24	
2.2 CONSTRUCCIÓN POR EL MÉTODO DE VOLADIZOS SUCESIVOS	
BALANCEADOS.....	25
2.2.1 Principales etapas de construcción.....	26
2.2.2 Ciclo de construcción de las dovelas	29
2.3 REGULACIONES DURANTE CONSTRUCCIÓN	30
3. ANÁLISIS DURANTE CONSTRUCCIÓN.....	40
3.1 DESCRIPCION DEL PUENTE.....	40
3.2 GEOMETRIA DEL PUENTE EN ESTUDIO	41
3.2.1 Tablero	41
3.2.2 Pilas.....	43
3.3 MATERIALES.....	46
3.3.1 Concreto	46
3.3.2 Tendones de presfuerzo	47
3.4 ACCIONES Y CARGAS DURANTE CONSTRUCCIÓN.....	48
3.4.1 Efectos dependientes del tiempo.	48
3.4.2 Cargas muertas	51

3.4.3	Carro de avance (FT)	53
3.4.4	Carga viva durante construcción (CLL).....	53
3.4.5	Presfuerzo (PS)	54
3.5	ETAPAS CONSTRUCTIVAS	55
3.6	MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	61
3.6.1	Definición de los materiales	61
3.6.2	Definición de las secciones.....	61
3.6.3	Modelamiento del tablero.....	63
3.6.4	Modelamiento de las pilas	66
3.6.5	Modelamiento de las condiciones de contorno	66
3.6.6	Modelamiento de las etapas constructivas	68
3.6.7	Aplicación de las cargas	70
3.6.7.1	Peso propio de la estructura (SELF).....	70
3.6.7.2	Carro de avance (FT)	70
3.6.7.3	Presfuerzo (PS).....	73
3.6.7.4	Peso del concreto fresco (WC).....	77
3.6.7.5	Carga viva durante construcción (CLL).....	77
3.6.7.6	Carga sobre impuesta (SD)	78
3.7	RESULTADOS NUMÉRICOS.....	79
3.7.1	Comportamiento del tablero durante construcción	79
3.7.1.1	Esfuerzos en la fibra superior del tablero.....	79
3.7.1.2	Esfuerzos en la fibra inferior del tablero.....	81
3.7.1.3	Momento flector en el tablero	83
3.7.1.4	Fuerza cortante en el tablero	86

3.7.1.5	Fuerza axial en el tablero	87
3.7.1.6	Deflexiones en el tablero	89
3.7.2	Presfuerzo en el tablero.....	95
3.7.2.1	Verificación de esfuerzos límites en los cables.....	95
3.7.2.2	Verificación de la fuerza efectiva de tensionamiento	95
3.7.2.3	Elongación de los cables	96
3.7.3	Comportamiento de las pilas.....	96
4.	VULNERABILIDAD SÍSMICA DURANTE CONSTRUCCIÓN.....	99
4.1	RESPUESTA SÍSMICA EN LA ETAPA DE SERVICIO	100
4.1.1	Propiedades dinámicas del puente en estado de servicio.....	100
4.1.2	Acción sísmica.....	102
4.1.3	Comportamiento del tablero en estado de servicio	102
4.1.4	Comportamiento de las pilas en estado de servicio	104
4.2	RESPUESTA SÍSMICA DURANTE CONSTRUCCIÓN.....	110
4.2.1	Propiedades dinámicas durante construcción	111
4.2.2	Respuesta sísmica de las pilas durante construcción	115
4.2.3	Respuesta sísmica del tablero durante construcción	123
4.3	EVALUACIÓN PROBABILISTICA	127
4.4	RESPUESTA SÍSMICA CON ACELERACIONES REDUCIDAS DURANTE CONSTRUCCIÓN.	138
5.	CONCLUSIONES	147
6.	FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....	152
	BIBLIOGRAFÍA.....	153
	ANEXOS	156

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ciclo de construcción de una dovela estándar	30
Tabla 2. Cargas durante construcción según (AASHTO, 2012)	32
Tabla 3. Combinaciones de cargas de construcción en el estado limite de servicio según (AASHTO, 2012)	33
Tabla 4. Acciones sísmicas durante construcción según normativas internacionales	39
Tabla 5. Propiedades del concreto para pilas y tablero	46
Tabla 6. Esfuerzos límite a compresión en el tablero antes de perdidas	46
Tabla 7. Esfuerzo límite a tensión en el tablero antes de perdidas	47
Tabla 8. Esfuerzo límite a tracción del cable de presfuerzo	48
Tabla 9. Evaluación de las carga sobre impuesta (SD)	52
Tabla 10. Configuración dovelas voladizo 1 y 2	63
Tabla 11. Configuración dovelas voladizos 3 y 4	64
Tabla 12. Configuración dovelas voladizos 5 y 6	65
Tabla 13. Configuración de las pilas	66
Tabla 14. Condiciones de contorno en los apoyos	68
Tabla 15. Condiciones de contorno vinculación tablero - pilas	68
Tabla 16. Validación de la fuerza efectiva de tensionamiento	96
Tabla 17. Porcentaje de participación de masa para 100 modos – estructura en estado de servicio	101
Tabla 18. Etapas constructivas consideradas para el análisis sísmico	110
Tabla 19. Porcentaje de participación de masa para las etapas constructivas	111
Tabla 20. Propiedades de los dos modos principales longitudinales durante construcción	114

Tabla 21.	Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para la pila 2	118
Tabla 22.	Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para la pila 3	120
Tabla 23.	Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para la pila 4	122
Tabla 24.	Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para el tablero eje 2	124
Tabla 25.	Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para el tablero eje 3	125
Tabla 26.	Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para el tablero eje 4	126
Tabla 27.	Ajuste datos de la curva de recurrencia de aceleraciones para la ciudad de Bucaramanga	128
Tabla 28.	Coeficientes de aceleración reducida, a_r , pilas 2 y 3.	130
Tabla 29.	Coeficientes de aceleración reducida a_r , pila 4	131
Tabla 30.	Coeficientes de aceleración reducida a_r , en el tablero – ejes 2 y 3 ..	132
Tabla 31.	Coeficientes de aceleración reducida a_r , en el tablero – eje 4.....	133
Tabla 32.	Valores críticos de a_r durante construcción - Pilas.....	134
Tabla 33.	Valores críticos de a_r durante construcción - Tablero	135
Tabla 34.	Aceleraciones reducidas recomendadas por normativas internacionales	138

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Construcción de pila eje 3 nuevo puente Gómez Ortiz	26
Figura 2. Construcción dovela de apoyo (izquierda) e instalación carros de avance (derecha) - Viaducto la Unión. Bucaramanga, Colombia	27
Figura 3. Cierre central voladizos 4-5 nuevo puente Gómez Ortiz.....	28
Figura 4. Opciones de construcción dovela de cierre lateral	29
Figura 5. Cargas aleatorias durante construcción	35
Figura 6. Situaciones temporales de construcción dovelas prefabricadas	37
Figura 7. Situaciones temporales de construcción dovelas fundidas en sitio	37
Figura 8. Situaciones accidentales de construcción dovelas prefabricadas	38
Figura 9. Situaciones accidentales de construcción dovelas fundidas en sitio..	38
Figura 10. Nuevo puente Gómez Ortiz.....	41
Figura 11. Sección longitudinal del puente.....	42
Figura 12. Sección transversal dovela típica	42
Figura 13. Variación de la sección transversal del tablero.....	43
Figura 14. Dimensiones pila eje 2	44
Figura 15. Dimensiones pilas eje 3 y 4.....	45
Figura 16. Coeficientes de creep y shrinkage en el tablero	50
Figura 17. Coeficientes de creep y shrinkage en las pilas.....	51
Figura 18. Carro de avance	53
Figura 19. Orden de construcción de los voladizos	55
Figura 20. Representación gráfica etapas constructivas 1-24	59
Figura 21. Representación gráfica etapas constructivas 25-44	60
Figura 22. Definición sección transversal pilas.....	62
Figura 23. Definición sección transversal dovela típica (izquierda), dovela maciza (derecha)	62

Figura 24.	Configuración dovelas voladizos 1 y 2	63
Figura 25.	Configuración dovelas voladizos 3 y 4	64
Figura 26.	Configuración dovelas voladizos 5 y 6	65
Figura 27.	Modelamiento del tablero	65
Figura 28.	Modelo del puente	66
Figura 29.	Condiciones de apoyo.....	67
Figura 30.	Vinculación tablero-pilas	67
Figura 31.	Aplicación del peso del carro de avance en las principales fases constructivas	71
Figura 32.	Esquema general de tensionamiento	74
Figura 33.	Vista isométrica y planta cables superiores en pila 3 - etapa 31	75
Figura 34.	Trazado de cables en la etapa final (CS44)	75
Figura 35.	Cables superiores en pila 3 y cables inferiores voladizos 2-3 y 4-5 en la etapa final (CS44)	76
Figura 36.	Planta cables superiores en pila 3 – voladizo 4 en la etapa final (CS44)	76
Figura 37.	Cables inferiores voladizo 1 en etapa final (CS44).....	76
Figura 38.	Aplicación peso del concreto fresco en la etapa 15.....	77
Figura 39.	Carga viva durante construcción etapa 15	78
Figura 40.	Aplicación carga sobre impuesta etapa final (CS44)	78
Figura 41.	Gráfica evolutiva esfuerzos en la fibra superior del tablero durante construcción	80
Figura 42.	Esfuerzos máximos y mínimos en la fibra superior del tablero durante construcción	80
Figura 43.	Variación en el tiempo del esfuerzo en la fibra superior del tablero bajo cargas permanentes	81
Figura 44.	Gráfica evolutiva esfuerzos en la fibra inferior del tablero durante construcción	82
Figura 45.	Esfuerzos máximos y mínimos en la fibra inferior del tablero durante construcción	82

Figura 46.	Variación en el tiempo del esfuerzo en la fibra inferior del tablero bajo cargas permanentes	83
Figura 47.	Gráfica evolutiva del momento flector en el tablero producido únicamente por el peso propio durante construcción	84
Figura 48.	Gráfica evolutiva momentos flectores en el tablero durante construcción	84
Figura 49.	Momentos máximo y mínimos en el tablero durante construcción..	85
Figura 50.	Variación en el tiempo del momento flector en el tablero bajo cargas permanentes	85
Figura 51.	Gráfica evolutiva fuerza cortante en el tablero durante construcción	86
Figura 52.	Fuerza cortante máxima y mínima durante construcción	86
Figura 53.	Variación en el tiempo de las fuerzas cortantes en el tablero bajo cargas permanentes	87
Figura 54.	Gráfica evolutiva fuerza axial en el tablero durante construcción ...	88
Figura 55.	Fuerza axial máxima y mínima en el tablero durante construcción.	88
Figura 56.	Variación de la fuerza axial en el tablero bajo cargas permanentes	89
Figura 57.	Gráfica evolutiva deflexión del tablero durante construcción	91
Figura 58.	Variación en el tiempo de la deflexión en el tablero bajo cargas permanentes	91
Figura 59.	Gráfica evolutiva deflexión en los voladizos 1 y 2 durante construcción	92
Figura 60.	Variación en el tiempo de la deflexión en los voladizos 1 y 2 bajo cargas permanentes	92
Figura 61.	Gráfica evolutiva deflexión en los voladizos 3 y 4 durante construcción	93
Figura 62.	Variación en el tiempo de la deflexión en los voladizos 3 y 4 bajo cargas permanentes	93

Figura 63.	Gráfica evolutiva deflexión en los voladizos 5 y 6 durante construcción	94
Figura 64.	Variación en el tiempo de la deflexión en los voladizos 3 y 4 bajo cargas permanentes	94
Figura 65.	Esfuerzos límite a tracción para los cables durante construcción...	95
Figura 66.	Gráfica evolutiva fuerza axial en las pilas.....	97
Figura 67.	Variación en el tiempo del momento longitudinal de las pilas bajo cargas permanentes	97
Figura 68.	Variación en el tiempo de los desplazamientos longitudinales de las pilas bajo cargas permanentes	98
Figura 69.	Modo fundamental dirección X en estado de servicio	101
Figura 70.	Modo fundamental dirección Y en estado de servicio	101
Figura 71.	Modo fundamental dirección Z en estado de servicio.....	102
Figura 72.	Espectro de diseño	102
Figura 73.	Deflexión del tablero en estado de servicio	103
Figura 74.	Momento flector en el tablero en estado de servicio	103
Figura 75.	Fuerza cortante en el tablero en estado de servicio	104
Figura 76.	Fuerza axial en el tablero en estado de servicio.....	104
Figura 77.	Deflexión en la pila 2 – estado de servicio	106
Figura 78.	Deflexión en la pila 3 – estado de servicio	106
Figura 79.	Deflexión en la pila 4 – estado de servicio	106
Figura 80.	Momento flector en pila 2 – estado de servicio.....	107
Figura 81.	Momento flector en pila 3 – estado de servicio.....	107
Figura 82.	Momento flector en pila 4 – estado de servicio.....	107
Figura 83.	Fuerza cortante en pila 2 – estado de servicio	108
Figura 84.	Fuerza cortante en pila 3 – estado de servicio	108
Figura 85.	Fuerza cortante en pila 4 – estado de servicio	108
Figura 86.	Fuerza axial en pila 2 – estado de servicio.....	109
Figura 87.	Fuerza axial en pila 3 – estado de servicio.....	109
Figura 88.	Fuerza axial en pila 4 – estado de servicio.....	109

Figura 89.	Modos principales longitudinales durante construcción – pila 2 ...	112
Figura 90.	Modos principales longitudinales durante construcción – pila 3 y 4	113
Figura 91.	Zona estudiada en las pilas durante construcción.....	115
Figura 92.	Momento flector durante construcción – Pila 2.....	117
Figura 93.	Fuerza cortante durante construcción – Pila 2	117
Figura 94.	Fuerza axial durante construcción – Pila 2.....	117
Figura 95.	Momento flector durante construcción – Pila 3.....	119
Figura 96.	Fuerza cortante durante construcción – Pila 3	119
Figura 97.	Fuerza axial durante construcción – Pila 3.....	119
Figura 98.	Momento flector durante construcción – Pila 4.....	121
Figura 99.	Fuerza cortante durante construcción – Pila 4	121
Figura 100.	Fuerza axial durante construcción – Pila 4.....	121
Figura 101.	Zonas estudiadas en el tablero durante construcción.....	123
Figura 102.	Fuerzas internas durante construcción – tablero eje 2	124
Figura 103.	Fuerzas internas durante construcción – tablero eje 3	125
Figura 104.	Fuerzas internas durante construcción – tablero eje 4	126
Figura 105.	Curva de recurrencia de aceleraciones para la ciudad de Bucaramanga	128
Figura 106.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.08$ en etapa 13 – Pila 4	139
Figura 107.	Deriva pila 4 con sismo reducido $a_r=0.08$ en etapa 13.....	140
Figura 108.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.17$ en etapa 13 – Pila 2	140
Figura 109.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.17$ en etapa 13 – Pila 4	140
Figura 110.	Deriva pila 2 con sismo reducido $a_r=0.17$ en etapa 13.....	141
Figura 111.	Deriva pila 4 con sismo reducido $a_r=0.17$ en etapa 13.....	141
Figura 112.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.12$ en etapa 18 – Pila 2 y 4.....	142
Figura 113.	Deriva pila 2 y 4 con sismo reducido $a_r=0.12$ en etapa 18	142
Figura 114.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.17$ en etapa 18 – Pila 2	143
Figura 115.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.14$ en etapa 19 – Pila 4	143
Figura 116.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.14$ en etapa 19 – Tablero	144

Figura 117.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.19$ en etapa 19 – Tablero	144
Figura 118.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.19$ en etapa 24 – Momento tablero 145	
Figura 119.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.19$ en etapa 24 – Cortante tablero 145	
Figura 120.	Aplicación sismo reducido $a_r=0.19$ en etapa 24 – Pila 2	146

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO A. INFORMACIÓN PLANOS AS-BUILT NUEVO PUENTE GUILLERMO GOMEZ ORTIZ.....	156
ANEXO B. DATOS DE ENTRADA DEL MODELO.....	175
ANEXO C. DEFINICIÓN DE ETAPAS CONSTRUCTIVAS EN MIDAS CIVIL	214
ANEXO D. RESULTADOS DEL PRESFUERZO	226
ANEXO E. RESPUESTA MODAL DE LA ESTRUCTURA EN SERVICIO.....	252

RESUMEN

TÍTULO:

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE VIGA CAJÓN SOMETIDO A ACCIONES SÍSMICAS DURANTE SU CONSTRUCCIÓN POR VOLADIZOS SUCESIVOS *

AUTOR:

Mario Alejandro Suarez Rodriguez**

PALABRAS CLAVES:

Puentes viga cajón, voladizos sucesivos balanceados, amenaza sísmica, comportamiento en servicio y durante construcción, vulnerabilidad sísmica.

DESCRIPCIÓN:

En este estudio se analizó el comportamiento estructural de un puente presforzado de sección viga cajón, construido por el método de voladizos sucesivos balanceados con dovelas fundidas en el sitio, frente a cargas permanentes y acciones sísmicas durante construcción y en estado de servicio.

Se simuló el proceso constructivo del puente en estudio siguiendo la secuencia de construcción y las solicitaciones definidas en los planos as-built. Se tuvieron en cuenta los efectos diferidos en el tiempo para el concreto de las pilas y el tablero (creep y shrinkage), el efecto p-delta, las pérdidas inmediatas y a largo plazo del presfuerzo, y los tiempos y cargas de ejecución en cada etapa constructiva.

En segunda instancia, se estudió la respuesta del puente para el sismo de diseño en la fase de servicio y para etapas intermedias durante construcción, tomando la matriz de rigidez y los estados de esfuerzos de cada etapa en curso. A partir de la comparación de la respuesta sísmica del puente en las diferentes etapas constructivas (parcialmente construido) contra la respuesta del puente en servicio (puente completo) se evaluó la vulnerabilidad sísmica de la estructura.

Los resultados encontrados en el presente estudio permiten concluir que la estructura presenta una mayor grado de vulnerabilidad frente a acciones sísmicas durante construcción que en el estado de servicio, ya que para el puente parcialmente construido se pueden desarrollar fuerzas internas superiores a las halladas para el puente completo, pero con sismos de menor magnitud y de mayor probabilidad de excedencia anual que el evento de diseño.

* Trabajo de grado

* * Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: José Miguel Benjumea Royero

ABSTRACT

TITLE:

ANALYSIS OF STRUCTURAL BEHAVIOR OF A BOX GIRDER BRIDGE UNDER SEISMIC LOADS DURING CONSTRUCTION BY BALANCED CANTILEVER METHOD*

AUTHOR:

Mario Alejandro Suarez Rodriguez**

KEYWORDS:

Box girder bridge, balanced cantilever method, seismic hazard, structural behavior in service and during construction, seismic vulnerability.

DESCRIPTION:

In this study has been analyzed the structural behavior of a prestressed box girder bridge built by the balanced cantilever method with segments cast in place, under permanent loads and seismic action during construction and service.

Bridge construction process was simulated following the sequence of construction and solicitations defined in the as-built drawings. Time dependent effects for pier and deck (creep and shrinkage), the p-delta effect, the immediate losses and long-term prestressed, and times and loads of execution at each constructive stage were taken into account.

Secondly, the response of the bridge to the design earthquake in the service phase and intermediate stages during construction was studied, taking the stiffness matrix and the states of stress of each stage underway. From the comparison of the seismic response of the bridge in several constructive steps (partially constructed) versus the response of the bridge in service (full bridge) seismic vulnerability of the structure was evaluated.

The results found in this study allow us to conclude that the structure has a greater vulnerability to seismic action during construction than service, since for the partially built bridge can develop higher internal forces in the major elements to those found for the full bridge, but with earthquakes of lesser magnitude and greater annual exceedance probability that the design earthquake.

* Degree project

* * Faculty of Physical-Mechanical Engineering, Civil Engineering School. Director: José Miguel Benjumea Royero

INTRODUCCIÓN

Los puentes representan una de las obras de mayor relevancia dentro de la infraestructura vial. Entre las diversas tipologías se encuentran los puentes presfizados de sección viga-cajón, objeto del presente estudio, utilizados normalmente para vencer luces medianas. El sistema constructivo de voladizos sucesivos balanceados resulta ser el más usado para la construcción de esta tipología de puente gracias a su versatilidad y facilidad de ejecución.

En el análisis y diseño de un puente construido por voladizos sucesivos se considera muy importante la etapa constructiva ya que durante este periodo pueden ocurrir acciones que afectarían de manera significativa la geometría y configuración final de esfuerzos en los principales elementos. Diferentes normativas y guías de diseño, hacen referencias a las acciones sísmicas durante construcción, sin embargo el tema no es abordado con profundidad y no se tiene la suficiente claridad de la sollicitación sísmica a utilizar durante esta etapa crítica.

En este estudio se pretende realizar un análisis sísmico durante construcción a un puente de sección viga cajón construido por el método de voladizos sucesivos, para lo cual se ha seleccionado el nuevo puente Guillermo Gómez Ortiz, localizado en la vía Girón Zapatoca, departamento de Santander, Colombia, para observar su respuesta sísmica durante construcción. El contenido del presente estudio se ha dividido en tres capítulos de la siguiente manera:

En el capítulo 1, *Objetivos*, se presenta el objetivo general del presente estudio, así como los objetivos específicos necesarios para cumplir con el alcance de la investigación.

En el capítulo 2, *Generalidades*, se explica de manera somera los principios básicos, aspectos fundamentales y algunos criterios de predimensionamiento de puentes

presforzados con sección viga-cajón. También se aborda el tema del método constructivo por voladizos sucesivos balanceados con dovelas fundidas en sitio ya que este fue el método empleado en la construcción del puente en estudio, además de ser bastante empleado en la construcción de esta tipología de puentes. De igual manera, se presentan algunas regulaciones que hacen referencia a acciones y cargas durante construcción, entre ellas las acciones sísmicas, tema central del presente documento.

En el capítulo 3, *Análisis Durante Construcción*, se presentan los parámetros del estudio, geometría del puente y las propiedades de los materiales. Se simuló el proceso constructivo del puente en estudio siguiendo la secuencia de construcción y las solicitaciones definidas en los planos as-built. Se tuvieron en cuenta los efectos diferidos en el tiempo para el concreto de las pilas y el tablero (creep y shrinkage), el efecto p-delta, las pérdidas inmediatas y a largo plazo del presfuerzo, y los tiempos y cargas de ejecución en cada etapa constructiva. Se presenta la respuesta estructural de los elementos principales de la estructura durante construcción y se muestra la variación en la respuesta debido a los efectos dependientes del tiempo como Creep y Shrinkage.

En el capítulo 4, *Vulnerabilidad Sísmica Durante Construcción*, se estudia la respuesta estructural del puente para el sismo de diseño en la fase de servicio y para etapas intermedias durante construcción, tomando la matriz de rigidez y los estados de esfuerzos de cada etapa en curso. A partir de la comparación de la respuesta sísmica del puente en las diferentes etapas constructivas (parcialmente construido) y en estado de servicio (puente completo) se evalúa la vulnerabilidad sísmica de la estructura.

Por último, en los capítulos 5 y 6 se presentan las conclusiones del presente estudio y se dan a conocer las futuras líneas de investigación respectivamente.

1. OBJETIVOS

Se ha formulado como objetivo general de la investigación:

Analizar el comportamiento estructural de un puente viga cajón sometido a acciones sísmicas durante su construcción por voladizos sucesivos. Caso de estudio: nuevo puente Gómez Ortiz.

Para poder cumplir con el objetivo general se han planteado los objetivos específicos:

- -Analizar la respuesta estructural del puente en servicio para el sismo de diseño.
- -Analizar el comportamiento estructural del puente durante diferentes etapas constructivas frente a solicitaciones sísmicas reducidas para determinar las etapas más críticas y los elementos con mayor vulnerabilidad.
- -Comparar la respuesta del puente en servicio para el sismo de diseño contra la respuesta del mismo puente bajo acciones sísmicas reducidas durante construcción.

2. GENERALIDADES

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS PUENTES DE SECCIÓN VIGA-CAJÓN

Los puentes con sección cajón en el tablero son reconocidos a nivel mundial por la eficiencia que ofrecen para salvar luces intermedias. La sección en cajón consta de una losa superior, la cual se encarga de recibir las cargas de uso y conducirlas a través de las almas, comportándose como cabeza de compresión. Las almas se encargan de asumir las cargas de cortante y conducirlas a los apoyos. La losa inferior cierra el circuito de torsión y almacena las pre-compresiones del presfuerzo inferior (Nancu Nancu)

Entre las ventajas que posee este tipo de sección se encuentra que las losas superior e inferior tienen gran capacidad para resistir momentos flectores positivos y negativos. Además posee gran rigidez a torsión debido a que es una sección cerrada, por lo cual puede resistir sin mayores inconvenientes cargas descentralizadas en el tablero. También tiene gran rigidez transversal que permite que las almas puedan ser esbeltas y poseen un gran radio de giro.

Los puentes de sección viga-cajón contruidos por voladizos sucesivos requieren de un importante presfuerzo para soportar las cargas de construcción, con un canto del tablero considerable en la sección de apoyo, con esbelteces entre $L/20$ y $L/15$ siendo L la longitud del vano principal. Con el propósito de optimizar materiales se puede presentar una variación del canto del tablero de manera lineal, parabólica o en tercer grado, la cual puede llegar a tener valores de entre $L/50$ y $L/30$ en la sección central del vano principal. Se prefieren vanos laterales superiores a $L/2$, entre $0.6L$ y $0.7L$ para evitar descompresiones en los apoyos de los estribos por la acción de las cargas de tráfico.

2.2 CONSTRUCCIÓN POR EL MÉTODO DE VOLADIZOS SUCESIVOS BALANCEADOS

El método de voladizos sucesivos balanceados es de gran utilidad para salvar luces considerables cuando no se puede disponer de apoyos intermedios. Consiste en la construcción progresiva del tablero desde la dovela sobre pila, avanzando por medio de voladizos balanceados de modo que la dovela inmediatamente anterior sirve como plataforma de apoyo para la construcción de la siguiente dovela atándolas por medio de cables de presfuerzo.

Las dovelas que conforman el tablero pueden ser fundidas en sitio o prefabricadas. La elección entre estas dos técnicas depende de diversos factores propios del proyecto, como la accesibilidad, la repetitividad del tipo de dovelas, cantidad de dovelas requeridas entre otros. Las dovelas prefabricadas presentan ventajas en la reducción de tiempos de construcción y además se obtiene mejor calidad del material debido al proceso industrial utilizado para su fabricación. Por lo anterior, las pérdidas por fluencia y retracción del concreto serán menores ya que las dovelas se cargan cuando han adquirido una mayor resistencia. Sin embargo los costos de inversión requeridos en las plantas de fabricación, moldes, transporte y erección son elevados. Además, entre las juntas de las dovelas no se deja conexión con refuerzo pasivo, logrando la continuidad del tablero únicamente con el postensado. En estas juntas se transmite el esfuerzo cortante mediante el contacto directo del concreto y a través de llaves de cortante a manera de dentado continuo a través de las almas de las dovelas.

Por otra parte, las dovelas fundidas en sitio son más económicas y versátiles ya que permiten llevar a cabo la construcción en lugares de difícil acceso y donde no se cuenta con la tecnología necesaria para la fabricación de dovelas prefabricadas, convirtiéndose en muchas ocasiones en la única opción. No obstante este procedimiento conlleva más tiempo de ejecución ya que solo se puede fundir una

dovela por semana, además las deformaciones por fluencia y retracción del concreto comienza a desempeñar un papel fundamental ya que las dovelas se ven expuestas a las condiciones climáticas y se cargan a temprana edad. En el presente estudio se utilizará el método de voladizos sucesivos balanceados con dovelas fundidas en sitio.

2.2.1 Principales etapas de construcción

Las principales fases de construcción se pueden resumir de la siguiente manera:

- Construcción de la sub-estructura: En primera instancia se lleva a cabo la construcción de todos los elementos de la cimentación y las pilas. Estas últimas tienen función de dar soporte al tablero y transmitir las cargas a la cimentación. Para pilas de gran altura usualmente se utiliza secciones cajón para obtener un mayor radio de giro y un mejor desempeño a la flexión. (ver figura 1).

Figura 1. Construcción de pila eje 3 nuevo puente Gómez Ortiz



Fuente: ISAGEN S.A, tomado de (Velez Cardona, 2013)

- Construcción de la dovela sobre pila o dovela de apoyo: se construye con un encofrado especial con una longitud suficiente que permita montar los carros de avance. La construcción de la dovela sobre pila se realiza por etapas. En primera medida se construye la losa inferior, para lo cual se requiere de la implementación de una plataforma de sustentación para el armado de la formaleta, del refuerzo y posterior fundida (ver figura 2). En segunda instancia se construyen los muros laterales y las riostras transversales. Por último, se construye la losa superior y se retira el sistema de sustentación del encofrado.

Figura 2. Construcción dovela de apoyo (izquierda) e instalación carros de avance (derecha) - Viaducto la Unión. Bucaramanga, Colombia



Fuente: Cortesía Consorcio Vial Puerta del sol

- Construcción de los voladizos: a partir de la dovela de apoyo se construyen las siguientes dovelas de manera simétrica y progresiva, trasladando los carros de avance hasta que se encuentran los voladizos.
- Cierre de la estructura: existen varias maneras de cerrar la estructura. En el centro de luz se habitúa construir la dovela clave de cierre con el mismo carro de avance utilizado para la construcción de los voladizos. En esta etapa la estructura se vuelve continua, por lo cual se debe implementar el presfuerzo

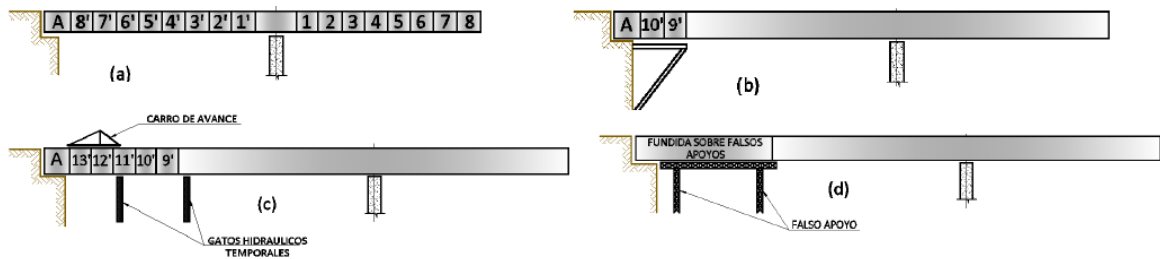
inferior de continuidad (ver figura 3). Lateralmente se puede construir las dovelas de cierre de diversas maneras dependiendo de las condiciones propias del proyecto. De acuerdo con (Lopez Morantes & Vanegas Herrera, 2009) una opción es fundir la dovela de cierre apoyando la formaleta sobre el estribo (Ver figura 4 a). Si se requiere una mayor luz en el vano lateral se puede fundir sobre cimbra o falsos apoyos recostados sobre el estribo (Ver figura 4 b). También se puede construir con carro de avance implementando un apoyo provisional ajustable en el punto de equilibrio (límite donde los voladizos son simétricos), requiriendo de otro apoyo provisional cada dos o tres dovelas (Ver figura 4 c). Por otra parte, si las condiciones morfológicas del terreno lo permiten se puede construir vanos laterales considerablemente grandes con falsos apoyos (Ver figura 4 d).

Figura 3. Cierre central voladizos 4-5 nuevo puente Gómez Ortiz



Fuente: ISAGEN S.A, tomado de (Velez Cardona, 2013)

Figura 4. Opciones de construcción dovela de cierre lateral



Fuente: (Lopez Morantes & Vanegas Herrera, 2009)

- . Una vez terminado el puente se aplica la carga sobre impuesta correspondiente al peso de la carpeta asfáltica, parapetos, barandas y demás.

2.2.2 Ciclo de construcción de las dovelas

Las dovelas fundidas en sitio por lo general tienen una longitud entre 3 y 6 metros. Acoplar una dovela a la estructura tarda aproximadamente una semana (ver tabla 1). Cada dovela se funde en una operación continua empezando por la losa inferior, continuando por las almas y terminando con la losa superior, desde el borde delantero hacia la cara de la dovela anterior. A continuación se presentan las principales etapas en el ciclo de construcción de las dovelas:

- Avance del carro (Form Traveler).
- Ajuste y limpieza de las formaletas.
- Colocación de refuerzo, ductos, anclajes y demás en la losa inferior y las almas.
- Avance y ajuste del encofrado interior.
- Colocación de refuerzo, ductos y anclajes en la losa superior.
- Ajuste y nivelación del carro de avance (Control geométrico).
- Hormigonado de la dovela.
- Fraguado y curado del concreto. Se retiran las formaletas

- Enfilado de cables de postensado.
- Inspección de la resistencia necesaria para el tesado de los cables (muestras de laboratorio).
- Tesado de cables anclados en las dovelas. Posteriormente se realiza un control geométrico.
- Preparación del carro para su avance.

Tabla 1. Ciclo de construcción de una dovela estándar

Actividad	1	2	3	4	5	6	7
Movimiento del carro de avance							
Refuerzo, ductos y ajuste de formaletas							
Vaciado de las dovelas							
Desenformado y curado del concreto							
Enfilado de torones							
Tensionamiento de cables							

2.3 REGULACIONES DURANTE CONSTRUCCIÓN

De acuerdo a la revisión que se realizó de las regulaciones, normativas y guías de diseño internacionales, como la *AASHTO LRFD Bridge Design Specification* (AASHTO, 2012), la guía de diseño (SETRA, 2003), *la Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-98)*, *La Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)*, el código de diseño *Canadian Highway Bridge Design Code (CHBDC)*, *Eurocode* entre otros, se encontraron pautas, recomendaciones y lineamientos acerca de las cargas y acciones a considerar durante construcción. A continuación se van a mencionar las disposiciones mencionadas en el (AASHTO, 2012) y el (SETRA, 2003) debido al detalle que presentan en lo referente a la construcción de puentes por voladizos sucesivos.

- **AASHTO LRFD Bridge Design Specification (AASHTO, 2012)**

En el capítulo 5.14.2.2 *Analysis of Segmental Bridges* (Análisis de puentes segmentados) se indica que el sistema estructural final deberá ser analizado teniendo en cuenta los efectos de redistribución de fuerzas en la etapa de construcción debido a deformaciones internas, cambios en las condiciones de apoyo y restricciones, incluyendo el efecto de las fuerzas acumuladas resultantes del proceso constructivo. Para el análisis de los efectos de fluencia en la superestructura (Creep effects) se pueden adoptar los coeficientes dispuestos en el ACI 209 o el CEB-FIP, sin embargo los resultados varían significativamente entre los dos. Por lo anterior, es necesario determinar de manera precisa los coeficientes de fluencia en el concreto a utilizar de acuerdo con las condiciones propias del proyecto.

Cargas de construcción:

Las condiciones y cargas de construcción, que son asumidas para el diseño y que por lo general determinan las dimensiones de las secciones, peralte, refuerzo y/o presfuerzo, deberán señalarse explícitamente y de manera notoria en los documentos contractuales (planos de diseño y especificaciones técnicas). De igual manera, las cargas de erección, cualquier apoyo temporal o restricción requerida deberá definirse y tenerse en cuenta en el diseño. También es conveniente que las fuerzas de cierre debido a correcciones por desalineamientos sean consignadas. Se deberá considerar los efectos producidos por cualquier cambio en el esquema estático de la estructura durante construcción, cambio o remoción de apoyos temporales o equipo especial, tomando en cuenta los efectos de fuerzas residuales, deformaciones y esfuerzos inducidos. En la tabla 2 se presentan las cargas durante construcción que deben ser consideradas:

Tabla 2. Cargas durante construcción según (AASHTO, 2012)

CARGA	DESCRIPCIÓN
DC:	Peso propio de la estructura.
DIFF:	Carga diferencial, se toma como 2% de la carga muerta aplicada a un solo voladizo (valido solamente en la construcción por voladizos balanceados)
DW:	Carga muerta superimpuesta.
CLL:	Carga viva distribuida de construcción. Tiene en cuenta diversos artículos como maquinaria y equipo pequeño, se toma como 4.8×10^{-4} MPa por unidad de área de tablero. Para voladizos sucesivos se aplica 4.8×10^{-4} MPa en un voladizo y 2.4×10^{-4} MPa en el otro. Para puentes construidos por empujes esta carga puede obviarse.
CE:	Equipo de construcción especializado. Incluye: camiones de entrega de segmentos, carro de avance, viga y/o grúa de lanzamiento y estructuras auxiliares mayores similares.
IE:	Carga dinámica proveniente de los equipos, se determina de acuerdo al tipo de maquinaria usada.
CLE:	Carga longitudinal de equipo de construcción.
U:	Segmento desbalanceado: Es el efecto de cualquier segmento fuera de balance u otra condición inusual. Aplicable principalmente a la construcción de voladizos sucesivos aunque puede ser extendida a cualquier otro sistema.
WS:	Carga de viento distribuida horizontalmente.
WE:	Carga de viento distribuida horizontalmente sobre el equipo. Se toma como 4.8×10^{-3} MPa en las superficies expuestas
WUP:	Viento ascendente de 2.4×10^{-4} MPa por unidad de área de tablero aplicado a un solo voladizo.
A:	Peso de un segmento prefabricado.
AI:	Respuesta dinámica producida por la caída accidental o aplicación de una carga repentina en el segmento prefabricado, se toma como el 100% de la carga "A".
CR:	Efectos producidos por la fluencia (Creep effects).
SH:	Efectos producidos por la contracción (Shrinkage).
T:	Efectos térmicos: es la suma de los efectos producidos por una variación de temperatura uniforme (TU) y un gradiente de temperatura (TG).

Combinaciones de carga de construcción en estado de servicio:

Se definen las combinaciones de carga y los esfuerzos límites a tracción (ver tabla 3). La aplicación de las cargas de construcción deberá realizarse apropiadamente de tal manera que se produzcan los efectos más desfavorables. Los esfuerzos a compresión no deben superar $0.5f'_c$, siendo f'_c la resistencia del concreto al momento de la aplicación de la carga.

Tabla 3. Combinaciones de cargas de construcción en el estado limite de servicio según (AASHTO, 2012)

Table 5.14.2.3.3-1—Load Factors and Tensile Stress Limits for Construction Load Combinations

Load Combination	LOAD FACTORS															STRESS LIMITS					See Note						
	Dead Load			Live Load			Wind Load			Other Loads					Earth Loads	Flexural Tension		Principal Tension									
	D	C	$DIFF$	U	CE	CLL	IE	CL	E	WS	WUP	W	E	CR	SH	TU	TG	W	A	EH		EV	ES	Excluding "Other Loads"	Including "Other Loads"	Excluding "Other Loads"	Including "Other Loads"
	D	C	$DIFF$	U	CE	CLL	IE	CL	E	WS	WUP	W	E	CR	SH	TU	TG	W	A	EH		EV	ES	Excluding "Other Loads"	Including "Other Loads"	Excluding "Other Loads"	Including "Other Loads"
a	1.0		1.0	0.0	1.0		1.0		0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	γ_{RG}	1.0	1.0				$0.190\sqrt{f'_c}$	$0.220\sqrt{f'_c}$	$0.110\sqrt{f'_c}$	$0.126\sqrt{f'_c}$	—
b	1.0		0.0	1.0	1.0		1.0		0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	γ_{RG}	1.0	1.0				$0.190\sqrt{f'_c}$	$0.220\sqrt{f'_c}$	$0.110\sqrt{f'_c}$	$0.126\sqrt{f'_c}$	—
c	1.0		1.0	0.0	0.0		0.0		0.0	0.7	0.7	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	γ_{RG}	1.0	1.0				$0.190\sqrt{f'_c}$	$0.220\sqrt{f'_c}$	$0.110\sqrt{f'_c}$	$0.126\sqrt{f'_c}$	—
d	1.0		1.0	0.0	1.0		0.0		0.0	0.7	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	γ_{RG}	1.0	1.0				$0.190\sqrt{f'_c}$	$0.220\sqrt{f'_c}$	$0.110\sqrt{f'_c}$	$0.126\sqrt{f'_c}$	1
e	1.0		0.0	1.0	1.0		1.0		0.0	0.3	0.0	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	γ_{RG}	1.0	1.0				$0.190\sqrt{f'_c}$	$0.220\sqrt{f'_c}$	$0.110\sqrt{f'_c}$	$0.126\sqrt{f'_c}$	2
f	1.0		0.0	0.0	1.0		1.0		1.0	0.3	0.0	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	γ_{RG}	1.0	1.0				$0.190\sqrt{f'_c}$	$0.220\sqrt{f'_c}$	$0.110\sqrt{f'_c}$	$0.126\sqrt{f'_c}$	3

Nota 1: Equipo no trabajando.

Nota 2: Normal erección.

Nota 3: Equipo en movimiento

Fuente: (AASHTO, 2012)

• Guía de diseño (SETRA, 2003)

Las acciones definidas en este documento no hacen parte de ninguna norma o documento legal, sin embargo representan reglas para una buena práctica.

Cargas durante construcción:

En esta guía de diseño se realiza la distinción entre: carga muerta (G), cargas de construcción cuya magnitud y posición son conocidas (Q_{PRC}), cargas de construcción aleatorias (Q_{PRA}), acciones variables como cargas de viento (W) o gradiente térmico ($\Delta\theta$) y situaciones accidentales que incluye carga muerta, cargas laterales y acciones accidentales (F_A). Las cuales se definen a continuación:

-Carga muerta (G):

Se calcula con el peso específico del concreto (γ_c). Se debe definir el tipo de concreto a usar (normal o baja densidad). Se debe suponer una situación de desbalance donde el voladizo central tiene una carga muerta incrementada un 2% (G_{max}), y su contraparte una carga muerta reducida un 2% (G_{min}).

-Cargas variables de ejecución:

Cargas conocidas (Q_{PRC1}): Son cargas cuyo peso y posición pueden determinarse en cada fase de construcción, como por ejemplo vigas de lanzamiento, grúas usadas en el ensamble de las secciones, carros de avance, etc. Para las estructuras fundidas en sitio esta carga se refiere principalmente al carro de avance. Este último, para cálculos simplificados, suele tomarse como la mitad del peso del segmento más pesado. Para las estructuras prefabricadas esta carga se refiere principalmente a las reacciones en la base de la viga de lanzamiento durante la instalación de la dovela. En los cálculos Q_{PRC1} debe incrementarse un 6% en el medio voladizo más pesado ($Q_{prc1_{max}}$) o reducirse un 4% en el lado opuesto ($Q_{PRC1_{min}}$).

-Cargas aleatorias (Q_{PRA}):

Correspondiente a materiales almacenados sobre la placa, equipos pequeños, trabajadores y factores climáticos como vientos ascendentes sobre medio voladizo (Ver figura 5), se pueden distinguir dos tipos de cargas aleatorias:

Carga distribuida (Q_{PRA1}): se aplica una carga distribuida de 200 N/m^2 para tamaños de voladizos estándar (menores a 120 metro), incluye la carga vertical de viento, es aplicado a los segmentos completados y al carro de avance.

Carga concentrada (Q_{PRA2}): se aplica una carga puntual de $(50 + 5 \cdot b) \text{ KN}$ en el extremo del voladizo del último segmento completado, donde b es el ancho de la placa superior de la sección en metros. Esta carga incluye el peso del

personal, materiales almacenados sobre la sección como rollos de cables, equipo pequeño entre otros. Para estructuras cuyos vanos superen los 120 metros las cargas Q_{PRA1} y Q_{PRA2} deben ser calculados usando el equipo real con el que se está construyendo. En todos los casos las cargas deben ser dispuestas de tal manera que generen el efecto más desfavorable.

Figura 5. Cargas aleatorias durante construcción



Fuente: (SETRA, 2003)

-Carga de viento (Q_w):

Para vanos cuya longitud excede los 120 metros, aparte de la carga Q_{PRA1} debe adicionarse otra carga distribuida Q_w que tiene valores entre 100-200 N/m² dependiendo de las condiciones climáticas locales. Esta carga distribuida se debe aplicar en dirección vertical ascendente sobre toda la sección horizontal del voladizo y de manera longitudinal desde el carro de avance hasta el eje del pilar.

-Cargas accidentales (F_a):

Debido al colapso parcial o total de un carro de avance durante una o varias fases de la construcción en el caso de segmentos fabricados en sitio o al colapso de una sección cuando es prefabricada. Cuando esto ocurre se permite usar un coeficiente de amplificación dinámico de 2 para tener en cuenta la energía acumulada por la deformación del medio voladizo afectado por el colapso.

Combinaciones de carga durante construcción:

Durante construcción se deben verificar dos estados límite último: de equilibrio estático y de resistencia. El primero para asegurar la estabilidad de los voladizos sobre la pila y el segundo para verificar la resistencia de los elementos que proporcionan estabilidad al sistema como las pilas, dovela sobre pila y la cimentación. Para ambos estados límites se debe tener en cuenta dos escenarios posibles: las situaciones temporales de construcción y las situaciones accidentales durante construcción.

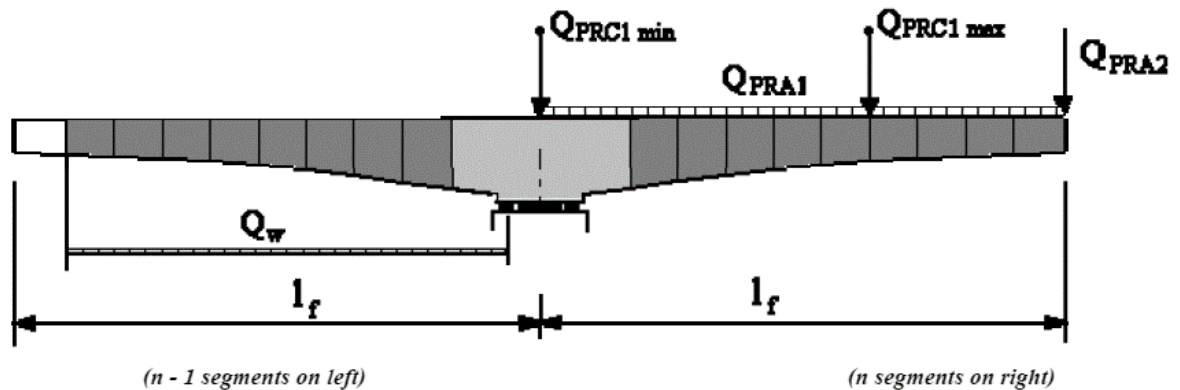
Situaciones temporales de construcción:

Para tableros simplemente apoyados en las pilas se debe verificar que en el estado límite último de equilibrio estático no ocurran desplazamientos en los soportes. Para tableros con vinculación rígida con las pilas no es necesario, sin embargo se debe verificar la resistencia de la pila y la dovela sobre pila. Se puede considerar como etapa crítica para el diseño el ensamble del último par de dovelas. Es indispensable realizar el análisis de los voladizos en estado desbalanceado, aún si la secuencia de construcción es simultánea y se ejecuta de manera simétrica.

Para la construcción con dovelas prefabricadas se debe asumir que una dovela ha sido acoplada al voladizo mientras que su contraparte todavía no ha sido ensamblada, ya que no se puede garantizar la perfecta sincronización de las operaciones de ensamblaje (ver figura 6). Para el caso de dovelas fundidas en sitio pueden ocurrir diversos incidentes en el vaciado del concreto que obliguen a desocupar un carro de avance, aun cuando se esté fundiendo simultáneamente (ver figura 7). A continuación se muestran las combinaciones de carga para situaciones temporales de construcción:

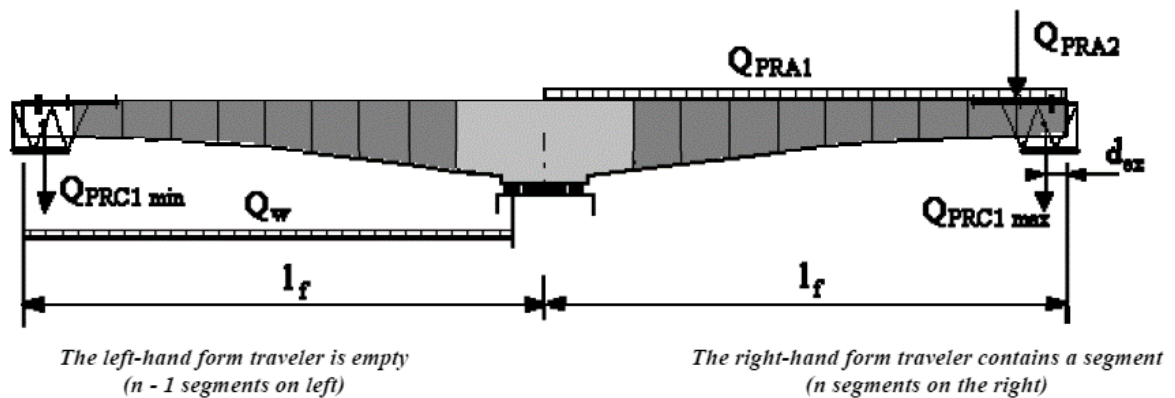
$$A1 = 1.1 (G_{\max} + G_{\min}) + 1.25 (Q_{\text{PRC1max}} + Q_{\text{PRC1min}} + Q_{\text{PRA1}} + Q_{\text{PRA2}} + [Q_W])$$
$$A2 = 0.9 (G_{\max} + G_{\min}) + 1.25 (Q_{\text{PRC1max}} + Q_{\text{PRC1min}} + Q_{\text{PRA1}} + Q_{\text{PRA2}} + [Q_W])$$

Figura 6. Situaciones temporales de construcción dovelas prefabricadas



Fuente: (SETRA, 2003)

Figura 7. Situaciones temporales de construcción dovelas fundidas en sitio



Fuente: (SETRA, 2003)

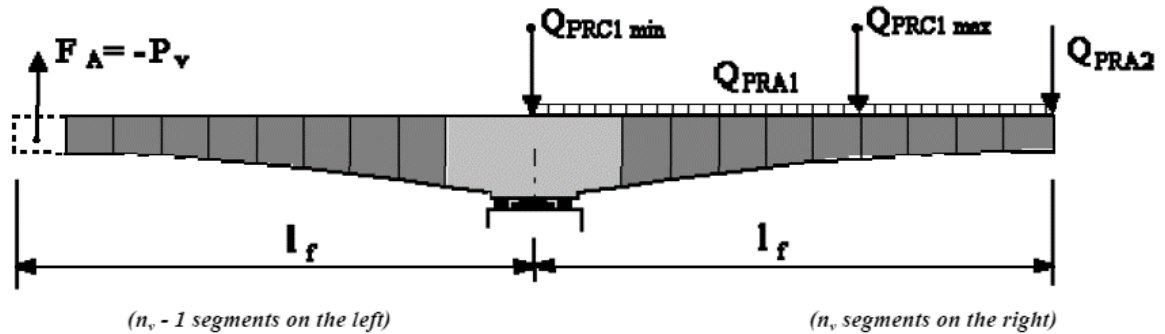
Situaciones accidentales durante construcción:

Estas combinaciones son usadas para la verificación en el estado límite último de resistencia de los elementos diseñados para proveer estabilización al voladizo, los soportes y las cimentaciones. En una situación accidental, la estructura debe ser capaz de resistir el colapso de un carro de avance (dovelas fundidas en sitio) o de una dovela en caso de ser prefabricada (ver figuras 8 y 9). A continuación se presentan las combinaciones de carga para situaciones accidentales durante construcción:

$$B1 = 1.1 (G_{\max} + G_{\min}) + F_A + (Q_{\text{PRC1max}} + Q_{\text{PRA1}} + Q_{\text{PRA2}})$$

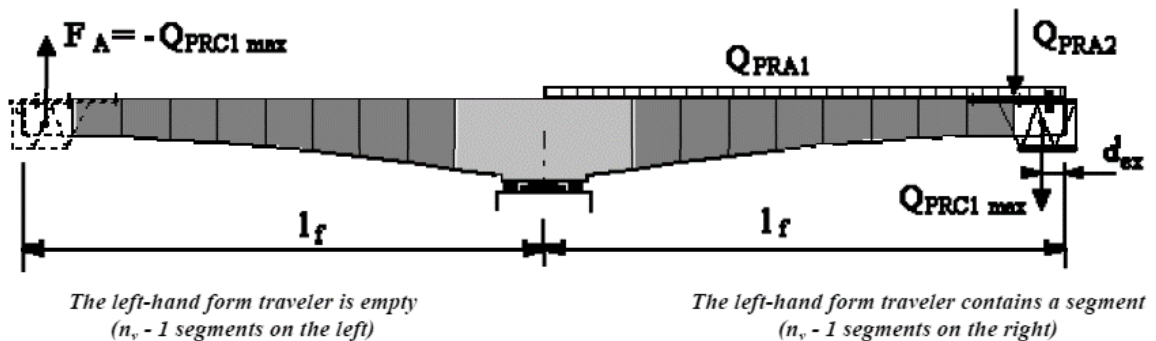
$$B2 = 0.9 (G_{\max} + G_{\min}) + F_A + (Q_{\text{PRC1max}} + Q_{\text{PRA1}} + Q_{\text{PRA2}})$$

Figura 8. Situaciones accidentales de construcción dovelas prefabricadas



Fuente: (SETRA, 2003)

Figura 9. Situaciones accidentales de construcción dovelas fundidas en sitio



Fuente: (SETRA, 2003)

- **Acciones sísmicas durante construcción**

A continuación se presentan los lineamientos expuestos por algunas de las normativas internacionales que tratan acerca de las solicitaciones sísmicas durante construcción (ver tabla 4):

Tabla 4. Acciones sísmicas durante construcción según normativas internacionales

REGLAMENTO	LINEAMIENTOS
AASHTO LRFD 2012	- Se define el sismo de diseño en servicio con una probabilidad de excedencia del 7% para 75 años. Sin embargo, para puentes construidos por etapas, el coeficiente de aceleración sísmico elástico durante construcción puede ser reducido por un factor no mayor a 2 para cálculo de fuerzas elásticas y desplazamientos. - Además, el factor de modificación R, utilizado para el diseño de los elementos puede incrementarse por un factor no mayor a 1.5.
IAP-98	La aceleración sísmica durante construcción puede obtenerse multiplicando la aceleración básica por el factor $0.3L_c^{0.37}$ donde L_c es la duración del periodo constructivo en años.
NCSP 07	- Cuando se considere tener en cuenta la acción sísmica durante la construcción, se tomará el sismo correspondiente a un periodo de retorno no menor de cinco veces la duración de la etapa constructiva. - El comportamiento estructural bajo la acción del sismo durante construcción podrá ser dúctil (formación de rotulas plásticas), ductilidad limitada (disipación de energía por cierto nivel de plastificación) o esencialmente elástico (no se produce disipación de energía)
Euro código 1	Durante la ejecución, las acciones sísmicas se tienen en cuenta solo cuando así lo requiera la autoridad competente o las especificaciones del proyecto. Las fases durante las cuales deberán comprobarse los efectos sísmicos tendrán que indicarse claramente en las especificaciones del proyecto.

3. ANÁLISIS DURANTE CONSTRUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza el análisis del proceso constructivo del nuevo puente Gómez Ortiz, siguiendo la secuencia de construcción y las solicitaciones definidas en los planos AS-BUILT suministrados por la secretaría de infraestructura de la Gobernación de Santander. Se tienen en cuenta los efectos diferidos en el tiempo para el concreto de las pilas y el tablero (creep y shrinkage), el efecto p-delta, las pérdidas inmediatas y a largo plazo del presfuerzo, y los tiempos y cargas de ejecución en cada etapa constructiva.

3.1 DESCRIPCION DEL PUENTE

La estructura se ubica sobre el cauce del río Sogamoso en la vía departamental que comunica a los municipios de Bucaramanga y Girón con Zapatoca, y hace parte del programa de restitución de infraestructura afectada por el proyecto Sogamoso (Velez Cardona, 2013).

El nuevo puente Gómez Ortiz, consta de 4 luces, con una longitud total de 510 metros (85 m – 170 m – 170 m – 85 m). El tablero de sección viga-cajón unicelular se encuentra conectado monolíticamente a tres pilas de sección hueca con alturas de 42m, 47m y 47 metros (ver figura 10).

La cimentación del puente se realizó con pilotes de diámetro de 2.5 metros y profundidades variables según las condiciones geológicas específicas de cada punto de cimentación, alcanzándose profundidades de hasta 28 metros en los pilotes del eje 2, longitudes de hasta 45 metros en los pilotes del eje 3 y profundidades de hasta 36 metros en los pilotes del eje 4, llegando así hasta

materiales competentes y que poseen características geológicas y geotécnicas adecuadas para soportar las cargas a las que será sometida la estructura.

Figura 10. Nuevo puente Gómez Ortiz



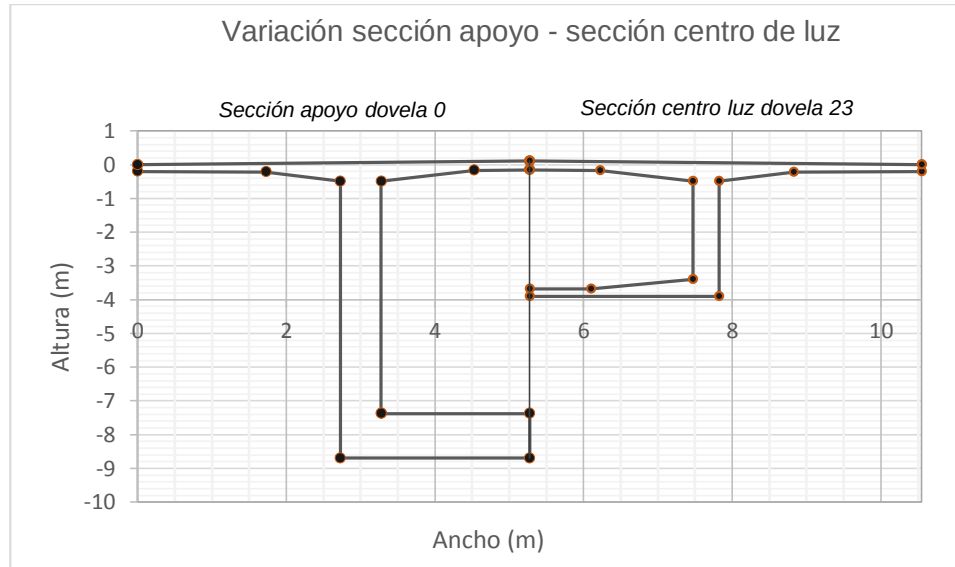
Fuente: vanguardia liberal (<http://www.vanguardia.com/economia/local/252006-recta-final-para-construccion-de-obras-en-hidrosogamoso>)

3.2 GEOMETRIA DEL PUENTE EN ESTUDIO

3.2.1 Tablero

De acuerdo a lo descrito anteriormente, el puente tiene una longitud total de 510 metros repartidos en 4 luces (85 m – 170 m – 170 m – 85 m). Longitudinalmente cuenta con 5 ejes estructurales que contienen 6 voladizos a diferenciar (voladizo 1 a 6), (ver figura 11). El tablero está conformado por una sección tipo viga cajón unicelular de 10.55 metros de ancho (ver figura 12), con canto que varía parabólicamente de 8.80 m de altura en la zona de apoyo sobre las pilas a 4.40 m de altura en el centro de luz (ver figura 13). También presenta variación en los espesores de los muros y de la losa inferior tal y como se indica en los planos (ver anexo A – Información planos as-built nuevo puente Guillermo Gómez Ortiz). Para

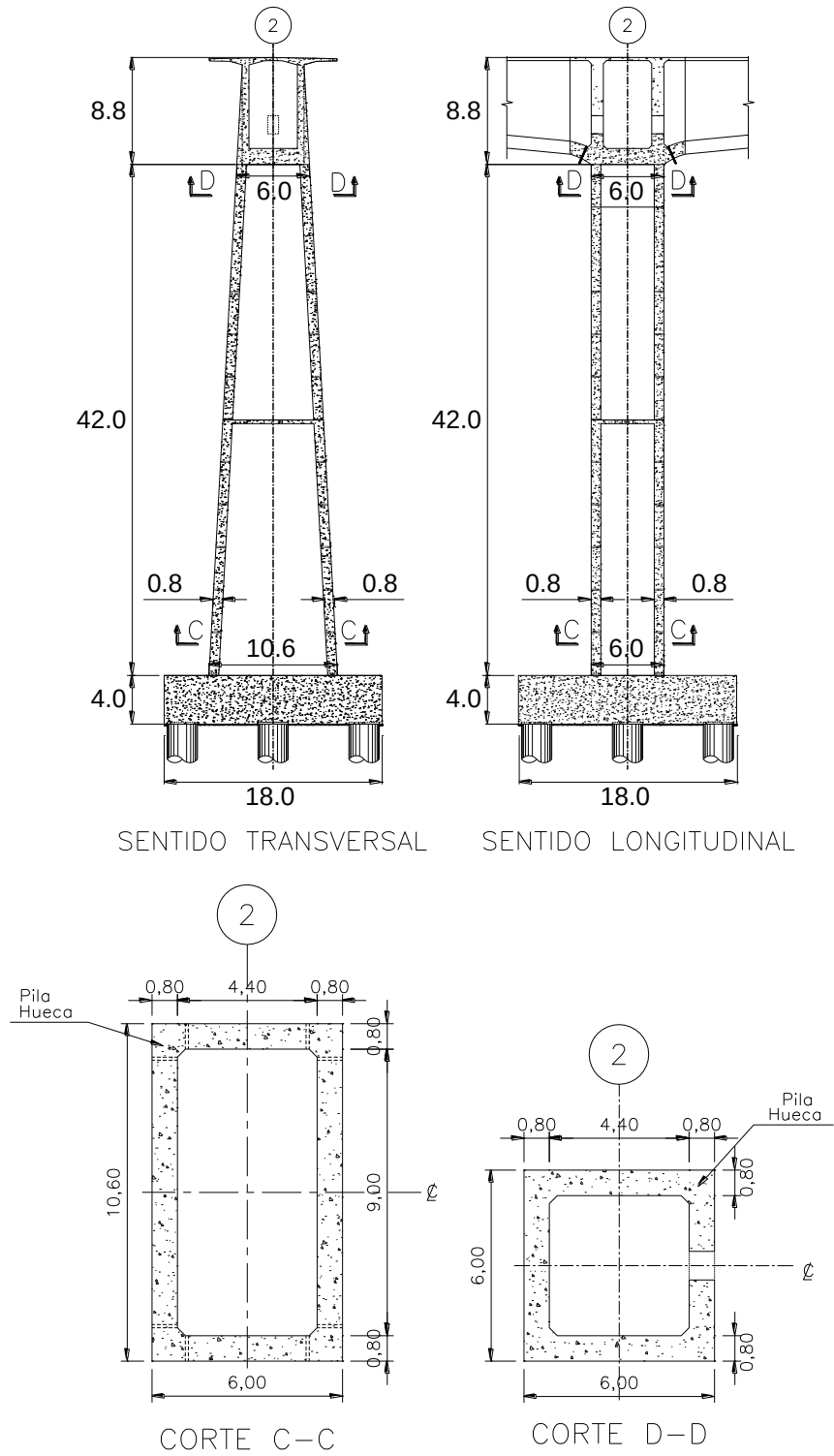
Figura 13. Variación de la sección transversal del tablero



3.2.2 Pilas

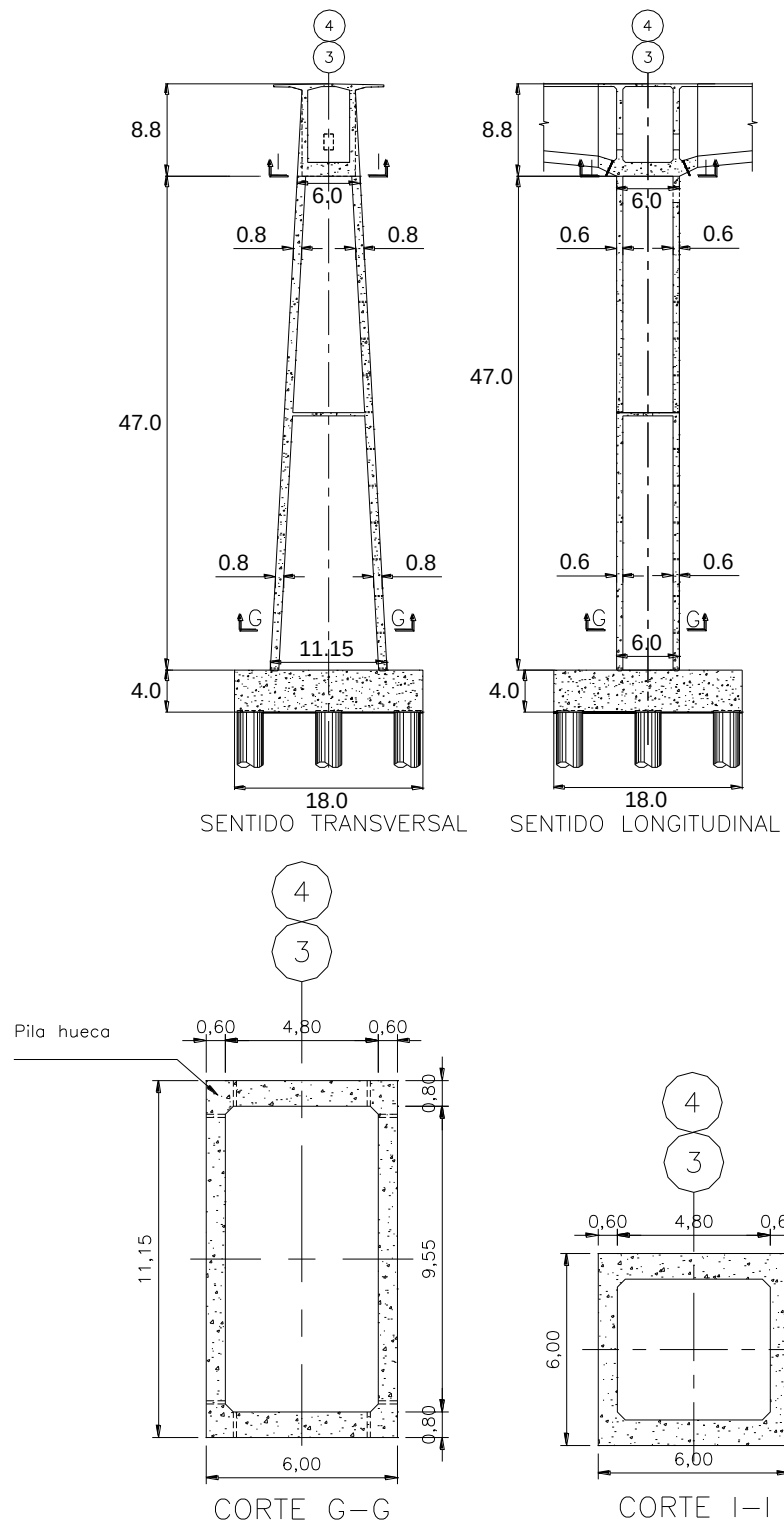
El puente cuenta con tres pilas de sección cajón localizadas en los ejes 2, 3 y 4 de alturas 42m, 47m y 47 metros respectivamente. La dimensión en el sentido longitudinal para las tres es constante, de valor igual a 6 metros y el espesor de los muros orientados en la misma dirección es de 0.80 metros. La dimensión en sentido transversal presenta una variación lineal, siendo para la pila ubicada en el eje 2 igual a 10.60 metros en la base y 6.00 metros en la parte superior, con espesor de muros orientados en la misma dirección de 0.80m; para las pilas ubicadas en los ejes 3 y 4 la dimensión varía entre 11.15 metros en la base y 6.00 metros en la parte superior, con espesor de los muros orientados en la misma dirección de 0.60 metros. (Ver figuras 14-15 y anexo A)

Figura 14. Dimensiones pila eje 2



Fuente: modificado de plano E3-LT4.5-EST-C-004-AB, ver anexo A.

Figura 15. Dimensiones pilas eje 3 y 4



Fuente: modificado de plano E3-LT4.5-EST-C-005-H1-AB, ver anexo A.

3.3 MATERIALES

3.3.1 Concreto

Las propiedades del concreto de las pilas y el tablero se presentan en la tabla 5 de acuerdo con las especificaciones técnicas dadas en el plano E4-LT4.5-EST-C-001-AB (ver anexo A).

Tabla 5. Propiedades del concreto para pilas y tablero

Propiedad	Símbolo	Unidad	Concreto pilas	Concreto tablero
Resistencia a la compresión a los 28 días	f'_c	MPa	28	35
Módulo de elasticidad a los 28 días	E	kgf/cm ²	209165	233854
Coefficiente de poisson	ν	-	0.2	0.2
Coefficiente térmico	α	[1/°C]	9.00E-06	9.00E-06
Peso específico del concreto	γ	tonf/m ³	2.4	2.4

Los esfuerzos límites a compresión y tensión antes de ocurridas las perdidas, se han determinado de acuerdo a los lineamientos dados en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes CCDSP-94 (AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1995). (Ver tablas 6 y 7).

Tabla 6. Esfuerzos límite a compresión en el tablero antes de perdidas

COMPRESIÓN - (antes de perdidas)				CCDSP-94
				A.8.7.2.1.2.1
Elemento	Concreto	f'_c : Resistencia de diseño [kgf/cm ²]	f'_{ci} : Resistencia carga inicial [kgf/cm ²]	$0.55*f'_{ci}$ [kgf/cm ²]
Tablero	f'_c 35 MPa	356.90	285.52	157.04

Tabla 7. Esfuerzo límite a tensión en el tablero antes de perdidas

TENSIÓN - (antes de perdidas)				CCDSP-94
				A.8.7.2.1.2.1
Elemento	Concreto	f'c: Resistencia de diseño [kgf/cm ²]	f'ci: Resistencia carga inicial [kgf/cm ²]	Menor entre: $0.80 \cdot v(f'ci)$ ó 14 [kgf/cm ²]
Tablero	fc 35 MPa	356.90	285.52	13.52

3.3.2 Tendones de presfuerzo

Para el presfuerzo se utilizaron torones de diámetro nominal de 5/8", con área 1.40 cm², con resistencia a la tracción última $f_u = 1860$ MPa de baja relajación y módulo de elasticidad $E_{sp} = 1.950.000$ kg/cm² ($1.91e+05$ MPa). Los torones conforman cables de 12 y 19 torones, que estarán colocados en ductos semirrígidos de diámetro de 0.08 m y 0.11 m respectivamente. Los valores de la tensión en el gato, las pérdidas por fricción y curvatura, las pérdidas diferidas y los alargamientos han sido calculadas con valores de $\mu = 0.25$ y $K = 0.0025$ [1/m]. La penetración de cuña considerada es de 0.007 m. La anterior información se encuentra plasmada en los planos del proyecto (ver anexo A): Plano E4-LT4.5-EST-C-001-AB, E4-LT4.5-EST-C-055-AB, E4-LT4.5-EST-C-062-AB, E4-LT4.5-EST-C-075-AB.

El esfuerzo límite a tracción para los cables de presfuerzo se ha definido de acuerdo a los lineamientos dados en la tabla 5.9.3-1 del (AASHTO, 2012) como se muestra a continuación (ver tabla 8):

Tabla 8. Esfuerzo límite a tracción del cable de presfuerzo

Table 5.9.3-1—Stress Limits for Prestressing Tendons

Condition	Tendon Type		
	Stress-Relieved Strand and Plain High-Strength Bars	Low Relaxation Strand	Deformed High-Strength Bars
Pretensioning			
Immediately prior to transfer (f_{pt})	$0.70f_{pu}$	$0.75f_{pu}$	—
At service limit state after all losses (f_{ps})	$0.80f_{py}$	$0.80f_{py}$	$0.80f_{py}$
Post-Tensioning			
Prior to seating—short-term f_{pt} may be allowed	$0.90f_{py}$	$0.90f_{py}$	$0.90f_{py}$
At anchorages and couplers immediately after anchor set	$0.70f_{pu}$	$0.70f_{pu}$	$0.70f_{pu}$
Elsewhere along length of member away from anchorages and couplers immediately after anchor set	$0.70f_{pu}$	$0.74f_{pu}$	$0.70f_{pu}$
At service limit state after losses (f_{ps})	$0.80f_{py}$	$0.80f_{py}$	$0.80f_{py}$

Fuente: (AASHTO, 2012)

3.4 ACCIONES Y CARGAS DURANTE CONSTRUCCIÓN

3.4.1 Efectos dependientes del tiempo.

Los efectos dependientes del tiempo tienen un gran impacto en la geometría final de la estructura, y por consiguiente en la configuración final de esfuerzos. Por ello se deben tener en cuenta para realizar un análisis confiable durante construcción. Los esfuerzos y deformaciones en estructuras de concreto reforzado y presforzado están sujetos a variaciones bajo la aplicación de cargas sostenidas durante periodos prolongados de tiempo. En el acero de presfuerzo ocurre relajación y en el concreto actúan el creep y shrinkage.

El efecto creep consiste en el incremento gradual en el tiempo de la deformación debido a la aplicación sostenida de cierto esfuerzo sobre un elemento. Las deformaciones debido al creep pueden ser del orden de 1.5 a 3 veces las deformaciones elásticas del elemento y su magnitud depende de ciertos factores

propios del proyecto como la edad y resistencia del concreto al ser cargado y la duración de la carga, factores del ambiente como humedad relativa y temperatura del medio, y factores propios del material como la relación agua-cemento, calidad y tipo de cemento, tamaño del agregado entre otros (Suarez Rodriguez, 2011). El efecto creep total en el tablero estará compuesto por la superposición de los efectos producidos por las cargas de presfuerzo y los momentos flectores presentes sobre los elementos.

Por otra parte, el shrinkage ocurre cuando el curado del concreto se realiza a cielo abierto, lo que produce un cambio de volumen. Si el elemento se encuentra restringido van a aparecer esfuerzos adicionales. Para realizar un análisis confiable deben considerarse los acortamientos axiales y las deflexiones producidas por este fenómeno, ya que esto afecta considerablemente la geometría final de la estructura.

Los efectos de fluencia (creep) y retracción de fraguado (shrinkage) en el concreto se modelaron de acuerdo al código (CEB-FIP, 1993) con los siguientes parámetros:

- Resistencia del concreto a los 28 días de edad: para las pilas se definió un concreto de 28 MPa y para el tablero de 35 MPa.
- Humedad relativa: 70%
- Tamaño nominal de los elementos: es un valor variable que depende de la geometría de la sección transversal y se define como $h=2 \cdot A_c/u$; siendo A_c el área transversal de la sección, y u el perímetro de la sección en contacto con el ambiente. En el tablero se obtuvieron, excluyendo las dovelas macizas de los extremos, valores de h entre 40 mm y 73 mm, con un valor promedio de $h=54$ mm para todo el tablero. En la pila 2 se encontró un valor $h=104$ mm y en las pilas 3 y 4 de 89 mm. Sin embargo vale la pena aclarar que el programa *Midas civil* calcula automáticamente este valor para todos los elementos.
- Tipo de cemento: normal o de rápido endurecimiento (N, R)
- Edad del concreto al inicio de la retracción: se define como 3 días.

- Edad del concreto cuando comienza a soportar cargas sostenidas: de acuerdo a la secuencia de construcción se define para las dovelas 7 días.

En las figuras 16 y 17 se presenta la variación en el tiempo de los coeficientes de creep y shrinkage para las pilas y el tablero de acuerdo con los parámetros definidos anteriormente:

Figura 16. Coeficientes de creep y shrinkage en el tablero

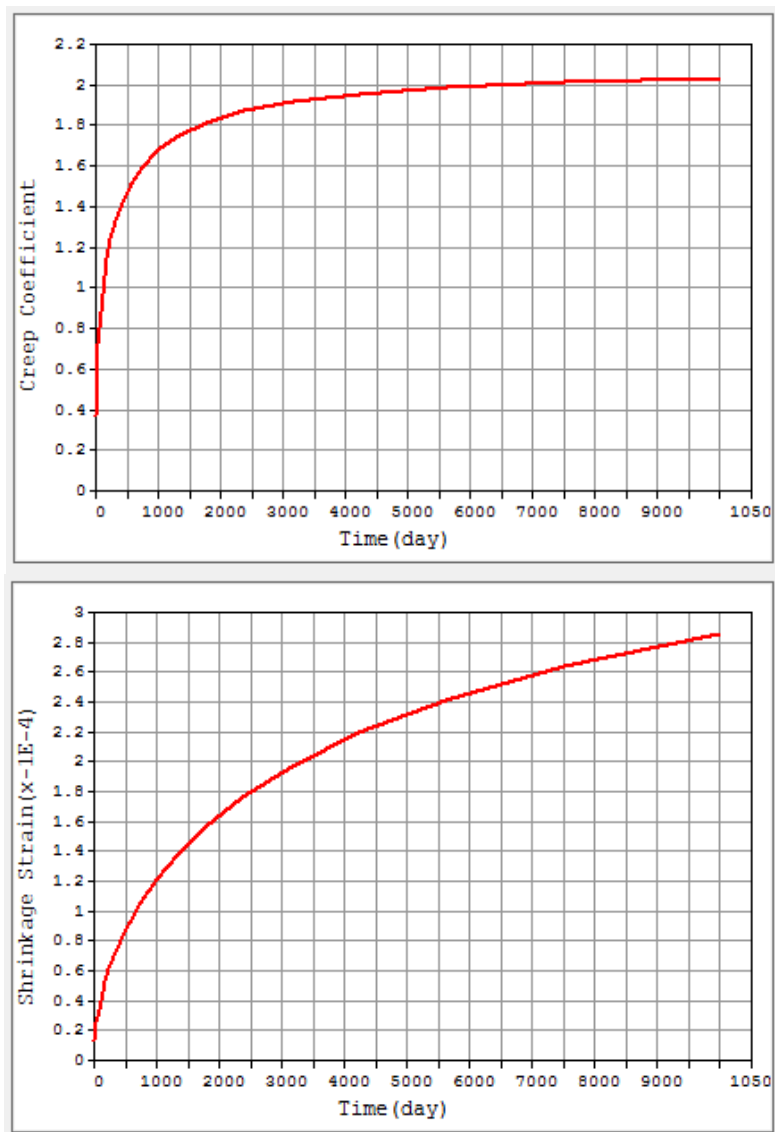
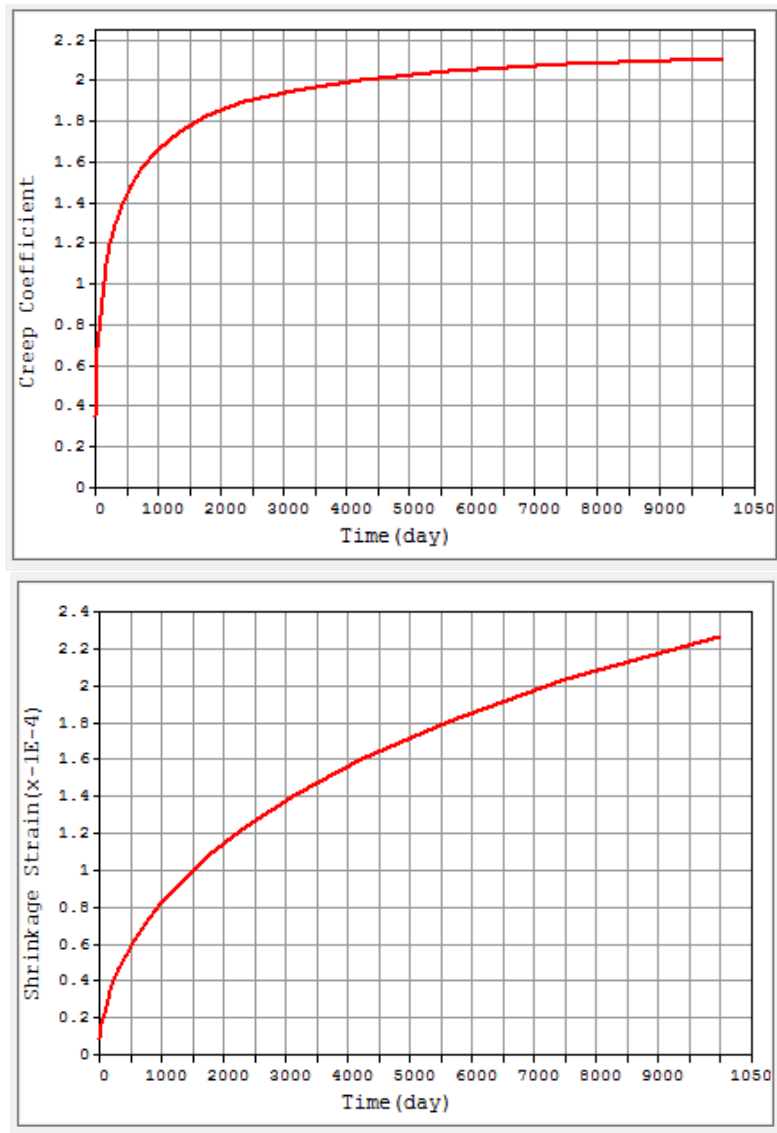


Figura 17. Coeficientes de creep y shrinkage en las pilas



3.4.2 Cargas muertas

- Peso propio (SELF): consiste en el peso propio de los elementos y se calcula con el peso específico definido para cada material.
- Carga sobre impuesta (SD): corresponde al peso del pavimento, barandas, parapetos y demás (ver figura 12 y tabla 9). Se aplica en la última etapa constructiva cuando se ha cerrado el puente.

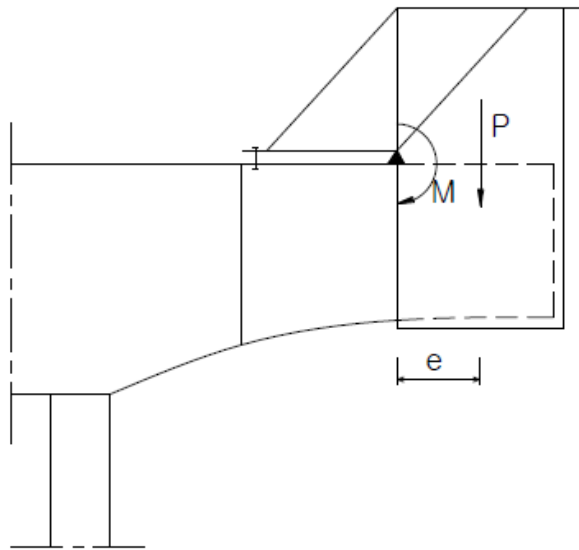
Tabla 9. Evaluación de las carga sobre impuesta (SD)

Evaluación de cargas sobre impuestas				
Long total puente	510	m		
Baranda	Peso total (Kg)	Brazo (m)	Carga vertical distribuida (tonf-m/m)	Momento torsor (tonf-m/m)
Acero ASTM-A500C en perfilera para parales (incluye accesorios)	5984	5.275	0.012	0.062
Acero ASTM-A53B en tubería para travesaños (incluye accesorios)	14083	5.275	0.028	0.146
			0.039	0.208
Parapeto	Peso total (Kg)	Brazo (m)	Carga vertical distribuida (tonf-m/m)	Momento torsor (tonf-m/m)
Parapeto costado vehicular (90 m3)	216000	-5.275	0.424	-2.234
Parapeto costado peatonal (90 m3)	216000	4.275	0.424	1.811
Acero ASTM-A53B en tubería para barandas (incluye accesorios)	5062	4.275	0.010	0.042
			0.857	-0.381
Pavimento	Peso total (Kg)	Brazo (m)	Carga vertical distribuida (tonf-m/m)	Momento torsor (tonf-m/m)
Pavimento (230 m3)	506000	-1.000	0.992	-0.992
			Carga vertical distribuida (tonf-m/m)	Momento torsor (tonf-m/m)
TOTAL			1.888	-1.166***
*** Momento torsor en sentido longitudinal en dirección contraria al eje x				

3.4.3 Carro de avance (FT)

Corresponde al peso de la formaleta móvil que sirve para la construcción de las dovelas fundidas en el sitio utilizando el sistema de voladizos sucesivos. El peso máximo del carro de avance es de 50 tonf con una excentricidad de 2.5 m tal como se muestra en la figura 18:

Figura 18. Carro de avance



Fuente: (MIDAS Information Technology Co Ltd)

3.4.4 Carga viva durante construcción (CLL)

Corresponde a la carga generada por las labores propias de la construcción desarrolladas en el tablero por equipo menor, trabajadores y materiales almacenados ocasionalmente. Se toma como una fuerza distribuida uniformemente por unidad de área de 50 kgf/m²

3.4.5 Presfuerzo (PS)

El presfuerzo utilizado en el puente se ha clasificado en dos tipos: el presfuerzo superior, utilizado para resistir los momentos negativos generados en los voladizos debido a la acción del peso propio y las sobrecargas durante construcción, y por otro lado, se encuentra el presfuerzo inferior que se encarga de resistir los momentos positivos cuando el puente se convierte en una estructura hiperestática, es decir, cuando se construyen las dovelas de cierre lateral en los estribos y las dovelas clave en el centro de luz.

Para los cables conformados por 12 torones de 5/8" de diámetro nominal se tiene un área total de 16.8 cm², con una tensión en el gato de 246 tonf. Para los cables conformados por 19 torones de 5/8" de diámetro nominal se tiene un área total de 26.6 cm², con una tensión en el gato de 389.5 tonf. Para ambos casos se está llevando el cable al 85% de la resistencia de fluencia (0.85 f_{py}).

Las pérdidas inmediatas se calculan de acuerdo a las siguientes expresiones:

- Pérdida por fricción: $P_{(x)} = P_o * e^{-(\mu * \alpha + KL)}$; siendo μ y K los coeficientes de fricción definidos anteriormente en el apartado de materiales ($\mu=0.25$ y $K=0.0025$ [1/m]).
- Pérdida por deslizamiento de cuña: definida como 7 mm.
- Pérdida por acortamiento elástico: Se da por el acortamiento de los elementos al ser sometidos a compresión.

Las pérdidas a largo plazo por relajación y las originadas por creep y shrinkage se determinan de acuerdo al código (CEB-FIP, 1993)

3.5 ETAPAS CONSTRUCTIVAS

Las etapas constructivas se definieron de acuerdo con la secuencia de construcción especificada en los planos de diseño (ver figura 19).

Figura 19. Orden de construcción de los voladizos

5. Orden de construcción de los voladizos:
 - a. Primero se construirán los voladizos 1 y 2 sobre el apoyo 2, y los voladizos 5 y 6 sobre el apoyo 4. Al finalizar, se construirán las dos dovelas macizas sobre los apoyos 1 y 5, y se tensionarán sus anclajes verticales. Se tensionarán los cables inferiores en los apoyos 1 y 5.
 - b. Una vez terminadas todas las actividades del literal (a), se construirán los voladizos 3 y 4 sobre el apoyo 3. Al finalizar, se construirán las dos dovelas de cierre en los centros de la luz.
 - c. Una vez terminadas todas las actividades del literal (b), se realizará el tensionamiento de continuidad. Se tensionarán los cables inferiores en los centros de luz procediendo lo más simétricamente posible.
 - d. Se retirará el carro de avance sobre la dovela de cierre.
 - e. Una vez terminadas todas las actividades del literal (d), instalar la baranda peatonal, construir los parapetos y aplicar la carpeta asfáltica.
6. Cualquier modificación al orden de construcción de los voladizos deberá ser consultada y aprobada por el diseñador.

Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-055-AB, E4-LT4.5-EST-C-062-AB, E4-LT4.5-EST-C-075-AB, (ver anexo A).

Los tiempos de ejecución de obra dependen de las condiciones particulares de cada proyecto. Sin embargo los tiempos empleados en este estudio corresponden a los usados normalmente en la construcción de este tipo de estructuras.

- Construcción de pilas y dovela sobre cimbra: se define en una sola etapa con duración de 7 días, donde se agrega en un solo paso la pila con una edad de 100 días y la dovela sobre pila con una edad de 14 días.

- Fundida dovelas típicas: duración total de la etapa 7 días con una etapa intermedia. Se carga la dovela a los 3 días de edad (presfuerzo y carro de avance) y a los 7 días de edad (concreto fresco dovela siguiente).
- Fundida de la dovela de cierre: duración total 20 días.

Se han definido 44 etapas constructivas siguiendo el orden de construcción presentado anteriormente, teniendo en cuenta que la construcción no es simultanea para los 6 voladizos. A continuación se presentan las principales etapas:

- Etapa 1: Construcción pila 2 y dovela 0 (dovela sobre pila).
Construcción pila 4 y dovela 40 (dovela sobre pila).

Se activan simultáneamente las pilas 2 y 4 con una edad de 100 días y las dovelas sobre cimbra (dovela 0 en pila 2 y dovela 40 en pila 4) con una edad de 14 días, se aplica el presfuerzo de las dovelas 0 y 40, y se instalan los carros de avance para fundir la primera dovela en voladizo (dovelas 1 en pila 2 y dovelas 41 en pila 4). Se procede a vaciar el concreto fresco de las dovelas 1 y 41.

- Etapas 2-18: Sobre pila 2: construcción de dovelas 1-17.
Sobre pila 4: construcción de dovelas 41-57 (máxima longitud).

Se construyen simétricamente y en un proceso repetitivo las dovelas 1 a 17 en la pila 2, y 41 a 57 en la pila 4 alcanzando su máxima longitud hasta antes del cierre lateral en el voladizo 6.

- Etapa 19: Sobre pila 2: construcción dovela 18.
Sobre pila 4: construcción dovela 59 maciza (cierre voladizo 6).

Se construye la dovela 18 en la pila 2 (continúan los voladizos simétricos) y se realiza la construcción de la dovela maciza en pila 4 en el voladizo 6. En esta etapa se agrega la condición de apoyo al final del vano lateral (eje 5). Se aplica el presfuerzo inferior en el voladizo 6 y se retiran los carros de avance de los voladizos 5 y 6.

- Etapa 20-23: Sobre pila 2: construcción de dovelas 19-22 (máxima longitud).

Se construye de manera simétrica las dovelas 19 a 22 sobre la pila 2 hasta alcanzar su máxima longitud en voladizo hasta antes del cierre lateral en el eje 1.

- Etapa 24: Sobre pila 2: construcción dovela 24 maciza (cierre voladizo 1).

Se construye la dovela maciza sobre el eje 1 realiza el cierre del vano lateral. Se aplica el presfuerzo inferior en el voladizo 1 y se retiran los carros de avance de los voladizos 1 y 2.

- Etapa 25: Construcción pila 3 y dovela 40 (dovela sobre pila).

Se activa la pilas 3 con una edad de 100 días y la dovela sobre cimbra (dovela 40 en pila 3) con una edad de 14 días, se aplica el presfuerzo de la dovelas 40, y se instalan los carros de avance para fundir la primera dovela en voladizo (dovelas dovela 40 en pila 3). Se procede a vaciar el concreto fresco de las dovelas 41.

- Etapa 26-42: Sobre pila 3: construcción de dovelas 41-57 (máxima longitud).

Se construyen simétricamente y en un proceso repetitivo las dovelas 41 a 57 en la pila 3 alcanzando su máxima longitud hasta antes del cierre central.

- Etapa 43: Construcción de dovelas de cierre 23 y 58.
(Cierre voladizos 2-3 y 4-5). Cierre total puente.

Se ejecutan las dovelas centrales sobre los voladizos 2-3 y 4-5 cerrando por completo la estructura. Se retiran los carros de avance y se aplica el presfuerzo inferior en los voladizos 2-3 y 4-5.

- Etapa 44: Aplicación de la carga sobre impuesta al primer día.
Duración total 10000 días

Se aplica la carga sobre impuesta al primer día y se deja actuar junto con las demás cargas permanentes (peso propio y presfuerzo) durante 10000 días para observar la variación de las fuerzas internas y las deformaciones debido a los efectos dependientes del tiempo (creep y shrinkage en el concreto, y relajación del presfuerzo)

Las etapas constructivas definidas anteriormente se representan gráficamente en las figuras 20 y 21.

Figura 20. Representación gráfica etapas constructivas 1-24

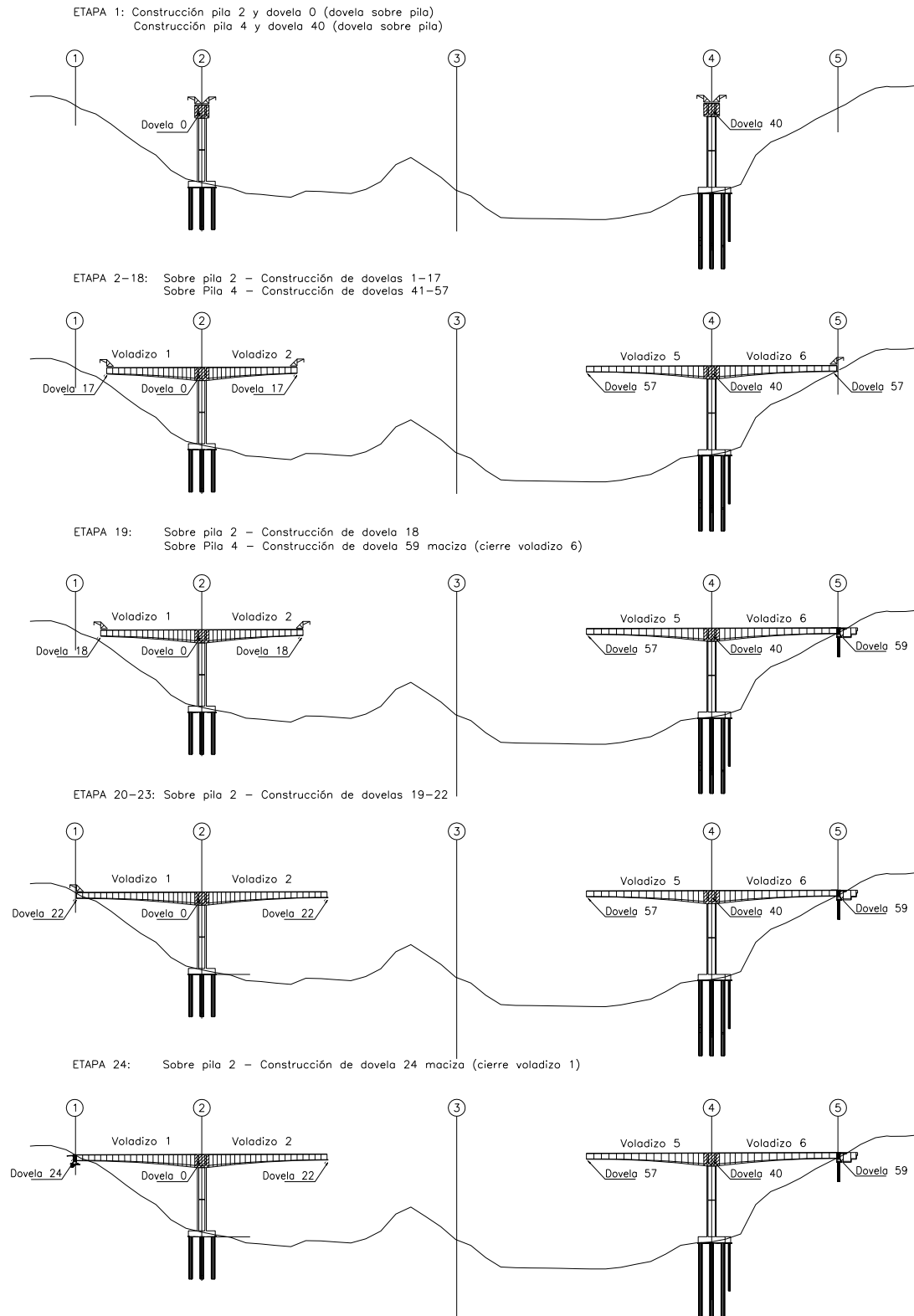
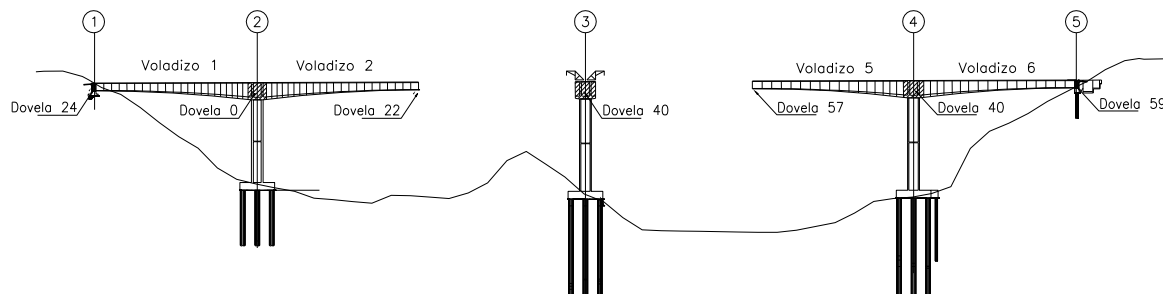
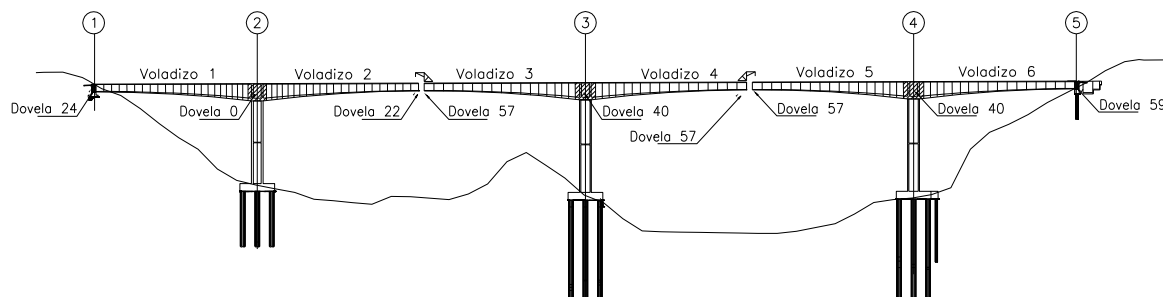


Figura 21. Representación gráfica etapas constructivas 25-44

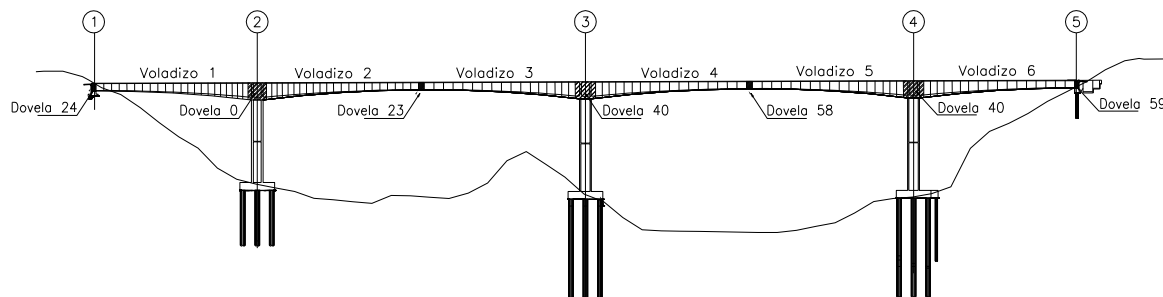
ETAPA 25: Construcción pila 3 y dovela 40 (dovela sobre pila)



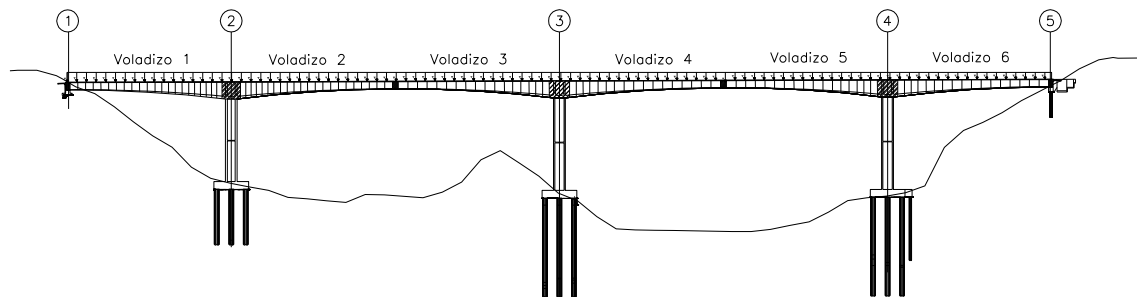
ETAPA 26-42: Sobre pila 3 - Construcción de dovelas 41-57



ETAPA 43: Construcción de dovelas de cierre 58 (cierre voladizos 2-3 y 4-5)



ETAPA 44: APLICACION CARGA SUPERIMPUESTA



3.6 MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Para el modelamiento del puente se utilizó la herramienta computacional Midas Civil. Se realizó la simulación del proceso constructivo con la secuencia, tiempos y cargas de ejecución definidos anteriormente, considerando los efectos diferidos en el tiempo. Con los estados de esfuerzos y matriz de rigidez de la última etapa de construcción se realizará el análisis del puente en estado de servicio para la carga sísmica de diseño y demás solicitaciones contempladas en el estudio.

3.6.1 Definición de los materiales

Para el modelamiento se utilizaron tres tipos de materiales cuyas propiedades fueron definidas anteriormente: el concreto para las pilas ($f_c = 28$ MPa), el concreto para el tablero ($f_c = 35$ MPa) y el acero de presfuerzo (Tendon). Ver anexo B – Datos de entrada del modelo.

3.6.2 Definición de las secciones

- Pilas: se utilizaron secciones tipo *R-Octagon* que permite dar la forma de cajón rectangular (ver figura 22). Para representar la variación de la dimensión de las pilas en sentido transversal se definieron, para la pila 2, 12 secciones (Pila 2-1 a Pila 2-12). Para las pilas 3 y 4 se definieron 14 secciones (Pila3-1 a Pila 3-14 y Pila4-1 a Pila 4-14 respectivamente). Ver *anexo B*.
- Dovelas típicas: se utilizaron secciones tipo *PSC-1CELL* para representar la sección viga-cajón unicelular (ver figura 23 izquierda). Las secciones presentan variación parabólica en su canto desde la dovela de apoyo hasta la dovela de centro de luz. Las propiedades de cada sección se presenta en el *anexo B*.

- Dovelas macizas: para las dos dovelas macizas que llegan a los estribos (dovela 24 y dovela 59) se utilizaron secciones tipo *PSC-TEE* (ver figura 23 derecha).

Figura 22. Definición sección transversal pilas

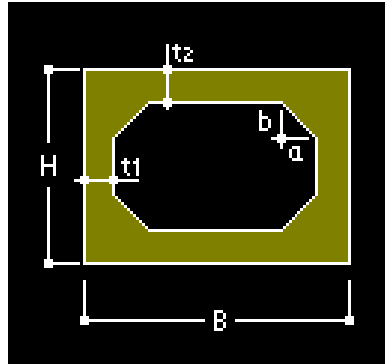
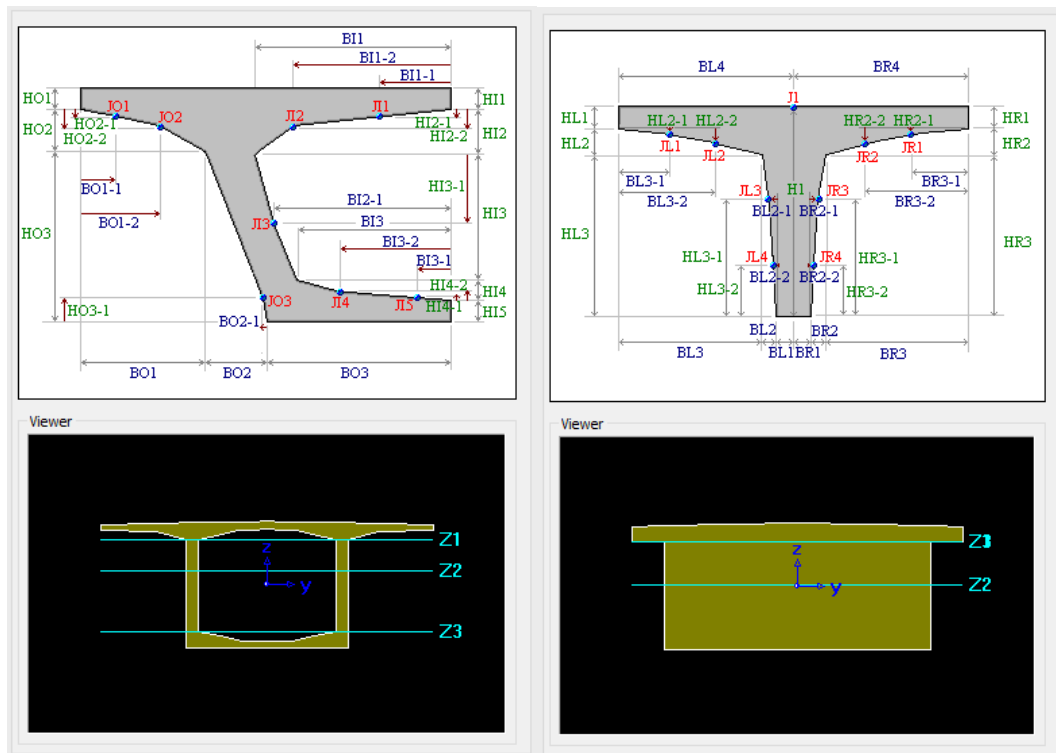


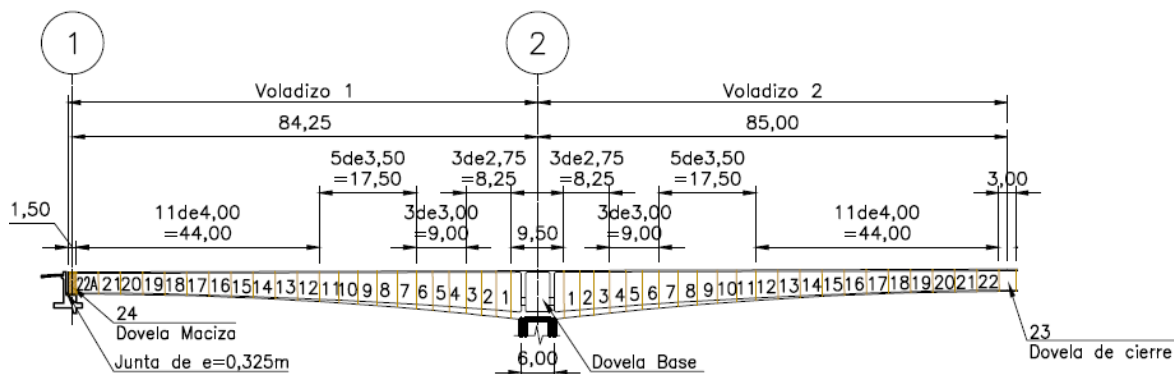
Figura 23. Definición sección transversal dovela típica (izquierda), dovela maciza (derecha)



3.6.3 Modelamiento del tablero

El tablero está conformado por 131 nodos (nodo 1 a 131) y por 130 elementos tipo *BEAM* (elemento 1 a 130), como se muestra en las figuras 24 a 26 y las tablas 10 a 12:

Figura 24. Configuración dovelas voladizos 1 y 2



Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-028-AB

Tabla 10. Configuración dovelas voladizo 1 y 2

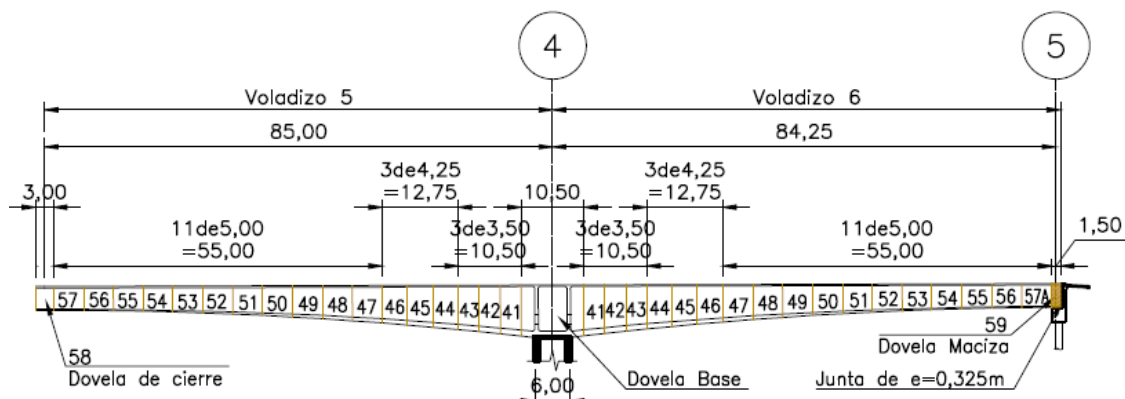
VOLADIZO	DOVELA	INICIO	FIN	ELEMENTO	SECCION	OBSERVACION
Apoyo eje 1	24	0.00	1.50	1	Sección maciza 1	1.5
Voladizo 1	22-12	1.50	45.50	2-12	Sec23-Sec0	11@4
	11-7	45.50	63.00	13-17		5@3.5
	6-4	63.00	72.00	18-20		3@3
	3-1	72.00	80.25	21-23		3@2.75
Apoyo eje 2	0	80.25	82.00	24	Sec0	1.75
		82.00	85.00	25		3.00
		85.00	88.00	26		3.00
		88.00	89.75	27		1.75
Voladizo 2	1-3	89.75	98.00	28-30	Sec0-Sec23	3@2.75
	4-6	98.00	107.00	31-33		3@3
	7-11	107.00	124.50	34-38		5@3.5
	12-22	124.50	168.50	39-49		11@4
1/2 Dovela cierre	23	168.50	170.00	50	Sec24	1.5

Diagrama de un puente de 170,00 m de longitud total, dividido en dos voladizos de 85,00 m cada uno. El diagrama muestra la distribución de los voladizos, los apoyos, y la numeración de las dovelas (23 a 58). Se indican las dimensiones de los voladizos (3,00 m, 11 de 5,00 m, 3 de 4,25 m, 3 de 3,50 m) y la longitud total (170,00 m). Se muestra la base del puente (Dovela Base) y las dovelas de cierre (Dovela de cierre).

Tabla 11. Configuración dovelas voladizos 3 y 4

VOLADIZO	DOVELA	INICIO	FIN	ELEMENTO	SECCION	OBSERVACION
1/2 Dovela cierre	23	170.00	171.50	51	Sec24	1.5
Voladizo 3	57-47	171.50	226.50	52-62	Sec58-Sec40	11@5
	46-44	226.50	239.25	63-65		3@4.25
	43-41	239.25	249.75	66-68		3@3.5
Apoyo eje 3	40	249.75	252.00	69	Sec40	2.25
		252.00	255.00	70		3.00
		255.00	258.00	71		3.00
		258.00	260.25	72		2.25
Voladizo 4	41-43	260.25	270.75	73-75	Sec40-Sec58	3@3.5
	44-46	270.75	283.50	76-78		3@4.25
	47-57	283.50	338.50	79-89		11@5
1/2 Dovela cierre	58	338.50	340.00	90	Sec59	1.5

Figura 26. Configuración dovelas voladizos 5 y 6



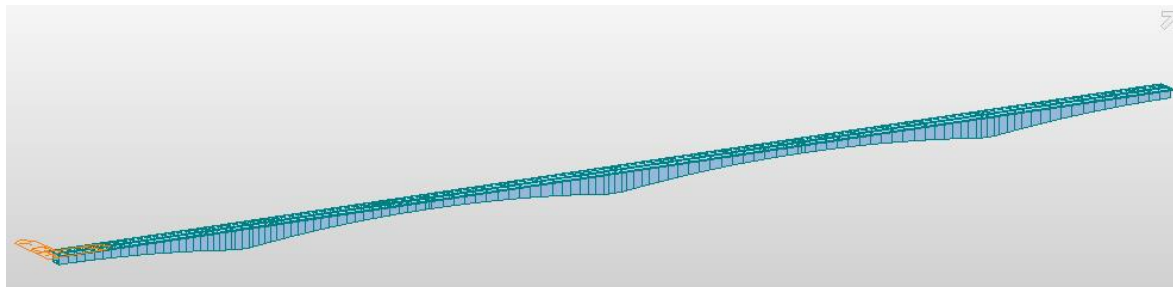
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-028-AB

Tabla 12. Configuración dovelas voladizos 5 y 6

VOLADIZO	DOVELA	INICIO	FIN	ELEMENTO	SECCION	OBSERVACION
1/2 Dovela cierre	58	340.00	341.50	91	Sec59	1.50
Voladizo 5	57-47	341.50	396.50	92-102	Sec58-Sec40	11@5
	46-44	396.50	409.25	103-105		3@4.25
	43-41	409.25	419.75	106-108		3@3.5
Apoyo eje 4	40	419.75	422.00	109	Sec40	2.25
		422.00	425.00	110		3.00
		425.00	428.00	111		3.00
		428.00	430.25	112		2.25
Voladizo 6	41-43	430.25	440.75	113-115	Sec40-Sec58	3@3.5
	44-46	440.75	453.50	116-118		3@4.25
	47-57	453.50	508.50	119-129		11@5
Apoyo eje 5	59	508.50	510.00	130	Seccion maciza	1.50

En la figura 27 se puede observar el tablero modelado en el programa Midas Civil:

Figura 27. Modelamiento del tablero



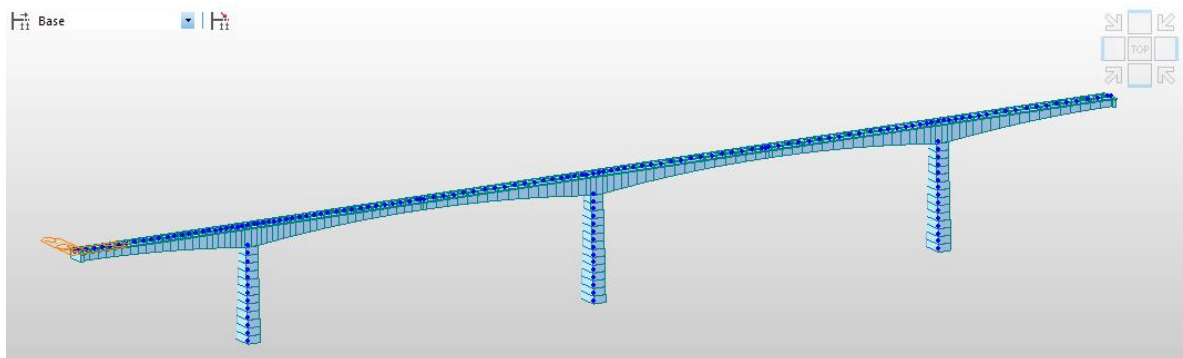
3.6.4 Modelamiento de las pilas

Las pilas se han modelado con elementos tipo *BEAM*, conformadas por 12 elementos para la pila 2, y 14 elementos para las pilas 3 y 4, tal como se muestra en la tabla 13. El modelo completo del puente se muestra en la figura 28.

Tabla 13. Configuración de las pilas

Pila	Nodo	Elemento
2	132-144	131-142
3	145-159	143-156
4	160-174	157-170

Figura 28. Modelo del puente



3.6.5 Modelamiento de las condiciones de contorno

Las condiciones de contorno se clasifican en externas y de enlace. Las primeras definen los movimientos permitidos entre la estructura y los apoyos, es decir en la cimentación y en los estribos. Las condiciones de enlace definen los movimientos entre elementos en donde se cuenta con una vinculación, en este caso, la vinculación entre las pilas y el tablero.

El puente se encuentra cimentado en las pilas 2, 3 y 4 sobre zapatas cuadrada de 18mx18m y 4 metros de altura, apoyada sobre pilotes de hasta 28 metros en el eje 2, longitudes de hasta 45 metros en los pilotes del eje 3 y profundidades de hasta

36 metros en los pilotes del eje 4, llegando así hasta materiales competentes. Para efectos del presente estudio se considera que las pilas 2, 3 y 4 se encuentran empotradas en su base, lo que quiere decir que no tendrá lugar ningún tipo de asentamiento ni de rotación. Para los estribos, ubicados en los ejes 1 y 5 se restringen los desplazamientos en el eje y (sentido transversal) y en el eje z (dirección vertical), (ver figura 29 y tabla 14)

Para conectar el tablero con las pilas se utiliza una conexión tipo *Elastic link-Rigid link type* para asegurar el comportamiento monolítico entre los nodos que componen la vinculación, (ver figura 30 y tabla 15).

Figura 29. Condiciones de apoyo

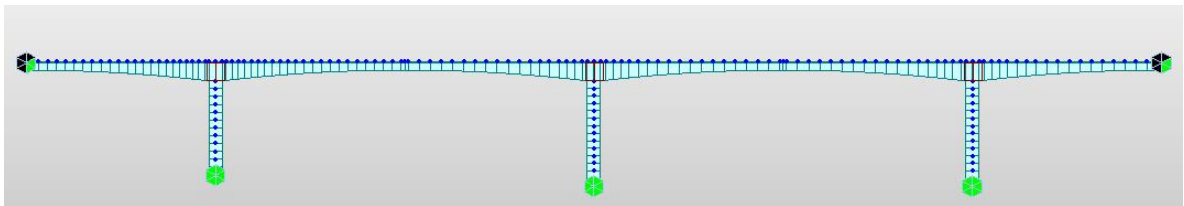


Figura 30. Vinculación tablero-pilas

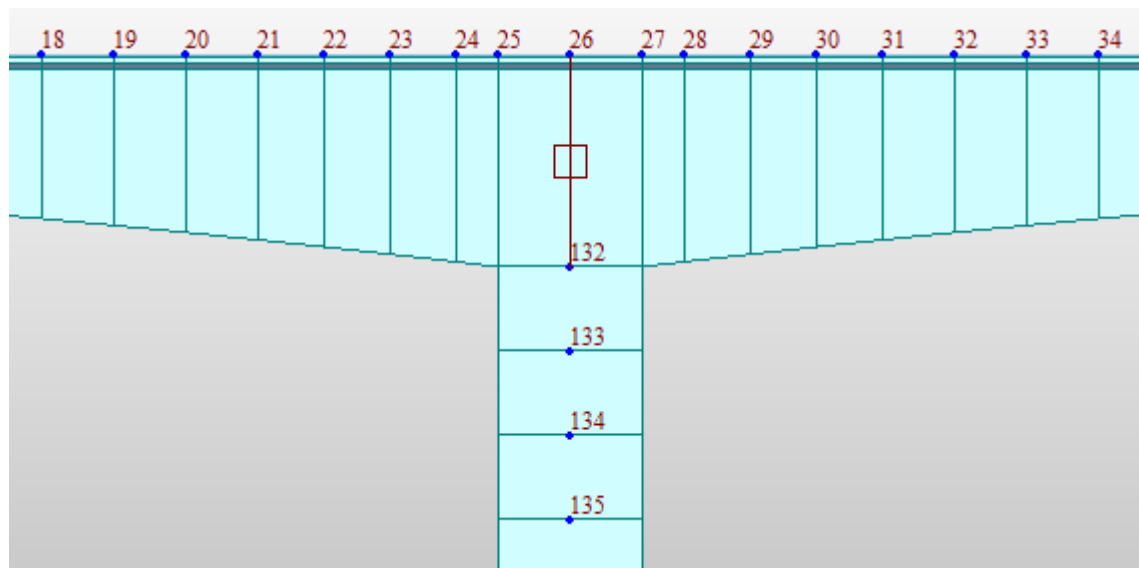


Tabla 14. Condiciones de contorno en los apoyos

Apoyo	Nodo	Movimiento permitido					
		DX (long)	DY (transv)	DZ (vert)	RX	RY	RZ
Estribo eje 1	1	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Pila 2 (base)	144	No	No	No	No	No	No
Pila 3 (base)	159	No	No	No	No	No	No
Pila 4 (base)	174	No	No	No	No	No	No
Estribo eje 2	131	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí

Tabla 15. Condiciones de contorno vinculación tablero - pilas

Vinculación tablero - pila	Nodo	Movimiento permitido					
		DX (long)	DY (transv)	DZ (vert)	RX	RY	RZ
Pila 2 (corona)	26, 132	No	No	No	No	No	No
Pila 3 (corona)	71, 145	No	No	No	No	No	No
Pila 4 (corona)	111, 160	No	No	No	No	No	No

3.6.6 Modelamiento de las etapas constructivas

De acuerdo a la secuencia de construcción definida en el *capítulo 3.5*, se ha desarrollado el procedimiento de construcción en el programa MIDAS, donde se activan o desactivan elementos, condiciones de apoyo y cargas. Para ello se tienen las siguientes convenciones:

Etapas: se han definido 44 etapas cuyo nombre está compuesto con el prefijo CS (construction stage). Se establece la duración de cada etapa y los pasos intermedios (cuando se aplican cargas en diferente periodo de tiempo dentro de una misma etapa)

Activación de grupos estructurales (elementos):

- Las pilas del puente se denotan con el prefijo *P* seguido del eje estructural al cual hace referencia (Ejemplo: *P2* corresponde a la pila del eje 2). Se debe

definir la edad a la cual se activa el elemento y comienza a ser parte del sistema estructural.

- Las dovelas se denominan de la siguiente manera: *P_idov_j* donde el subíndice *i* denota el eje de la pila donde se apoya, y el subíndice *j* se refiere al nombre de la dovela definido en los planos as-built del proyecto. Es así como por ejemplo *P3dov45* se refiere a la dovela 45 de la pila 3.

Activación de condiciones de apoyos: Las condiciones de apoyo se nombran de acuerdo al eje estructural al que pertenece por medio del prefijo BC-P seguido del eje estructural al que pertenezca. Es así como BC-P3 corresponde a las condiciones de apoyo (boundary condition) de la pila 3.

Activación/desactivación de grupos de cargas: se ha establecido la siguiente nomenclatura para las cargas:

- SELF: peso propio de la estructura. Se calcula automáticamente cuando se activa algún elemento.
- PS: carga de presfuerzo
- WC: peso del concreto fresco (wet concrete)
- FT: peso del carro de avance (form traveler)
- CLL: carga viva durante construcción (50 kg/m²)
- SD: carga sobre impuesta (pavimento, barandas, parapetos etc). Se aplica en la última etapa al primer día y tiene una duración de aplicación de 10000 días.

Nota: para las cargas PS, WC y FT se utiliza la misma nomenclatura utilizada para la activación de las dovelas

En el *anexo C – Definición de las etapas constructivas en Midas Civil* se presenta el procedimiento desarrollado para la simulación del proceso constructivo.

3.6.7 Aplicación de las cargas

Las cargas durante construcción consisten en el peso propio de la estructura, el peso del carro de avance, el peso del concreto fresco, el presfuerzo, la carga viva durante construcción y la carga super impuesta, las cuales se deben introducir en cada etapa activando y desactivando grupos de carga de acuerdo a la secuencia de construcción definida.

3.6.7.1 Peso propio de la estructura (SELF)

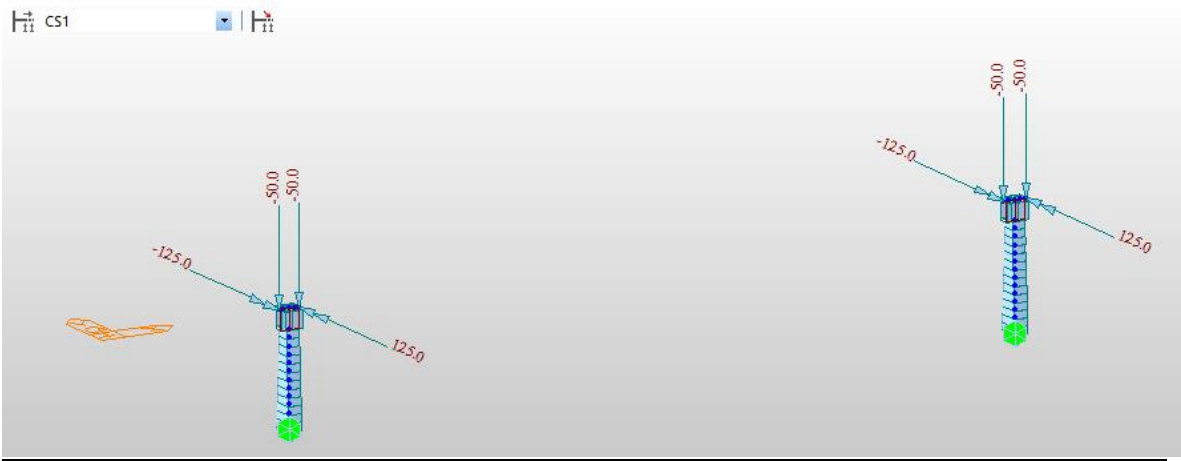
Se calcula automáticamente cuando un elemento es activado y comienza a ser parte del sistema de resistencia estructural.

3.6.7.2 Carro de avance (FT)

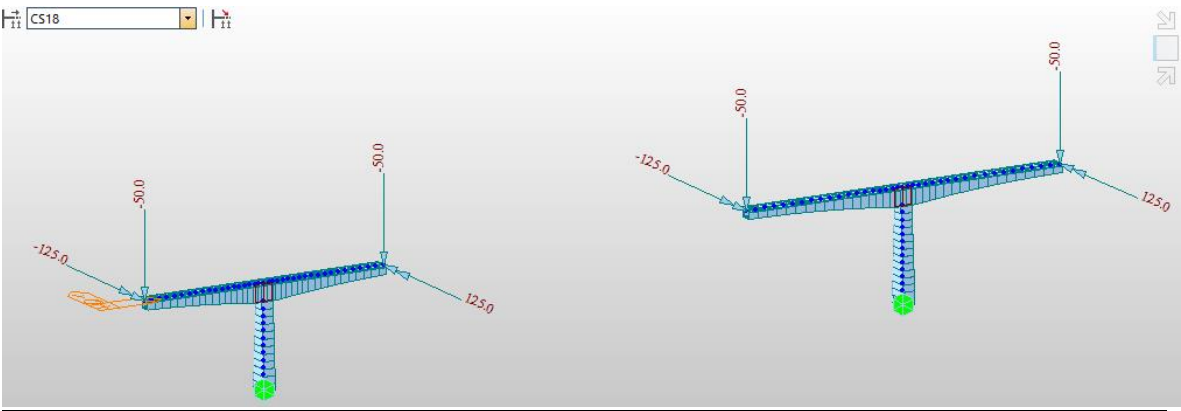
Para representar la acción producida por el peso del carro de avance se asigna una carga vertical de 50 tonf y un momento alrededor del eje y de 125 tonf-m aplicados sobre el extremo del voladizo. Para cada etapa se debe desactivar el peso del carro de avance de la etapa anterior y activar el carro de avance de la etapa en curso al primer día (cuando la dovela activada tiene 3 días de edad) para simular su desplazamiento a medida que crece el voladizo. En la figura 31 se presenta la carga del carro de avance para las principales fases constructivas

Figura 31. Aplicación del peso del carro de avance en las principales fases constructivas

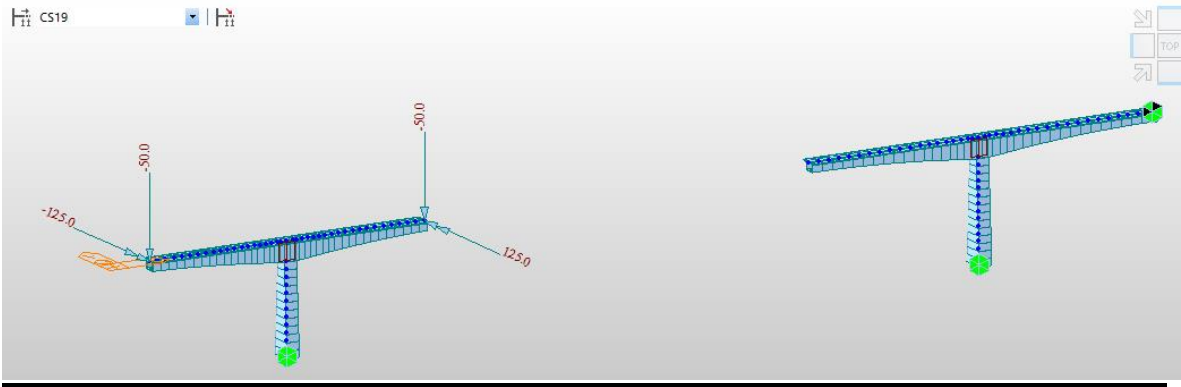
CS1



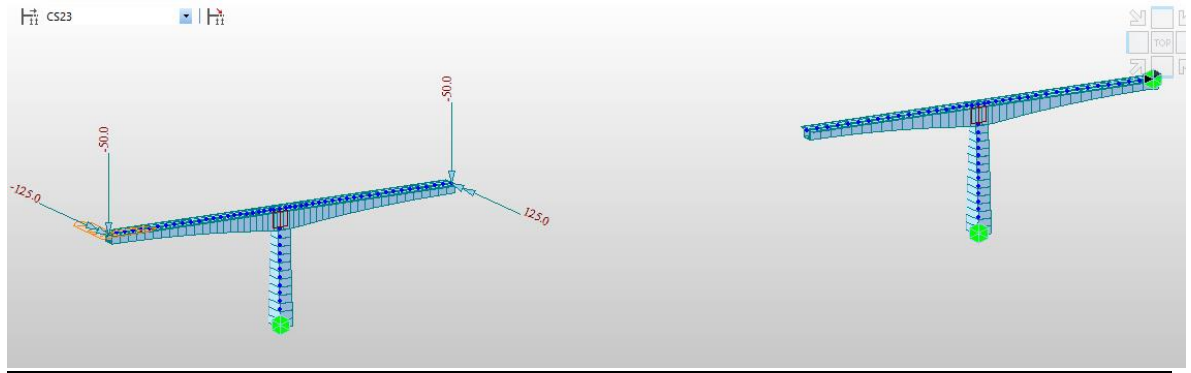
CS18



CS19



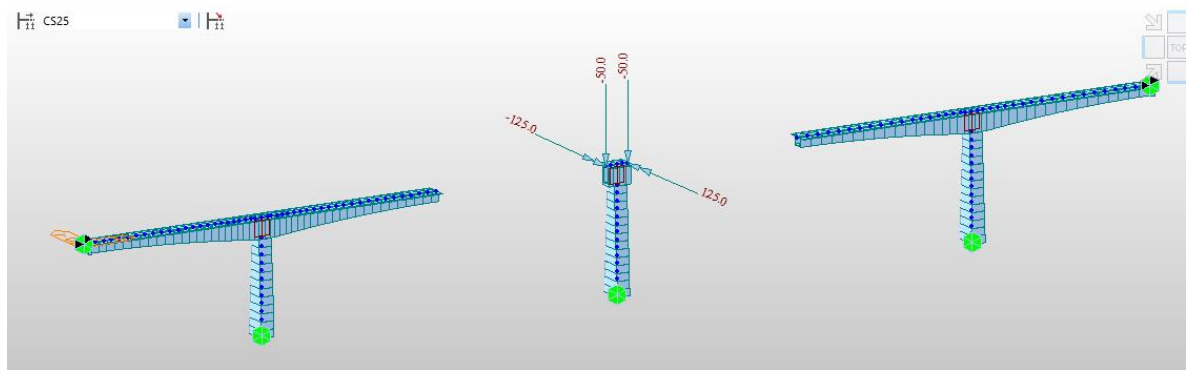
CS23



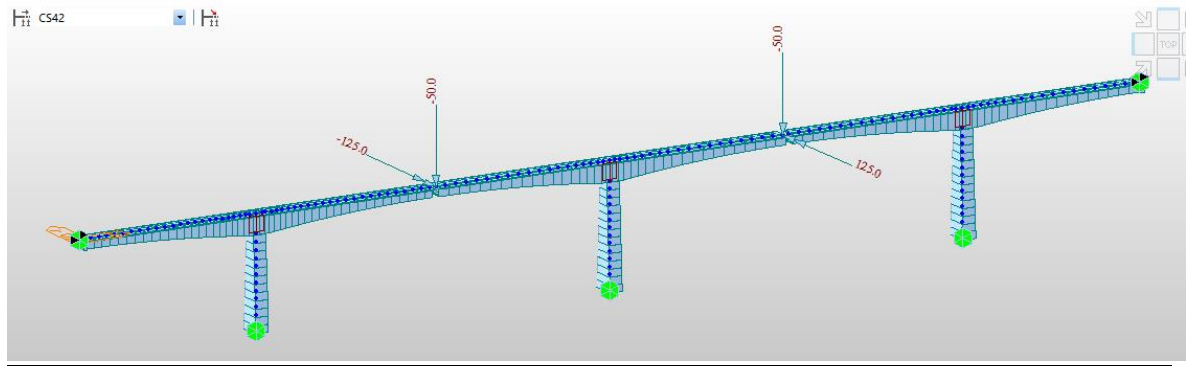
CS24



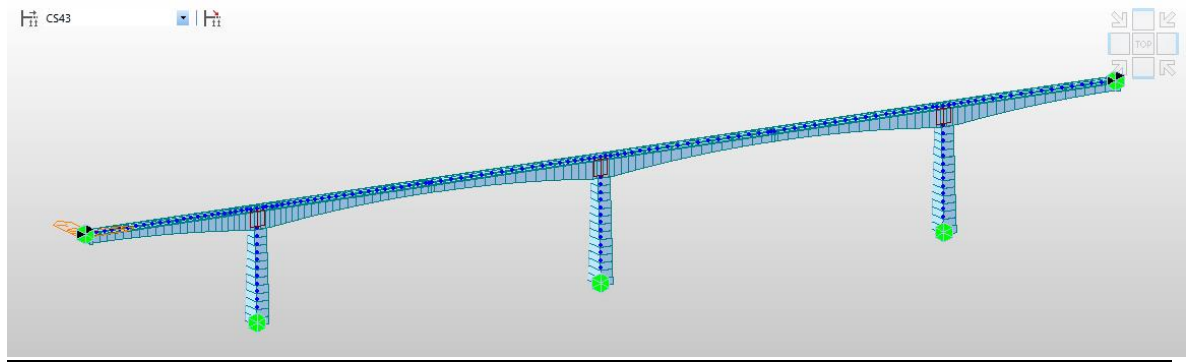
CS25



CS42



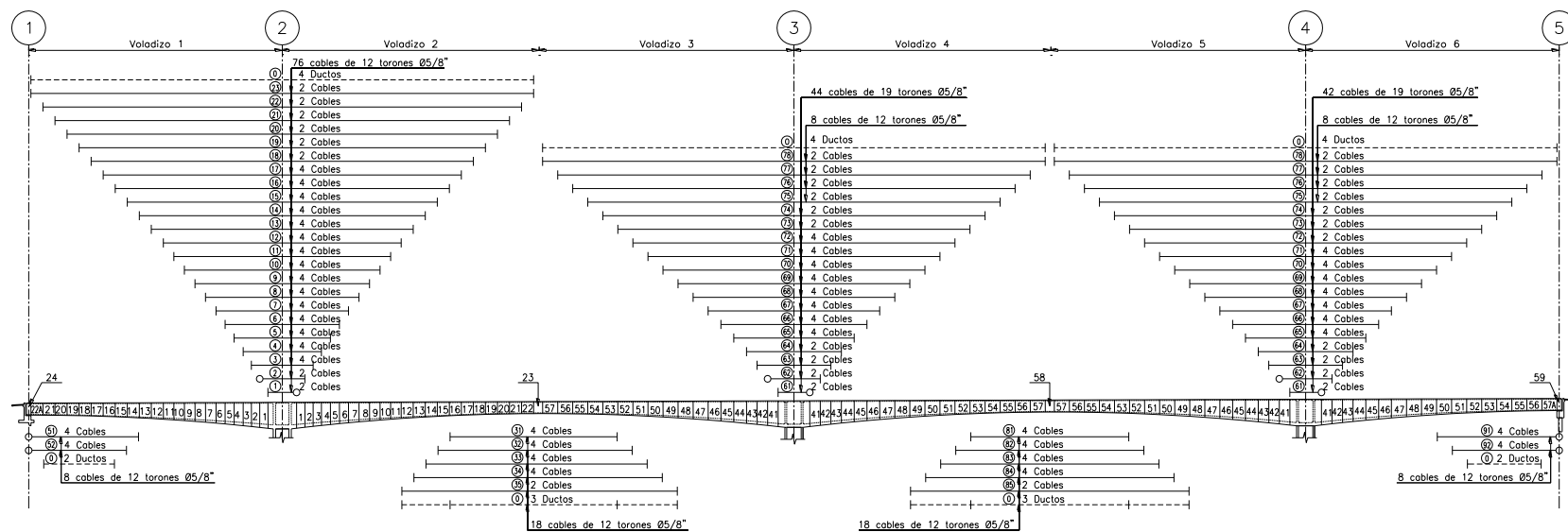
CS43-CS44



3.6.7.3 Presfuerzo (PS)

Definidas las propiedades de los torones (diámetro 5/8") y las propiedades de los cables (cables de 12 y 19 torones) se deben definir los perfiles de los cables de presfuerzo de acuerdo con su trayectoria en planta y perfil (ver anexo A). El presfuerzo superior se activa al primer día de la etapa en curso para atar la dovela nueva al resto de la estructura y así poder realizar el movimiento del carro de avance. La carga se va acumulando con el presfuerzo de las etapas anteriores. Por otro parte, el presfuerzo inferior, encargado de resistir los momentos positivos en el centro de luz, se agrega cuando se realizan los cierres laterales (vano 1 y 6) y cuando se ejecutan las dovelas clave en los vanos centrales (voladizos 2-3 y 4-5).

Figura 32. Esquema general de tensionamiento



Grupo de presfuerzo superior:

- PS-SUPERIOR-PILA2
- PS-SUPERIOR-PILA3
- PS-SUPERIOR-PILA4.

Grupo de presfuerzo inferior:

- PS-INFERIOR-VOLADIZO 1
- PS-INFERIOR-VOLADIZO 2 Y 3
- PS-INFERIOR-VOLADIZO 4 Y 5
- PS-INFERIOR-VOLADIZO 6

Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-055-AB, E4-LT4.5-EST-C-062-AB, E4-LT4.5-EST-C-075-AB

En la figura 33 se presenta el trazado de los cables de la pila 3 para una etapa intermedia (etapa 31 - construcción dovela 46). Seguido a esto, en las figura 34 a 37 se presenta el trazado definitivo de los cables de presfuerzo para el puente en su etapa final (etapa 44).

Figura 33. Vista isométrica y planta cables superiores en pila 3 - etapa 31

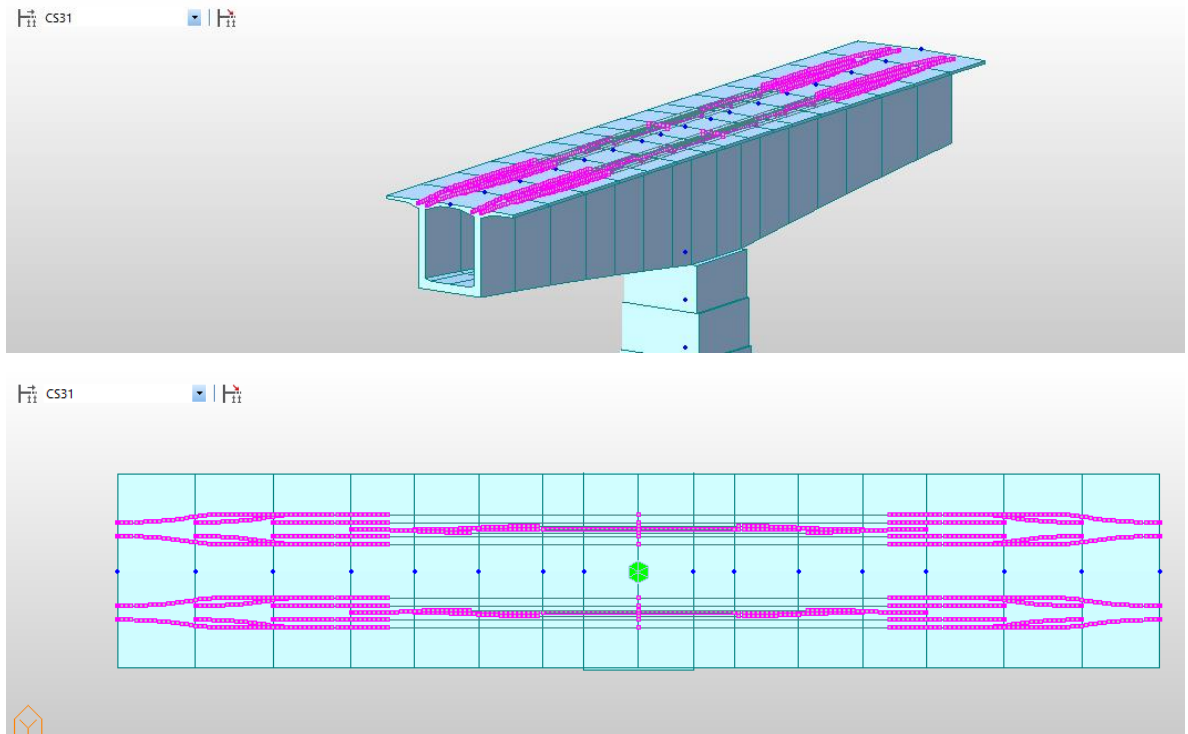


Figura 34. Trazado de cables en la etapa final (CS44)

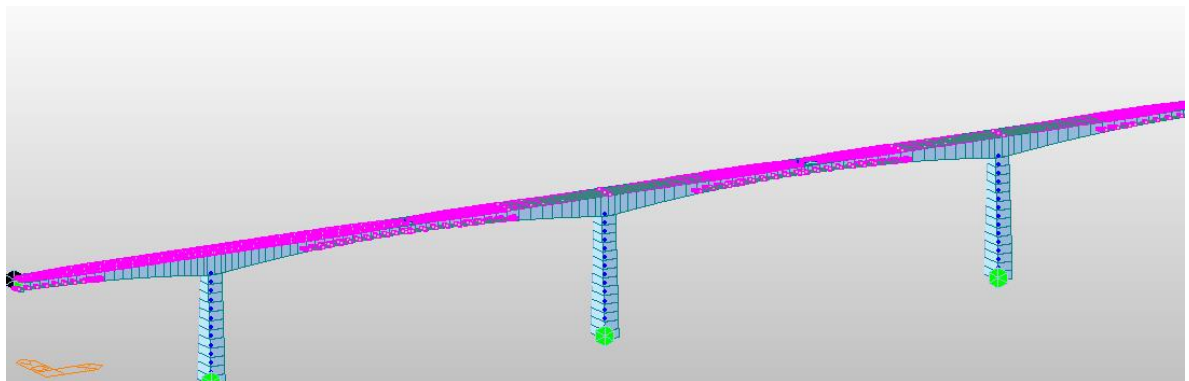


Figura 35. Cables superiores en pila 3 y cables inferiores voladizos 2-3 y 4-5 en la etapa final (CS44)

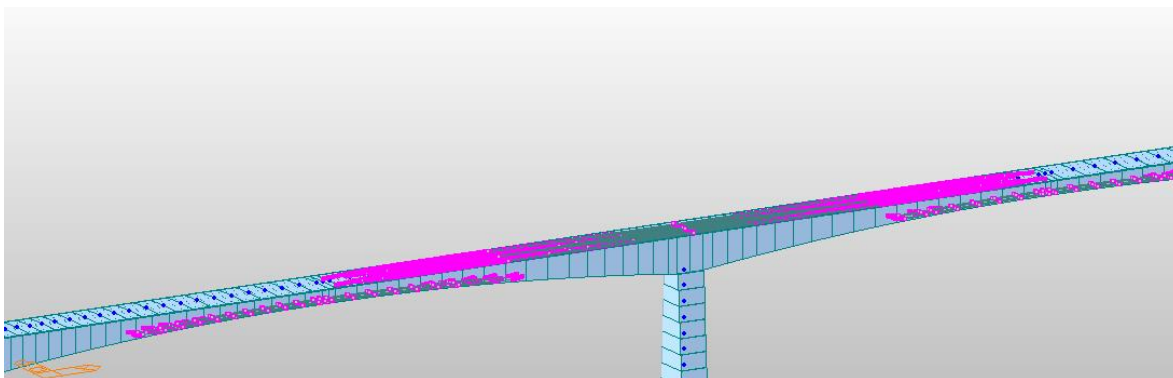


Figura 36. Planta cables superiores en pila 3 – voladizo 4 en la etapa final (CS44)

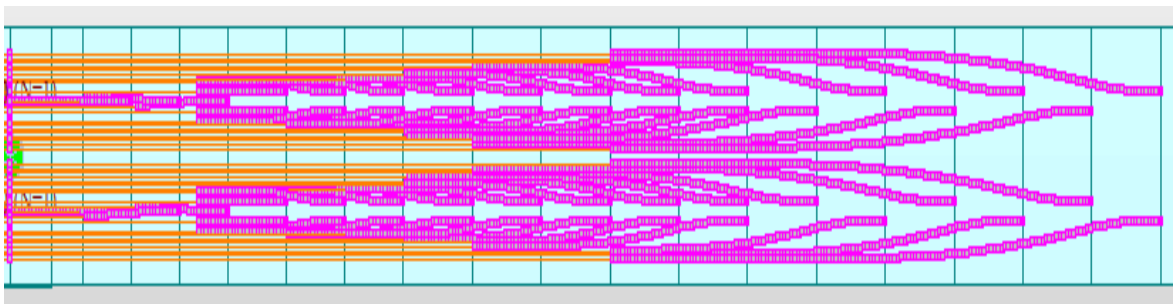
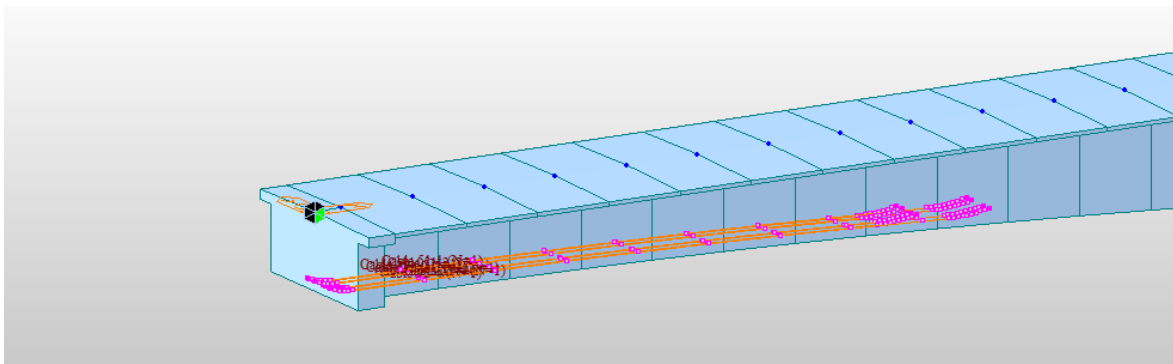


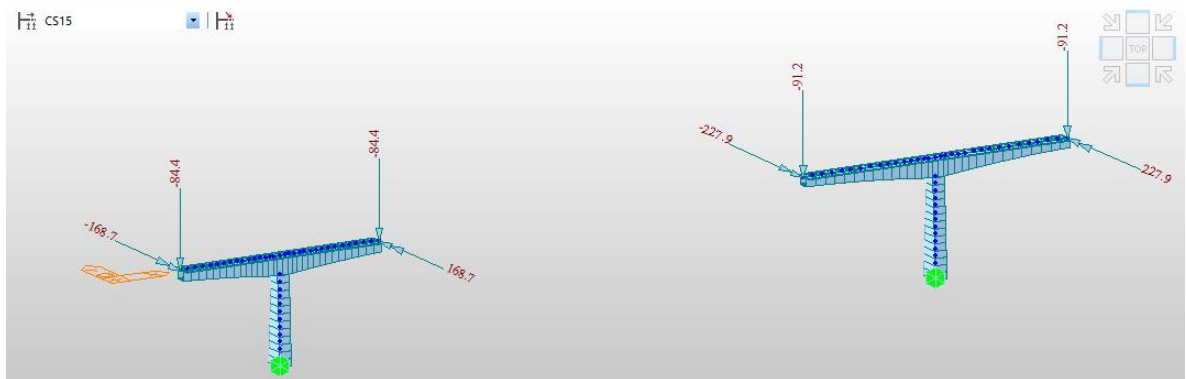
Figura 37. Cables inferiores voladizo 1 en etapa final (CS44)



3.6.7.4 Peso del concreto fresco (WC)

De manera similar a la acción del carro de avance, para representar la acción producida por el peso del concreto fresco de la dovela siguiente que aún no hace parte del sistema de resistencia estructural, se asigna una carga vertical correspondiente al peso de la dovela y un momento alrededor del *eje* y producido por una excentricidad de valor igual a la mitad de la longitud del elemento aplicados sobre el extremo del voladizo (ver figura 38). Para cada etapa se debe desactivar el peso del concreto fresco de la etapa anterior y activar el peso del concreto fresco de la etapa en curso en un paso intermedio, al cuarto día (cuando la dovela activada tiene 7 días de edad). A continuación se presenta la aplicación del peso del concreto fresco para una etapa intermedia.

Figura 38. Aplicación peso del concreto fresco en la etapa 15



Unidades: tonf m

3.6.7.5 Carga viva durante construcción (CLL)

Corresponde a la carga producida por los equipos menores y trabajos desarrollados en el tablero. Se asume como 50 kg/m^2 , (ver figura 39).

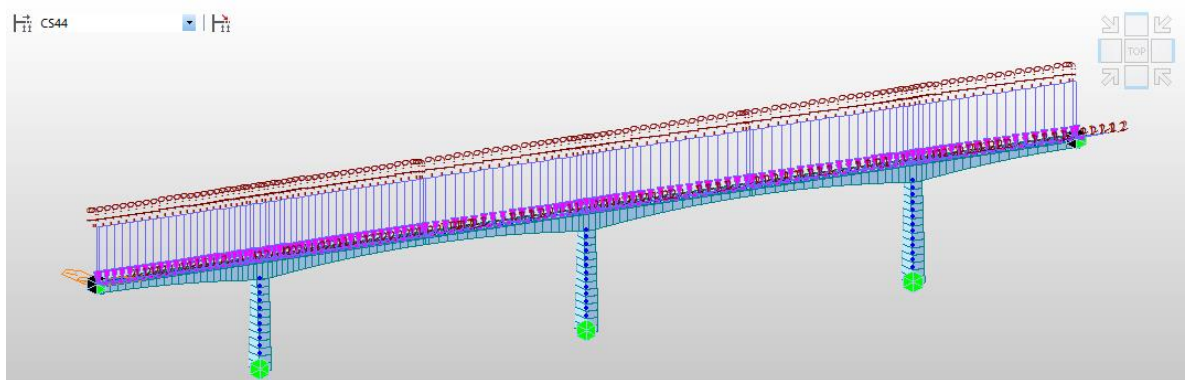
Figura 39. Carga viva durante construcción etapa 15



3.6.7.6 Carga sobre impuesta (SD)

Corresponde al peso del pavimento, barandas, parapetos y demás, representado por una carga uniformemente distribuida de 1.89 tonf-m y un momento torsor alrededor del eje x de -1.17 tonf-m/m (ver figura 40). Se aplica en la última etapa (CS44) al primer día y tiene una duración de aplicación de 10000 días.

Figura 40. Aplicación carga sobre impuesta etapa final (CS44)



3.7 RESULTADOS NUMÉRICOS

Una vez definido el modelo, las condiciones de contorno, las etapas constructivas y las cargas actuantes se procede a ejecutar el programa para obtener los resultados numéricos que permiten analizar el comportamiento de los principales elementos estructurales para las diferentes fases de construcción.

3.7.1 Comportamiento del tablero durante construcción

Durante la ejecución del tablero se generan momentos negativos en la zona de apoyo por la acción del peso propio, carro de avance y sobrecargas de construcción, las cuales se hacen más críticas a medida que aumenta la longitud del voladizo. Por tal razón se implementa el presfuerzo superior de construcción, con el propósito de controlar los esfuerzos de tracción en la fibra superior. De igual manera se debe verificar que los esfuerzos en la fibra inferior no supere el límite a compresión.

3.7.1.1 Esfuerzos en la fibra superior del tablero

A continuación se presenta la gráfica evolutiva de los esfuerzos en la fibra superior del tablero para las diferentes etapas constructivas (etapas CS1 a CS44), donde se puede apreciar, que debido al presfuerzo, en ninguna etapa se superó el límite a tensión. A su vez se verificó que los valores de compresión estuvieran dentro del rango permitido (ver figuras 41 y 42).

Figura 41. Gráfica evolutiva esfuerzos en la fibra superior del tablero durante construcción

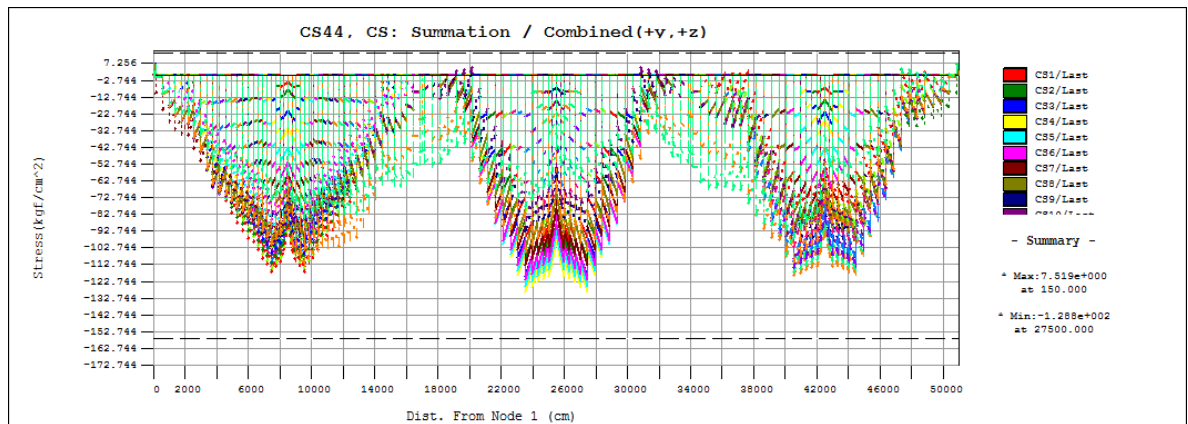
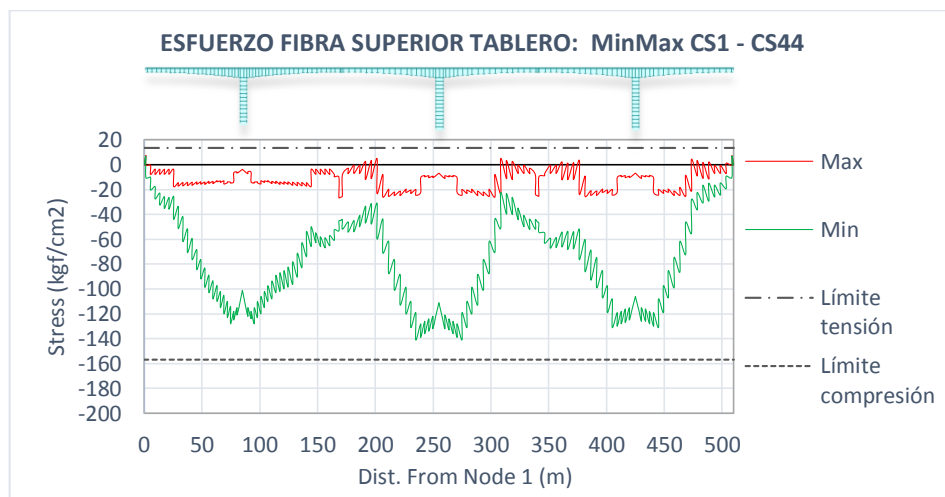
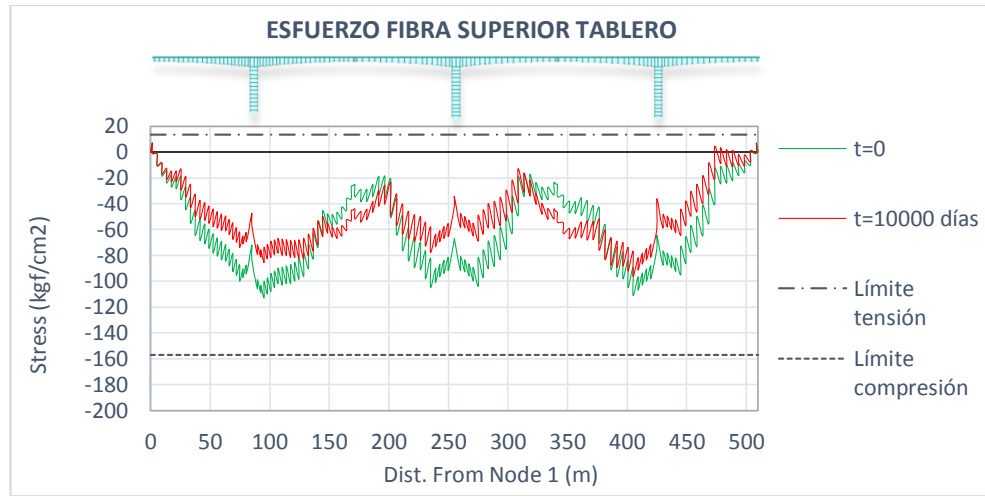


Figura 42. Esfuerzos máximos y mínimos en la fibra superior del tablero durante construcción



También se presenta la variación del esfuerzo en la fibra superior del tablero bajo la acción de las cargas permanentes y las perdidas diferidas en el tiempo entre $t=0$ (cierre del puente) y $t=10000$ días donde se asume que todas las perdidas han tomado efecto ($t=\infty$). Se puede apreciar el efecto de la fluencia y la retracción del concreto en la disminución de los esfuerzos de compresión en las zonas de apoyos y un aumento en el centro de los vanos (ver figura 43).

Figura 43. Variación en el tiempo del esfuerzo en la fibra superior del tablero bajo cargas permanentes



3.7.1.2 Esfuerzos en la fibra inferior del tablero

Se presenta la gráfica evolutiva de los esfuerzos obtenidos en la fibra inferior para las diferentes etapas constructivas (CS1-CS44) donde se puede verificar que el esfuerzo límite a compresión no es superado en ningún momento. Vale la pena resaltar que durante la ejecución de las primeras dovelas de los voladizos se presentan tensiones en la fibra inferior del tablero producto de la aplicación del presfuerzo superior que inclusive induce una contra flecha. Este efecto se contrarresta en etapas posteriores con el peso propio de los voladizos, sin embargo nunca se llega a sobrepasar el esfuerzo límite a tracción (ver figuras 44 y 45).

Figura 44. Gráfica evolutiva esfuerzos en la fibra inferior del tablero durante construcción

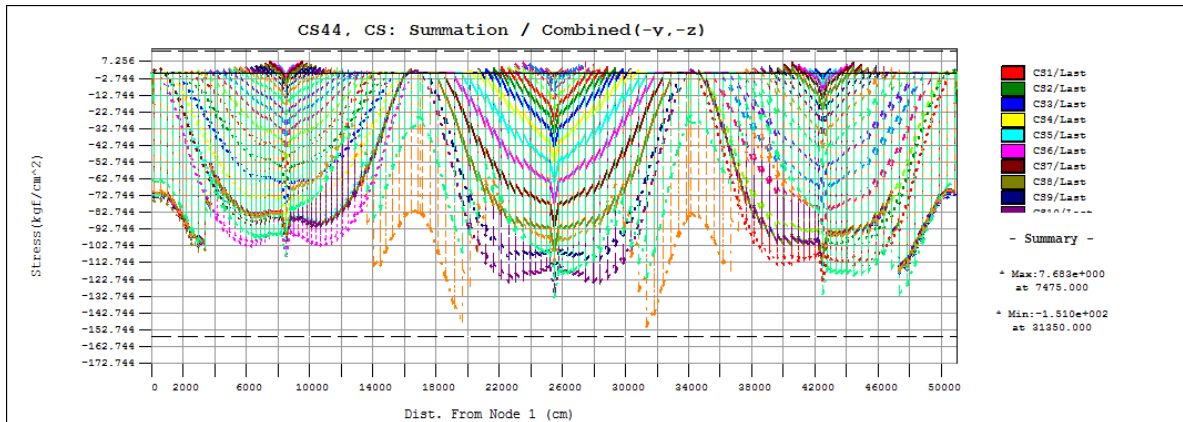
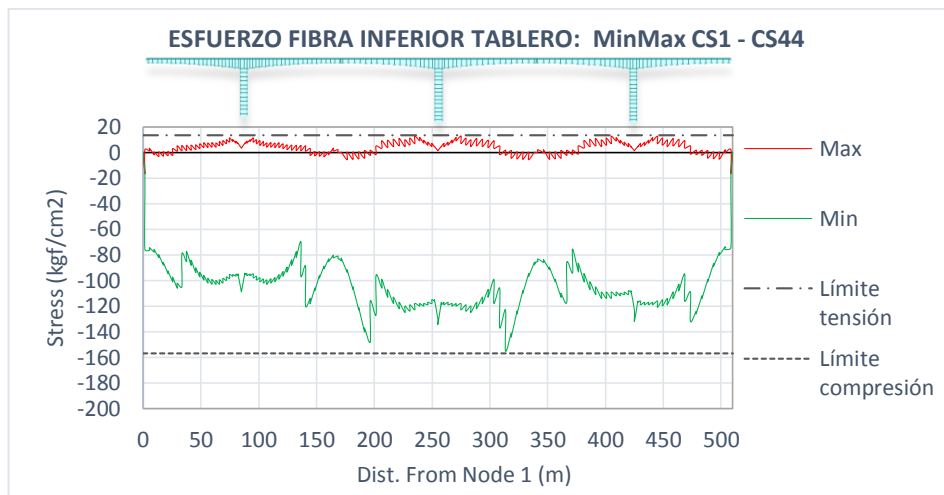
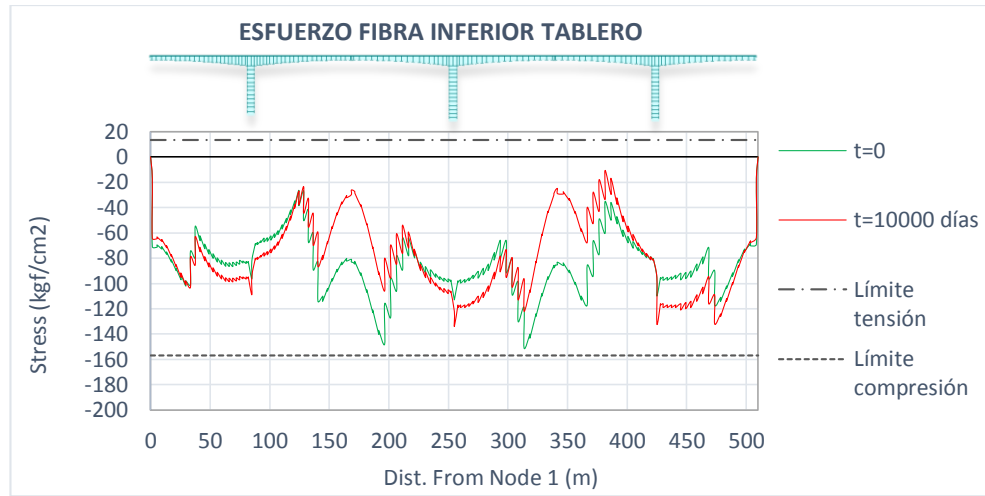


Figura 45. Esfuerzos máximos y mínimos en la fibra inferior del tablero durante construcción



De igual manera se presenta la variación del esfuerzo en la fibra inferior del tablero por la acción de las cargas permanentes y las pérdidas diferidas en el tiempo entre $t=0$ (cierre del puente) y $t=10000$ días. Se puede apreciar un aumento de los esfuerzos de compresión en las zonas de apoyos y una disminución en el centro de los vanos (ver figura 46)

Figura 46. Variación en el tiempo del esfuerzo en la fibra inferior del tablero bajo cargas permanentes



3.7.1.3 Momento flector en el tablero

Si se tuvieran en cuenta únicamente los efectos producidos por el peso propio de los elementos durante construcción, se presentarían momentos negativos en la zona de apoyos, los cuales incrementarían gradualmente a medida que aumentara la longitud del voladizo (ver figura 47). Sin embargo, al considerar las demás acciones como el presfuerzo y los efectos diferidos en el tiempo se contrarrestan los momentos negativos durante gran parte del proceso constructivo, presentando momentos positivos considerables en los apoyos hasta que se equilibran en las últimas etapas con el peso del voladizo (ver figura 48).

Figura 47. Gráfica evolutiva del momento flector en el tablero producido únicamente por el peso propio durante construcción

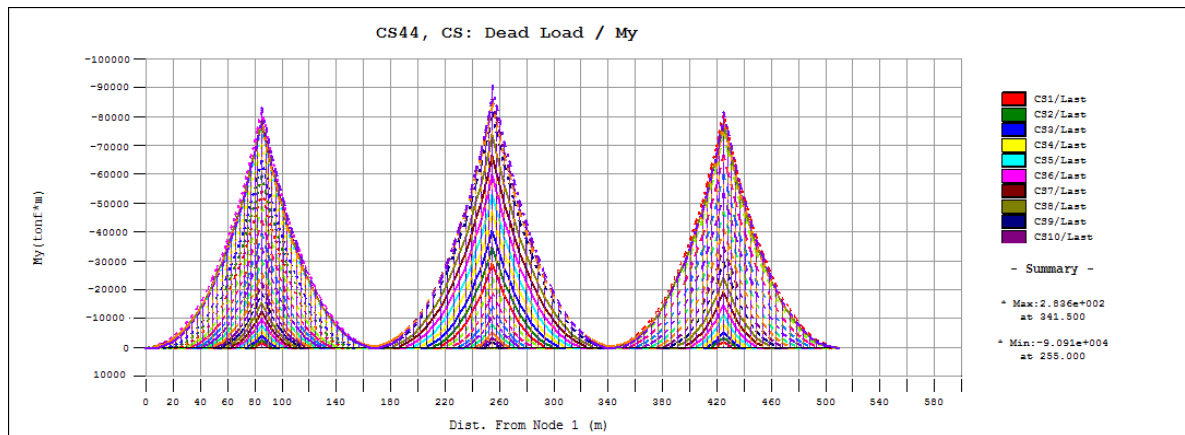
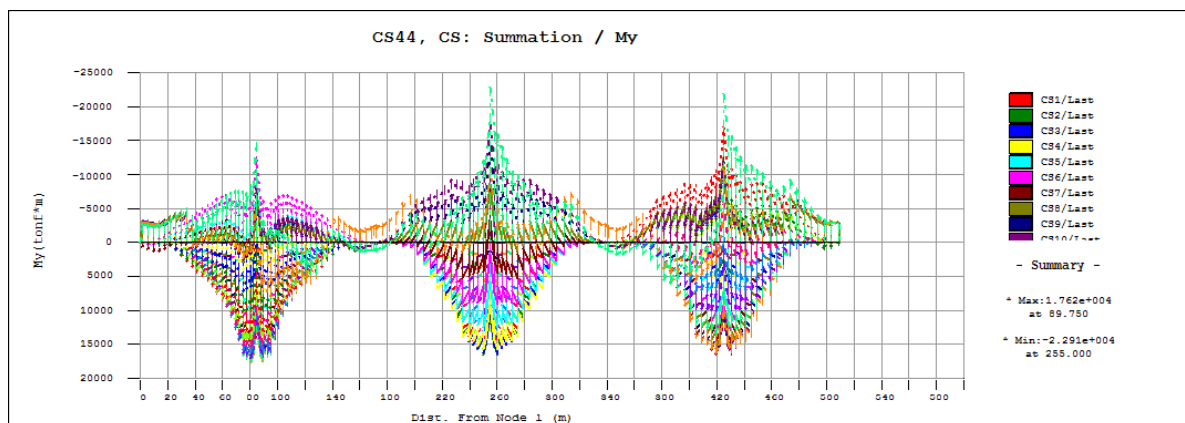


Figura 48. Gráfica evolutiva momentos flectores en el tablero durante construcción



A continuación se presentan los momentos máximos y mínimos desarrollados durante construcción en el tablero (ver figura 49). De igual manera se muestra la variación en el tiempo del momento flector en el tablero por la acción de las cargas permanentes y las pérdidas diferidas en el tiempo entre $t=0$ (cierre del puente) y $t=10000$ días. Se puede apreciar que la ley de momentos sube en las zonas de apoyos y presenta una disminución en el centro de los vanos. Así mismo se presenta el diagrama de momento flector en el tablero sin tener en cuenta el proceso constructivo ni las pérdidas, es decir, como si se hubiera construido sobre cimbra

en una sola etapa. Se encontró que el momento flector en el tablero se encuentra acotado en la parte superior (momentos negativos en apoyos) por el modelo que simula el proceso constructivo y los efectos diferidos en el tiempo (fluencia y retracción) y por la parte inferior (momentos positivos en centro de la luz) por el modelo sobre cimbra (ver figura 50). Lo anterior es concordante con los resultados hallados por (Ates, 2011) en donde se comparó el comportamiento de un puente viga cajón considerando el proceso constructivo y para el mismo puente asumiendo que se construye sobre cimbra (sin considerar el proceso constructivo).

Figura 49. Momentos máximo y mínimos en el tablero durante construcción

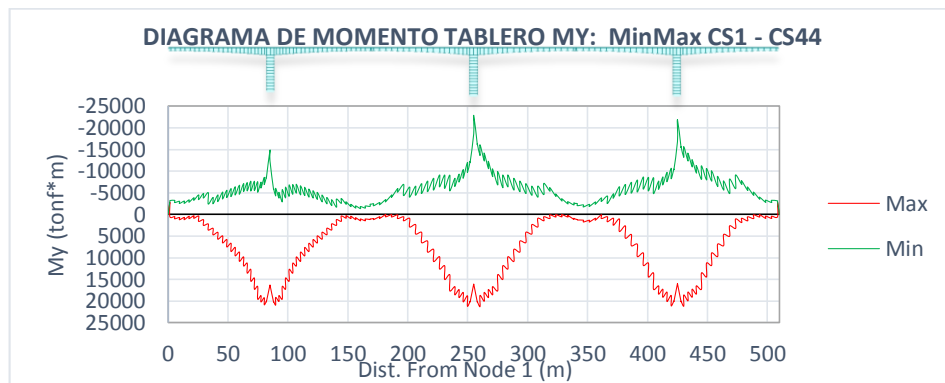
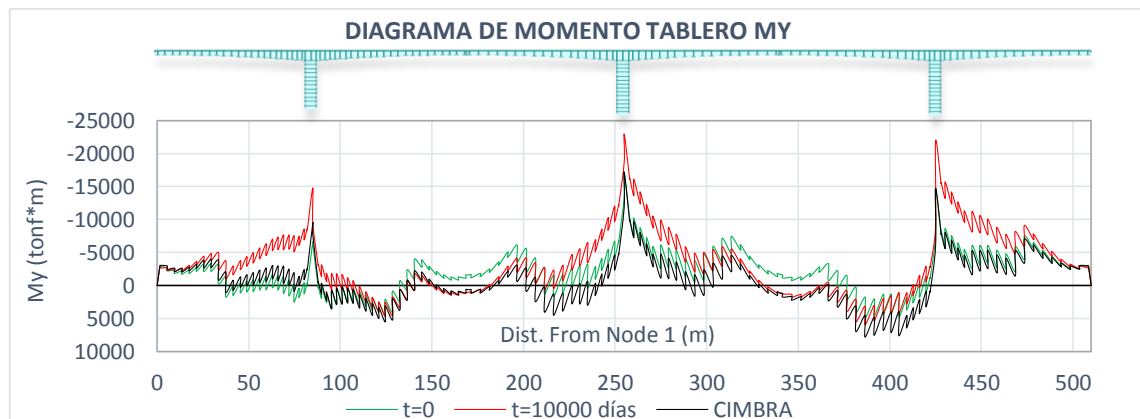


Figura 50. Variación en el tiempo del momento flector en el tablero bajo cargas permanentes



3.7.1.4 Fuerza cortante en el tablero

Se presenta la gráfica evolutiva de la fuerza cortante en el tablero para las diferentes etapas constructivas (CS1-CS44) donde se observa un aumento gradual en su valor a medida que crece la longitud del vano (ver figura 51). Seguido a esto se muestra los valores máximos y mínimos de cortante obtenidos durante todas las etapas constructivas (ver figura 52).

Figura 51. Gráfica evolutiva fuerza cortante en el tablero durante construcción

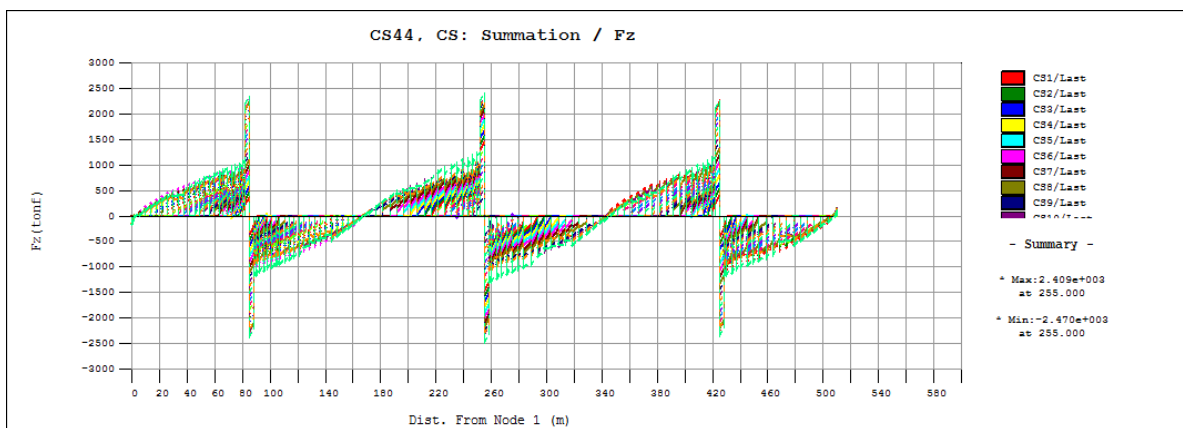
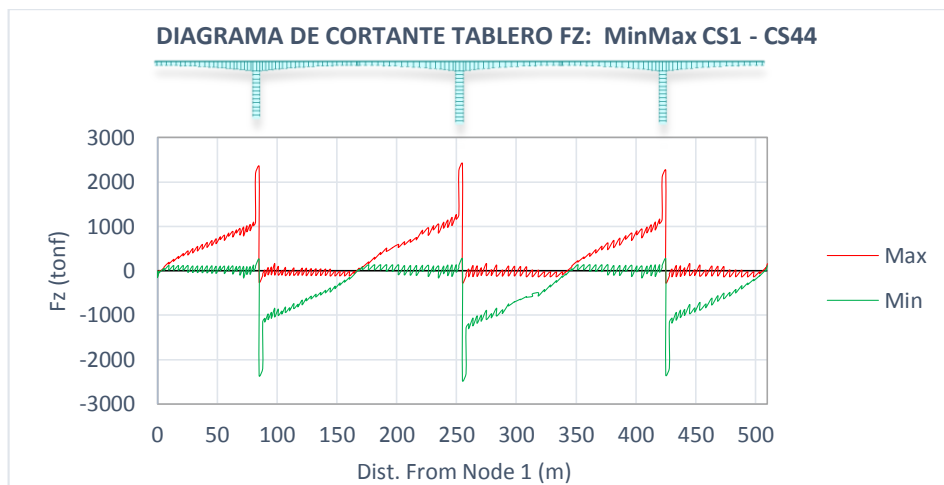


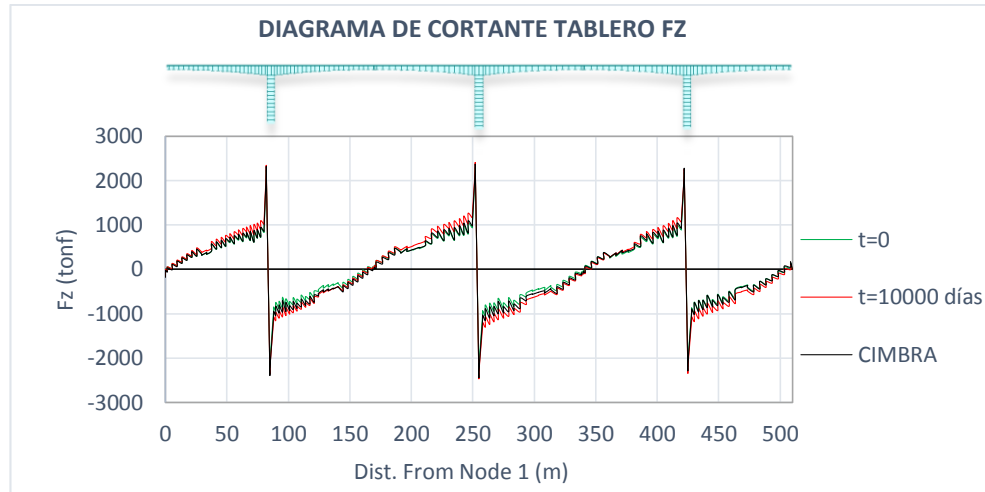
Figura 52. Fuerza cortante máxima y mínima durante construcción



También se presenta el diagrama de cortante en el tablero para el tiempo $t=0$ (cierre del puente), en $t=10000$ días después del cierre y para el modelo sobre cimbra. Se

encontró que los tres casos presentan valores similares, lo cual indica que los efectos diferidos en el tiempo no afectan de manera significativa las fuerzas cortantes desarrolladas en el tablero (ver figura 53).

Figura 53. Variación en el tiempo de las fuerzas cortantes en el tablero bajo cargas permanentes



3.7.1.5 Fuerza axial en el tablero

A continuación se presenta la gráfica evolutiva de la fuerza axial en el tablero (ver figura 54) que permite observar cómo se va acumulando el presfuerzo en la zona de apoyo a medida que se agregan nuevas dovelas. Una vez se han ejecutado las dovelas de los estribos en el eje 1 y 5 (etapas 24 y 19) aparece el presfuerzo inferior en los vanos laterales 1 y 6 respectivamente. Finalmente, cuando se construyen las dovelas claves en el centro de luz (etapa 43) aparece el presfuerzo inferior en los voladizos 2-3 y 4-5. Además se presenta la fuerza axial máxima y mínima desarrolla durante construcción (ver figura 55).

Figura 54. Gráfica evolutiva fuerza axial en el tablero durante construcción

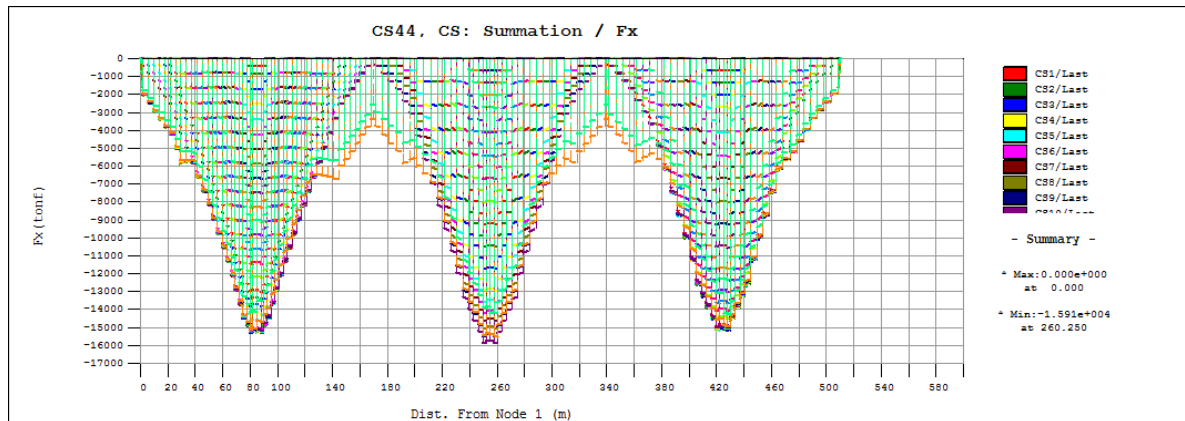
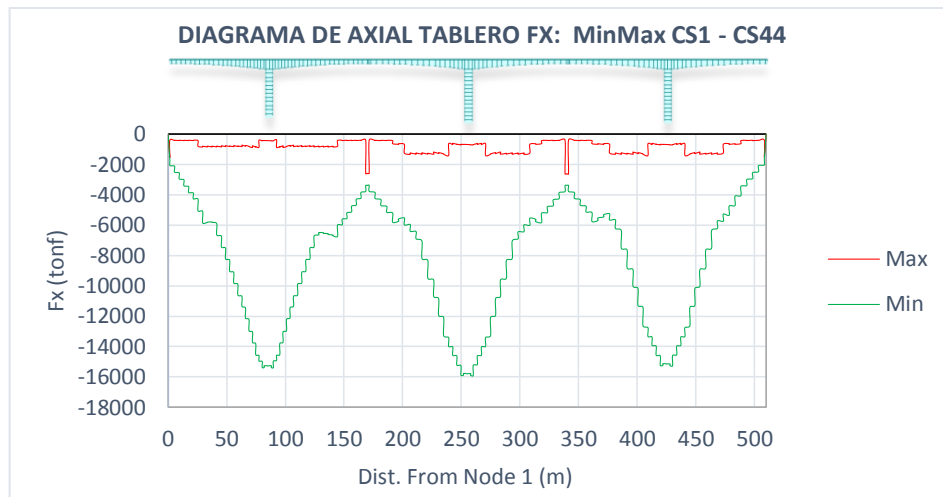


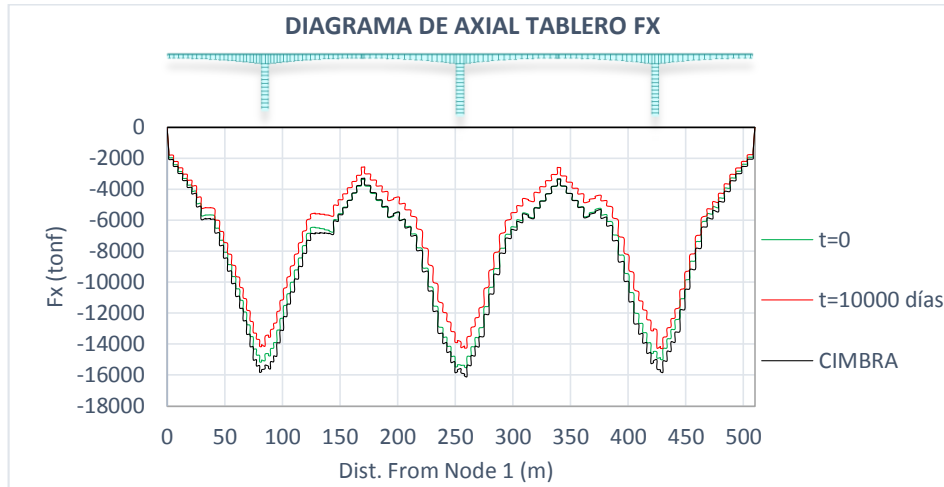
Figura 55. Fuerza axial máxima y mínima en el tablero durante construcción



De manera similar a los numerales anteriores se realiza la comparación de la fuerza axial en el tablero bajo cargas permanentes para $t=0$ (cierre del puente), $t=10000$ días después del cierre y para el modelo sobre cimbra para observar la influencia de los efectos diferidos en el tiempo en las cargas axiales desarrolladas en el tablero. El modelo sobre cimbra, como era de esperarse, presentó fuerzas de compresión mayores en toda la superestructura en comparación con los otros dos casos ya que no se contempló ningún tipo de pérdidas en su análisis. Por otra parte, se encontró una disminución en la fuerza de compresión en el tablero entre 8% y 10% en la zona de apoyos (pila 2, 3 y 4) debido a los efectos de fluencia y retracción

en el concreto, sumado con las pérdidas inmediatas y a largo plazo en el presfuerzo (ver figura 56).

Figura 56. Variación de la fuerza axial en el tablero bajo cargas permanentes



3.7.1.6 Deflexiones en el tablero

En este apartado se presenta la deflexión en el tablero durante las diferentes etapas constructivas con el propósito de observar el comportamiento de la estructura. De igual manera se presenta la variación de la deflexión en el tablero bajo la acción de las cargas permanentes y las pérdidas diferidas en el tiempo entre $t=0$ (cierre del puente) y $t=10000$ días después del cierre.

En general, se puede apreciar que durante la construcción de las primeras dovelas se producen contra flechas en el tablero producto de la aplicación del presfuerzo superior de construcción (ver figura 57). Sin embargo, en lo sucesivo de la construcción se van equilibrando los desplazamientos verticales, alcanzando sus valores máximos cuando el voladizo tiene su mayor longitud antes del cierre.

En la pila 2 y la pila 4 se observó que las deflexiones en el tablero durante construcción son mayores en los vanos centrales que en los laterales debido a que

la estructura no cierra simultáneamente en sus dos extremos. Cuando los voladizos simétricos han alcanzado su máxima longitud se ejecutan las dovelas macizas que apoyan los vanos laterales a los estribos (etapa 19 para pila 4 y etapa 24 para pila 2), quedando en voladizo únicamente los vanos centrales bajo la acción de las cargas permanentes y los efectos diferidos en el tiempo que aumentan gradualmente la deflexión en el tablero hasta que se construyen las dovelas de cierre en el centro de la luz en la etapa 43 (ver figuras 59 y 63).

Caso contrario ocurre con la pila 3, donde el cierre de la estructura se realiza simétricamente en los dos extremos, presentando máximas deflexiones iguales para ambos vanos cuando los voladizos tienen su mayor longitud (ver figura 61).

En cuanto a la variación del desplazamiento vertical del tablero una vez terminada la fase constructiva se encontró que bajo las cargas permanentes actuando en la estructura se incrementaron las deflexiones en los vanos centrales (voladizos 2-3 y 4-5) y una disminución en los vanos laterales (voladizos 1 y 6). Lo anterior se puede observar en las figuras 58, 60, 62 y 64.

Figura 57. Gráfica evolutiva deflexión del tablero durante construcción

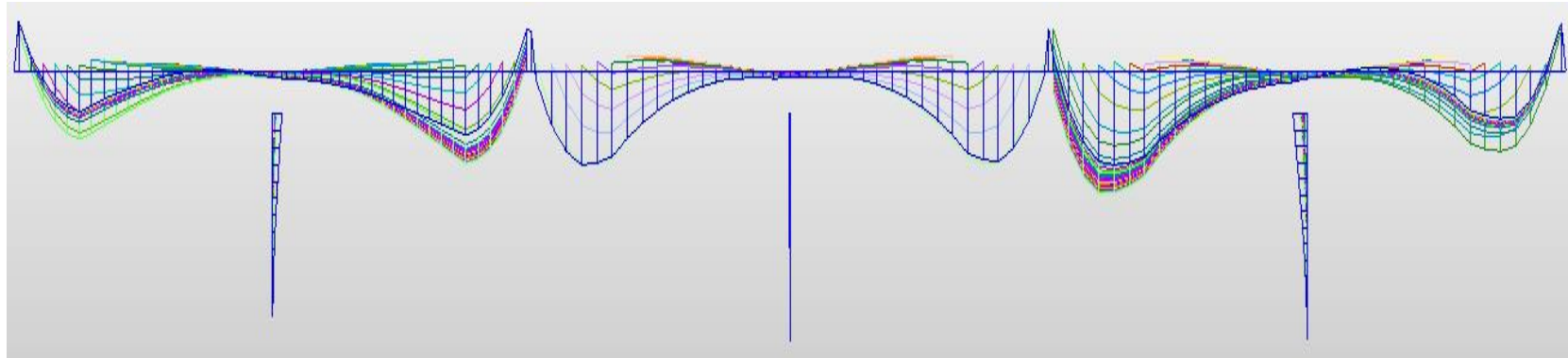


Figura 58. Variación en el tiempo de la deflexión en el tablero bajo cargas permanentes

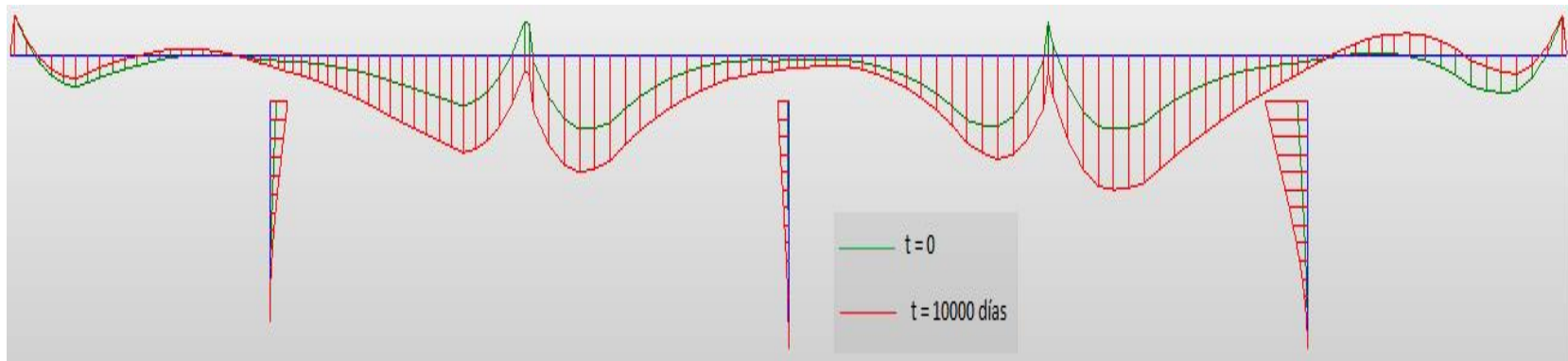


Figura 59. Gráfica evolutiva deflexión en los voladizos 1 y 2 durante construcción

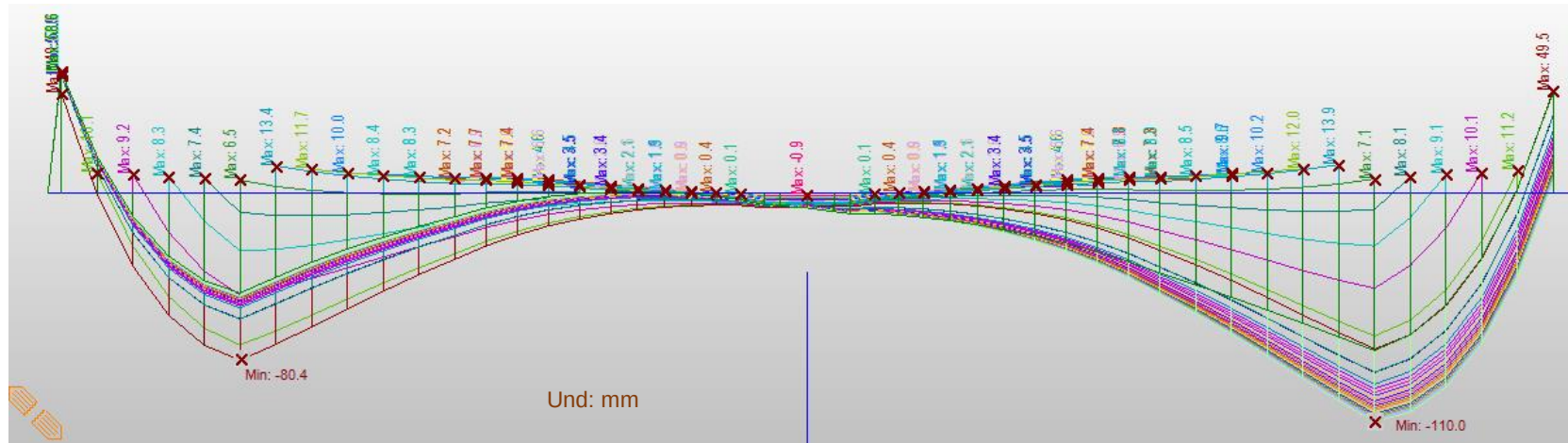


Figura 60. Variación en el tiempo de la deflexión en los voladizos 1 y 2 bajo cargas permanentes

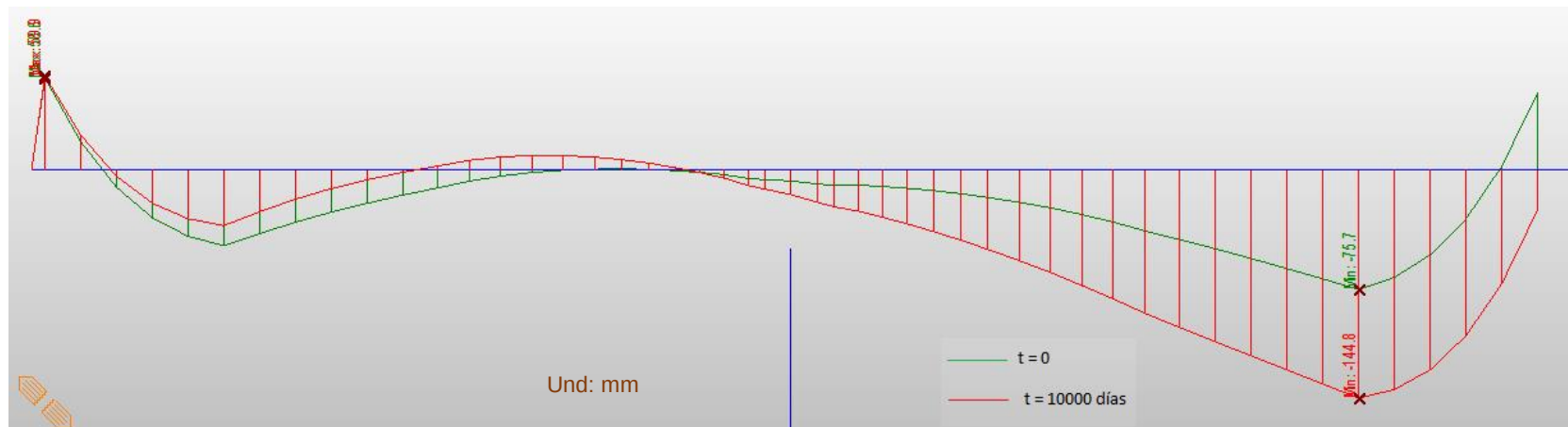


Figura 61. Gráfica evolutiva deflexión en los voladizos 3 y 4 durante construcción

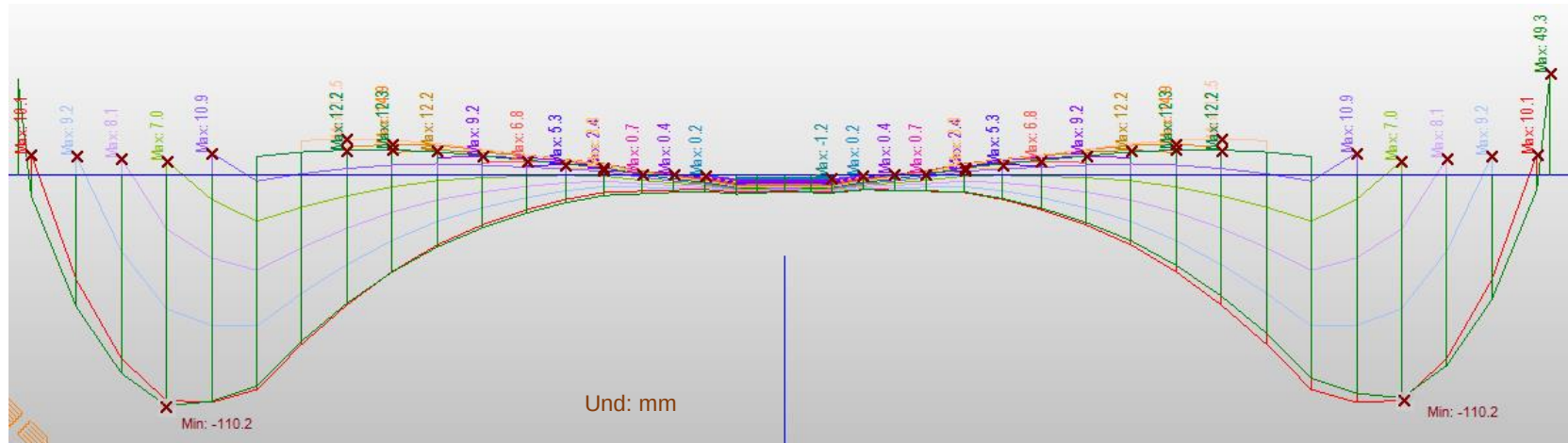


Figura 62. Variación en el tiempo de la deflexión en los voladizos 3 y 4 bajo cargas permanentes

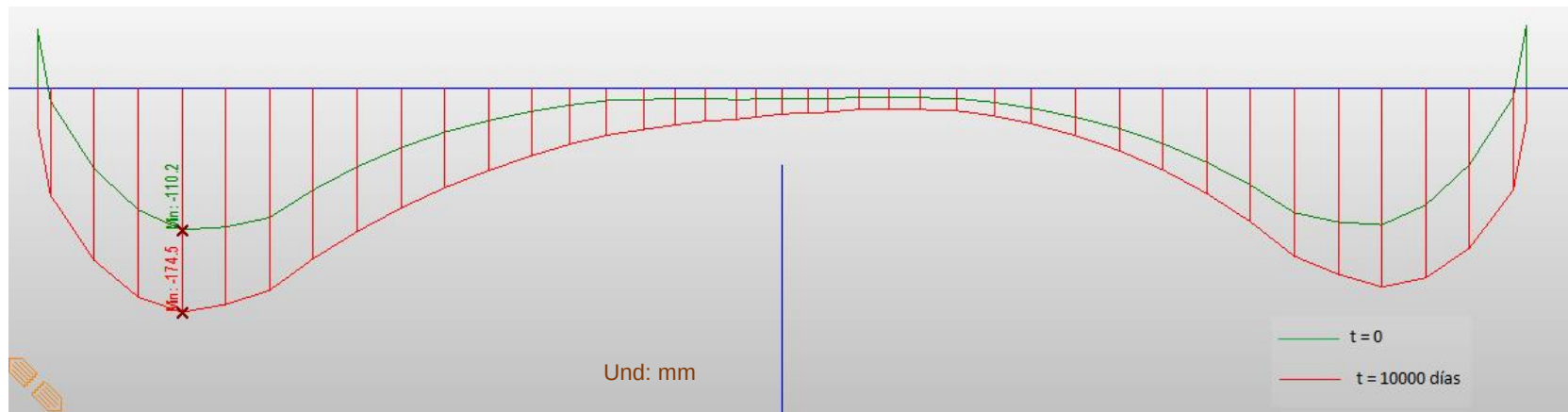


Figura 63. Gráfica evolutiva deflexión en los voladizos 5 y 6 durante construcción

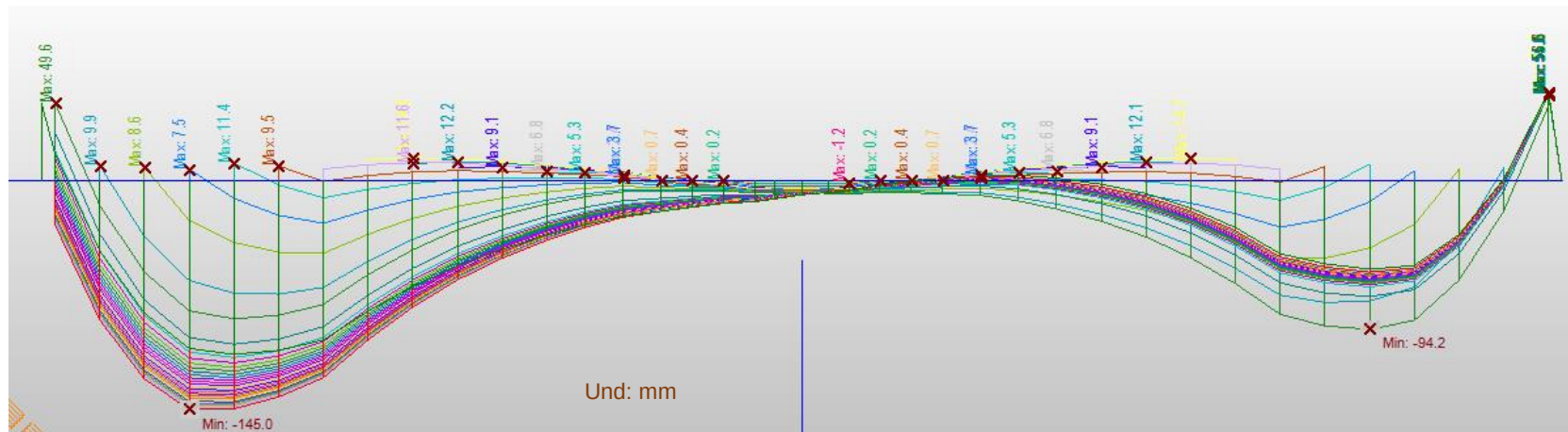
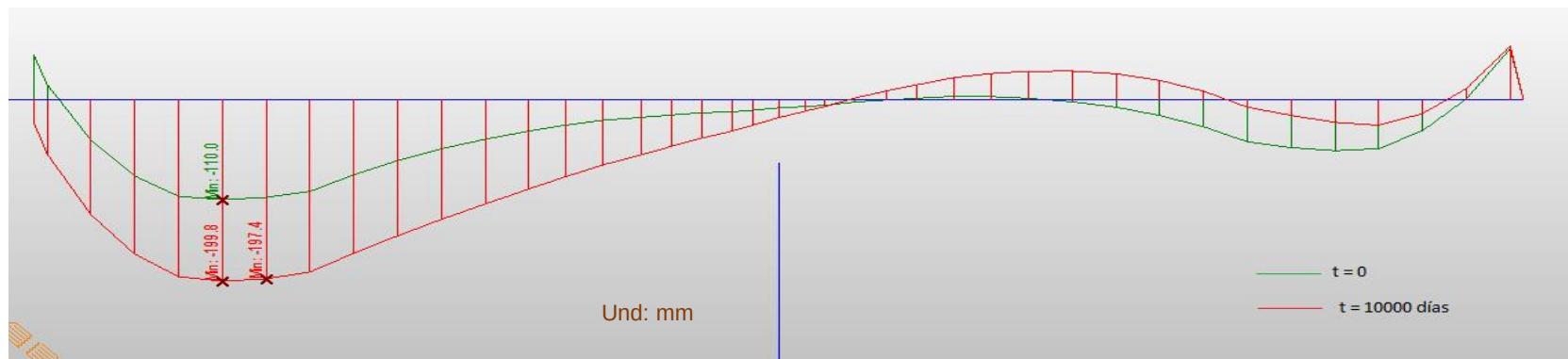


Figura 64. Variación en el tiempo de la deflexión en los voladizos 3 y 4 bajo cargas permanentes

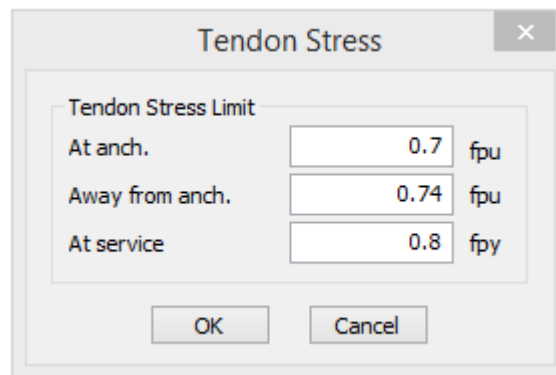


3.7.2 Presfuerzo en el tablero

3.7.2.1 Verificación de esfuerzos límites en los cables

Se verificó que los esfuerzos desarrollados en los cables durante la etapa constructiva no superaran los valores límites definidos en el *apartado 2.3.2*. Inmediatamente después de la acomodación de la cuña se limita el esfuerzo, para la zona de anclaje a 0.7fpu, y para cualquier otro lugar a lo largo del elemento a 0.74fpu. Después de ocurridas las pérdidas totales se permite llevar el esfuerzo de los cables a 0.8fpy (ver figura 65). La anterior verificación se encuentra en el Anexo D – Resultados del presfuerzo

Figura 65. Esfuerzos límite a tracción para los cables durante construcción



The image shows a software dialog box titled "Tendon Stress". Inside the dialog, there is a section labeled "Tendon Stress Limit" which contains three rows of input fields. The first row is labeled "At anch." with a value of "0.7" and the unit "fpu". The second row is labeled "Away from anch." with a value of "0.74" and the unit "fpu". The third row is labeled "At service" with a value of "0.8" and the unit "fpy". At the bottom of the dialog, there are two buttons: "OK" and "Cancel".

Tendon Stress Limit		
At anch.	0.7	fpu
Away from anch.	0.74	fpu
At service	0.8	fpy

3.7.2.2 Verificación de la fuerza efectiva de tensionamiento

Se validaron las fuerzas efectivas de tensionamiento comparando los datos obtenidos del modelo (ver anexo D) con los valores de tensionamiento indicados en los planos (ver anexo A), encontrando valores similares (ver tabla 16). Lo anterior muestra que el modelamiento del proceso constructivo de la estructura representa el problema de manera adecuada con un grado de exactitud aceptable.

Tabla 16. Validación de la fuerza efectiva de tensionamiento

PRESFUERZO SUPERIOR

$t=\infty$	Planos	Modelo	Diferencia
TENSION EJE 2	13698.00	14032.95	2.45%
TENSION EJE 3	14723.00	14674.40	-0.33%
TENSION EJE 4	14229.00	14141.50	-0.61%

PRESFUERZO INFERIOR

$t=\infty$	Planos	Modelo	Diferencia
TENSION EJE 1	1569.00	1536	-2.10%
TENSION EN CENTRO DE LUZ ENTRE EJES 2 Y 3	3473.00	3297.49	-5.05%
TENSION EN CENTRO DE LUZ ENTRE EJES 3 Y 4	3514.00	3271.35	-6.91%
TENSION EJE 5	1562.00	1507.36	-3.50%

Nota 1: Unidades: tonf

Nota 2: Fuerza efectiva de tensionamiento cuando hayan sucedido la totalidad de las pérdidas

3.7.2.3 Elongación de los cables

Se corroboró que la elongación en los cables después de sucedidas todas las pérdidas correspondiera con el alargamiento teórico indicado en los planos (ver anexo D).

3.7.3 Comportamiento de las pilas

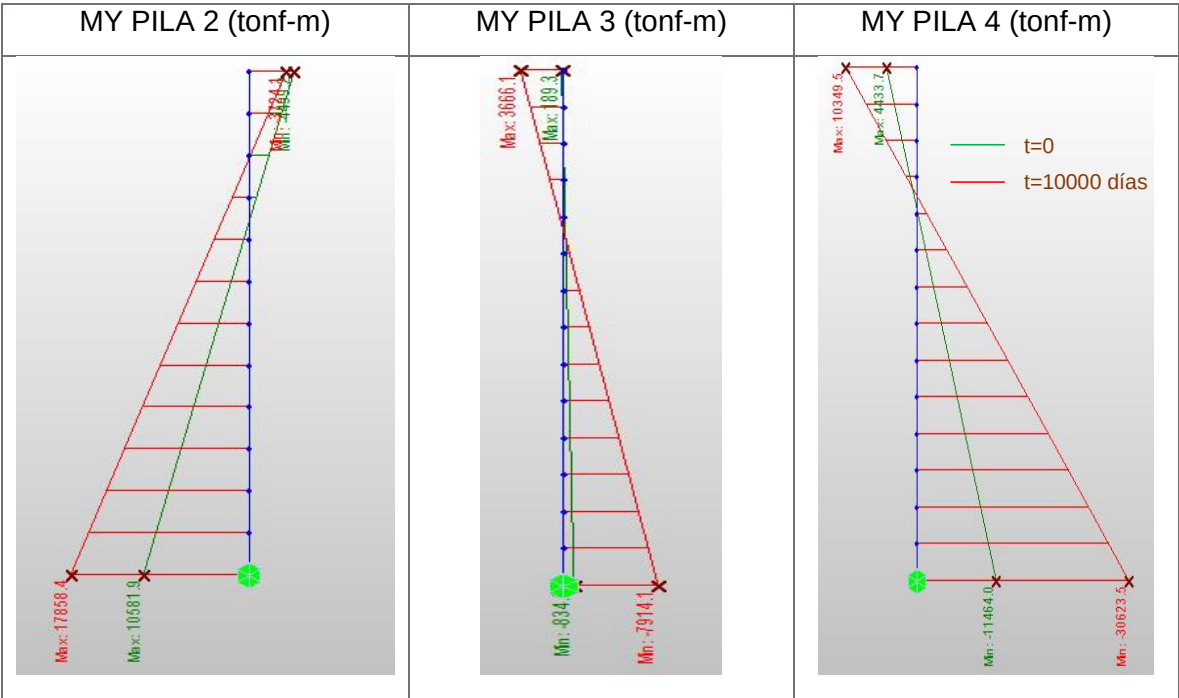
En cuanto a las fuerzas internas de las pilas, durante la etapa constructiva se desarrollan principalmente fuerzas axiales que aumentan gradualmente a medida que se avanza en la construcción de los voladizos (ver figura 66). Solo hasta el momento del cierre del puente, cuando la estructura se vuelve hiperestática, se generan momentos longitudinales producto de la redistribución de esfuerzos cuando el tablero se vuelve continuo.

Figura 66. Gráfica evolutiva fuerza axial en las pilas



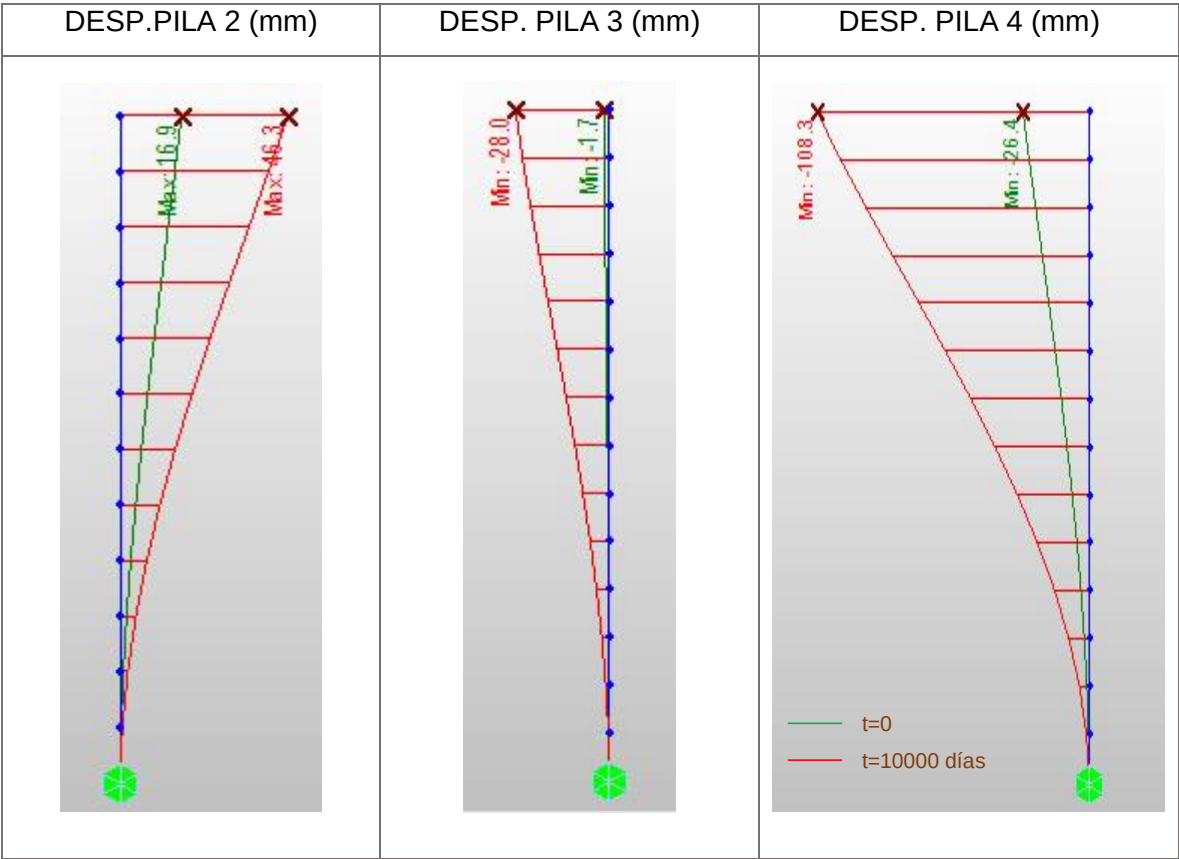
También se presenta la variación en el tiempo del momento flector y los desplazamientos longitudinales en las pilas por la acción de las cargas permanentes y las pérdidas diferidas en el tiempo entre $t=0$ (cierre del puente) y $t=10000$ días. Se puede apreciar una variación considerable de los momentos flectores y los desplazamientos, especialmente en las pilas 2 y 4 (ver figuras 67 y 68).

Figura 67. Variación en el tiempo del momento longitudinal de las pilas bajo cargas permanentes



Unidades: tonf-m

Figura 68. Variación en el tiempo de los desplazamientos longitudinales de las pilas bajo cargas permanentes



4. VULNERABILIDAD SÍSMICA DURANTE CONSTRUCCIÓN

La construcción segmentalizada de la superestructura ofrece ventajas en cuanto a la versatilidad y rapidez de ejecución. Sin embargo, durante esta fase, el puente se encuentra en un estado de vulnerabilidad considerable debido a la falta de redundancia estructural. En este sentido, acciones accidentales durante construcción pueden verse magnificadas, dado el grado de exposición en que se encuentra la estructura hasta antes del cierre. Entre los múltiples riesgos durante la construcción segmentalizada se encuentran las cargas de viento, caídas accidentales del carro de avance y volcamiento de una sección, los cuales han sido bastante estudiados. Sin embargo, dentro de ese grupo de acciones accidentales durante construcción se encuentra la acción sísmica, de la cual no se tiene la suficiente claridad y se observan diferencias en los criterios adoptados por las diversas normativas, relevando el diseño para el estado en que el puente se encuentra en servicio.

No obstante, existe la posibilidad de que ocurran eventos sísmicos de menor magnitud que el sismo de diseño pero de mayor probabilidad de excedencia en el periodo de construcción que generen fuerzas internas iguales o superiores a las halladas para el puente en servicio debido a la gran vulnerabilidad en la que se encuentra la estructura.

El grado de vulnerabilidad de un puente atirantado durante construcción fue estudiado por (WILSON & HOLMES, 2007). Se analizó la respuesta sísmica del puente durante la etapa constructiva, encontrando que las fuerzas en la base de los pilares pueden llegar a igualarse con las halladas para el sismo de diseño (probabilidad de excedencia 0.21% anual), pero con eventos de menor magnitud con probabilidad de excedencia mayor. Lo anterior deja prever el grado de vulnerabilidad de esta tipología de puente durante construcción.

Siguiendo un enfoque similar, (BENJUMEA R & CHIO CHO, 2013) presentan el estudio del análisis de vulnerabilidad sísmica para puentes extradados durante construcción por voladizos, los cuales presentan similitudes morfológicas con los puentes atirantados pero difieren en la relación de rigideces entre el tablero y las torres. De igual manera encontraron que los puentes extradados en la etapa constructiva presentan vulnerabilidad ante eventos de menor magnitud pero de mayor probabilidad de excedencia que el sismo de diseño, llegando a la conclusión de que los cables extradados y las torres eran los elementos de mayor vulnerabilidad durante construcción.

En el presente capítulo se realiza un análisis dinámico lineal por el método modal espectral para estudiar la respuesta estructural del puente para el sismo de diseño en la fase de servicio (etapa 44) y para etapas intermedias durante construcción, tomando la matriz de rigidez y los estados de esfuerzos de cada etapa en curso, con el propósito de determinar las etapas constructivas y los elementos estructurales que son más vulnerables ante acciones sísmicas durante construcción

4.1 RESPUESTA SÍSMICA EN LA ETAPA DE SERVICIO

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis realizado a la estructura sometida a las cargas permanentes y al sismo de diseño para la última etapa definida en el proceso constructivo (etapa 44), donde el puente se encuentra terminado y han ocurrido todas las pérdidas.

4.1.1 Propiedades dinámicas del puente en estado de servicio

Se llevó a cabo un análisis tipo Eigen Vectors (valores propios) tomando 100 modos de vibración, con un coeficiente de amortiguamiento del 5% y combinación modal SRSS, (ver participación modal en tabla 17).

El modo fundamental en la dirección X corresponde a un desplazamiento general de la estructura en la dirección longitudinal (ver figura 69). El modo fundamental en la dirección Y corresponde a un desplazamiento del tablero en el sentido transversal principalmente en los voladizos 2 y 3 (ver figura 70). Finalmente, el modo fundamental en la dirección Z presenta un desplazamiento del tablero en el sentido vertical principalmente en los vanos centrales (voladizos 2-3 y 4-5), (ver figura 71). Lo anterior se encuentra en el anexo E – Respuesta modal de la estructura en servicio.

Tabla 17. Porcentaje de participación de masa para 100 modos – estructura en estado de servicio

Ux	Uy	Uz
98.39%	95.88%	92.43%

Figura 69. Modo fundamental dirección X en estado de servicio

Ux (modo 3). T=1.467 seg. %masa (74.96%)

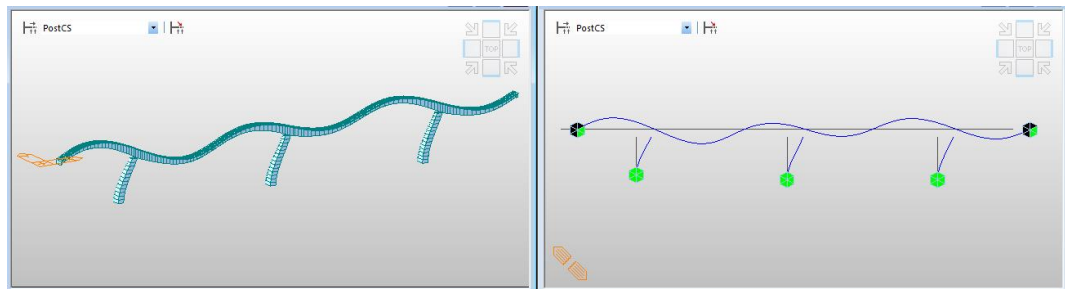


Figura 70. Modo fundamental dirección Y en estado de servicio

Uy (modo 2). T=1.827 seg. %masa (46.36%)

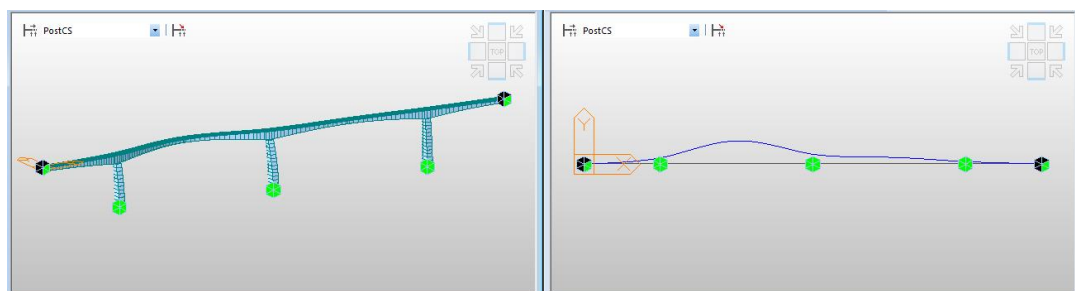
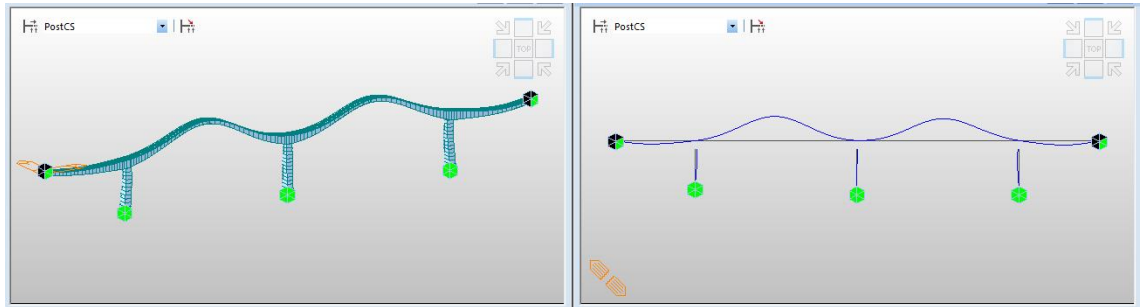


Figura 71. Modo fundamental dirección Z en estado de servicio

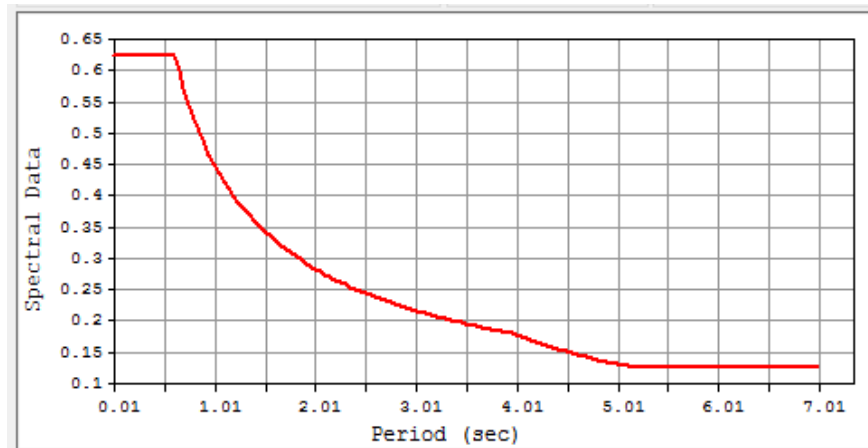
Uz (modo 6). T=1.051 seg. %masa (19.85%)



4.1.2 Acción sísmica

La acción sísmica se ha definido por medio del espectro de aceleración definido en el (AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1995) para una región tipo 6, con coeficiente de aceleración $A = 0.25$ y coeficiente de sitio $S=1.5$.

Figura 72. Espectro de diseño



4.1.3 Comportamiento del tablero en estado de servicio

Para el tablero se analizaron las deflexiones y las fuerzas internas de los elementos (momento flector, fuerzas cortantes y axiales) en el sentido longitudinal desarrolladas por las cargas permanentes (D) y la acción sísmica (EQ). (Ver figuras

73 a 76). Se encontró que la carga sísmica incide de manera significativa en los momentos flectores en el tablero principalmente en la zona de apoyos. Para las demás fuerzas internas en el tablero (fuerza cortante y axial) no se observa una afectación significativa en el diagrama de fuerzas.

Figura 73. Deflexión del tablero en estado de servicio

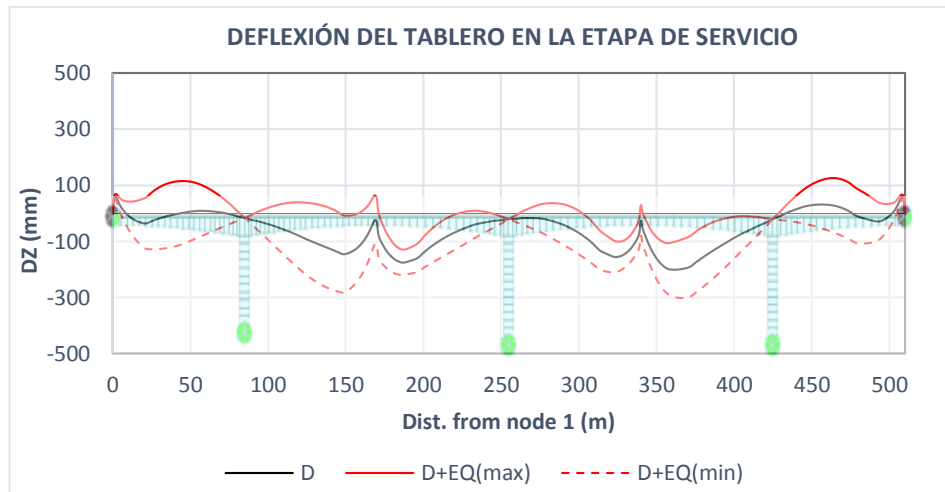


Figura 74. Momento flector en el tablero en estado de servicio

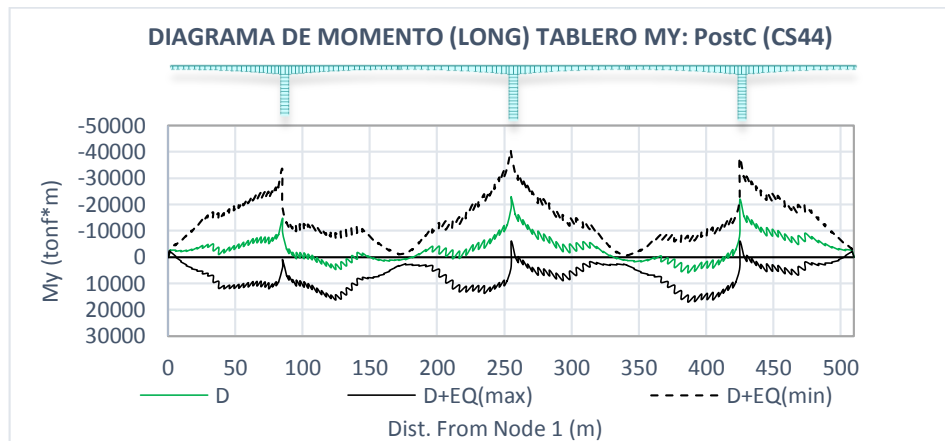


Figura 75. Fuerza cortante en el tablero en estado de servicio

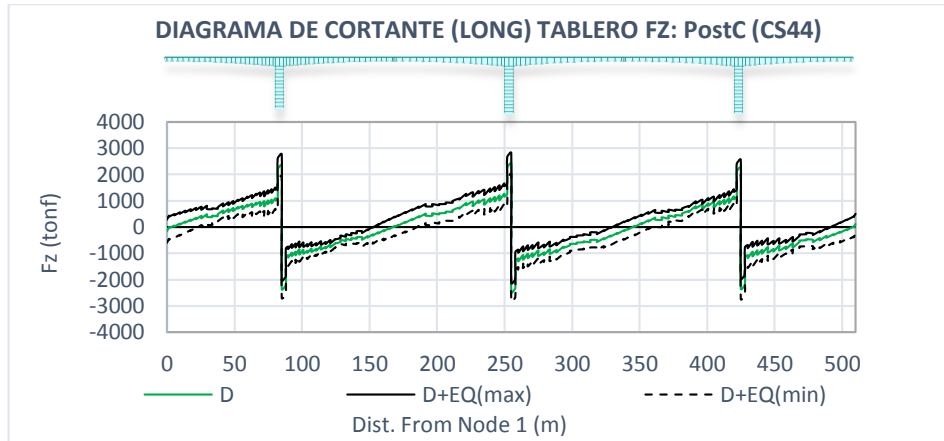
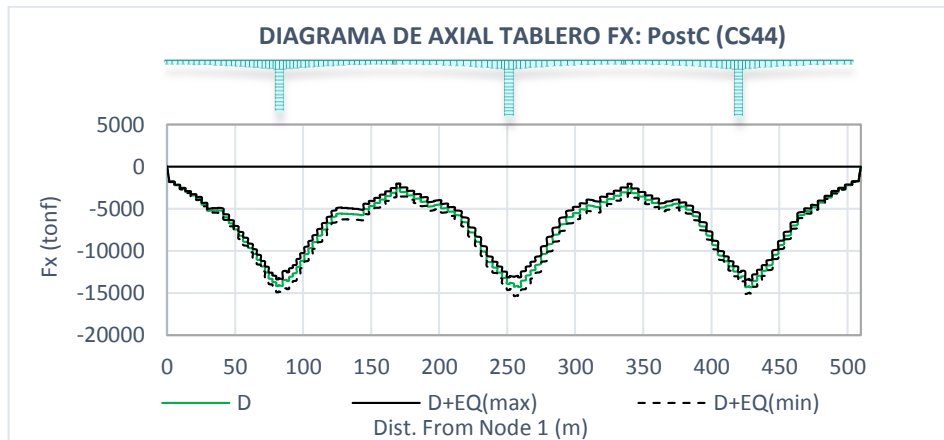


Figura 76. Fuerza axial en el tablero en estado de servicio



4.1.4 Comportamiento de las pilas en estado de servicio

En los pilares se evaluaron los desplazamientos y las fuerzas internas producidas por las cargas permanentes (D) y la carga sísmica (EQ) en las direcciones longitudinal y transversal. Vale la pena resaltar que la pila 2 tiene una menor longitud (42m) en comparación a las pilas 3 y 4 (47m), además de la variación en las dimensiones de la sección (ver capítulo 3.2.2). De igual manera se debe tener en consideración que los estados de esfuerzos para las tres pilas en estado de servicio

difieren entre ellas debido a que se adoptó el estado de deformación y matriz de rigidez de la última etapa constructiva para realizar el análisis.

En general se observó, que en el sentido transversal, la pila 3 presentó los mayores desplazamientos, momentos flectores y fuerzas cortantes. Por otra parte, los resultados obtenidos en el sentido longitudinal estuvieron influenciados considerablemente por la configuración de esfuerzos y deformaciones al final del proceso constructivo y por la acción de las cargas permanentes.

De las gráficas de deflexiones (figuras 77 a 79) se puede observar que la pila 4 presenta la mayor deriva en el sentido longitudinal debido a la deflexión inicial causada por las cargas permanentes, y en el sentido transversal la pila 3 desarrolla los mayores desplazamientos. En cuanto a los momentos flectores y fuerzas cortantes en el sentido longitudinal se puede apreciar la incidencia de las cargas permanentes en la respuesta final para las tres pilas. En el sentido transversal se presenta el mayor momento flector y fuerza cortante en la base para la pila 3 (ver figuras 80 a 82). Cabe resaltar que se obtuvo un cortante significativamente menor para la pila 4 en comparación con las otras dos pilas (ver figuras 83 a 85).

Figura 77. Deflexión en la pila 2 – estado de servicio

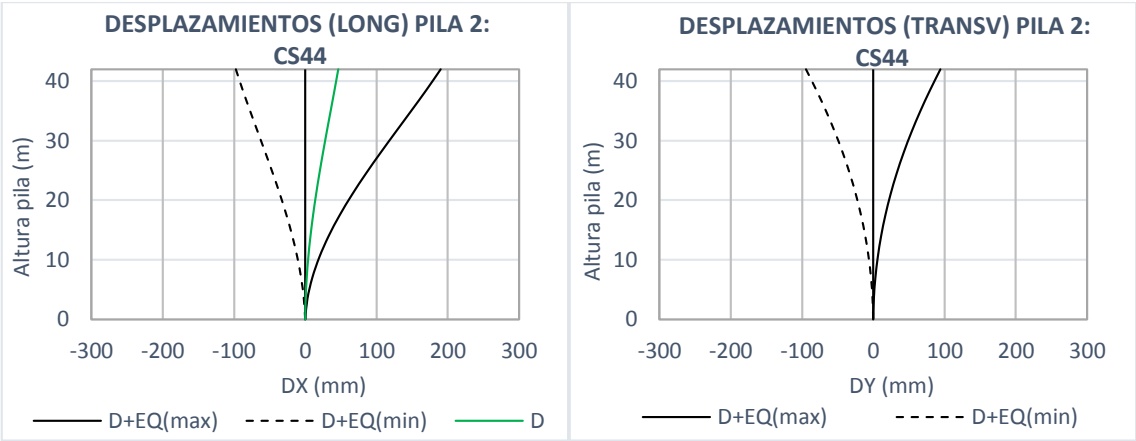


Figura 78. Deflexión en la pila 3 – estado de servicio

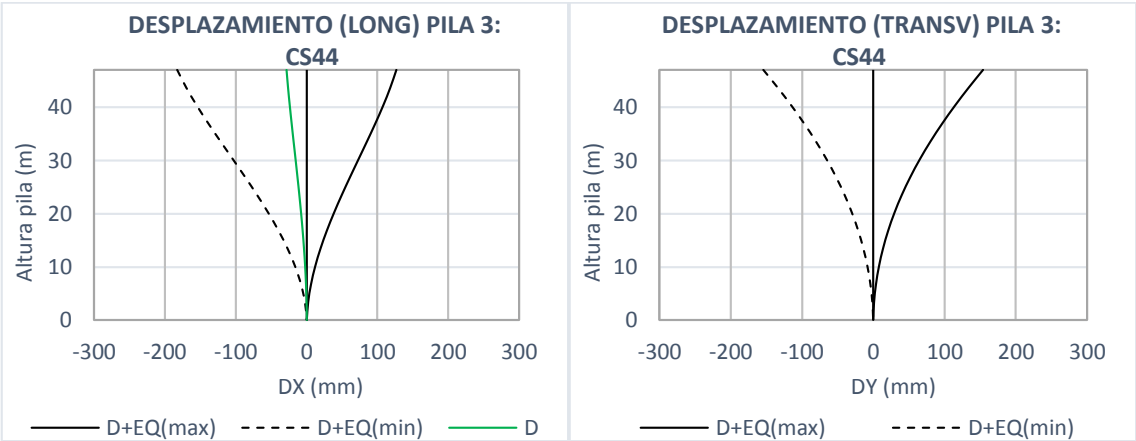


Figura 79. Deflexión en la pila 4 – estado de servicio

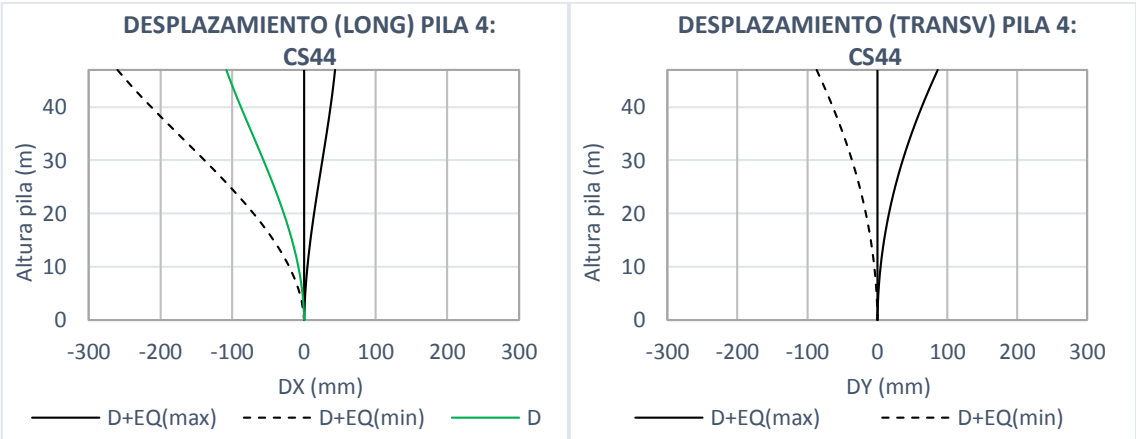


Figura 80. Momento flector en pila 2 – estado de servicio

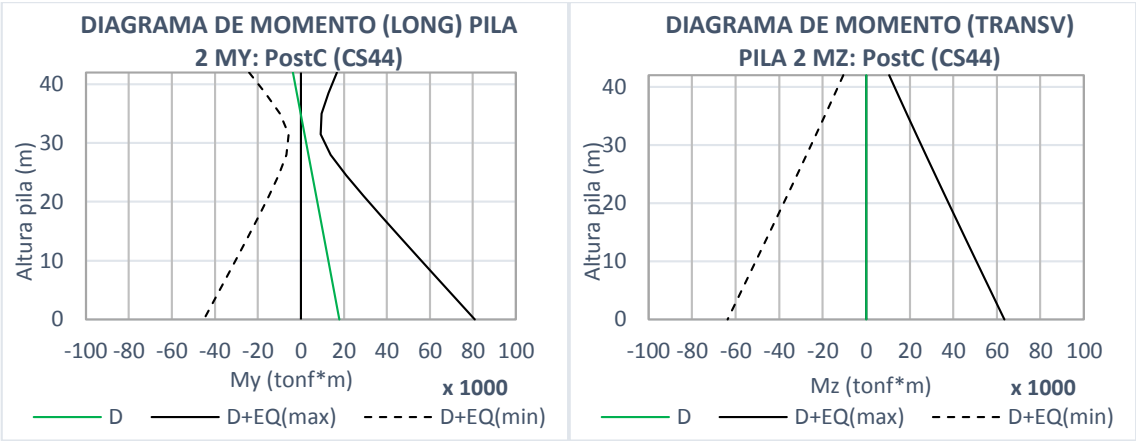


Figura 81. Momento flector en pila 3 – estado de servicio

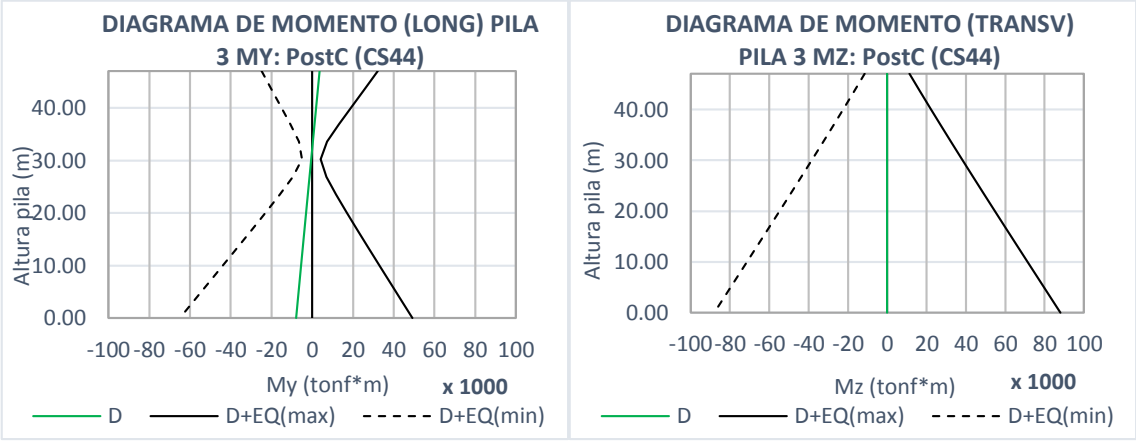


Figura 82. Momento flector en pila 4 – estado de servicio

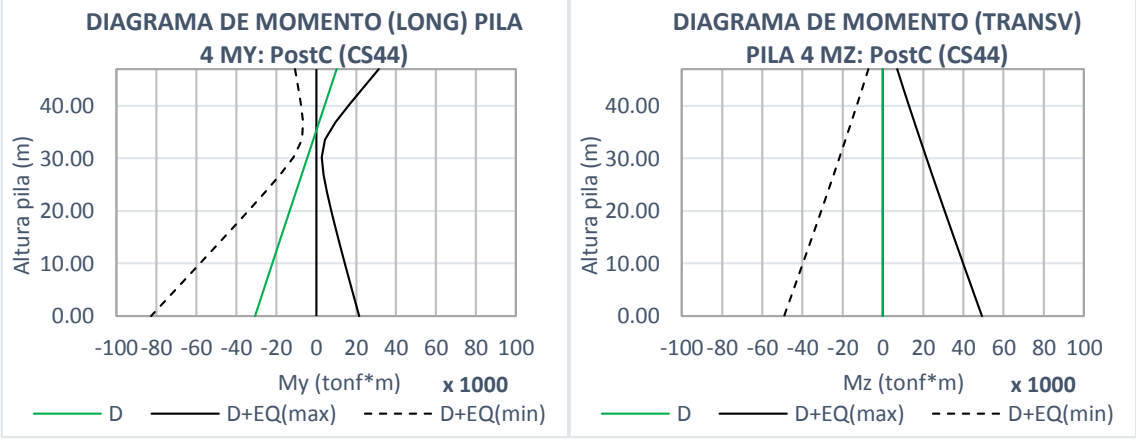


Figura 83. Fuerza cortante en pila 2 – estado de servicio

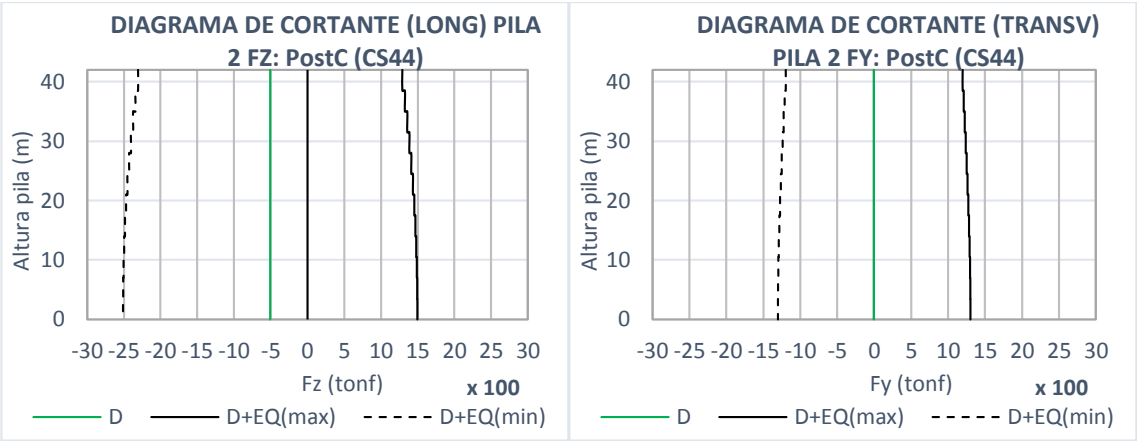


Figura 84. Fuerza cortante en pila 3 – estado de servicio

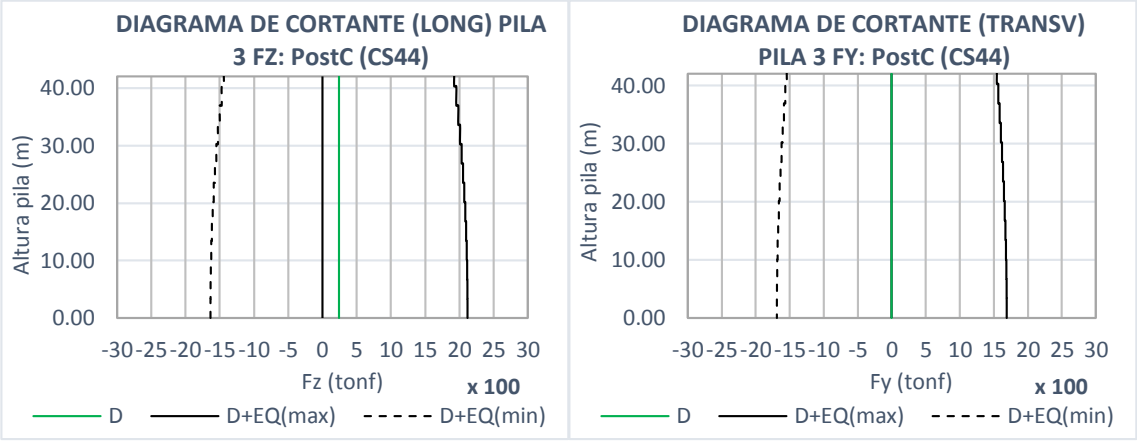


Figura 85. Fuerza cortante en pila 4 – estado de servicio

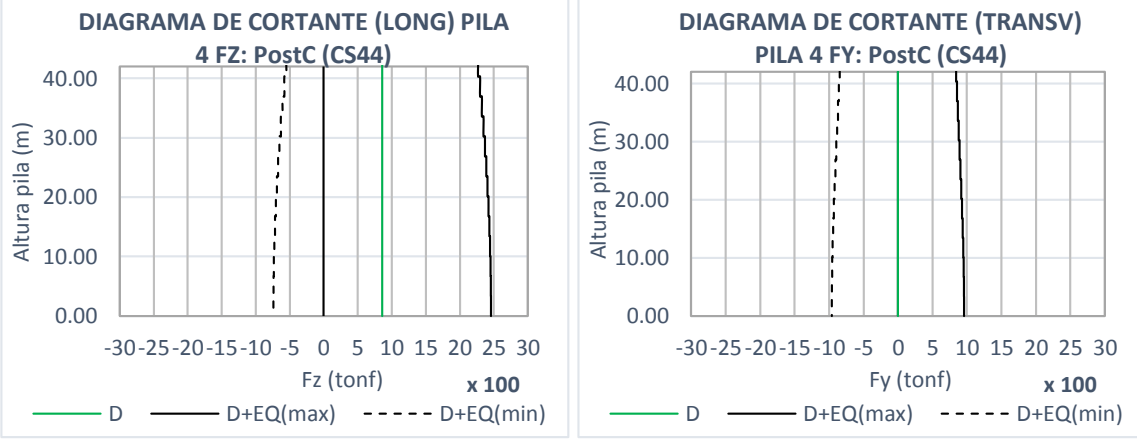


Figura 86. Fuerza axial en pila 2 – estado de servicio

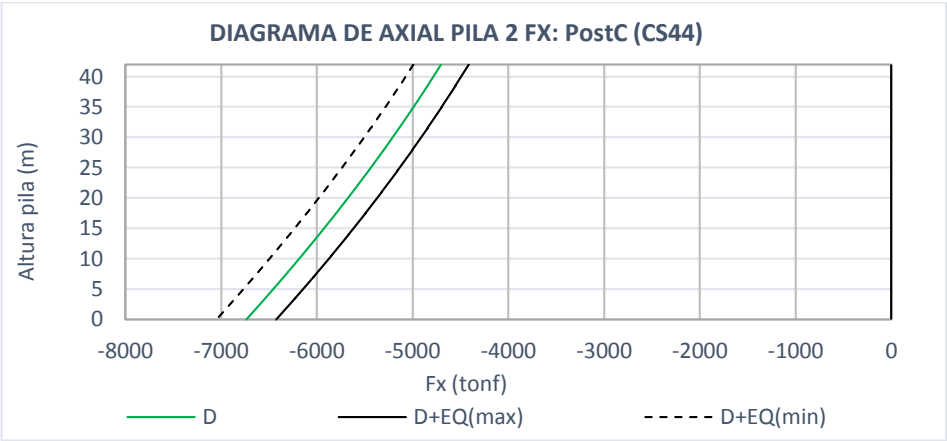


Figura 87. Fuerza axial en pila 3 – estado de servicio

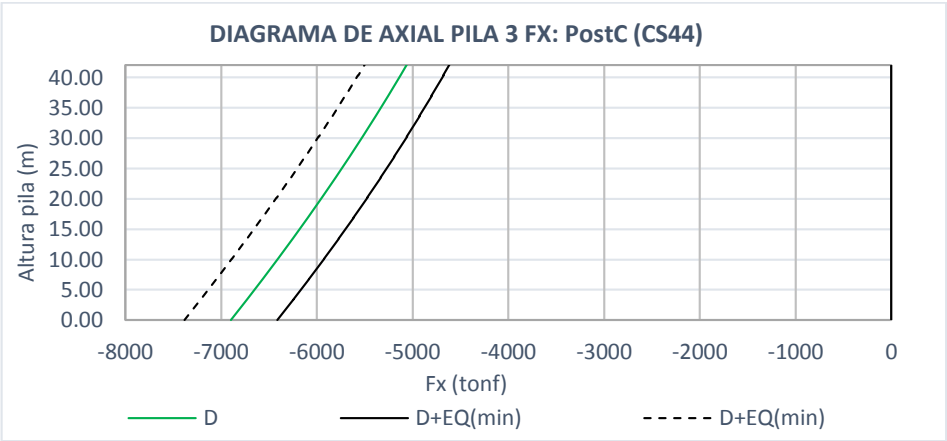
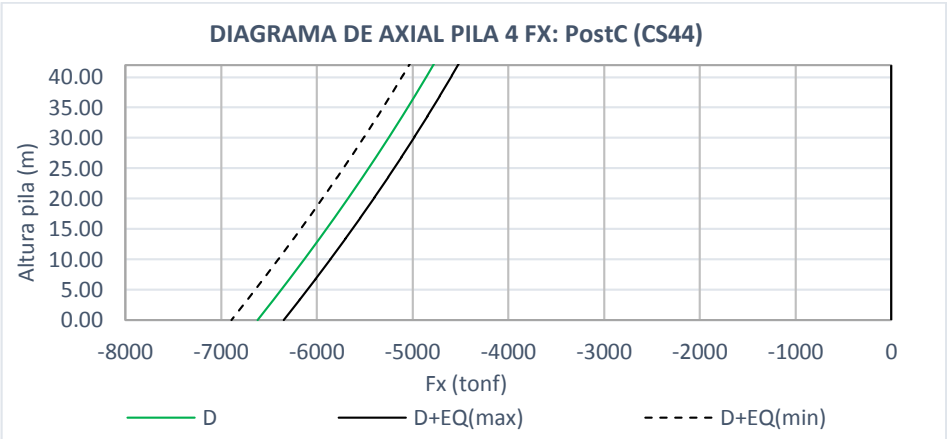


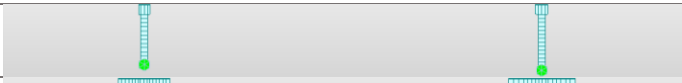
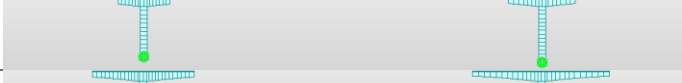
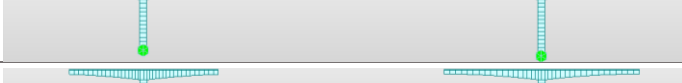
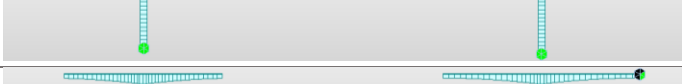
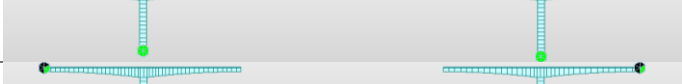
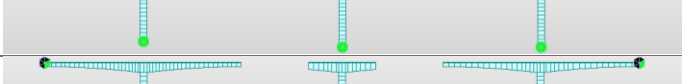
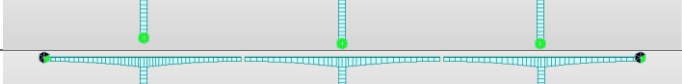
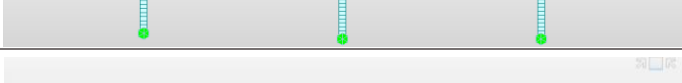
Figura 88. Fuerza axial en pila 4 – estado de servicio



4.2 RESPUESTA SÍSMICA DURANTE CONSTRUCCIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis realizado durante las etapas constructivas más relevantes de acuerdo con la secuencia de construcción definida en el capítulo 3.5 (ver tabla 18). Para cada caso en estudio se tomó la matriz de rigidez y el estado de deformaciones de la etapa en curso y se aplicó la carga sísmica de diseño.

Tabla 18. Etapas constructivas consideradas para el análisis sísmico

ETAPA	EN PILA 2	EN PILA 3	EN PILA 4	ESQUEMA
CS1	Dovela 0 (Dovela apoyo)	-	Dovela 40 (dovela apoyo)	
CS7	Dovela 6	-	Dovela 46	
CS13	Dovela 12	-	Dovela 52	
CS18	Dovela 17	-	Dovela 57 (máxima long voladizo)	
CS19	Dovela 18	-	Dovela 59 (cierre lateral)	
CS23	Dovela 22 (máxima long voladizo)	-	-	
CS24	Dovela 24 (cierre lateral)	-	-	
CS25	-	Dovela 40 (dovela apoyo)	-	
CS31	-	Dovela 46	-	
CS37	-	Dovela 52	-	
CS42	-	Dovela 57 (máxima long voladizo)	-	
CS43	Cierre de la estructura (t=0)	Dovela 58 (cierre estructura t=0)	Cierre de la estructura (t=0)	
CS44	Estado servicio (t=10000 días)	Estado servicio (t=10000 días)	Estado servicio (t=10000 días)	

4.2.1 Propiedades dinámicas durante construcción

Se llevó a cabo un análisis tipo Eigen Vectors (valores propios) tomando 100 modos de vibración y un amortiguamiento del 5%, bajo el tipo de combinación modal SRSS. Se verificó que el porcentaje de participación de masa en las tres direcciones (Ux, Uy, Uz) fuera superior al 90% de la masa existente en cada etapa analizada (ver tabla 19), considerando también la masa adicional que introduce los carros de avance.

Tabla 19. Porcentaje de participación de masa para las etapas constructivas

ETAPA	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE MASA PARA 100 MODOS		
	%MASA UX	%MASA UY	%MASA UZ
CS1	100.00%	100.00%	99.94%
CS7	99.98%	99.56%	97.97%
CS13	99.54%	99.02%	97.03%
CS18	99.27%	98.58%	96.32%
CS19	99.28%	97.93%	95.93%
CS23	99.31%	97.97%	95.72%
CS24	99.32%	97.39%	95.21%
CS25	98.75%	96.66%	93.65%
CS31	98.48%	96.60%	93.60%
CS37	98.53%	96.37%	92.49%
CS42	98.26%	95.48%	92.05%
CS43	98.54%	96.07%	92.39%
CS44	98.39%	95.88%	92.43%

En las figuras 89 y 90 se presentan los periodos y la forma de vibración para los dos primeros modos en el sentido longitudinal, los cuales representan entre el 80 y el 85% de la participación modal en dicha dirección (ver tabla 20). Se puede apreciar que, para las primeras etapas constructivas, el modo fundamental consiste en una deflexión de curvatura simple en las pilas sin deflexión del tablero; y para el segundo modo, una deflexión de curvatura doble en las pilas y una deflexión asimétrica del tablero. Para las etapas intermedias y finales se invierte esta relación ya que el tablero comienza a tener mayor proporción en la masa total de la estructura.

Figura 89. Modos principales longitudinales durante construcción – pila 2

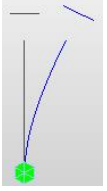
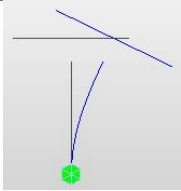
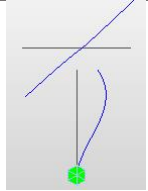
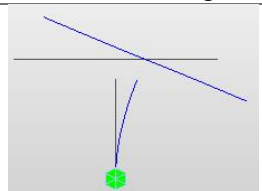
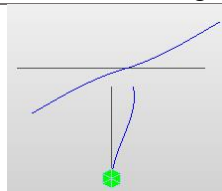
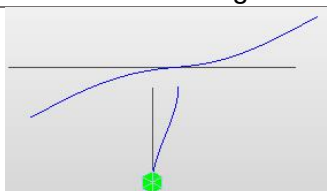
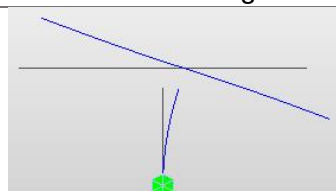
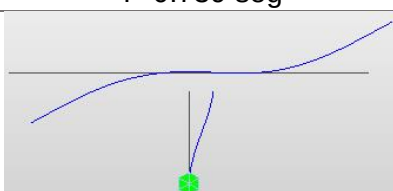
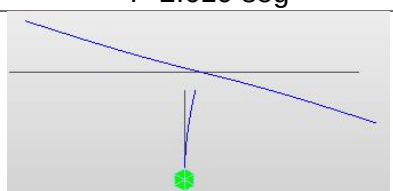
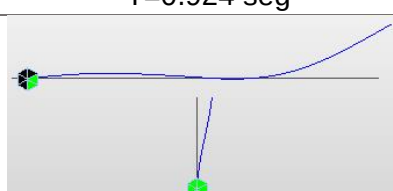
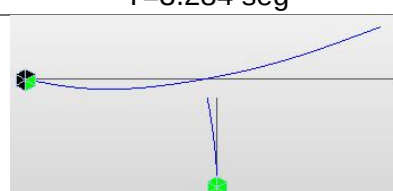
ETAPA	ESQUEMA PILA 2	
	MODO FUNDAMENTAL	SEGUNDO MODO
CS1	 T=0.770 seg	 T=0.156 seg
CS7	 T=1.346 seg	 T=0.277 seg
CS13	 T=1.970 seg	 T=0.522 seg
CS18	 T=0.739 seg	 T=2.619 seg
CS23	 T=0.924 seg	 T=3.284 seg
CS24	 T=0.981 seg	 T=1.998 seg

Figura 90. Modos principales longitudinales durante construcción – pila 3 y 4

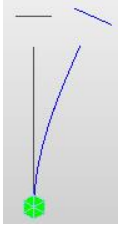
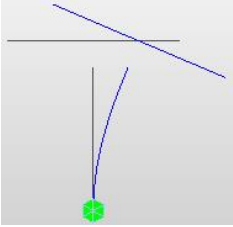
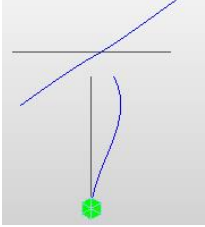
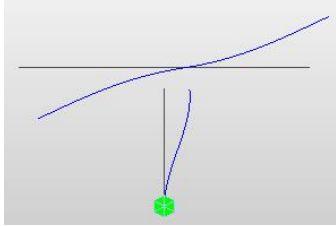
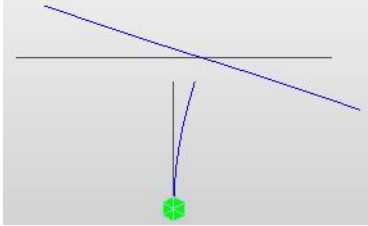
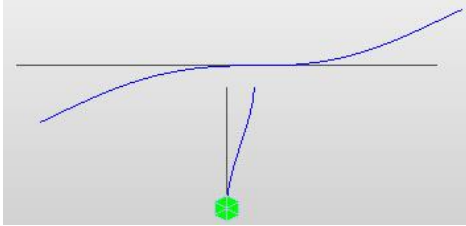
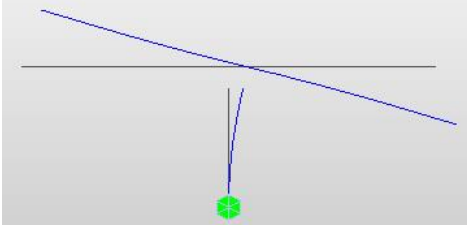
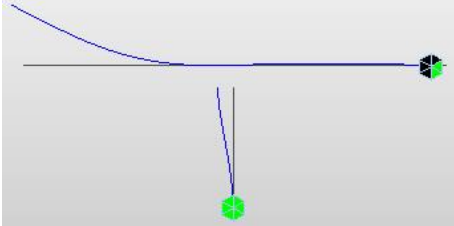
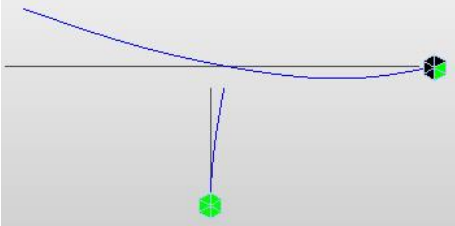
ETAPA	ESQUEMA PILA 3 Y 4	
	MODO FUNDAMENTAL	SEGUNDO MODO
CS1/CS25	 T=0.958 seg	 T=0.183 seg
CS7/CS31	 T=1.814 seg	 T=0.392 seg
CS13/CS37	 T=0.778 seg	 T=2.830 seg
CS18/CS42	 T=1.052 seg	 T=3.744 seg
CS19	 T=1.088 seg	 T=2.168 seg

Tabla 20. Propiedades de los dos modos principales longitudinales durante construcción

ETAPA		PILA 2		PILA 3		PILA 4		%ΣMASA
		T1	T2	T1	T2	T1	T2	
CS 1	Modo	2	6			1	5	82.570
	T (seg)	0.770	0.156			0.958	0.183	
	%m	28.960	12.360			29.44	11.81	
CS 7	Modo	2	8			1	7	82.930
	T (seg)	1.346	0.277			1.814	0.392	
	%m	29.490	10.180			31.64	11.62	
CS 13	Modo	3	9			7	1	84.880
	T (seg)	1.970	0.522			0.778	2.83	
	%m	23.050	16.890			23.05	21.89	
CS 18	Modo	10	3			8	1	84.830
	T (seg)	0.739	2.619			1.052	3.744	
	%m	24.300	16.360			29.65	14.52	
CS 19	Modo	9	1			6	4	83.460
	T (seg)	0.781	2.763			1.088	2.168	
	%m	25.550	15.170			23.15	19.59	
CS 23	Modo	9	1			7	4	82.770
	T (seg)	0.924	3.284			1.088	2.164	
	%m	29.580	12.000			22.32	18.87	
CS 24	Modo	7	4			5	3	80.840
	T (seg)	0.981	1.998			1.088	2.164	
	%m	24.880	15.160			22.11	18.69	
CS 25	Modo	7	4	9	19	5	3	81.060
	T (seg)	0.981	1.995	0.958	0.183	1.088	2.164	
	%m	20.920	12.720	9.4	3.77	18.56	15.69	
CS 31	Modo	9	4	5	16	7	3	81.350
	T (seg)	0.981	1.996	1.815	0.392	1.088	2.164	
	%m	18.970	11.530	14.48	5.32	16.83	14.22	
CS 37	Modo	10	6	12	1	8	5	82.140
	T (seg)	0.981	1.996	0.778	2.83	1.088	2.164	
	%m	17.500	10.640	13	12.35	15.53	13.12	
CS 42	Modo	12	6	10	1	9	5	81.990
	T (seg)	0.981	1.996	1.086	3.874	1.088	2.164	
	%m	16.670	10.130	19.17	8.73	14.79	12.5	

4.2.2 Respuesta sísmica de las pilas durante construcción

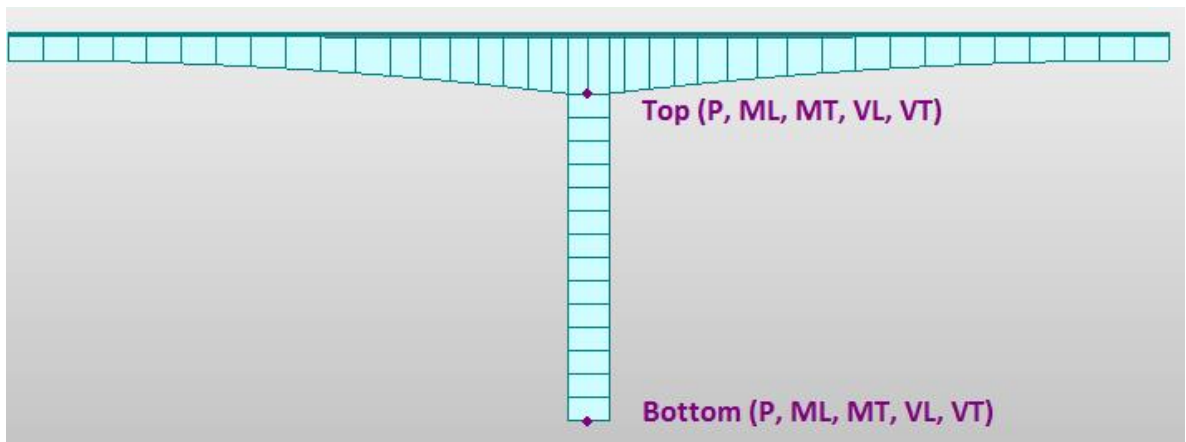
Se comparó la respuesta sísmica obtenida en cada etapa constructiva con los resultados hallados para el puente en servicio (ver figuras 92 a 100). Lo anterior se presenta de manera normalizada en las tablas 21 a 23 con base en las ecuaciones derivadas del estudio de (WILSON & HOLMES, 2007), donde los términos EQ_c y D_c indican la máxima respuesta en la etapa constructiva analizada para la carga sísmica y para cargas permanentes respectivamente. De igual manera EQ_s y D_s representan la respuesta obtenida en la etapa de servicio para la carga sísmica y permanente respectivamente.

Para carga sísmica:
$$\psi_{EQ,S} = \frac{EQ_c}{EQ_s}$$

Para carga sísmica y permanente:
$$\psi_{D+EQ,S} = \frac{D_c+EQ_c}{D_s+EQ_s}$$

Debido a que el sismo considerado durante construcción y en la etapa de servicio es el mismo, los términos $\Psi_{EQ,S}$ y $\Psi_{D+EQ,S}$ dan un indicio de los elementos y las etapas más críticas cuando su valor es mayor a la unidad. Para las pilas se estudia la carga axial, momentos flectores y fuerza cortante para las direcciones longitudinal y transversal en la base y la corona (ver figura 91).

Figura 91. Zona estudiada en las pilas durante construcción



En general, se encontraron respuestas sísmicas durante construcción superiores a la respuesta sísmica en servicio para el momento flector longitudinal en la corona de las pilas, y para el momento flector y fuerzas cortantes en el sentido transversal para las pilas 2 y 4, siendo la etapa más crítica cuando el voladizo tiene su mayor longitud.

Adicional a esto, se observó que, cuando ocurre el cierre lateral asimétrico de los vanos 1 y 6 en las etapas 24 y 19 respectivamente, se agrega un apoyo en cada vano que modifica las condiciones de contorno y el comportamiento sísmico de la estructura, lo cual induce una carga axial para las pilas 2 y 4, que llega a superar los valores desarrollados en servicio.

Por otra parte, se encontró que bajo la acción sísmica, tanto el momento flector longitudinal en la base de las pilas como la fuerza cortante en la dirección longitudinal durante construcción, no superaron los valores desarrollados en servicio, estando altamente influenciados por las cargas permanentes en la última etapa.

Lo descrito anteriormente se puede observar en las gráficas 92 a 100, donde se muestran las etapas más relevantes durante construcción: la ejecución de las dovelas de apoyo, cuando los voladizos alcanzan su máxima longitud, cuando ocurren los cierres laterales y finalmente cuando ocurre el cierre total de la estructura. Adicionalmente, en las tablas 21 a 23 se presentan los resultados normalizados para algunas etapas intermedias, lo cual permite tener una mejor comprensión del comportamiento sísmico de la estructura en la fase constructiva.

Figura 92. Momento flector durante construcción – Pila 2

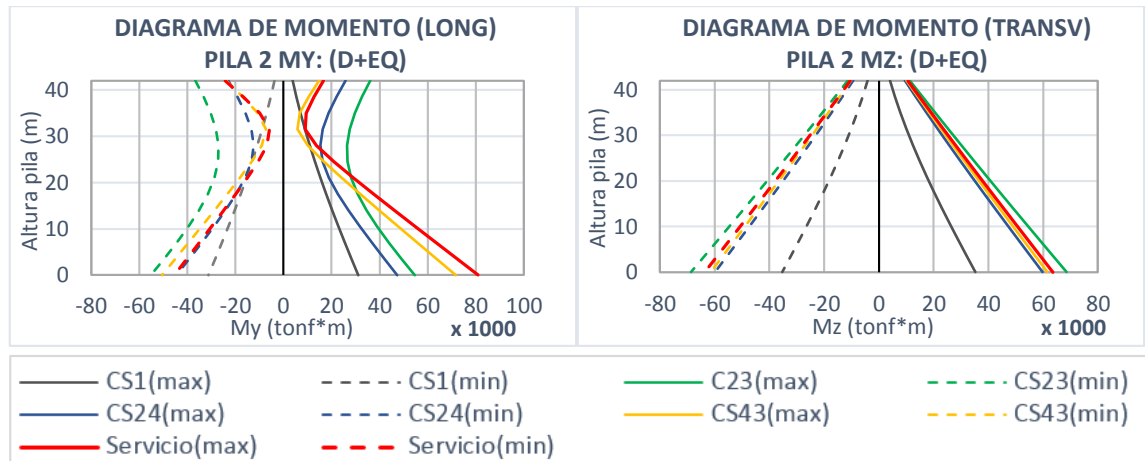


Figura 93. Fuerza cortante durante construcción – Pila 2

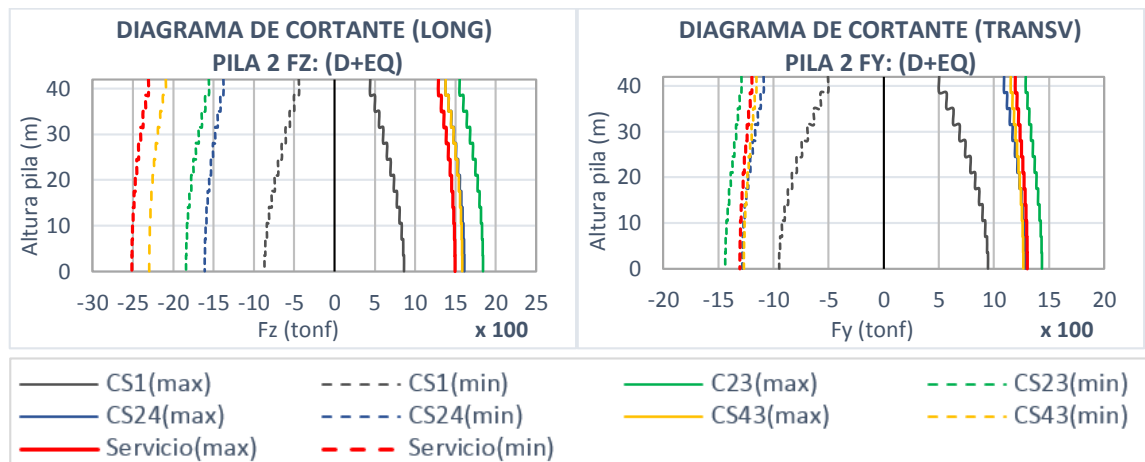


Figura 94. Fuerza axial durante construcción – Pila 2

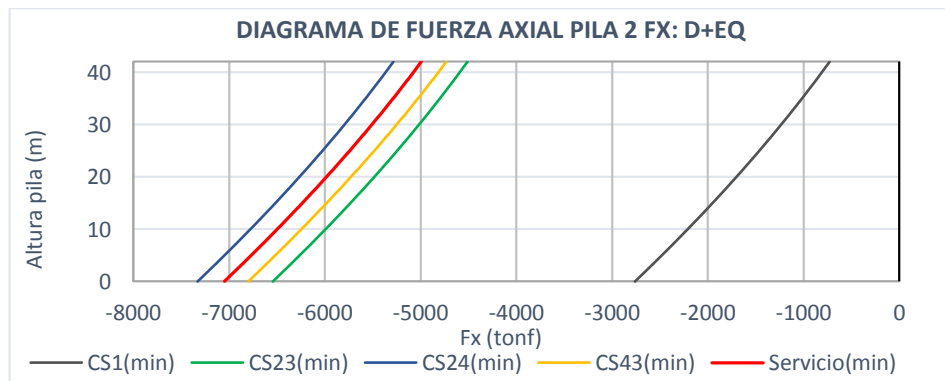


Tabla 21. Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para la pila 2

		Dovela 0 (apoyo)	Dovela 6	Dovela 12	Dovela 17	Dovela 22 (max long voladizo)	Dovela 24 (cierre lateral)	Dovela 23 (cierre central)	$t=\infty$
Ψ_{EQ}		CS1	CS7	CS13	CS18	CS23	CS24	CS43	CS44
PILA 2	P _{top} - min	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	2.76	0.96	1.00
	P _{bottom} - min	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	2.60	0.99	1.00
	ML _{top} - max	0.19	0.56	1.27	1.72	1.78	1.19	0.95	1.00
	ML _{top} - min	0.19	0.56	1.27	1.72	1.78	1.19	0.95	1.00
	ML _{bottom} - max	0.49	0.69	0.78	0.83	0.87	0.73	0.97	1.00
	ML _{bottom} - min	0.49	0.69	0.78	0.83	0.87	0.73	0.97	1.00
	MT _{top} - max	0.39	0.81	1.06	1.12	1.07	0.90	0.96	1.00
	MT _{top} - min	0.39	0.81	1.06	1.12	1.07	0.90	0.96	1.00
	MT _{bottom} - max	0.55	0.89	1.10	1.14	1.08	0.94	0.97	1.00
	MT _{bottom} - min	0.55	0.89	1.10	1.14	1.08	0.94	0.97	1.00
	VL _{top} - max	0.24	0.39	0.53	0.76	0.86	0.76	0.96	1.00
	VL _{top} - min	0.24	0.39	0.53	0.76	0.86	0.76	0.96	1.00
	VL _{bottom} - max	0.43	0.50	0.65	0.85	0.92	0.80	0.97	1.00
	VL _{bottom} - min	0.43	0.50	0.65	0.85	0.92	0.80	0.97	1.00
	VT _{top} - max	0.42	0.83	1.07	1.13	1.08	0.91	0.96	1.00
	VT _{top} - min	0.42	0.83	1.07	1.13	1.08	0.91	0.96	1.00
	VT _{bottom} - max	0.73	0.97	1.14	1.15	1.10	0.98	0.97	1.00
	VT _{bottom} - min	0.73	0.97	1.14	1.15	1.10	0.98	0.97	1.00

		Dovela 0 (apoyo)	Dovela 6	Dovela 12	Dovela 17	Dovela 22 (max long voladizo)	Dovela 24 (cierre lateral)	Dovela 23 (cierre central)	$t=\infty$
Ψ_{D+EQ}		CS1	CS7	CS13	CS18	CS23	CS24	CS43	CS44
PILA 2	P _{top} - min	0.15	0.40	0.63	0.80	0.90	1.06	0.95	1.00
	P _{bottom} - min	0.39	0.57	0.74	0.86	0.93	1.04	0.96	1.00
	ML _{top} - max	0.23	0.69	1.55	2.10	2.16	1.55	0.89	1.00
	ML _{top} - min	0.16	0.48	1.08	1.46	1.52	0.95	0.99	1.00
	ML _{bottom} - max	0.39	0.54	0.60	0.65	0.67	0.59	0.88	1.00
	ML _{bottom} - min	0.69	0.96	1.08	1.17	1.22	0.98	1.12	1.00
	MT _{top} - max	0.39	0.81	1.06	1.12	1.07	0.90	0.96	1.00
	MT _{top} - min	0.39	0.81	1.06	1.12	1.07	0.90	0.96	1.00
	MT _{bottom} - max	0.55	0.89	1.10	1.14	1.08	0.94	0.97	1.00
	MT _{bottom} - min	0.55	0.89	1.10	1.14	1.08	0.94	0.97	1.00
	VL _{top} - max	0.34	0.55	0.74	1.05	1.20	1.07	1.06	1.00
	VL _{top} - min	0.19	0.31	0.42	0.59	0.67	0.60	0.91	1.00
	VL _{bottom} - max	0.58	0.67	0.88	1.13	1.23	1.08	1.06	1.00
	VL _{bottom} - min	0.34	0.40	0.52	0.68	0.73	0.64	0.91	1.00
	VT _{top} - max	0.42	0.83	1.07	1.13	1.08	0.91	0.96	1.00
	VT _{top} - min	0.42	0.83	1.07	1.13	1.08	0.91	0.96	1.00
	VT _{bottom} - max	0.73	0.97	1.14	1.15	1.10	0.98	0.97	1.00
	VT _{bottom} - min	0.73	0.97	1.14	1.15	1.10	0.98	0.97	1.00

Convenciones:

	Respuesta sísmica durante construcción menor a la respuesta sísmica en servicio
	Respuesta sísmica durante construcción mayor a la respuesta sísmica en servicio. Acción sísmica relevante
	Respuesta durante construcción mayor a la respuesta en servicio debido a las cargas permanentes. Carga muerta durante construcción relevante

Figura 95. Momento flector durante construcción – Pila 3

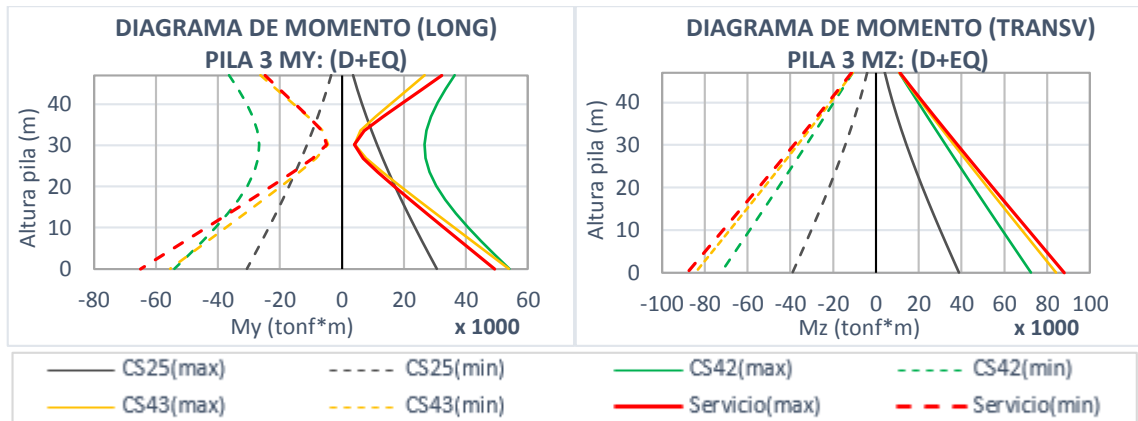


Figura 96. Fuerza cortante durante construcción – Pila 3

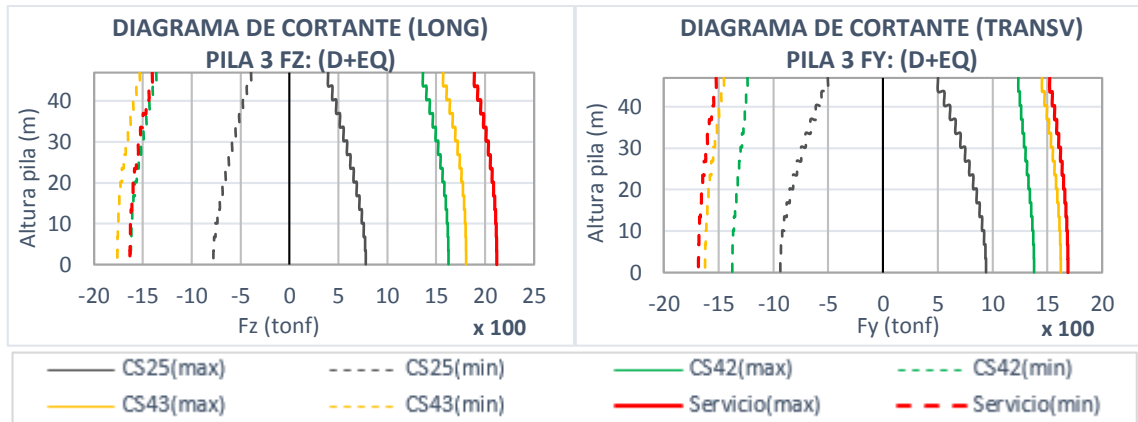


Figura 97. Fuerza axial durante construcción – Pila 3

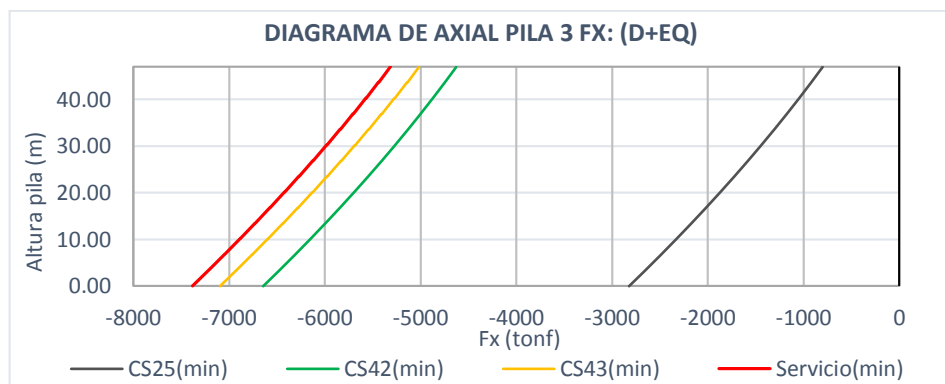


Tabla 22. Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para la pila 3

		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 58 (cierre central)	$t = \infty$
Ψ_{EQ}		CS25	CS31	CS37	CS42	CS43	CS44
PILA 3	$P_{top - min}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	1.00
	$P_{bottom - min}$	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
	$ML_{top - max}$	0.12	0.50	1.12	1.28	0.93	1.00
	$ML_{top - min}$	0.12	0.50	1.12	1.28	0.93	1.00
	$ML_{bottom - max}$	0.54	0.78	0.89	0.95	0.96	1.00
	$ML_{bottom - min}$	0.54	0.78	0.89	0.95	0.96	1.00
	$MT_{top - max}$	0.37	0.76	0.97	0.95	0.95	1.00
	$MT_{top - min}$	0.37	0.76	0.97	0.95	0.95	1.00
	$MT_{bottom - max}$	0.44	0.70	0.85	0.82	0.96	1.00
	$MT_{bottom - min}$	0.44	0.70	0.85	0.82	0.96	1.00
	$VL_{top - max}$	0.24	0.41	0.65	0.83	0.94	1.00
	$VL_{top - min}$	0.24	0.41	0.65	0.83	0.94	1.00
	$VL_{bottom - max}$	0.41	0.51	0.74	0.87	0.95	1.00
	$VL_{bottom - min}$	0.41	0.51	0.74	0.87	0.95	1.00
	$VT_{top - max}$	0.33	0.65	0.83	0.81	0.95	1.00
	$VT_{top - min}$	0.33	0.65	0.83	0.81	0.95	1.00
	$VT_{bottom - max}$	0.56	0.73	0.85	0.82	0.96	1.00
	$VT_{bottom - min}$	0.56	0.73	0.85	0.82	0.96	1.00

		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 58 (cierre central)	$t = \infty$
Ψ_{D+EQ}		CS25	CS31	CS37	CS42	CS43	CS44
PILA 3	$P_{top - min}$	0.15	0.45	0.71	0.87	0.94	1.00
	$P_{bottom - min}$	0.38	0.60	0.78	0.90	0.96	1.00
	$ML_{top - max}$	0.11	0.44	0.99	1.13	0.83	1.00
	$ML_{top - min}$	0.14	0.57	1.28	1.46	1.06	1.00
	$ML_{bottom - max}$	0.62	0.91	1.03	1.10	1.09	1.00
	$ML_{bottom - min}$	0.47	0.69	0.78	0.83	0.85	1.00
	$MT_{top - max}$	0.37	0.76	0.97	0.95	0.95	1.00
	$MT_{top - min}$	0.37	0.76	0.97	0.95	0.95	1.00
	$MT_{bottom - max}$	0.44	0.70	0.85	0.82	0.96	1.00
	$MT_{bottom - min}$	0.44	0.70	0.85	0.82	0.96	1.00
	$VL_{top - max}$	0.21	0.35	0.57	0.72	0.83	1.00
	$VL_{top - min}$	0.28	0.48	0.77	0.97	1.09	1.00
	$VL_{bottom - max}$	0.37	0.45	0.66	0.77	0.85	1.00
	$VL_{bottom - min}$	0.48	0.59	0.85	0.99	1.08	1.00
	$VT_{top - max}$	0.33	0.65	0.83	0.81	0.95	1.00
	$VT_{top - min}$	0.33	0.65	0.83	0.81	0.95	1.00
	$VT_{bottom - max}$	0.56	0.73	0.85	0.82	0.96	1.00
	$VT_{bottom - min}$	0.56	0.73	0.85	0.82	0.96	1.00

Convenciones:

	Respuesta sísmica durante construcción menor a la respuesta sísmica en servicio
	Respuesta sísmica durante construcción mayor a la respuesta sísmica en servicio. Acción sísmica relevante
	Respuesta durante construcción mayor a la respuesta en servicio debido a las cargas permanentes. Carga muerta durante construcción relevante

Figura 98. Momento flector durante construcción – Pila 4

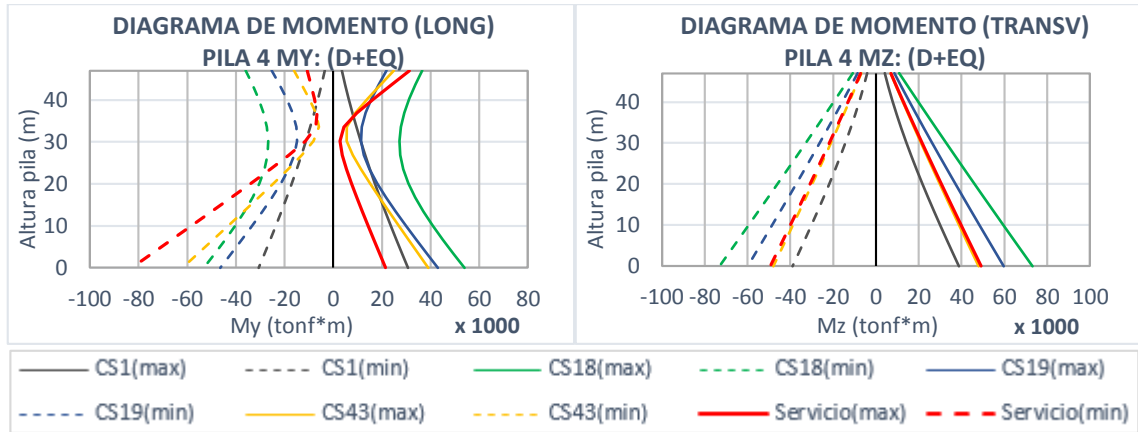


Figura 99. Fuerza cortante durante construcción – Pila 4

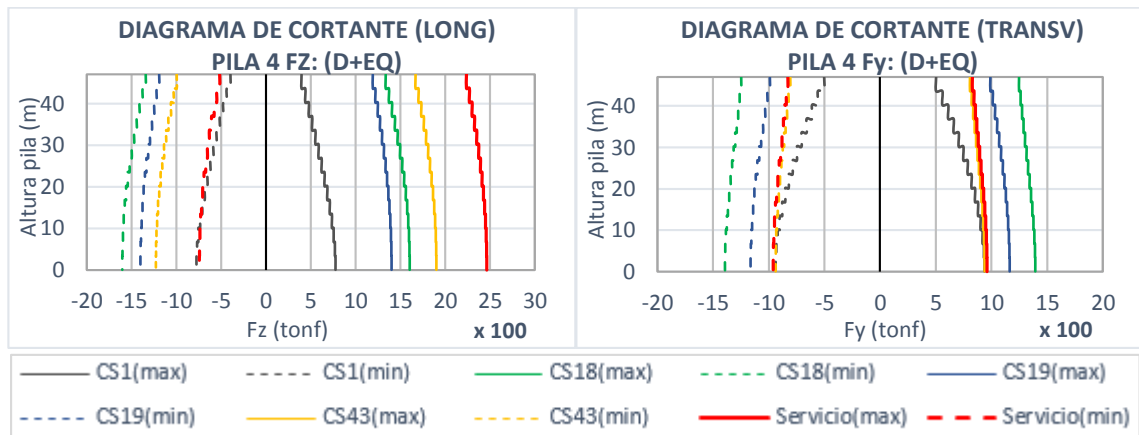


Figura 100. Fuerza axial durante construcción – Pila 4

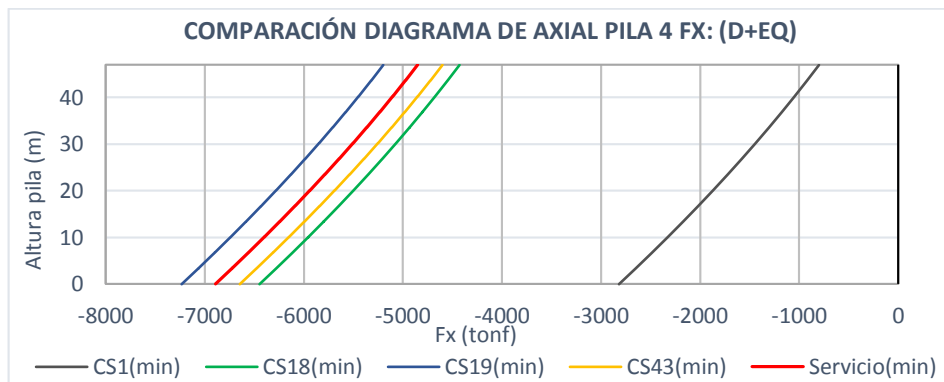


Tabla 23. Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para la pila 4

		Dovela 40 (apoyo)	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 59 (cierre lateral)	Dovela 58/23 (cierre central)	$t = \infty$
Ψ_{EQ}		CS1	CS7	CS13	CS18	CS19	CS43	CS44
PILA 4	P _{top} - min	0.00	0.00	0.00	0.02	3.12	0.90	1.00
	P _{bottom} - min	0.00	0.00	0.00	0.02	2.94	0.92	1.00
	ML _{top} - max	0.17	0.68	1.52	1.73	1.13	0.98	1.00
	ML _{top} - min	0.17	0.68	1.52	1.73	1.13	0.98	1.00
	ML _{bottom} - max	0.59	0.86	0.97	1.03	0.86	0.97	1.00
	ML _{bottom} - min	0.59	0.86	0.97	1.03	0.86	0.97	1.00
	MT _{top} - max	0.59	1.22	1.56	1.55	1.22	0.97	1.00
	MT _{top} - min	0.59	1.22	1.56	1.55	1.22	0.97	1.00
	MT _{bottom} - max	0.79	1.26	1.53	1.49	1.22	0.97	1.00
	MT _{bottom} - min	0.79	1.26	1.53	1.49	1.22	0.97	1.00
	VL _{top} - max	0.29	0.49	0.78	0.97	0.86	0.97	1.00
	VL _{top} - min	0.29	0.49	0.78	0.97	0.86	0.97	1.00
	VL _{bottom} - max	0.49	0.60	0.87	1.00	0.88	0.98	1.00
	VL _{bottom} - min	0.49	0.60	0.87	1.00	0.88	0.98	1.00
	VT _{top} - max	0.61	1.20	1.53	1.51	1.19	0.97	1.00
	VT _{top} - min	0.61	1.20	1.53	1.51	1.19	0.97	1.00
	VT _{bottom} - max	0.98	1.28	1.50	1.45	1.21	0.98	1.00
	VT _{bottom} - min	0.98	1.28	1.50	1.45	1.21	0.98	1.00

		Dovela 40 (apoyo)	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 59 (cierre lateral)	Dovela 58/23 (cierre central)	$t = \infty$
Ψ_{D+EQ}		CS1	CS7	CS13	CS18	CS19	CS43	CS44
PILA 4	P _{top} - min	0.17	0.49	0.78	0.91	1.07	0.95	1.00
	P _{bottom} - min	0.41	0.64	0.84	0.94	1.05	0.96	1.00
	ML _{top} - max	0.11	0.45	1.02	1.17	0.70	0.80	1.00
	ML _{top} - min	0.33	1.34	3.01	3.40	2.39	1.52	1.00
	ML _{bottom} - max	1.43	2.08	2.36	2.51	2.00	1.82	1.00
	ML _{bottom} - min	0.37	0.54	0.61	0.64	0.56	0.75	1.00
	MT _{top} - max	0.59	1.22	1.56	1.55	1.22	0.97	1.00
	MT _{top} - min	0.59	1.22	1.56	1.55	1.22	0.97	1.00
	MT _{bottom} - max	0.79	1.26	1.53	1.49	1.22	0.97	1.00
	MT _{bottom} - min	0.79	1.26	1.53	1.49	1.22	0.97	1.00
	VL _{top} - max	0.18	0.30	0.48	0.60	0.53	0.75	1.00
	VL _{top} - min	0.76	1.29	2.08	2.58	2.29	1.92	1.00
	VL _{bottom} - max	0.32	0.39	0.57	0.65	0.57	0.77	1.00
	VL _{bottom} - min	1.05	1.30	1.88	2.16	1.89	1.66	1.00
	VT _{top} - max	0.61	1.20	1.53	1.51	1.19	0.97	1.00
	VT _{top} - min	0.61	1.20	1.53	1.51	1.19	0.97	1.00
	VT _{bottom} - max	0.98	1.28	1.50	1.45	1.21	0.98	1.00
	VT _{bottom} - min	0.98	1.28	1.50	1.45	1.21	0.98	1.00

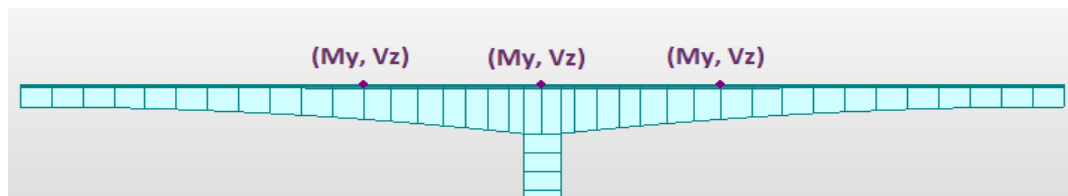
Convenciones:

	Respuesta sísmica durante construcción menor a la respuesta sísmica en servicio
	Respuesta sísmica durante construcción mayor a la respuesta sísmica en servicio. Acción sísmica relevante
	Respuesta durante construcción mayor a la respuesta en servicio debido a las cargas permanentes. Carga muerta durante construcción relevante

4.2.3 Respuesta sísmica del tablero durante construcción

De manera similar al apartado anterior, se comparó la respuesta sísmica obtenida en el tablero en cada etapa constructiva con los resultados hallados para el puente en servicio (ver figuras 102 a 104). Se verificaron los momentos flectores y las fuerzas cortantes en la zona de apoyo y a un tercio de la longitud del voladizo (ver figura 101). Los resultados se presentan de manera normalizada en las tablas 24 a 26.

Figura 101. Zonas estudiadas en el tablero durante construcción



En general, en el tablero se produjeron los efectos más desfavorables en la zona de apoyo y en los vanos centrales 2 y 5 cuando se cerró la estructura lateralmente (etapa 24 para pila 2 y etapa 19 para pila 4). Lo anterior obedece al desbalance que ocurre en la estructura al apoyar únicamente los vanos laterales quedando en voladizo los vanos centrales.

Además, de acuerdo al análisis realizado al puente en estudio en el capítulo 3, se encontró que durante construcción se generaban momentos positivos importantes (tracción fibra inferior) producto del presfuerzo superior aplicado. Sumado a lo anterior, se puede observar una respuesta sísmica en la zona de apoyo del tablero durante construcción mayor a la obtenida para el puente en servicio, lo cual vuelve más crítico el efecto de la fuerza interna analizada. Por otra parte, aunque la fuerza cortante en el apoyo por carga sísmica supera durante construcción la hallada en la etapa de servicio, los efectos producidos por las cargas permanentes en servicio superan dichos valores, siendo la carga muerta relevante.

Figura 102. Fuerzas internas durante construcción – tablero eje 2

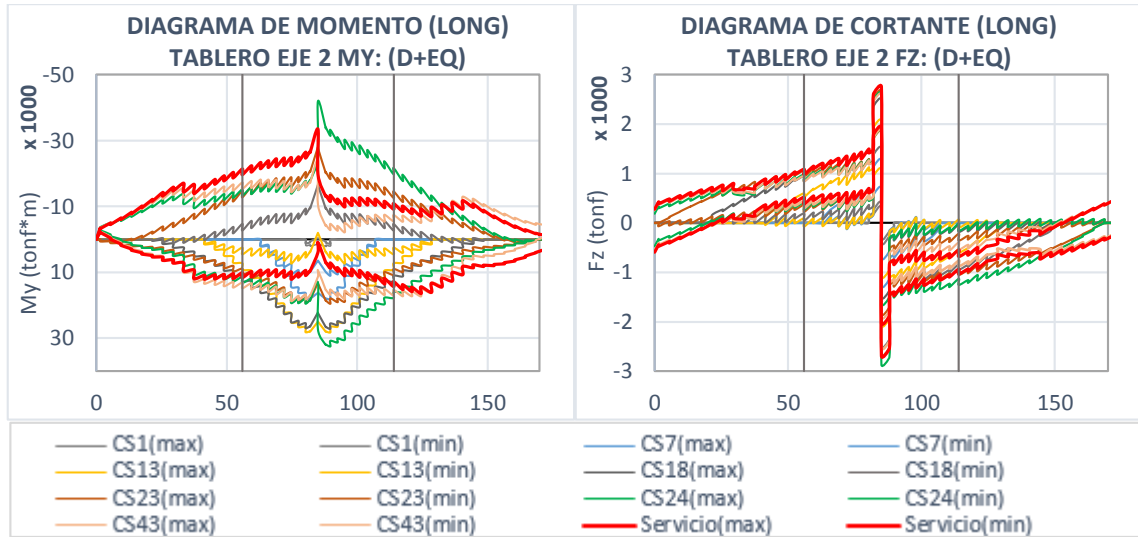


Tabla 24. Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para el tablero eje 2

		Dovela 0	Dovela 6	Dovela 12	Dovela 17	Dovela 22	Dovela 24 (cierre lateral)	Dovela 23 (cierre central)	t=∞
Ψ_{EQ}		CS1	CS7	CS13	CS18	CS23	CS24	CS43	CS44
Voladizo 1 (56.0 m)	ML max	0.00	0.00	0.15	0.49	0.75	0.85	0.96	1.00
	ML min	0.00	0.00	0.15	0.49	0.75	0.85	0.96	1.00
	VL max	0.00	0.00	0.99	1.32	1.16	0.99	0.88	1.00
APOYO EJE 2 (85.0 m)	ML max	0.05	0.26	0.72	1.04	1.10	1.85	0.94	1.00
	ML min	0.05	0.26	0.72	1.03	1.10	1.85	0.94	1.00
	VL max	0.12	0.69	1.19	1.19	0.99	0.93	0.88	1.00
Voladizo 2 (114.0 m)	ML max	0.00	0.00	0.20	0.66	1.00	1.60	0.96	1.00
	ML min	0.00	0.00	0.20	0.66	1.00	1.60	0.96	1.00
	VL min	0.00	0.00	1.53	2.04	1.79	2.86	0.93	1.00

		Dovela 0	Dovela 6	Dovela 12	Dovela 17	Dovela 22	Dovela 24 (cierre lateral)	Dovela 23 (cierre central)	t=∞
Ψ_{D+EQ}		CS1	CS7	CS13	CS18	CS23	CS24	CS43	CS44
Voladizo 1 (56.0 m)	ML max	0.00	0.00	0.79	1.10	0.92	1.14	1.28	1.00
	ML min	0.00	0.00	-0.23	0.14	0.65	0.67	0.78	1.00
	VL max	0.00	0.00	0.53	0.85	0.94	0.87	0.85	1.00
APOYO EJE 2 (85.0 m)	ML max	0.33	4.08	6.31	5.63	3.36	6.91	2.86	1.00
	ML min	0.01	-0.19	0.06	0.50	0.84	1.25	0.72	1.00
	VL max	0.15	0.46	0.75	0.90	0.97	0.95	0.94	1.00
Voladizo 2 (114.0 m)	ML max	0.00	0.00	0.64	0.90	0.75	1.24	1.19	1.00
	ML min	0.00	0.00	-0.49	0.30	1.37	2.14	0.60	1.00
	VL min	0.00	0.00	0.56	0.90	0.99	1.21	0.82	1.00

Convenciones:

	Respuesta sísmica durante construcción menor a la respuesta sísmica en servicio
	Respuesta sísmica durante construcción mayor a la respuesta sísmica en servicio. Acción sísmica relevante
	Respuesta durante construcción mayor a la respuesta en servicio debido a las cargas permanentes. Carga muerta durante construcción relevante

Figura 103. Fuerzas internas durante construcción – tablero eje 3

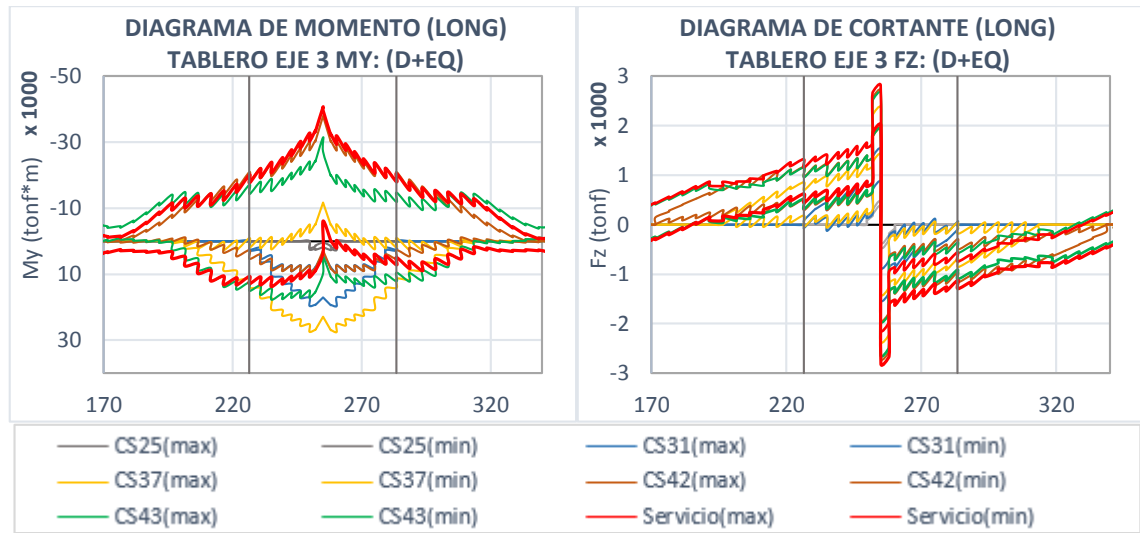


Tabla 25. Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para el tablero eje 3

		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 58 (cierre central)	$t = \infty$
Ψ_{EQ}		CS25	CS31	CS37	CS42	CS43	CS44
Voladizo 3 (226.5 m)	ML max	0.00	0.01	0.40	0.77	0.96	1.00
	ML min	0.00	0.01	0.40	0.77	0.96	1.00
	VL max	0.00	0.22	1.04	0.95	0.90	1.00
APOYO EJE 3 (255.0 m)	ML max	0.04	0.30	0.78	0.92	0.93	1.00
	ML min	0.04	0.30	0.78	0.92	0.93	1.00
	VL max	0.12	0.82	1.18	0.97	0.91	1.00
	VL min	0.14	0.97	1.39	1.14	1.00	1.00
Voladizo 4 (283.5 m)	ML max	0.00	0.01	0.48	0.94	0.95	1.00
	ML min	0.00	0.01	0.48	0.94	0.95	1.00
	VL min	0.00	0.27	1.30	1.19	0.98	1.00
		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 58 (cierre central)	$t = \infty$
Ψ_{D+EQ}		CS25	CS31	CS37	CS42	CS43	CS44
Voladizo 3 (226.5 m)	ML max	0.00	0.21	1.09	0.42	1.16	1.00
	ML min	0.00	-0.15	-0.11	1.03	0.81	1.00
	VL max	0.00	0.08	0.60	0.84	0.83	1.00
APOYO EJE 3 (255.0 m)	ML max	0.53	4.94	6.63	0.83	2.82	1.00
	ML min	-0.01	-0.09	0.29	0.93	0.77	1.00
	VL max	0.16	0.54	0.84	0.96	0.95	1.00
	VL min	0.16	0.54	0.84	0.96	0.94	1.00
Voladizo 4 (283.5 m)	ML max	0.00	0.39	1.96	0.75	1.68	1.00
	ML min	0.00	-0.14	-0.11	1.01	0.66	1.00
	VL min	0.00	0.08	0.62	0.86	0.81	1.00

Convenciones:

	Respuesta sísmica durante construcción menor a la respuesta sísmica en servicio
	Respuesta sísmica durante construcción mayor a la respuesta sísmica en servicio. Acción sísmica relevante
	Respuesta durante construcción mayor a la respuesta en servicio debido a las cargas permanentes. Carga muerta durante construcción relevante

Figura 104. Fuerzas internas durante construcción – tablero eje 4

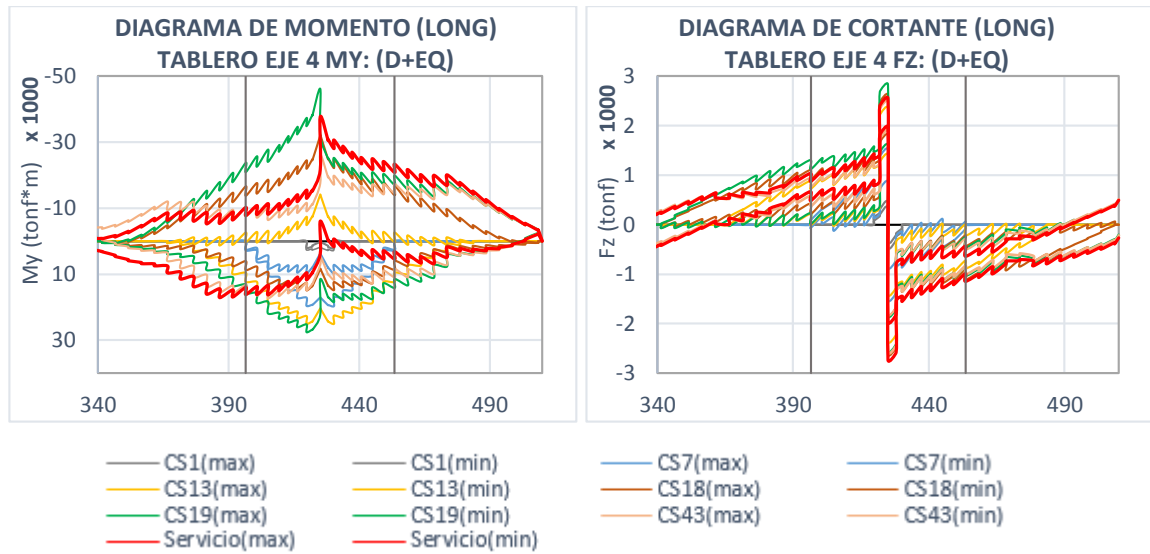


Tabla 26. Valores de Ψ_{EQ} y Ψ_{D+EQ} para el tablero eje 4

		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 59 (cierre lateral)	Dovela 58 (cierre central)	t= ∞
Ψ_{EQ}		CS1	CS7	CS13	CS18	CS19	CS43	CS44
VOLADIZO 5 (396.5 m)	ML max	0.00	0.01	0.51	0.94	1.53	0.97	1.00
	ML min	0.00	0.01	0.51	0.94	1.53	0.97	1.00
	VL max	0.00	0.39	1.87	1.75	2.81	0.98	1.00
APOYO EJE 4 (425.0 m)	ML max	0.06	0.52	1.36	1.59	2.69	0.96	1.00
	ML min	0.05	0.42	1.09	1.28	2.17	0.97	1.00
	VL max	0.18	1.12	1.61	1.36	2.08	1.01	1.00
	VL min	0.14	0.86	1.23	1.04	0.91	1.00	1.00
VOLADIZO 6 (453.5 m)	ML max	0.00	0.01	0.46	0.86	1.19	0.97	1.00
	ML min	0.00	0.01	0.46	0.86	1.19	0.97	1.00
	VL min	0.00	0.28	1.31	1.23	1.06	0.98	1.00

		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 59 (cierre lateral)	Dovela 58 (cierre central)	t= ∞
Ψ_{D+EQ}		CS1	CS7	CS13	CS18	CS19	CS43	CS44
VOLADIZO 5 (396.5 m)	ML max	0.00	0.17	0.76	0.54	0.97	0.97	1.00
	ML min	0.00	-0.33	-0.03	1.78	2.71	0.97	1.00
	VL max	0.00	0.10	0.83	1.03	1.27	0.87	1.00
APOYO EJE 4 (425.0 m)	ML max	0.48	4.45	5.34	2.21	5.86	1.86	1.00
	ML min	-0.01	-0.10	0.38	0.86	1.22	0.69	1.00
	VL max	0.18	0.60	0.92	1.02	1.11	0.97	1.00
	VL min	0.17	0.56	0.86	0.96	0.93	0.94	1.00
VOLADIZO 6 (453.5 m)	ML max	0.00	0.51	2.27	1.59	2.60	2.00	1.00
	ML min	0.00	-0.12	-0.01	0.67	0.82	0.70	1.00
	VL min	0.00	0.09	0.73	0.92	0.85	0.84	1.00

Convenciones:

	Respuesta sísmica durante construcción menor a la respuesta sísmica en servicio
	Respuesta sísmica durante construcción mayor a la respuesta sísmica en servicio. Acción sísmica relevante
	Respuesta durante construcción mayor a la respuesta en servicio debido a las cargas permanentes. Carga muerta durante construcción relevante

4.3 EVALUACIÓN PROBABILISTICA

Siguiendo la filosofía de diseño del estudio de amenaza sísmica de Colombia elaborado por (AIS, Universidad de los Andes, & Ingeominas, 1996) la probabilidad, q_0 , de que se tenga al menos un evento con aceleración pico horizontal mayor que a_0 (valor prefijado de la aceleración) en un lapso de t años se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$q_0 = 1 - (1 - q)^t$$

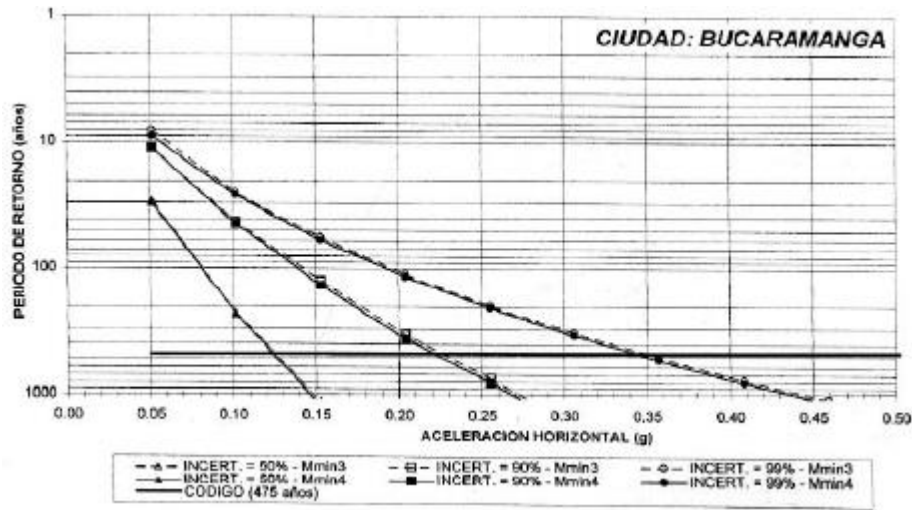
Siendo q la probabilidad de que se exceda un valor prefijado de la aceleración pico horizontal, a_0 , en un año, con un periodo de retorno $T = 1/q$.

Para el caso de las normas sismo resistentes colombianas se ha definido el sismo de diseño como el evento que produce una aceleración horizontal pico tal que la probabilidad de que sea excedida en un lapso de 50 años es 10%. De acuerdo a lo anterior se tiene que q_0 es igual a 0.10 y t es igual a 50 años, con lo que se obtiene una probabilidad de excedencia anual para el evento de diseño, q , de 0.21% y un periodo de retorno T de aproximadamente 475 años. Utilizando como referencia la curva de recurrencia de aceleraciones para la ciudad de Bucaramanga (ver figura 105 y tabla 27), se observa que para un periodo de retorno de 475 años (Probabilidad de excedencia anual $q=0.21\%$) la aceleración horizontal es 0.22g.

En el presente capítulo se ha venido abordando la respuesta sísmica durante construcción para el sismo de diseño de 475 años, el cual tiene una probabilidad de excedencia anual de 0.21%. Si se considera un periodo de construcción entre 1.5 y 2 años se cuenta con una probabilidad de excedencia para el evento de diseño entre 0.32% y 0.42% respectivamente. Con base en esto, la posibilidad de que se exceda el sismo de diseño durante construcción es muy pequeña y podría ser descartada. Sin embargo, existe la posibilidad de que durante construcción ocurran sismos de menor magnitud pero de mayor probabilidad de ocurrencia que generen una

respuesta sísmica igual o superiores a la desarrollada en el puente completo debido a la falta de redundancia estructural en el que se encuentra la estructura en ese periodo de tiempo.

Figura 105. Curva de recurrencia de aceleraciones para la ciudad de Bucaramanga



Fuente: (AIS, Universidad de los Andes, & Ingeominas, 1996)

Tabla 27. Ajuste datos de la curva de recurrencia de aceleraciones para la ciudad de Bucaramanga

a	T (años)	q %
0.22	475.00	0.21%
0.21	403.63	0.25%
0.2	340.00	0.29%
0.19	289.47	0.35%
0.18	243.42	0.41%
0.17	203.56	0.49%
0.16	169.13	0.59%
0.15	141.00	0.71%
0.14	113.86	0.88%
0.13	91.90	1.09%
0.12	73.10	1.37%
0.11	57.13	1.75%
0.1	43.00	2.33%
0.09	32.60	3.07%
0.08	23.76	4.21%
0.06	12.80	7.81%
0.05	10.87	9.20%

A continuación se calculan las aceleraciones sísmica durante construcción capaces de igualar las fuerzas internas desarrolladas para el puente completo en servicio para el sismo de diseño (evento de 475 años) utilizando las ecuaciones derivadas del estudio de (WILSON & HOLMES, 2007) y (BENJUMEA R & CHIO CHO, 2013), donde los términos EQ_c y D_c indican la máxima respuesta en la etapa constructiva analizada para la carga sísmica y para cargas permanentes respectivamente. De igual manera EQ_s y D_s representan la respuesta obtenida en la etapa de servicio para la carga sísmica y permanente respectivamente.

Para carga sísmica:
$$a_{r,i} = \frac{EQ_s}{EQ_c} * a_0$$

Para carga sísmica y permanente:
$$a_{r,i} = \frac{EQ_s + D_s - D_c}{EQ_c} * a_0$$

En las tablas 28 a 31 se presentan los coeficientes de aceleración reducida obtenidas para las pilas (pila 2, 3 y 4) y para el tablero (eje 2, eje 3 y eje 4) en las etapas constructivas definidas previamente, para las cargas sísmicas (EQ) y para las cargas sísmicas y permanentes ($D+EQ$)

Tabla 28. Coeficientes de aceleración reducida, ar, pilas 2 y 3.

		Dovela 0 (apoyo)	Dovela 6	Dovela 12	Dovela 17	Dovela 22 (max long voladizo)	Dovela 24 (cierre lateral)	Dovela 23 (cierre central)	t=∞
ar,i (D+EQ)		CS1	CS7	CS13	CS18	CS23	CS24	CS43	CS44
PILA 2	P _{top} - min	-	-	-	-	-	0.16	0.48	0.25
	P _{bottom} - min	-	-	-	-	-	0.16	0.45	0.25
	ML _{top} - max	1.10	0.36	0.16	0.12	0.12	0.16	0.27	0.25
	ML _{top} - min	1.59	0.52	0.23	0.17	0.16	0.26	0.25	0.25
	ML _{bottom} - max	0.65	0.47	0.41	0.39	0.37	0.43	0.29	0.25
	ML _{bottom} - min	0.36	0.26	0.23	0.21	0.20	0.25	0.23	0.25
	MT _{top} - max	0.64	0.31	0.24	0.22	0.23	0.28	0.26	0.25
	MT _{top} - min	0.64	0.31	0.24	0.22	0.23	0.28	0.26	0.25
	MT _{bottom} - max	0.45	0.28	0.23	0.22	0.23	0.27	0.26	0.25
	MT _{bottom} - min	0.45	0.28	0.23	0.22	0.23	0.27	0.26	0.25
	VL _{top} - max	0.73	0.46	0.34	0.24	0.21	0.23	0.24	0.25
	VL _{top} - min	1.31	0.82	0.60	0.42	0.37	0.42	0.28	0.25
	VL _{bottom} - max	0.43	0.37	0.29	0.22	0.20	0.23	0.24	0.25
	VL _{bottom} - min	0.73	0.62	0.48	0.37	0.34	0.39	0.28	0.25
	VT _{top} - max	0.59	0.30	0.23	0.22	0.23	0.27	0.26	0.25
	VT _{top} - min	0.59	0.30	0.23	0.22	0.23	0.27	0.26	0.25
	VT _{bottom} - max	0.34	0.26	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.25
	VT _{bottom} - min	0.34	0.26	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.25

		Dovela 0 (apoyo)	Dovela 6	Dovela 12	Dovela 17	Dovela 22 (max long voladizo)	Dovela 24 (cierre lateral)	Dovela 23 (cierre central)	t=∞
ar,i (EQ)		CS1	CS7	CS13	CS18	CS23	CS24	CS43	CS44
PILA 2	P _{top} - min	-	-	-	-	-	0.09	0.26	0.25
	P _{bottom} - min	-	-	-	-	-	0.10	0.25	0.25
	ML _{top} - max	1.34	0.44	0.20	0.14	0.14	0.21	0.26	0.25
	ML _{top} - min	1.34	0.44	0.20	0.14	0.14	0.21	0.26	0.25
	ML _{bottom} - max	0.51	0.36	0.32	0.30	0.29	0.34	0.26	0.25
	ML _{bottom} - min	0.51	0.36	0.32	0.30	0.29	0.34	0.26	0.25
	MT _{top} - max	0.64	0.31	0.24	0.22	0.23	0.28	0.26	0.25
	MT _{top} - min	0.64	0.31	0.24	0.22	0.23	0.28	0.26	0.25
	MT _{bottom} - max	0.45	0.28	0.23	0.22	0.23	0.27	0.26	0.25
	MT _{bottom} - min	0.45	0.28	0.23	0.22	0.23	0.27	0.26	0.25
	VL _{top} - max	1.02	0.64	0.47	0.33	0.29	0.33	0.26	0.25
	VL _{top} - min	1.02	0.64	0.47	0.33	0.29	0.33	0.26	0.25
	VL _{bottom} - max	0.58	0.50	0.38	0.30	0.27	0.31	0.26	0.25
	VL _{bottom} - min	0.58	0.50	0.38	0.30	0.27	0.31	0.26	0.25
	VT _{top} - max	0.59	0.30	0.23	0.22	0.23	0.27	0.26	0.25
	VT _{top} - min	0.59	0.30	0.23	0.22	0.23	0.27	0.26	0.25
	VT _{bottom} - max	0.34	0.26	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.25
	VT _{bottom} - min	0.34	0.26	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.25

		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 58 (cierre central)	t=∞
ar,i (D+EQ)		CS25	CS31	CS37	CS42	CS43	CS44
PILA 3	P _{top} - min	-	-	-	-	0.42	0.25
	P _{bottom} - min	-	-	-	-	0.40	0.25
	ML _{top} - max	2.29	0.57	0.25	0.22	0.30	0.25
	ML _{top} - min	1.76	0.44	0.19	0.17	0.24	0.25
	ML _{bottom} - max	0.40	0.28	0.24	0.23	0.23	0.25
	ML _{bottom} - min	0.53	0.36	0.32	0.30	0.29	0.25
	MT _{top} - max	0.68	0.33	0.26	0.26	0.26	0.25
	MT _{top} - min	0.68	0.33	0.26	0.26	0.26	0.25
	MT _{bottom} - max	0.57	0.36	0.29	0.30	0.26	0.25
	MT _{bottom} - min	0.57	0.36	0.29	0.30	0.26	0.25
	VL _{top} - max	1.20	0.71	0.44	0.35	0.30	0.25
	VL _{top} - min	0.89	0.52	0.33	0.26	0.23	0.25
	VL _{bottom} - max	0.68	0.55	0.38	0.33	0.29	0.25
	VL _{bottom} - min	0.53	0.42	0.29	0.25	0.23	0.25
	VT _{top} - max	0.76	0.38	0.30	0.31	0.26	0.25
	VT _{top} - min	0.76	0.38	0.30	0.31	0.26	0.25
	VT _{bottom} - max	0.45	0.34	0.29	0.31	0.26	0.25
	VT _{bottom} - min	0.45	0.34	0.29	0.31	0.26	0.25

		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 58 (cierre central)	t=∞
ar,i (EQ)		CS25	CS31	CS37	CS42	CS43	CS44
PILA 3	P _{top} - min	-	-	-	-	0.25	0.25
	P _{bottom} - min	-	-	-	-	0.25	0.25
	ML _{top} - max	2.03	0.50	0.22	0.20	0.27	0.25
	ML _{top} - min	2.03	0.50	0.22	0.20	0.27	0.25
	ML _{bottom} - max	0.47	0.32	0.28	0.26	0.26	0.25
	ML _{bottom} - min	0.47	0.32	0.28	0.26	0.26	0.25
	MT _{top} - max	0.68	0.33	0.26	0.26	0.26	0.25
	MT _{top} - min	0.68	0.33	0.26	0.26	0.26	0.25
	MT _{bottom} - max	0.57	0.36	0.29	0.30	0.26	0.25
	MT _{bottom} - min	0.57	0.36	0.29	0.30	0.26	0.25
	VL _{top} - max	1.04	0.61	0.38	0.30	0.27	0.25
	VL _{top} - min	1.04	0.61	0.38	0.30	0.27	0.25
	VL _{bottom} - max	0.60	0.49	0.34	0.29	0.26	0.25
	VL _{bottom} - min	0.60	0.49	0.34	0.29	0.26	0.25
	VT _{top} - max	0.76	0.38	0.30	0.31	0.26	0.25
	VT _{top} - min	0.76	0.38	0.30	0.31	0.26	0.25
	VT _{bottom} - max	0.45	0.34	0.29	0.31	0.26	0.25
	VT _{bottom} - min	0.45	0.34	0.29	0.31	0.26	0.25

Tabla 29. Coeficientes de aceleración reducida a_r , pila 4

		Dovela 40 (apoyo)	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 59 (cierre lateral)	Dovela 58/23 (cierre central)	$t=\infty$			Dovela 40 (apoyo)	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 59 (cierre lateral)	Dovela 58/23 (cierre central)	$t=\infty$
$a_{r,i} (D+EQ)$		CS1	CS7	CS13	CS18	CS19	CS43	CS44	$a_{r,i} (EQ)$		CS1	CS7	CS13	CS18	CS19	CS43	CS44
PILA 4	$P_{top} - min$	-	-	-	-	0.14	0.52	0.25	PILA 4	$P_{top} - min$	-	-	-	14.62	0.08	0.28	0.25
	$P_{bottom} - min$	-	-	-	-	0.14	0.49	0.25		$P_{bottom} - min$	-	-	-	12.74	0.09	0.27	0.25
	$ML_{top} - max$	2.22	0.55	0.25	0.21	0.35	0.33	0.25		$ML_{top} - max$	1.49	0.37	0.16	0.14	0.22	0.25	0.25
	$ML_{top} - min$	0.75	0.19	0.08	0.07	0.09	0.18	0.25		$ML_{top} - min$	1.49	0.37	0.16	0.14	0.22	0.25	0.25
	$ML_{bottom} - max$	0.18	0.12	0.11	0.10	0.13	0.16	0.25		$ML_{bottom} - max$	0.43	0.29	0.26	0.24	0.29	0.26	0.25
	$ML_{bottom} - min$	0.68	0.46	0.41	0.39	0.45	0.35	0.25		$ML_{bottom} - min$	0.43	0.29	0.26	0.24	0.29	0.26	0.25
	$MT_{top} - max$	0.43	0.20	0.16	0.16	0.21	0.26	0.25		$MT_{top} - max$	0.43	0.20	0.16	0.16	0.21	0.26	0.25
	$MT_{top} - min$	0.43	0.20	0.16	0.16	0.21	0.26	0.25		$MT_{top} - min$	0.43	0.20	0.16	0.16	0.21	0.26	0.25
	$MT_{bottom} - max$	0.32	0.20	0.16	0.17	0.21	0.26	0.25		$MT_{bottom} - max$	0.32	0.20	0.16	0.17	0.21	0.26	0.25
	$MT_{bottom} - min$	0.32	0.20	0.16	0.17	0.21	0.26	0.25		$MT_{bottom} - min$	0.32	0.20	0.16	0.17	0.21	0.26	0.25
	$VL_{top} - max$	1.42	0.83	0.52	0.42	0.47	0.36	0.25		$VL_{top} - max$	0.87	0.51	0.32	0.26	0.29	0.26	0.25
	$VL_{top} - min$	0.33	0.19	0.12	0.10	0.11	0.16	0.25		$VL_{top} - min$	0.87	0.51	0.32	0.26	0.29	0.26	0.25
	$VL_{bottom} - max$	0.79	0.64	0.44	0.38	0.44	0.34	0.25		$VL_{bottom} - max$	0.52	0.42	0.29	0.25	0.29	0.26	0.25
	$VL_{bottom} - min$	0.24	0.19	0.13	0.12	0.13	0.17	0.25		$VL_{bottom} - min$	0.52	0.42	0.29	0.25	0.29	0.26	0.25
	$VT_{top} - max$	0.41	0.21	0.16	0.17	0.21	0.26	0.25		$VT_{top} - max$	0.41	0.21	0.16	0.17	0.21	0.26	0.25
	$VT_{top} - min$	0.41	0.21	0.16	0.17	0.21	0.26	0.25		$VT_{top} - min$	0.41	0.21	0.16	0.17	0.21	0.26	0.25
	$VT_{bottom} - max$	0.26	0.20	0.17	0.17	0.21	0.26	0.25		$VT_{bottom} - max$	0.26	0.20	0.17	0.17	0.21	0.26	0.25
	$VT_{bottom} - min$	0.26	0.20	0.17	0.17	0.21	0.26	0.25		$VT_{bottom} - min$	0.26	0.20	0.17	0.17	0.21	0.26	0.25

Convenciones:

	Aceleraciones reducidas durante construcción mayores a la aceleración del sismo de diseño.
	Aceleraciones reducidas durante construcción menores a la aceleración del sismo de diseño. Carga sísmica relevante.
	Aceleraciones reducidas durante construcción menores a la aceleración del sismo de diseño. Carga muerta durante construcción relevante.

Tabla 30. Coeficientes de aceleración reducida a_r en el tablero – ejes 2 y 3

Dovela 0 Dovela 6 Dovela 12 Dovela 17 Dovela 22 Dovela 24 (cierre lateral) Dovela 23 (cierre central) t=∞								
ar,i (D+EQ)	CS1	CS7	CS13	CS18	CS23	CS24	CS43	CS44
Voladizo 1 (56.0 m)	ML _{max}	-	-	0.51	0.21	0.27	0.22	0.25
	ML _{min}	-	-	2.83	0.80	0.40	0.37	0.25
	VL _{max}	-	-	0.63	0.34	0.29	0.36	0.25
APOYO EJE 2 (85.0 m)	ML _{max}	1.01	-0.37	-0.14	0.01	0.14	0.08	0.25
	ML _{min}	9.81	2.28	0.83	0.47	0.32	0.19	0.25
	VL _{max}	12.33	1.56	0.60	0.38	0.31	0.34	0.25
	VL _{min}	11.98	1.50	0.56	0.35	0.27	0.18	0.25
Voladizo 2 (114.0 m)	ML _{max}	-	-	0.80	0.30	0.33	0.20	0.25
	ML _{min}	-	-	1.71	0.46	0.18	0.11	0.25
	VL _{min}	-	-	0.59	0.31	0.26	0.16	0.25

Dovela 0 Dovela 6 Dovela 12 Dovela 17 Dovela 22 Dovela 24 (cierre lateral) Dovela 23 (cierre central) t=∞								
ar,i (EQ)	CS1	CS7	CS13	CS18	CS23	CS24	CS43	CS44
Voladizo 1 (56.0 m)	ML _{max}	-	-	1.67	0.51	0.33	0.30	0.26
	ML _{min}	-	-	1.67	0.51	0.33	0.30	0.26
	VL _{max}	-	-	0.25	0.19	0.22	0.25	0.28
APOYO EJE 2 (85.0 m)	ML _{max}	5.41	0.96	0.35	0.24	0.23	0.14	0.26
	ML _{min}	5.41	0.96	0.35	0.24	0.23	0.14	0.26
	VL _{max}	2.12	0.36	0.21	0.21	0.25	0.27	0.29
	VL _{min}	1.72	0.29	0.17	0.17	0.20	0.14	0.27
Voladizo 2 (114.0 m)	ML _{max}	-	-	1.26	0.38	0.25	0.16	0.26
	ML _{min}	-	-	1.26	0.38	0.25	0.16	0.26
	VL _{min}	-	-	0.16	0.12	0.14	0.09	0.27

Dovela 40 Dovela 46 Dovela 52 Dovela 57 Dovela 58 (cierre central) t=∞						
ar,i (D+EQ)	CS25	CS31	CS37	CS42	CS43	CS44
Voladizo 3 (226.5 m)	ML _{max}	-	23.86	0.20	0.41	0.21
	ML _{min}	-	47.25	1.06	0.24	0.31
	VL _{max}	-	3.69	0.56	0.39	0.40
APOYO EJE 3 (255.0 m)	ML _{max}	0.75	-0.26	-0.03	0.26	0.17
	ML _{min}	13.03	1.92	0.67	0.28	0.36
	VL _{max}	12.22	1.23	0.49	0.32	0.35
	VL _{min}	12.23	1.23	0.49	0.32	0.38
Voladizo 4 (283.5 m)	ML _{max}	-	10.56	-0.03	0.29	0.15
	ML _{min}	-	48.01	1.07	0.25	0.38
	VL _{min}	-	3.61	0.54	0.37	0.44

Dovela 40 Dovela 46 Dovela 52 Dovela 57 Dovela 58 (cierre central) t=∞						
ar,i (EQ)	CS25	CS31	CS37	CS42	CS43	CS44
Voladizo 3 (226.5 m)	ML _{max}	-	35.55	0.63	0.32	0.26
	ML _{min}	-	35.55	0.63	0.32	0.26
	VL _{max}	-	1.15	0.24	0.26	0.28
APOYO EJE 3 (255.0 m)	ML _{max}	6.89	0.83	0.32	0.27	0.27
	ML _{min}	6.89	0.83	0.32	0.27	0.27
	VL _{max}	2.03	0.30	0.21	0.26	0.27
	VL _{min}	1.73	0.26	0.18	0.22	0.25
Voladizo 4 (283.5 m)	ML _{max}	-	29.29	0.52	0.27	0.26
	ML _{min}	-	29.29	0.52	0.27	0.26
	VL _{min}	-	0.91	0.19	0.21	0.26

Tabla 31. Coeficientes de aceleración reducida a_r en el tablero – eje 4

		Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 59 (cierre lateral)	Dovela 58 (cierre central)	t=∞			Dovela 40	Dovela 46	Dovela 52	Dovela 57	Dovela 59 (cierre lateral)	Dovela 58 (cierre central)	t=∞
$a_{r,i}$ (D+EQ)		CS1	CS7	CS13	CS18	CS19	CS43	CS44	$a_{r,i}$ (EQ)		CS1	CS7	CS13	CS18	CS19	CS43	CS44
VOLADIZO 5 (396.5 m)	ML _{max}	-	30.98	0.41	0.42	0.26	0.26	0.25	VOLADIZO 5 (396.5 m)	ML _{max}	-	27.33	0.49	0.27	0.16	0.26	0.25
	ML _{min}	-	23.69	0.58	0.12	0.07	0.26	0.25		ML _{min}	-	27.33	0.49	0.27	0.16	0.26	0.25
	VL _{max}	-	2.80	0.35	0.23	0.14	0.40	0.25		VL _{max}	-	0.63	0.13	0.14	0.09	0.26	0.25
APOYO EJE 4 (425.0 m)	ML _{max}	0.87	-0.25	0.01	0.19	0.11	0.18	0.25	APOYO EJE 4 (425.0 m)	ML _{max}	3.96	0.48	0.18	0.16	0.09	0.26	0.25
	ML _{min}	12.07	1.81	0.59	0.32	0.19	0.44	0.25		ML _{min}	4.93	0.60	0.23	0.19	0.12	0.26	0.25
	VL _{max}	10.08	1.03	0.35	0.21	0.14	0.31	0.25		VL _{max}	1.38	0.22	0.16	0.18	0.12	0.25	0.25
	VL _{min}	10.93	1.17	0.45	0.32	0.38	0.35	0.25		VL _{min}	1.81	0.29	0.20	0.24	0.27	0.25	0.25
VOLADIZO 6 (453.5 m)	ML _{max}	-	6.35	-0.03	0.18	0.11	0.14	0.25	VOLADIZO 6 (453.5 m)	ML _{max}	-	29.95	0.54	0.29	0.21	0.26	0.25
	ML _{min}	-	53.56	1.12	0.40	0.31	0.38	0.25		ML _{min}	-	29.95	0.54	0.29	0.21	0.26	0.25
	VL _{min}	-	3.17	0.43	0.31	0.37	0.39	0.25		VL _{min}	-	0.91	0.19	0.20	0.24	0.25	0.25

Convenciones:

	Aceleraciones reducidas durante construcción mayores a la aceleración del sismo de diseño.
	Aceleraciones reducidas durante construcción menores a la aceleración del sismo de diseño. Carga sísmica relevante.
	Aceleraciones reducidas durante construcción menores a la aceleración del sismo de diseño. Carga muerta durante construcción relevante.

Con los datos obtenidos de las tablas 28 a 31 se presentan los coeficientes de aceleración reducida críticos hallados durante la fase constructiva del puente (ver tabla 32 y 33). La probabilidad de excedencia anual para las aceleraciones reducidas se determinó usando la curva de recurrencia de la ciudad de Bucaramanga mostrada en la figura 105.

Tabla 32. Valores críticos de a_r durante construcción - Pilas

		Carga sísmica + permanente			Carga sísmica		
		a_r	% excedencia	T(años)	a_r	% excedencia	T(años)
PILA 2	P _{top - min}	0.16	0.59%	169.13	0.09	3.07%	32.60
	P _{bottom - min}	0.16	0.59%	169.13	0.10	2.33%	43.00
	ML _{top - max}	0.12	1.37%	73.10	0.14	0.88%	113.86
	ML _{top - min}	0.16	0.59%	169.13	0.14	0.88%	113.86
	ML _{bottom - max}	0.29	-	-	0.26	-	-
	ML _{bottom - min}	0.20	0.29%	340.00	0.26	-	-
	MT _{top - max}	0.22	0.21%	475.00	0.22	0.21%	475.00
	MT _{top - min}	0.22	0.21%	475.00	0.22	0.21%	475.00
	MT _{bottom - max}	0.22	0.21%	475.00	0.22	0.21%	475.00
	MT _{bottom - min}	0.22	0.21%	475.00	0.22	0.21%	475.00
	VL _{top - max}	0.21	0.25%	403.63	0.26	-	-
	VL _{top - min}	0.26	-	-	0.26	-	-
	VL _{bottom - max}	0.20	0.29%	340.00	0.26	-	-
	VL _{bottom - min}	0.28	-	-	0.26	-	-
	VT _{top - max}	0.22	0.21%	475.00	0.22	0.21%	475.00
	VT _{top - min}	0.22	0.21%	475.00	0.22	0.21%	475.00
	VT _{bottom - max}	0.22	0.21%	475.00	0.22	0.21%	475.00
	VT _{bottom - min}	0.22	0.21%	475.00	0.22	0.21%	475.00

		Carga sísmica + permanente			Carga sísmica		
		a_r	% excedencia	T(años)	a_r	% excedencia	T(años)
PILA 3	P _{top - min}	0.42	-	-	0.25	-	-
	P _{bottom - min}	0.40	-	-	0.25	-	-
	ML _{top - max}	0.22	0.21%	475.00	0.20	0.29%	340.00
	ML _{top - min}	0.17	0.49%	203.56	0.20	0.29%	340.00
	ML _{bottom - max}	0.23	-	-	0.26	-	-
	ML _{bottom - min}	0.29	-	-	0.26	-	-
	MT _{top - max}	0.26	-	-	0.26	-	-
	MT _{top - min}	0.26	-	-	0.26	-	-
	MT _{bottom - max}	0.26	-	-	0.26	-	-
	MT _{bottom - min}	0.26	-	-	0.26	-	-
	VL _{top - max}	0.30	-	-	0.27	-	-
	VL _{top - min}	0.23	-	-	0.27	-	-
	VL _{bottom - max}	0.29	-	-	0.26	-	-
	VL _{bottom - min}	0.23	-	-	0.26	-	-
	VT _{top - max}	0.26	-	-	0.26	-	-
	VT _{top - min}	0.26	-	-	0.26	-	-
	VT _{bottom - max}	0.26	-	-	0.26	-	-
	VT _{bottom - min}	0.26	-	-	0.26	-	-

		Carga sísmica + permanente			Carga sísmica		
		ar	% excedencia	T(años)	ar	% excedencia	T(años)
PILA 4	P _{top} - min	0.14	0.88%	113.86	0.08	4.21%	23.76
	P _{bottom} - min	0.14	0.88%	113.86	0.09	3.07%	32.60
	ML _{top} - max	0.21	0.25%	403.63	0.14	0.88%	113.86
	ML _{top} - min	0.08	4.21%	23.76	0.14	0.88%	113.86
	ML _{bottom} - max	0.10	2.33%	43.00	0.24	-	-
	ML _{bottom} - min	0.35	-	-	0.24	-	-
	MT _{top} - max	0.16	0.59%	169.13	0.16	0.59%	169.13
	MT _{top} - min	0.16	0.59%	169.13	0.16	0.59%	169.13
	MT _{bottom} - max	0.16	0.59%	169.13	0.16	0.59%	169.13
	MT _{bottom} - min	0.16	0.59%	169.13	0.16	0.59%	169.13
	VL _{top} - max	0.36	-	-	0.26	-	-
	VL _{top} - min	0.10	2.33%	43.00	0.26	-	-
	VL _{bottom} - max	0.34	-	-	0.25	-	-
	VL _{bottom} - min	0.12	1.37%	73.10	0.25	-	-
	VT _{top} - max	0.16	0.59%	169.13	0.16	0.59%	169.13
	VT _{top} - min	0.16	0.59%	169.13	0.16	0.59%	169.13
	VT _{bottom} - max	0.17	0.49%	203.56	0.17	0.49%	203.56
	VT _{bottom} - min	0.17	0.49%	203.56	0.17	0.49%	203.56

Tabla 33. Valores críticos de ar durante construcción - Tablero

		Carga sísmica + permanente			Carga sísmica		
		ar	% excedencia	T(años)	ar	% excedencia	T(años)
Voladizo 1 (56.0 m)	ML max	0.20	0.29%	340.00	0.26	-	-
	ML min	0.32	-	-	0.26	-	-
	VL max	0.29	-	-	0.19	0.35%	289.47
APOYO EJE 2 (85.0 m)	ML max	0.01	?	-	0.14	0.88%	113.86
	ML min	0.19	0.35%	289.47	0.14	0.88%	113.86
	VL max	0.31	-	-	0.21	0.25%	403.63
	VL min	0.18	0.41%	243.42	0.14	0.88%	113.86
Voladizo 2 (114.0 m)	ML max	0.19	0.35%	289.47	0.16	0.59%	169.13
	ML min	0.11	1.75%	57.13	0.16	0.59%	169.13
	VL min	0.16	0.59%	169.13	0.09	3.07%	32.6

		Carga sísmica + permanente			Carga sísmica		
		ar	% excedencia	T(años)	ar	% excedencia	T(años)
Voladizo 3 (226.5 m)	ML max	0.20	0.29%	340.00	0.26	-	-
	ML min	0.24	-	-	0.26	-	-
	VL max	0.39	-	-	0.24	-	-
APOYO EJE 3 (255.0 m)	ML max	0.17	0.49%	203.56	0.27	-	-
	ML min	0.28	-	-	0.27	-	-
	VL max	0.32	-	-	0.21	0.25%	403.63
	VL min	0.32	-	-	0.18	0.41%	243.42
Voladizo 4 (283.5 m)	ML max	0.15	0.71%	141.00	0.26	-	-
	ML min	0.25	-	-	0.26	-	-
	VL min	0.44	-	-	0.19	0.35%	289.47

		Carga sísmica + permanente			Carga sísmica		
		ar	% excedencia	T(años)	ar	% excedencia	T(años)
VOLADIZO 5 (396.5 m)	ML max	0.26	-	-	0.16	0.59%	169.13
	ML min	0.08	4.21%	23.76	0.16	0.59%	169.13
	VL max	0.14	0.88%	113.86	0.09	3.07%	32.6
APOYO EJE 4 (425.0 m)	ML max	0.01	?	-	0.09	3.07%	32.60
	ML min	0.19	0.35%	289.47	0.12	1.37%	73.1
	VL max	0.14	0.88%	113.86	0.12	1.37%	73.1
	VL min	0.32	-	-	0.20	0.29%	340
VOLADIZO 6 (453.5 m)	ML max	0.11	1.75%	57.13	0.21	0.25%	403.63
	ML min	0.31	-	-	0.21	0.25%	403.63
	VL min	0.31	-	-	0.19	0.35%	289.47

De las tablas presentadas anteriormente se observa que en todos los elementos estructurales existe el riesgo de que las fuerzas internas en alguna etapa durante construcción excedan las fuerzas desarrolladas en el puente completo ya que pueden ocurrir sismos de menor magnitud pero con mayor probabilidad de excedencia anual de 0.21% que generen respuestas superiores a las de diseño. La razón de la alta vulnerabilidad de la estructura es que las características estáticas y dinámicas de la estructura durante construcción difieren considerablemente en comparación con el puente completo.

En las pilas se obtuvieron probabilidades de excedencia anual por carga sísmica de hasta 3.07%, 0.29% y 4.21%, y para el efecto combinado de carga sísmica y permanente de 1.37%, 0.49% y 4.21% para las pilas 2, 3 y 4 respectivamente. Se observó que las pilas son principalmente vulnerables para el momento longitudinal desarrollado en la corona, y para el momento flector y fuerzas cortantes desarrolladas en el sentido transversal. Además, cuando ocurre el cierre lateral, se modifican las propiedades dinámicas de los voladizos, induciendo fuerzas axiales en las pilas que superan los valores desarrollados en servicio, siendo esta una etapa donde la estructura se encuentra especialmente vulnerable.

En el tablero se alcanzaron probabilidades de excedencia anual por carga sísmica de hasta 3.07%, 0.41% y 3.07%, y para el efecto combinado de carga sísmica y

permanente de 1.75%, 0.71% y 4.21% para los voladizos apoyados sobre los ejes 2, 3 y 4 respectivamente. Se observó que las zonas de mayor vulnerabilidad están ubicadas en los apoyos, y en los vanos centrales donde ocurre el cierre lateral (voladizos 2 y 5). Así mismo, los momentos positivos en el tablero (tracción fibra inferior) generados por la acción simple de la carga sísmica, y en combinación con las cargas permanentes, fueron críticos durante construcción.

Los resultados hallados permiten observar que la respuesta de las pilas en el sentido longitudinal, y las fuerzas internas del tablero están altamente influenciadas por los efectos de las cargas muertas durante construcción, siendo para algunos casos favorable y en otros desfavorables dependiendo de la etapa, elemento y fuerza interna analizada, por lo cual, el proceso constructivo particularmente toma un papel fundamental en el desarrollo de la configuración final de esfuerzos.

En el capítulo 2 se mencionaron algunas de las normativas internacionales que recomiendan previsiones para el diseño sísmico durante construcción. Las especificaciones de diseño (AASHTO, 2012) indican que para puentes construidos por etapas, el coeficiente de aceleración sísmico elástico durante construcción puede ser reducido por un factor no mayor a 2 para cálculo de fuerzas elásticas y desplazamientos. La instrucción española IAP-98 (Ministerio de fomento, 1998) recomienda una aceleración sísmica durante construcción que puede obtenerse multiplicando la aceleración básica por el factor $0.3L_c^{0.37}$ donde L_c es la duración del periodo constructivo en años. Así mismo, la NCSP-07 (Ministerio de fomento, 2007) indica que cuando se considere tener en cuenta la acción sísmica durante la construcción, se tomará el sismo correspondiente a un periodo de retorno no menor de cinco veces la duración de la etapa constructiva.

En la tabla 34 se presentan los valores de aceleraciones reducidas recomendadas por las tres normativas internacionales.

Tabla 34. Aceleraciones reducidas recomendadas por normativas internacionales

REGLAMENTOS	LINEAMIENTOS
AASHTO LRFD 2012	$a_r = a_0/2 = 0.22/2 = \mathbf{0.11g}$.
IAP-98	$a_r = 0.3L_c^{0.37} = \mathbf{0.085g}$. Donde L_c es la duración del periodo constructivo en años. Se supone $L_c = 2$ años
NCSP 07	$T \geq 5 \cdot L_c = 10$ años. Para un periodo de retorno T de 10 años $\mathbf{a_r=0.05g}$ según curva de recurrencia de Bucaramanga.

Se observa que, para las condiciones particulares del presente estudio, los lineamientos presentados en el (AASHTO, 2012) son más conservadores que los presentados en las normatividades españolas IAP-98 y NCSP-07 ya que recomienda una mayor aceleración reducida durante construcción. Sin embargo, comparando los coeficientes de aceleración reducidas presentadas en las tablas 32 y 33 con los valores recomendados por las normativas internacionales se encuentra que para ciertos elementos y en ciertas etapas, se requiere adoptar una aceleración mayor.

4.4 RESPUESTA SÍSMICA CON ACELERACIONES REDUCIDAS DURANTE CONSTRUCCIÓN.

En el presente apartado se realiza un análisis sísmico aplicando aceleraciones reducidas durante las etapas constructivas más críticas con el propósito de validar el procedimiento utilizado en el cálculo de a_r y observar la respuesta de la estructura ante dichas sollicitaciones, con lo cual se evidencia la vulnerabilidad de los diferentes elementos ante acciones sísmicas durante construcción.

- **Etapla 13:**

Utilizando la información de las tablas 28 a 31, se aplica un coeficiente de aceleración reducida $a_r = 0.08$, con lo cual se espera igualar el momento flector longitudinal mínimo en la corona de la pila 4 con la respuesta hallada para el puente en servicio con el sismo de diseño (ver figura 106), además se revisa la deriva desarrollada en dicha pila con la solicitación descrita anteriormente (ver figura 107). De igual manera se aplica un sismo reducido con $a_r=0.17$ donde apenas se supera el momento flector longitudinal máximo en la corona de la pila 2, y los momentos y fuerzas cortantes en el sentido transversal de la pila 4 (ver figura 108 y 109). Para los casos mencionados anteriormente se realiza la comparación de las derivas desarrolladas en las pilas durante construcción bajo acciones sísmicas reducidas contra las derivas generadas para el puente en servicio (ver figuras 110 y 111), encontrándose que para la etapa 13 con una aceleración $a_r=0.17$ se igualan las derivas transversales en la pila 4.

Figura 106. Aplicación sismo reducido $a_r=0.08$ en etapa 13 – Pila 4

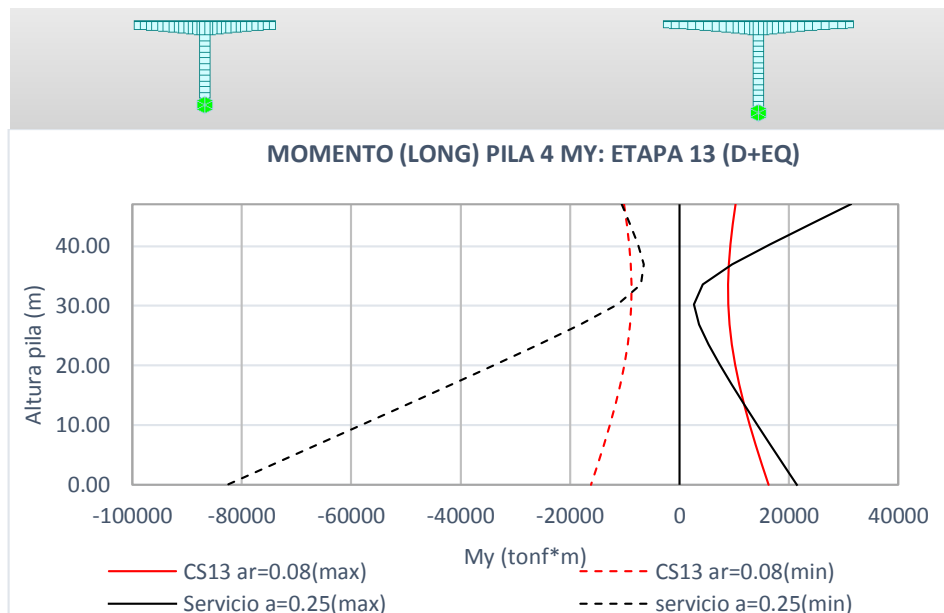


Figura 107. Deriva pila 4 con sismo reducido $ar=0.08$ en etapa 13

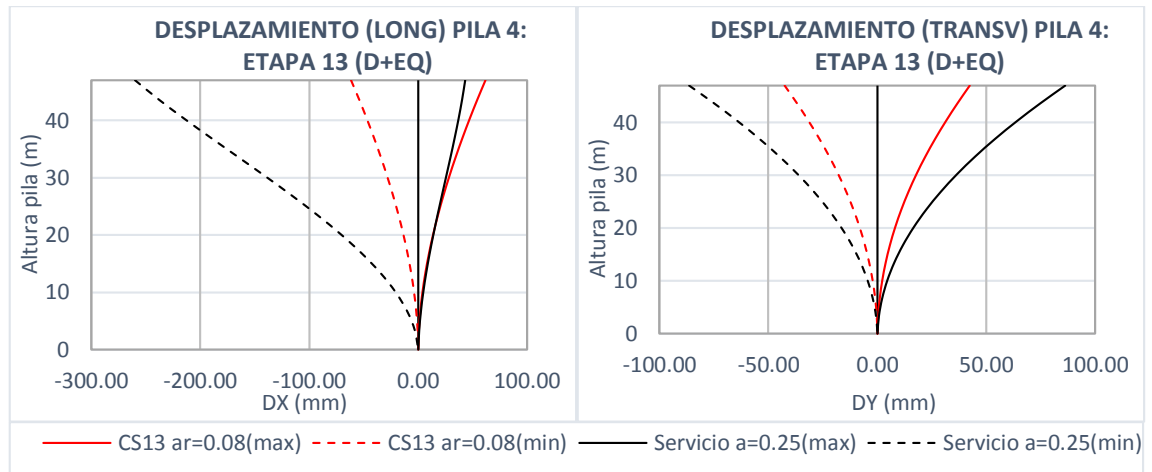


Figura 108. Aplicación sismo reducido $ar=0.17$ en etapa 13 – Pila 2

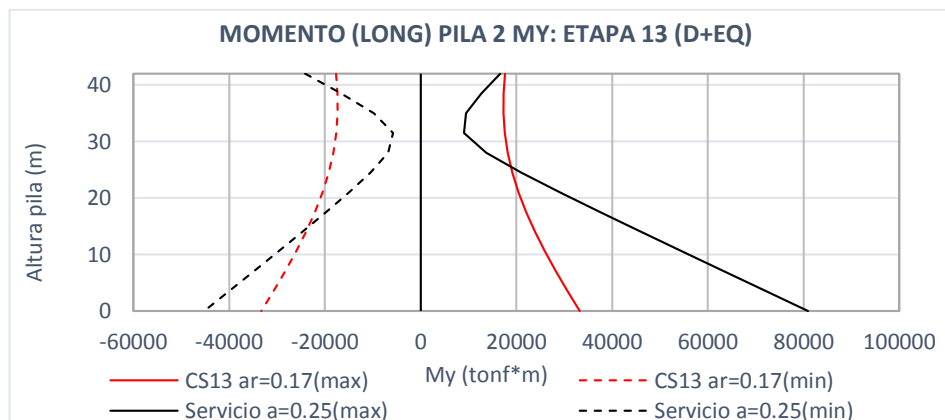


Figura 109. Aplicación sismo reducido $ar=0.17$ en etapa 13 – Pila 4

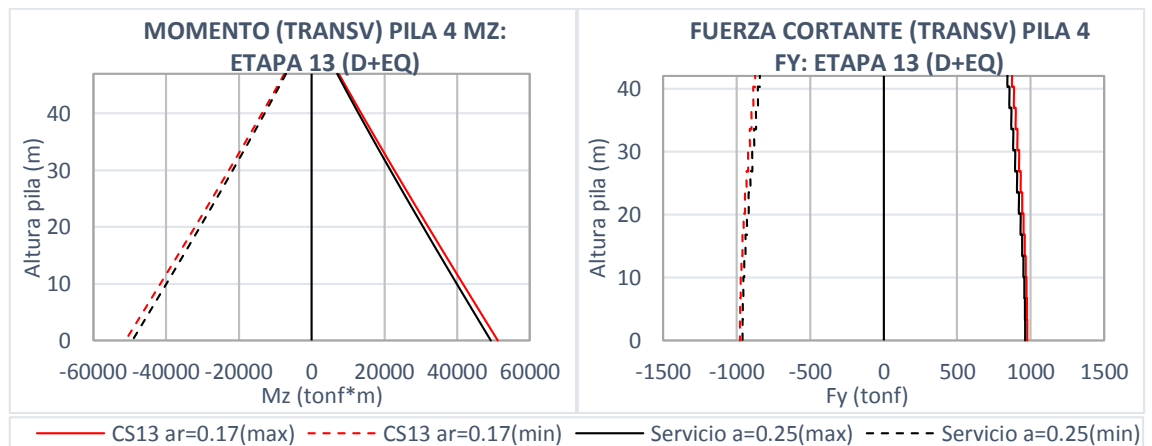


Figura 110. Deriva pila 2 con sismo reducido $ar=0.17$ en etapa 13

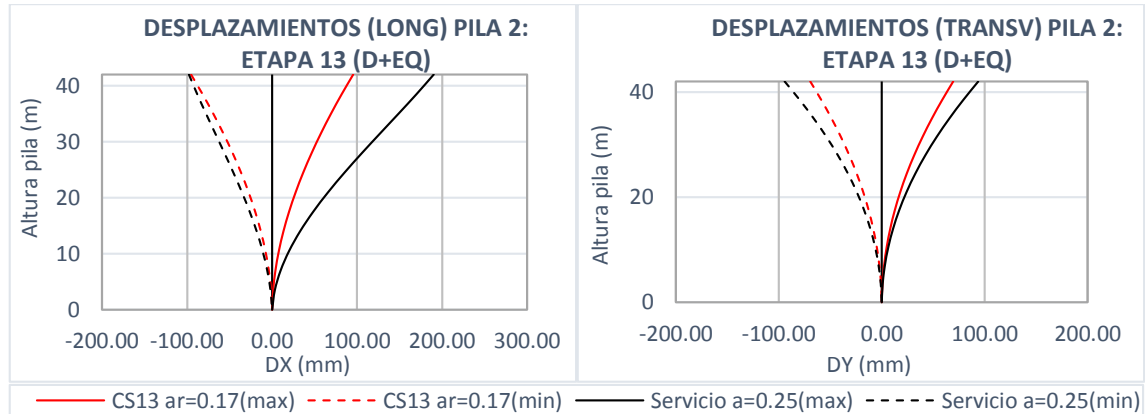
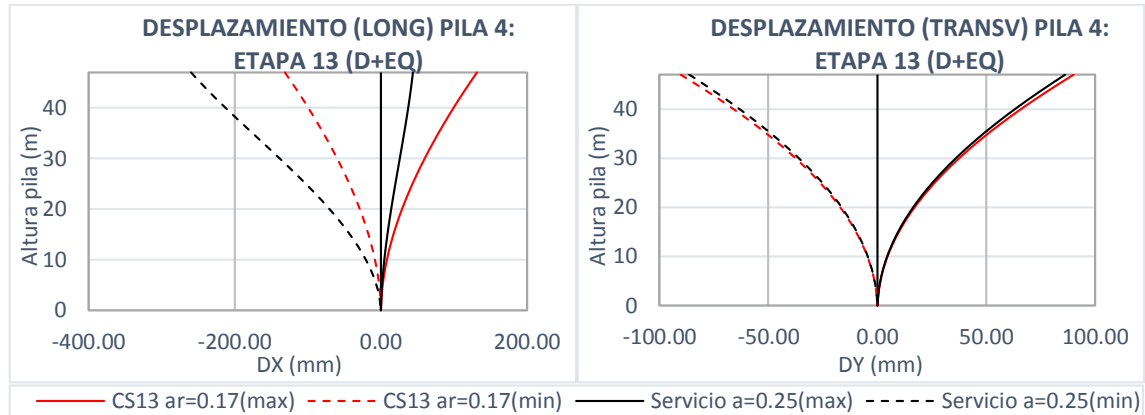


Figura 111. Deriva pila 4 con sismo reducido $ar=0.17$ en etapa 13



- **Etapla 18:**

Para la etapa 18 se aplica un coeficiente de aceleración reducida $ar=0.12$, igualándose el momento longitudinal máximo en la corona de la pila 2 con el valor desarrollado para el puente completo, y superando los valores de momento longitudinal mínimo en la corona y máximo en la base de la pila 4 (ver figura 112). Se verifican las derivas para las pilas 2 y 4 con la sollicitación sísmica descrita anteriormente (ver figura 113). También se aplica un sismo reducido con $ar=0.17$ igualando el momento longitudinal mínimo en la corona de la pila 2 (ver figura 114), y los momentos y fuerzas cortantes en la pila 4 en dirección transversal (igual que en la etapa anterior).

Figura 112. Aplicación sismo reducido $a_r=0.12$ en etapa 18 – Pila 2 y 4

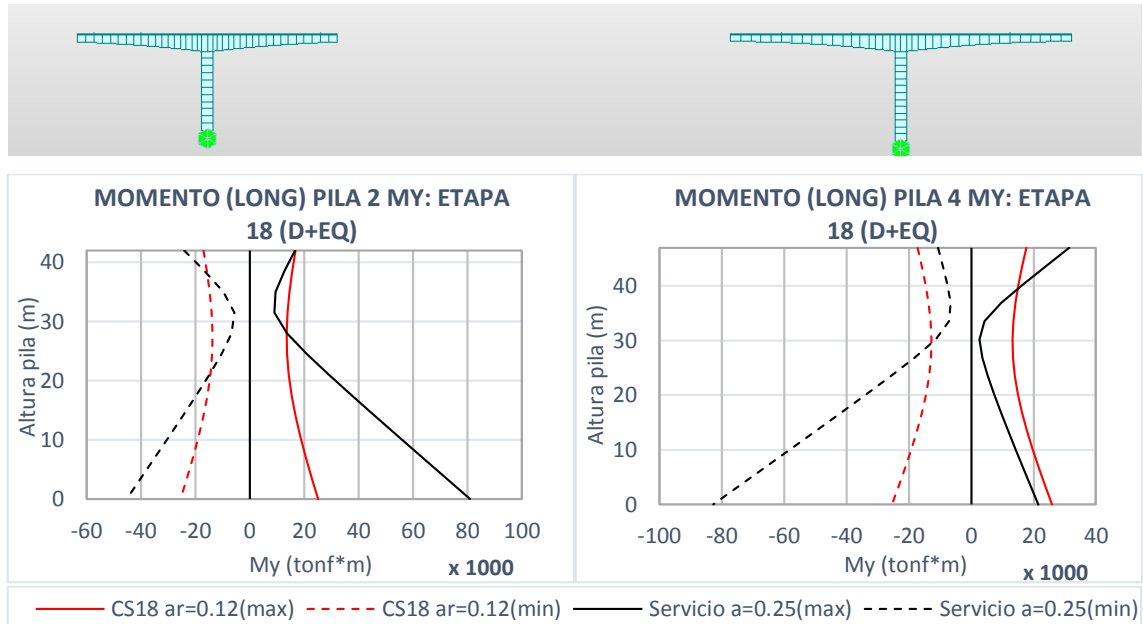


Figura 113. Deriva pila 2 y 4 con sismo reducido $a_r=0.12$ en etapa 18

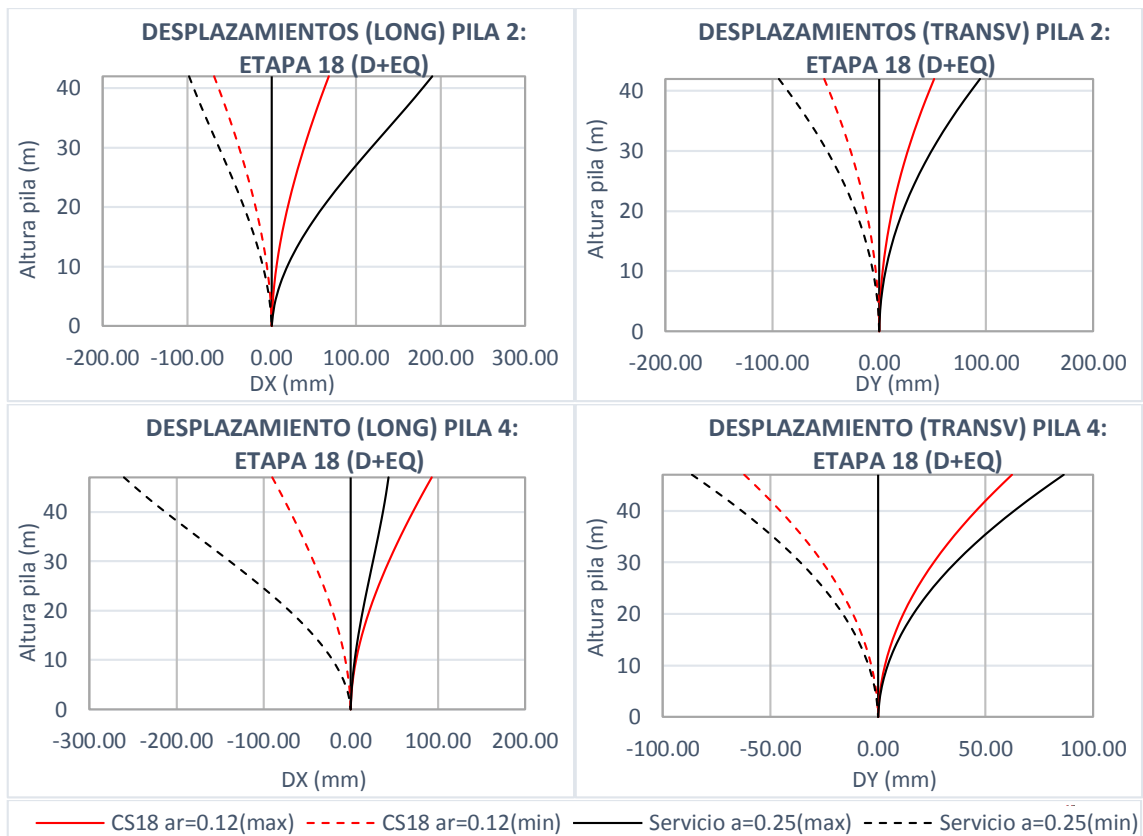
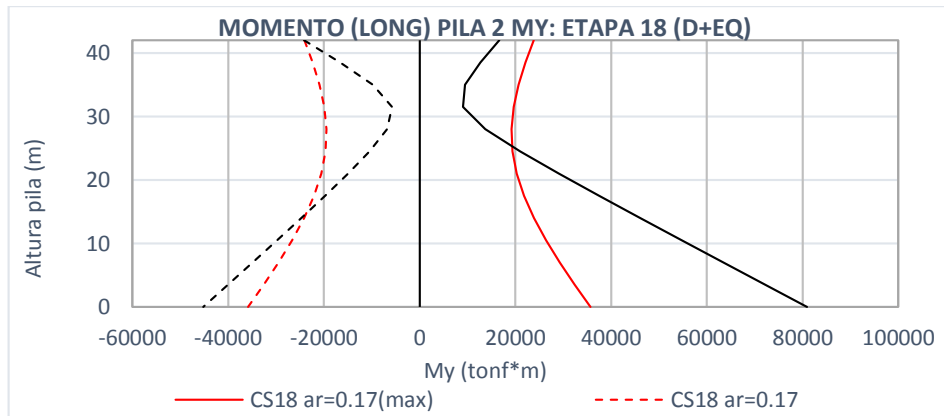


Figura 114. Aplicación sismo reducido $a_r=0.17$ en etapa 18 – Pila 2



• **Etapa 19:**

En la etapa 19 es interesante observar lo que ocurre en la pila y el tablero apoyado sobre el eje 4 ya que en esta etapa se ejecuta la dovela maciza de cierre lateral, por lo tanto las propiedades estáticas y dinámicas de la estructura ubicada en este eje cambian drásticamente. Con un coeficiente de aceleración reducida $a_r=0.14$ se iguala la carga axial de la pila 4 durante construcción con la carga axial desarrollada para el puente completo (ver figura 115), se exceden los momentos flectores positivos en el tablero (tracción fibra inferior) en la zona de apoyos del eje 2 y 4, el momento flector negativo (tracción fibra superior) en el voladizo 5, y se iguala la fuerza cortante en el tablero en la zona de conexión con el eje 4 (ver figura 116). Adicional a esto, con una aceleración reducida de $a_r=0.19$ se igual el momento negativo en el tablero en el apoyo del eje 4 (ver figura 117).

Figura 115. Aplicación sismo reducido $a_r=0.14$ en etapa 19 – Pila 4

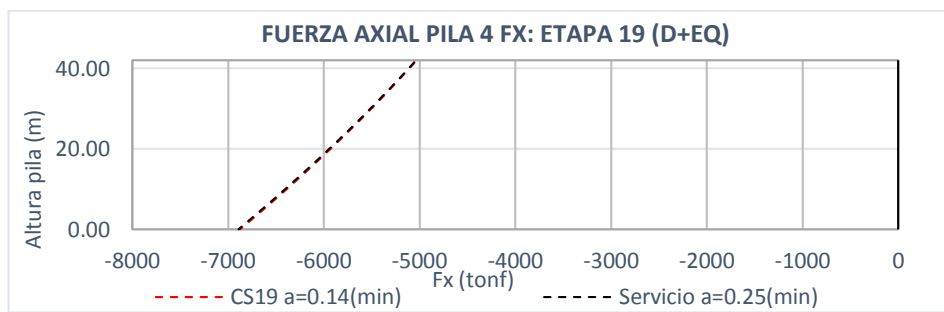


Figura 116. Aplicación sismo reducido $ar=0.14$ en etapa 19 – Tablero

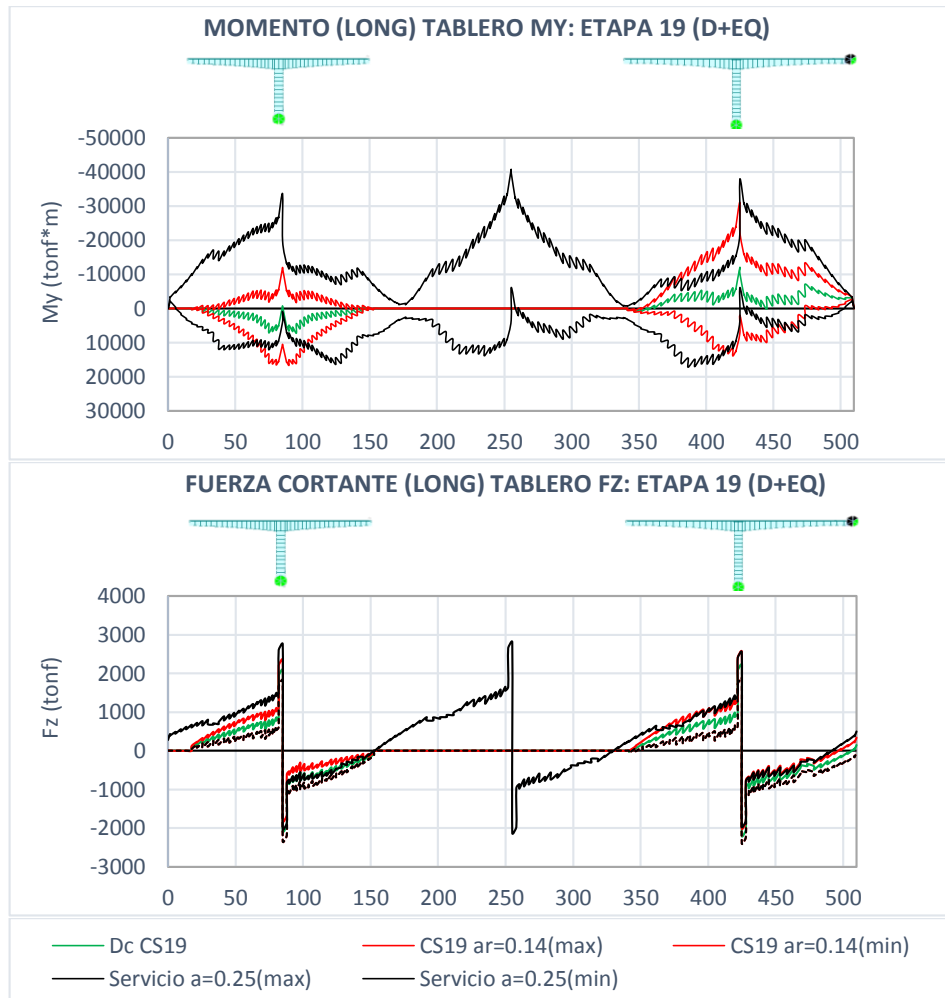
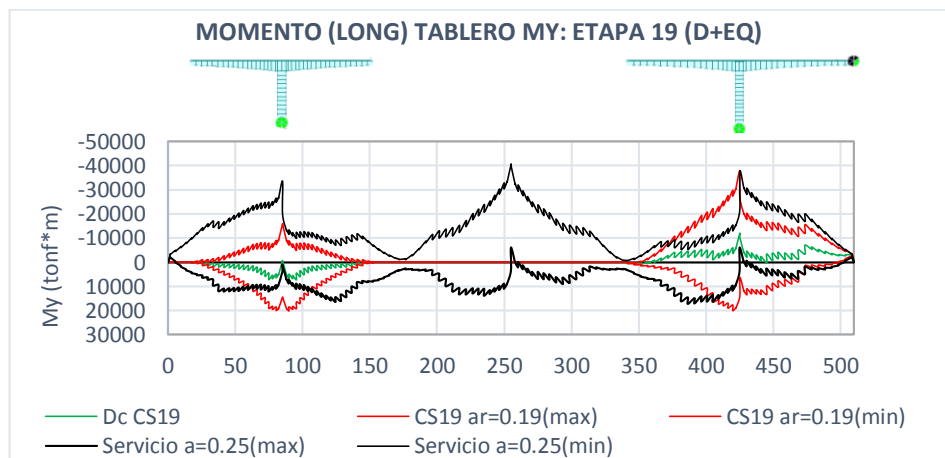


Figura 117. Aplicación sismo reducido $ar=0.19$ en etapa 19 – Tablero



- **Etapa 24:**

Finalmente se analiza la etapa 24 en la cual se realiza el otro cierre lateral en el vano 1. En esta etapa se encontró que en el tablero se pueden igualar los momentos negativos en los apoyos de los ejes 2 y 4, con un coeficiente de aceleración reducida $a_r=0.19$, a los valores encontrados para el puente en servicio. Para el mismo caso se exceden considerablemente los momentos positivos en el vano que se encuentra en voladizo y se igualan los cortantes en los apoyos (ver figura 118 y 119). Las etapas 19 y 24 se consideran críticas para el tablero. Además también se excede la carga axial desarrollada en la pila 2 (ver figura 120).

Figura 118. Aplicación sismo reducido $a_r=0.19$ en etapa 24 – Momento tablero

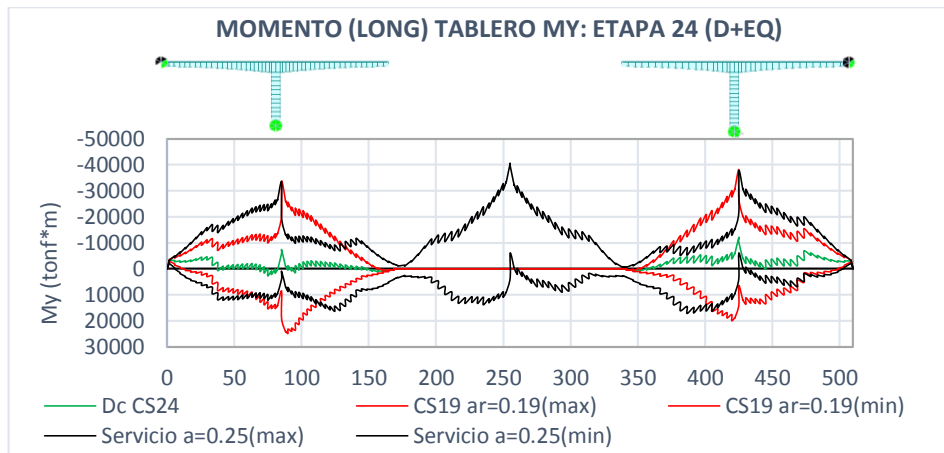


Figura 119. Aplicación sismo reducido $a_r=0.19$ en etapa 24 – Cortante tablero

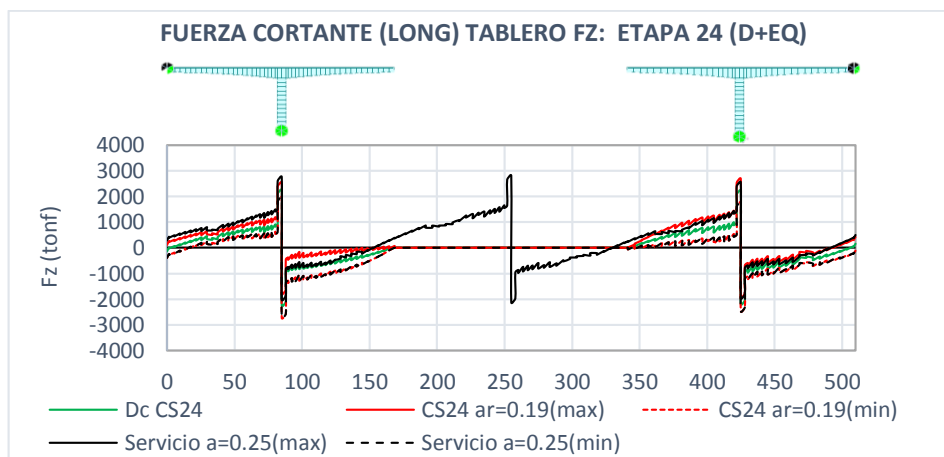
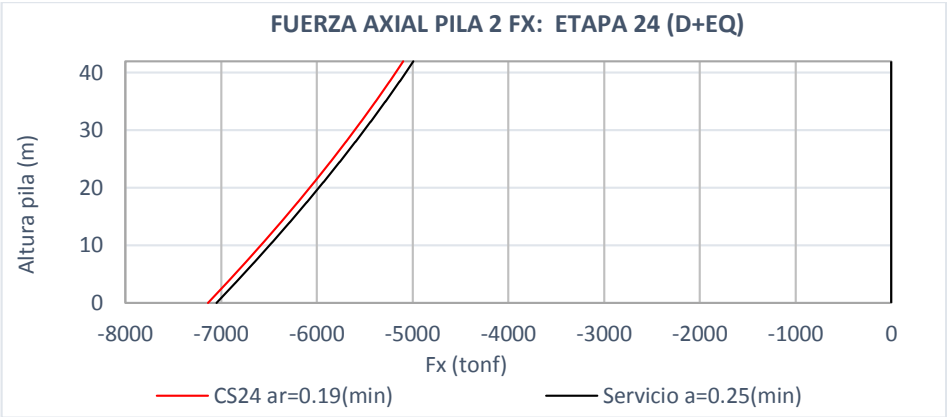


Figura 120. Aplicación sismo reducido $a_r=0.19$ en etapa 24 – Pila 2



5. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación se ha enfocado en el comportamiento estructural de un puente de sección viga cajón construido por el método de voladizos sucesivos con dovelas fundidas en el sitio, frente a cargas permanentes y acciones sísmicas en estado de servicio y durante construcción.

Se realizaron dos tipos de análisis: en el primero se simuló el proceso constructivo del puente en estudio siguiendo la secuencia de construcción y las solicitaciones definidas en los planos as-built. Se tuvieron en cuenta los efectos diferidos en el tiempo para el concreto de las pilas y el tablero (creep y shrinkage), el efecto p-delta, las pérdidas inmediatas y a largo plazo del presfuerzo, y los tiempos y cargas de ejecución en cada etapa constructiva.

En segunda instancia, se realizó un análisis dinámico lineal por el método modal espectral para estudiar la respuesta estructural del puente para el sismo de diseño en la fase de servicio y para etapas intermedias durante construcción, usando la rigidez y estados de esfuerzos de cada etapa en curso. A partir de la comparación de la respuesta sísmica del puente en las diferentes etapas constructivas (parcialmente construido) frente a la respuesta en servicio (puente completo) se evaluó la vulnerabilidad sísmica de la estructura. Las conclusiones más relevantes se presentan a continuación:

➤ **Respecto al análisis durante construcción**

Disposiciones generales:

- para realizar un análisis confiable durante construcción es de gran importancia conocer de manera precisa las cargas, secuencia de

construcción y tiempos de ejecución debido a que estos parámetros influyen considerablemente en los efectos dependientes del tiempo, los cuales tiene un gran impacto en la geometría final de la estructura, y por consiguiente en la configuración final de esfuerzos.

Fuerzas internas en el tablero:

- En el tablero del puente en estudio se presentan momentos positivos durante la ejecución de las primeras dovelas de los voladizos debido a que el efecto del presfuerzo de construcción supera el efecto producido por la carga muerta. Sin embargo este efecto se contrarresta en etapas posteriores con el peso propio de los voladizos hasta alcanzar el momento negativo más crítico cuando el voladizo tiene su mayor longitud. No obstante, los esfuerzos desarrollados en la fibra superior e inferior del tablero durante todas las etapas no sobrepasaron los esfuerzos límites a tracción y compresión definidos.
- Luego del cierre de la estructura, se observa que por acción de los efectos diferidos en el tiempo (creep y shrinkage) la ley de momentos en el tablero tiene un ascenso en la zona de conexión con las pilas y un descenso en el centro de luz de los vanos. Se encontró que el momento flector en el tablero se encuentra acotado en la parte superior (momentos negativos en apoyos) por el modelo que simula el proceso constructivo con los efectos diferidos en el tiempo y por la parte inferior (momentos positivos en centro de la luz) por el modelo sobre cimbra
- En el tablero se presenta una disminución en la fuerza de compresión entre 8% y 10% en la zona de apoyos (pila 2, 3 y 4) debido a los efectos de fluencia y retracción en el concreto sumado con las pérdidas a largo plazo en el presfuerzo.

- Los efectos diferidos en el tiempo no influyen de manera significativa en la fuerza cortante desarrollada en el tablero.

Deflexiones en el tablero

- Se encontró que durante la construcción de las primeras dovelas se producen contra flechas en el tablero producto de la aplicación del presfuerzo superior de construcción. Sin embargo, en lo sucesivo de la construcción se van equilibrando los desplazamientos verticales, alcanzando sus valores máximos cuando el voladizo tiene su mayor longitud antes del cierre.
- Las deflexiones en el tablero apoyado en los ejes 2 y 4 durante construcción son mayores en los vanos centrales que en los laterales debido a que la estructura no cierra simultáneamente en sus dos extremos. Cuando los voladizos simétricos han alcanzado su máxima longitud se realiza el cierre lateral, quedando en voladizo únicamente los vanos centrales bajo la acción de las cargas permanentes y los efectos diferidos en el tiempo que aumentan gradualmente la deflexión en el tablero hasta que se construyen las dovelas de cierre en el centro de la luz. Caso contrario ocurre en el eje 3, donde el cierre de la estructura se realiza simétricamente en los dos extremos, presentando máximas deflexiones iguales para ambos vanos cuando los voladizos tienen su mayor longitud
- En cuanto a la variación del desplazamiento vertical del tablero una vez terminada la fase constructiva se encontró que bajo las cargas permanentes actuando en la estructura se incrementaron las deflexiones en los vanos centrales (voladizos 2-3 y 4-5) y disminuyeron en los vanos laterales (voladizos 1 y 6).

Momentos y deflexiones longitudinales en las pilas

- Se presenta un incremento significativo en la deflexión horizontal de las pilas y en el momento longitudinal en la base de las mismas debido a los efectos diferidos en el tiempo que ocurren en el tablero y que se transmiten a las pilas por medio de la vinculación rígida que poseen. Lo anterior puede conllevar a una condición no deseable en el diseño. Para solucionar esta situación, (BENJUMEA ROYERO, 2012) describe el siguiente procedimiento: antes de fundir la dovela de cierre, por medio de columnas metálicas y gatos hidráulicos se introduce una fuerza en cada voladizo de modo tal que se logre compensar un porcentaje de los desplazamientos debido al creep y shrinkage. Lo anterior depende del enfoque del diseño y de las condiciones particulares de cada proyecto.

➤ **Vulnerabilidad sísmica**

- Los resultados encontrados en el presente estudio permiten concluir que la estructura presenta un mayor grado de vulnerabilidad durante construcción que en el estado de servicio, ya que para el puente parcialmente construido se pueden desarrollar fuerzas internas superiores a las halladas para el puente completo, pero con sismos de menor magnitud y de mayor probabilidad de excedencia anual que el evento de diseño.
- En las pilas se presenta una mayor vulnerabilidad para el momento longitudinal desarrollado en la corona, y para los momentos flectores y fuerzas cortantes en la dirección transversal, siendo las etapas finales las más críticas, cuando los voladizos alcanzan su máxima longitud. Por otra parte, se encontró que bajo la acción sísmica, tanto el momento flector en la base de las pilas como la fuerza cortante en la dirección longitudinal durante

construcción no resultaron ser relevantes, estando altamente influenciados por los efectos que producen las cargas permanentes.

- En el tablero, se encontró la mayor vulnerabilidad en la zona de conexión con las pilas. Los momentos positivos en el tablero (tracción fibra inferior) generados por la acción simple de la carga sísmica, y en conjunto con las cargas permanentes, fueron críticos durante la ejecución de las primeras dovelas en las etapas iniciales ya que la integridad de la conexión se debe garantizar tanto para momentos negativos como positivos.
- Cuando ocurre el cierre lateral, se modifican las propiedades estáticas y dinámicas de la estructura, induciendo fuerzas axiales en las pilas bajo acciones sísmicas que superan los valores desarrollados en servicio y sobrepasando los momentos flectores negativos en la zona de apoyos y en los vanos centrales, siendo esta una etapa donde la estructura se encuentra especialmente vulnerable.
- Las recomendaciones dadas por las normativas internacionales pueden ser un buen estimativo para calcular la aceleración reducida a emplear durante construcción siempre y cuando se garantice que ese valor adoptado sea el mínimo valor que se obtendría con el procedimiento descrito en este estudio por medio de técnicas de mitigación, como por ejemplo las presentadas en (WILSON & HOLMES, 2007), ya que para algunas etapas se requieren aceleraciones reducidas mayores. Adicional a esto, se debe tener en cuenta que la vulnerabilidad durante construcción varía dependiendo del elemento (pilas o tablero), de la fuerza interna analizada (axial, cortante o momento) y de la etapa en estudio.

6. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

En el presente estudio se determinó que las fuerzas internas en los elementos para el puente parcialmente construido bajo acciones sísmicas reducidas pueden llegar a igualar o exceder los valores hallados para el puente completo con el sismo de diseño. Sin embargo, se propone para estudios posteriores realizar un análisis por capacidad de los elementos para determinar el nivel de daño y exposición a la cual se puede ver sometida la estructura frente a acciones sísmicas durante construcción.

Otra posible línea de investigación sería incluir el efecto de interacción suelo-estructura en la respuesta sísmica del puente y analizar el comportamiento de los elementos que conforman la cimentación bajo la aplicación de sismos reducidos durante construcción.

Así mismo, sería interesante estudiar algunos métodos y técnicas que permitan mitigar la vulnerabilidad sísmica que presentan los puentes viga-cajón durante construcción y minimizar la exposición en la que se encuentra durante esta etapa, la cual es fundamental en el comportamiento final de la estructura.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (2012). *AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS (SIXTH EDITION)*. Washington, D.C: AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS.

AIS, A., Universidad de los Andes, & Ingeominas, I. d. (1996). *Estudio de Amenaza Sísmica de Colombia*. Santafé de Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (1995). *Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes*. Bogotá, Colombia: AIS.

Ates, S. (2011). Numerical modelling of continuous concret box girder bridges considering construction stages. *Applied Mathematical Modelling*(35), 3809-3820.

BENJUMEA R, J., & CHIO CHO, G. (2013). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE PUENTES EXTRADOSADOS DURANTE SU CONSTRUCCIÓN POR VOLADIZOS SUCESIVOS. *REVISTA INGENIERIA SÍSMICA Y LA CONSTRUCCIÓN CIVIL*, 125-139.

BENJUMEA ROYERO, J. M. (2012). *Evaluación del comportamiento estructural de puentes extradados con pilares esbeltos en zonas de alta sismicidad. [Tesis de Maestría]*. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería civil. Bucaramanga, Colombia.

CEB-FIP. (1993). *CEB-FIB Model Code 1990*. Laussane, Switzerland.: Thomas Telford Publishing Ltd. London for the Comité.

EUROCÓDIGO. (1998). *EUROCÓDIGO 1: BASES DE PROYECTO Y ACCIONES EN ESTRUCTURAS, PARTE 2-6: ACCIONES EN ESTRUCTURAS. ACCIONES DURANTE LA EJECUCIÓN.*

IAP. (1998). *INSTRUCCIÓN SOBRE LAS ACCIONES A CONSIDERAR EN EL PROYECTO DE PUENTES DE CARRETERA.*

Lopez Morantes, E. M., & Vanegas Herrera, S. A. (2009). *Sistemas constructivos en puentes con pretensado extradadosado, estado del arte. [Tesis de grado]. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, Colombia.*

MIDAS Information Technology Co Ltd. (s.f.). Obtenido de Midas Web site: http://en.midasuser.com/training/tutorial_read.asp?idx=510&pg=5&so=&sort=&bid=6&nCat=&nCat2=127&bType=&totCount=31

Ministerio de fomento. (1998). *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP).* Madrid: Ministerio de fomento.

Ministerio de fomento. (2007). *NORMA DE CONSTRUCCION SISMORRESISTENTE: PUENTES (NCSP-07).* Madrid: Ministerio de fomento.

Nancu Nancu, M. L. (s.f.). *Metodología para el análisis y dimensionamiento de puentes construidos evolutivamente mediante avance por voladizos sucesivos.* Universidad de Sevilla. Escuela técnica superior de ingeniería. Departamento Mecánica de medios continuos y teoría de estructura. Sevilla.

NCSP. (2007). *NORMA DE CONSTRUCCION SISMORRESISTENTE: PUENTES.*

SETRA. (2003). *Prestressed concrete bridge built using the cantilever method. Service d'études techniques des routes et autoroutes.*

Suarez Rodriguez, M. A. (2011). *Análisis del comportamiento estructural de puentes extradosados durante construcción. [Tesis de grado]. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, Colombia.*

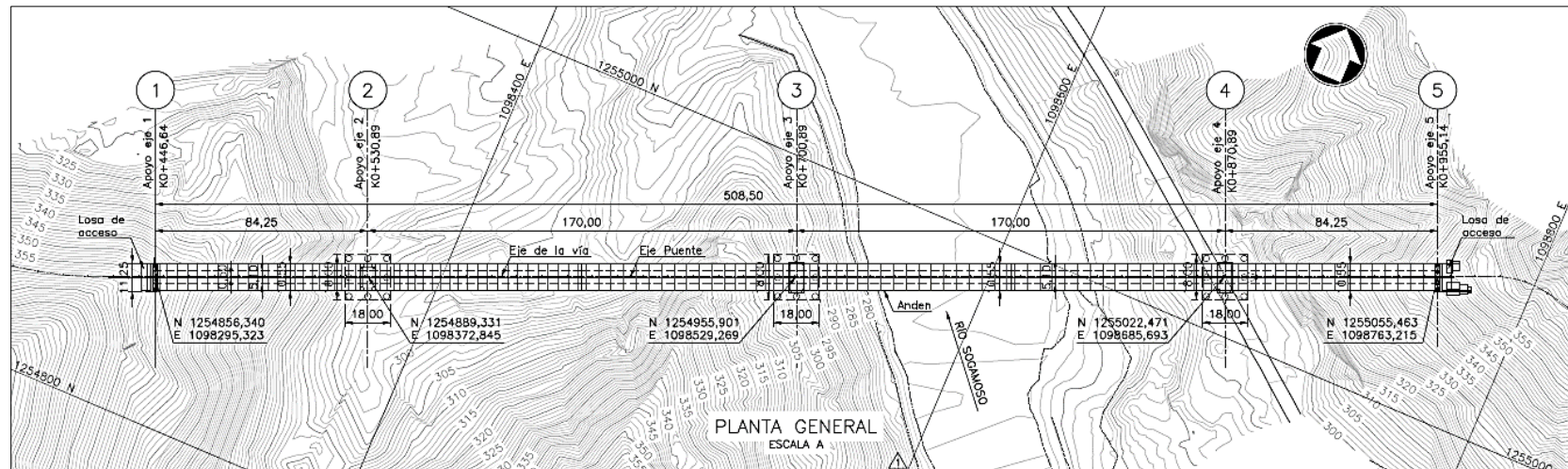
Velez Cardona, G. J. (28 de OCTUBRE de 2013). *SALA DE PRENSA: ISAGEN S.A E.S.P.* Obtenido de ISAGEN WEB SITE: https://www.isagen.com.co/comunicados/Restitucion_de_infraestructura.pdf

WILSON, J., & HOLMES, K. (2007). SEISMIC VULNERABILITY AND MITIGATION DURING CONSTRUCTION OF CABLE-STAYED BRIDGES. *JOURNAL OF BRIDGE ENGINEERING [ONLINE]*, 12 (3), 364-372.

ANEXOS

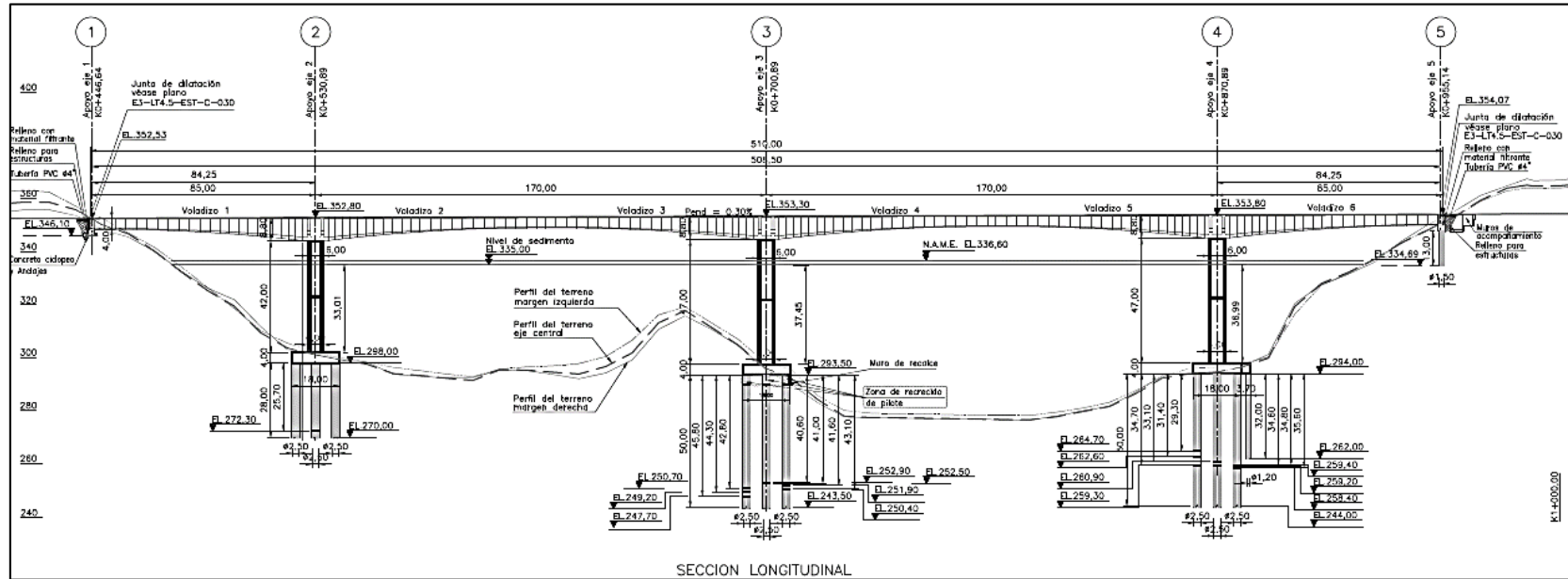
ANEXO A. INFORMACIÓN PLANOS AS-BUILT NUEVO PUENTE GUILLERMO GOMEZ ORTIZ

Figura A.1. Planta general puente Guillermo Gómez Ortiz



Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-001-AB

Figura A.2. Sección Longitudinal puente Guillermo Gómez Ortiz



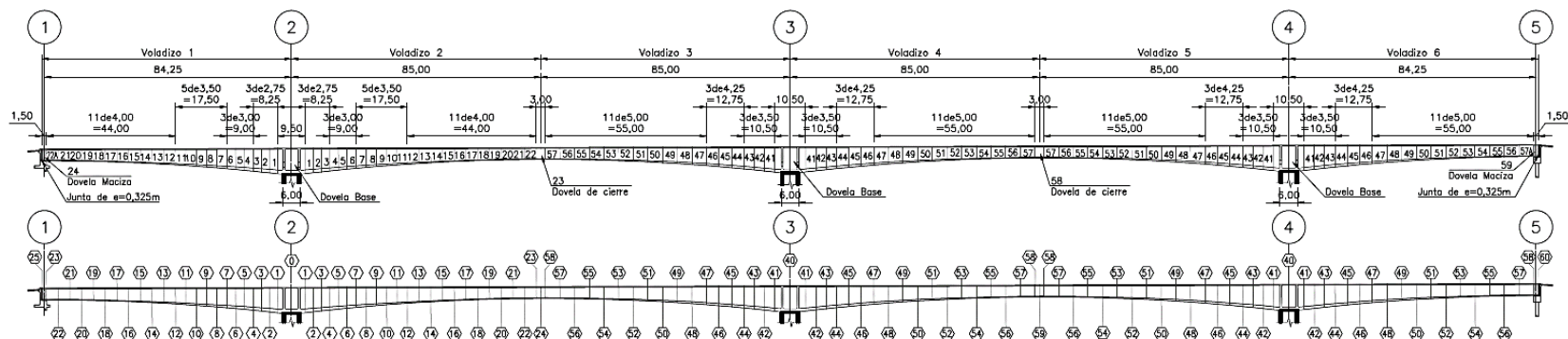
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-002-AB

Figura A.3. Cantidades de obra y especificaciones

CANTIDADES DE OBRA			
INVIAS ARTÍCULO	ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
BARANDA			
650-07	23.1	Acero ASTM-A500C en perfilería para parales (Incluye accesorios)	5984 kg
650-07	23.2	Acero ASTM-A53B en tubería para travesaños (Incluye accesorios)	14083 kg
PARAPETO			
630-07	18.16	Concreto Clase D f'c=21MPa T.M.A.=19mm	180m ³
640-07	20.1	Acero de refuerzo fy=420MPa ASTM A-706 Gr 60	31006 kg
650-07	23.3	Acero ASTM-A53B en tubería para barandas (Incluye accesorios)	5062 kg
1 SUPERESTRUCTURA			
630-07	18.2	Concreto Clase A f'c 35MPa T.M.A.=19mm para vigas de puentes con dovelas	5876 m ³
640-07	20.7	Acero de refuerzo fy=420MPa ASTM A-706 Gr 60	946073 kg
641-07	21.2	Acero de preesfuerzo ASTM A-416 Gr 270 fu=1860MPa Baja Relajación (Incluye accesorios)	3732414 ton-m
450-07	12.2	Mezcla densa en caliente tipo MDC-2, para capa de rodadura	230 m ³
APOYOS			
642-07	22.4	* Apoyo para Viga Cajón Tipo FL-VSL o equivalente (Incluye accesorios)	4 u
642-07	22.2.A	Apoyo Elastomérico en Neopreno Reforzado Dureza 60 para topes sísmicos (50x50x5)	4 u
JUNTA DE DILATACIÓN			
642-07	22.P.1	* Junta de dilatación tipo FREYSSINET WP 550 o equivalente (Incluye accesorios)	21 m
SUBESTRUCTURA			
630-07	18.22	Concreto Clase F f'c=14MPa T.M.A.=12.5mm para solados de limpieza	47 m ³
621-07	17.4	Pilote de concreto reforzado fundido in situ, de diámetro 1.50m en Concreto Clase D f'c=21MPa T.M.A.=25mm	39 m
621-07	17.5	Pilote de concreto reforzado fundido in situ, de diámetro 2.50m en Concreto Clase C f'c=28MPa T.M.A.=25mm	1024 m
630-07	18.13	Concreto Clase C f'c=28MPa T.M.A.=19mm para estribo, pilas, vigas cabezal, topes sísmicos, aletas y dados.	6700 m ³
640-07	20.11	Acero de refuerzo fy=420MPa ASTM A-706 Gr 60 para pilotes	846635 kg
640-07	20.8	Acero de refuerzo fy=420MPa ASTM A-706 Gr 60 para estribo, pilas, viga cabezal, topes sísmicos, aletas y dados.	1146572 kg
600-07	13	Excavaciones varias sin clasificar	**
610-07	14.1	Rellenos para estructuras	**
610-07	14.2	Rellenos con material filtrante (Incluye Geotextil NT, Tubería para drenaje en PVC y Accesorios según planos)	45 m ³
LOSA DE ACCESO			
630-07	18.19	Concreto Clase D f'c=21MPa T.M.A.=19mm	25 m ³
640-07	20.4	Acero de refuerzo fy=420MPa ASTM A-706 Gr 60	3510 kg
MUROS DE CONTENCIÓN			
630-07	18.20	Concreto Clase D f'c=21MPa T.M.A.=19mm para muros de contención (Incluye junta de dilatación y junta de construcción)	14 m ³
* 640-07	20.5	Acero de refuerzo fy=420MPa ASTM A-706 Gr 60	947 kg
**			
Las especificaciones y recomendaciones serán dadas por el proveedor y/o fabricante del producto. Las cantidades de excavación y rellenos serán presentadas en los planos de Geotécnia.			
NOTAS			
1. Carga viva de diseño: Carga Vehicular C40-95 definida en CCP 200-94. 2. Normas utilizadas: - Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes CCP 200-94. - Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges AASHTO. 3. Dimensiones: En metros, excepto en la que se indica otra unidad. 4. Elevaciones: En metros 5. Especificaciones técnicas y calidad de los materiales: Véase especificaciones de los materiales utilizados del proyecto en el cuadro de cantidades de obra.			

Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-001-AB

Figura A.4. Variables dovelas sección transversal típica



SECCIÓN	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H1	8,800	8,597	8,288	7,989	7,701	7,399	7,110	6,833	6,527	6,239	5,968	5,714	5,478	5,229	5,004	4,801	4,621	4,464	4,330	4,219	4,130	4,064	4,022	4,002	4,000
H3	7,220	7,068	6,837	6,615	6,402	6,180	5,968	5,767	5,545	5,336	5,141	4,959	4,789	4,610	4,445	4,291	4,141	3,984	3,850	3,739	3,650	3,584	3,542	3,522	3,520
H4	1,320	1,269	1,190	1,113	1,038	0,959	0,881	0,806	0,723	0,642	0,566	0,495	0,428	0,359	0,299	0,250	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
H5	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
H6	8,199	7,996	7,687	7,388	7,100	6,798	6,509	6,232	5,926	5,638	5,367	5,113	4,877	4,628	4,403	4,200	4,020	3,863	3,729	3,618	3,529	3,463	3,421	3,401	3,399
H7	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
B9	0,550	0,550	0,541	0,532	0,524	0,514	0,505	0,495	0,484	0,473	0,462	0,450	0,439	0,426	0,414	0,401	0,388	0,375	0,363	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
B10	4,000	4,000	4,018	4,035	4,053	4,072	4,091	4,110	4,132	4,155	4,177	4,199	4,222	4,247	4,273	4,298	4,324	4,349	4,375	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400
C2	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,323	0,323	0,323	0,323	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322
C3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,247	0,529	0,811	1,093	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375	1,375
C4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,106	0,162	0,219	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275

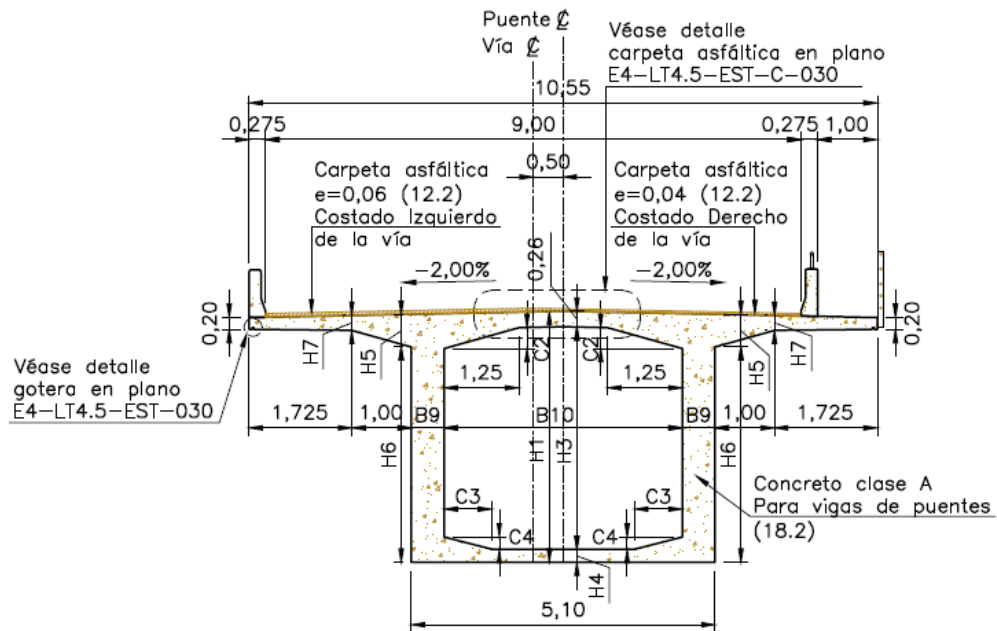
VARIABLES DOVELAS VOLADIZOS 1 Y 2 EJE PUNTE

SECCIÓN	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
H1	8,800	8,540	8,150	7,778	7,423	7,016	6,635	6,279	5,893	5,544	5,229	4,951	4,708	4,501	4,330	4,194	4,094	4,030	4,002	4,000
H3	7,490	7,261	6,919	6,595	6,288	5,939	5,616	5,319	5,002	4,721	4,475	4,265	4,091	3,953	3,850	3,714	3,614	3,550	3,522	3,520
H4	1,050	1,019	0,971	0,923	0,875	0,817	0,758	0,700	0,632	0,563	0,494	0,426	0,357	0,289	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
H5	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
H6	8,049	7,789	7,399	7,027	6,672	6,265	5,884	5,528	5,142	4,793	4,478	4,200	3,957	3,750	3,579	3,478	3,413	3,384	3,390	3,399
H7	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
B9	0,550	0,550	0,538	0,526	0,514	0,499	0,485	0,470	0,453	0,436	0,419	0,402	0,384	0,367	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
B10	4,000	4,000	4,024	4,048	4,072	4,101	4,130	4,160	4,194	4,228	4,263	4,297	4,331	4,366	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400
C2	0,476	0,476	0,476	0,476	0,475	0,475	0,474	0,474	0,474	0,473	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472
C3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,275	0,550	0,825	1,100	1,375	1,375	1,375	1,375
C4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,055	0,110	0,165	0,220	0,275	0,275	0,275	0,275

VARIABLES DOVELAS VOLADIZOS 3, 4, 5 Y 6 – EJE PUNTE

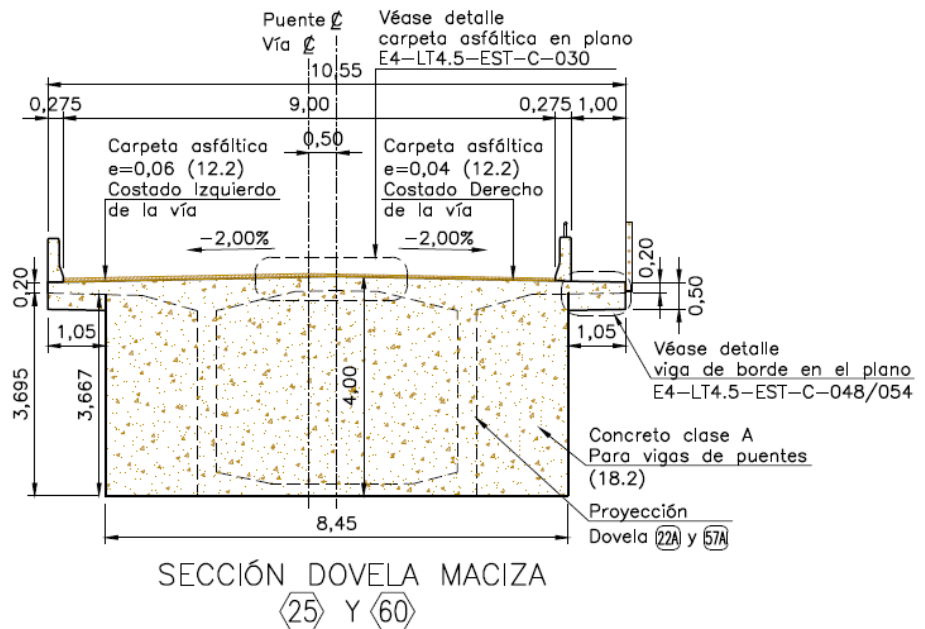
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-028-AB

Figura A.5. Sección transversal dovela típica



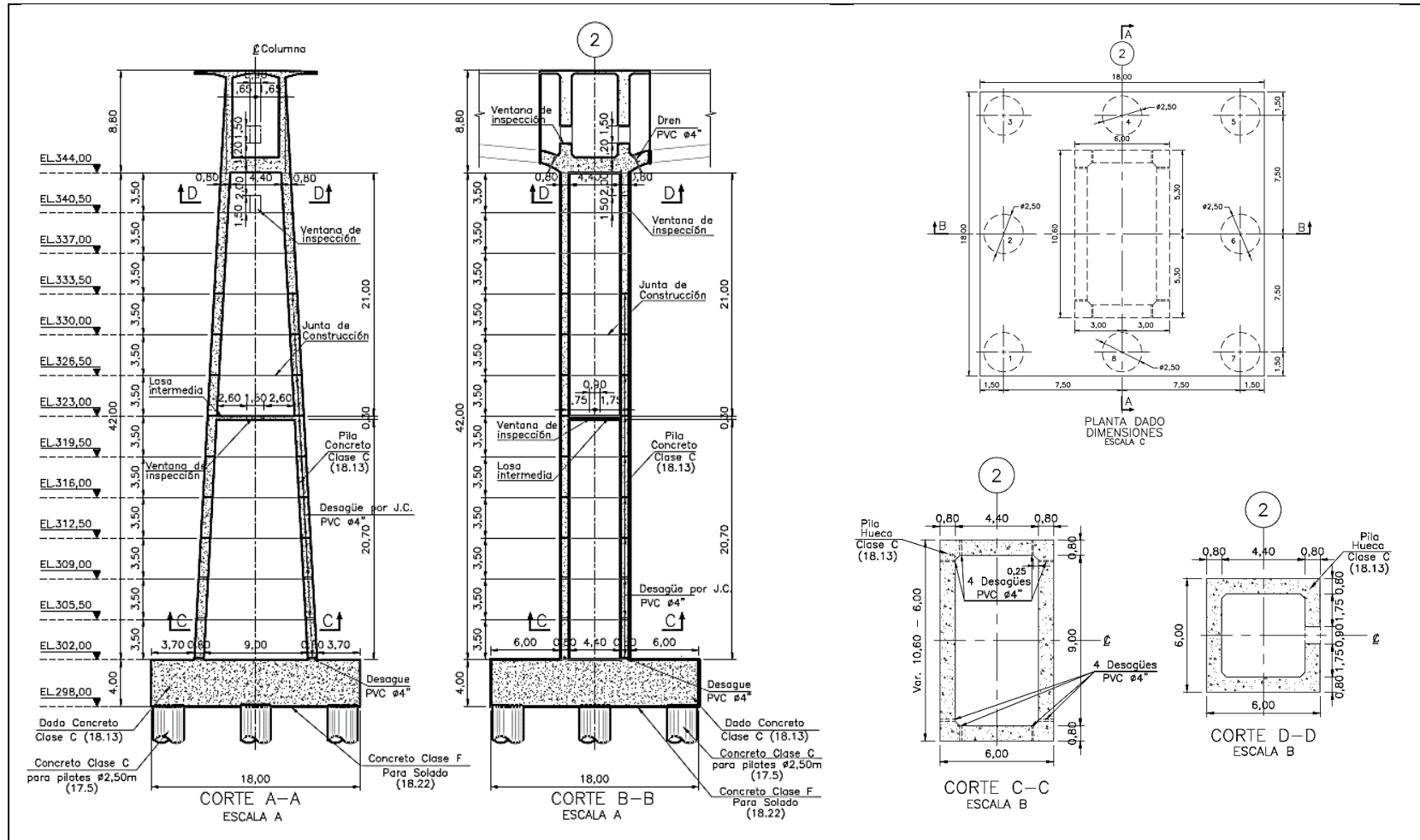
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-028-AB

Figura A.6. Sección dovela maciza



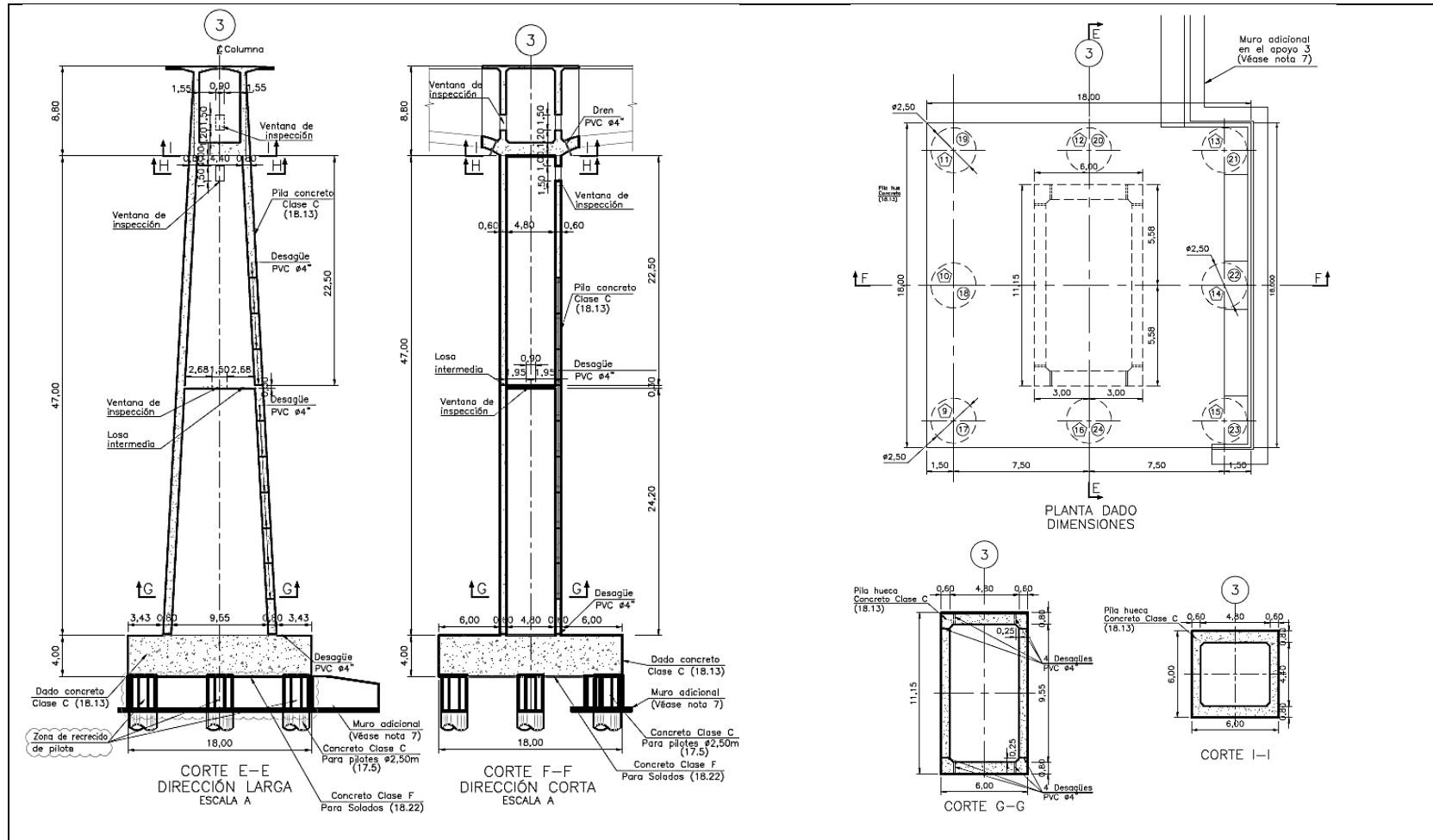
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-028-AB

Figura A.7. Columna eje 2 – dimensiones - cortes



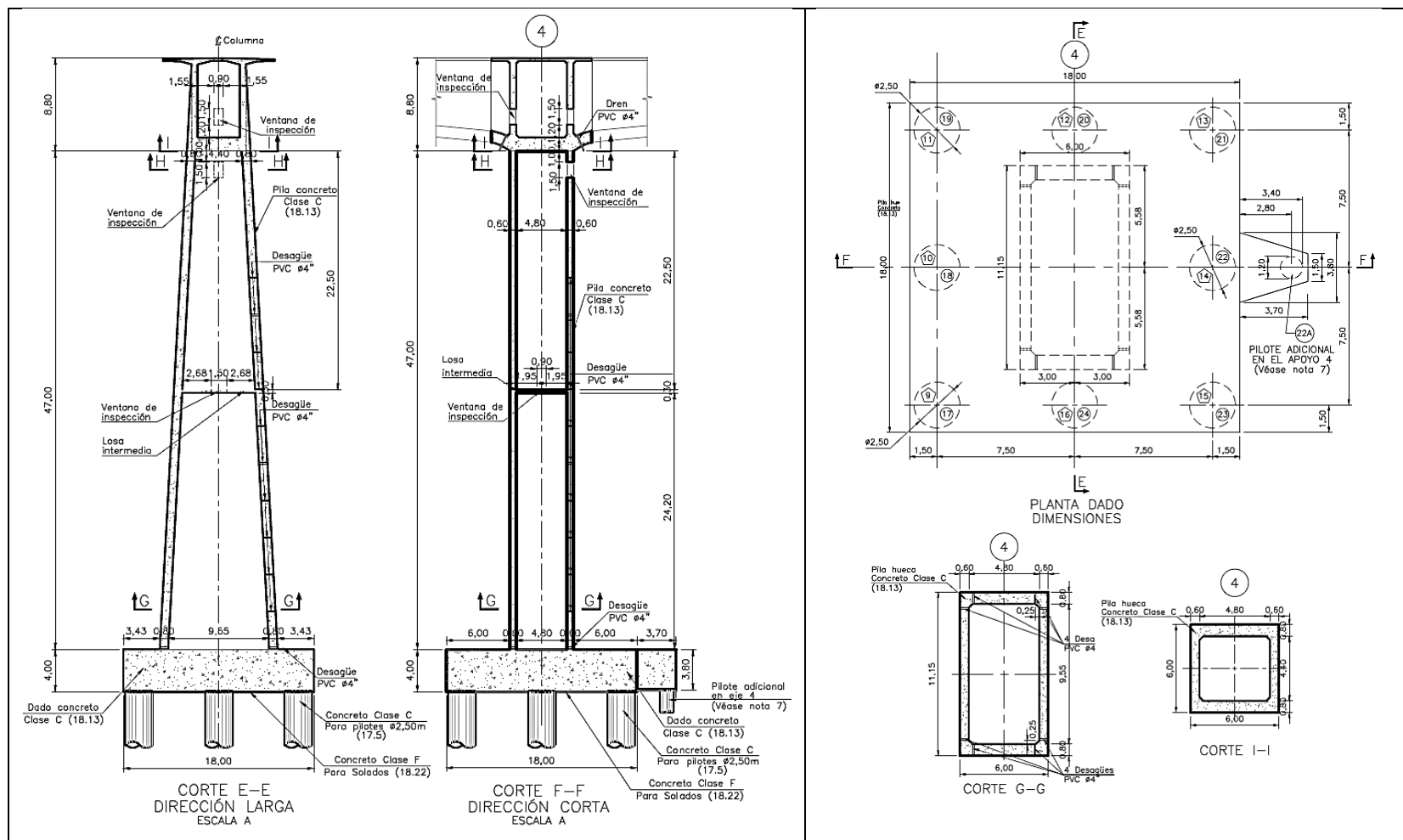
Fuente: plano E3-LT4.5-EST-C-004-AB

Figura A.8. Columna eje 3 – dimensiones - cortes



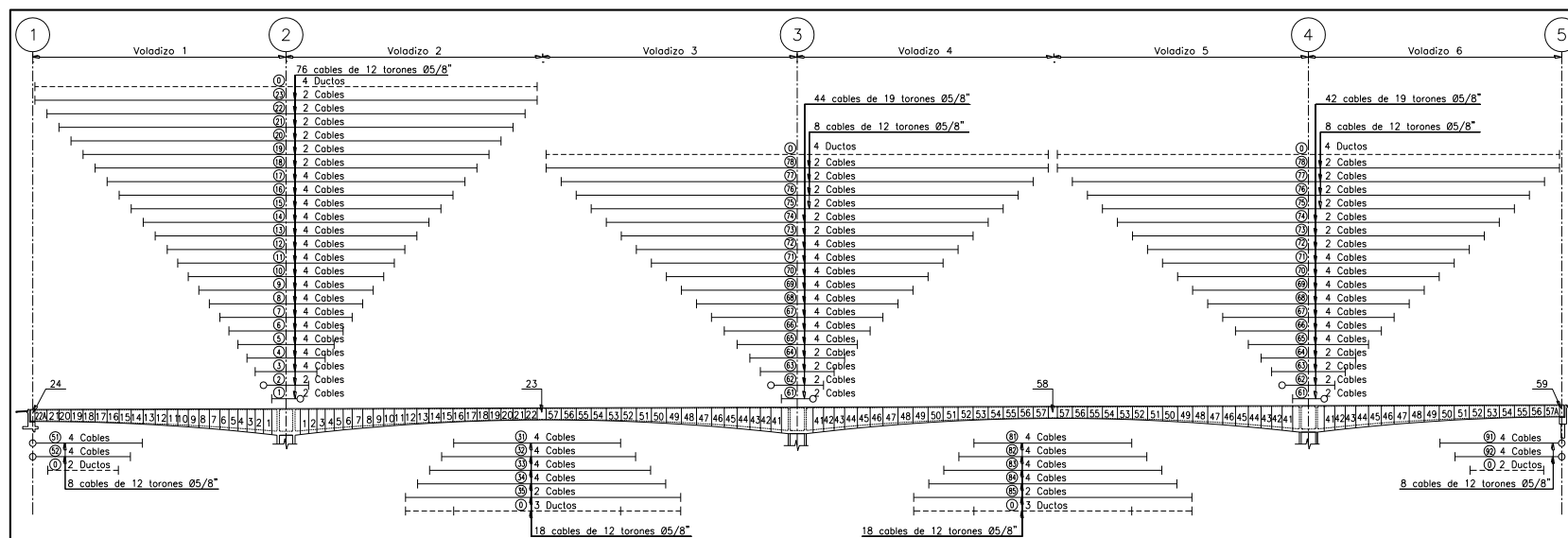
Fuente: plano E3-LT4.5-EST-C-005-H1-AB

Figura A.9. Columna eje 4 – dimensiones - cortes



Fuente: plano E3-LT4.5-EST-C-005-H2-AB

Figura A.10. Esquema general de tensionamiento



Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-055-AB, E4-LT4.5-EST-C-062-AB, E4-LT4.5-EST-C-075-AB

Figura A.11. Tensionamiento de cables – tablero superior y tablero inferior

TENSIONAMIENTO DE CABLES – TABLERO SUPERIOR – EJES 2						
NOMBRE CABLES	CANTIDAD CABLES	TORONES Ø5/8" POR CABLE	TENSIÓN EN EL GATO [ton]	TENSIÓN SOBRE PILA t=0 [ton]	TENSIÓN SOBRE PILA t=∞ [ton]	LONGITUD DEL CABLE ENTRE ANCLAJES [m]
23	2	12	246,0	186,4	164,2	167,162
22	2	12	246,0	186,3	166,1	159,162
21	2	12	246,0	190,1	168,0	151,142
20	2	12	246,0	192,1	169,9	143,142
19	2	12	246,0	194,0	171,8	135,124
18	2	12	246,0	197,2	175,1	127,114
17	4	12	246,0	198,6	176,5	119,104
16	4	12	246,0	200,8	178,6	111,094
15	4	12	246,0	202,8	180,6	103,080
14	4	12	246,0	205,8	183,6	95,068
13	4	12	246,0	207,1	184,9	87,056
12	4	12	246,0	208,5	186,3	79,048
11	4	12	246,0	211,1	188,9	72,038
10	4	12	246,0	210,7	188,5	65,044
9	4	12	246,0	212,3	190,2	58,034
8	4	12	246,0	210,0	187,8	51,042
7	4	12	246,0	195,4	173,2	44,024
6	4	12	246,0	198,4	176,2	38,026
5	4	12	246,0	227,8	205,7	32,000
4	4	12	246,0	225,9	203,8	26,000
3	4	12	246,0	227,5	205,3	20,500
2	2	12	246,0	223,9	201,7	15,000
1	2	12	246,0	233,4	211,2	9,500

TENSIONAMIENTO DE CABLES – TABLERO SUPERIOR – EJE 3						
NOMBRE CABLES	CANTIDAD CABLES	TORONES Ø5/8" POR CABLE	TENSIÓN EN EL GATO [ton/CABLE]	TENSIÓN SOBRE PILA t=0 [ton/CABLE]	TENSIÓN SOBRE PILA t=∞ [ton/CABLE]	LONGITUD DEL CABLE ENTRE ANCLAJES [m]
78	2	12	246,0	182,6	157,8	167,16
77	2	12	246,0	186,9	162,2	157,14
76	2	12	246,0	188,2	163,5	147,14
75	2	12	246,0	190,8	166,1	137,13
74	2	19	389,5	303,1	278,3	127,12
73	2	19	389,5	310,8	286,0	117,11
72	4	19	389,5	313,9	289,2	107,11
71	4	19	389,5	314,5	289,8	97,09
70	4	19	389,5	316,4	291,6	87,07
69	4	19	389,5	324,3	299,6	77,05
68	4	19	389,5	330,7	305,9	67,06
67	4	19	389,5	339,5	320,7	57,05
66	4	19	389,5	321,1	296,3	48,55
65	4	19	389,5	361,3	336,5	40,00
64	2	19	389,5	354,7	330,0	31,51
63	2	19	389,5	351,3	326,6	24,51
62	2	19	389,5	362,1	337,4	17,50
61	2	19	389,5	379,2	354,5	10,50

TENSIONAMIENTO DE CABLES – TABLERO SUPERIOR – EJE 4						
NOMBRE CABLES	CANTIDAD CABLES	TORONES Ø5/8" POR CABLE	TENSIÓN EN EL GATO [ton/CABLE]	TENSIÓN SOBRE PILA t=0 [ton/CABLE]	TENSIÓN SOBRE PILA t=∞ [ton/CABLE]	LONGITUD DEL CABLE ENTRE ANCLAJES [m]
78	2	12	246,0	182,6	159,6	167,16
77	2	12	246,0	186,1	163,1	157,13
76	2	12	246,0	188,2	165,2	147,14
75	2	12	246,0	191,9	168,9	137,11
74	2	19	389,5	303,1	280,1	127,12
73	2	19	389,5	309,7	286,7	117,09
72	2	19	389,5	313,9	290,9	107,11
71	4	19	389,5	314,5	291,5	97,09
70	4	19	389,5	316,4	293,3	87,07
69	4	19	389,5	324,3	301,3	77,05
68	4	19	389,5	330,7	307,6	67,06
67	4	19	389,5	335,5	312,4	57,05
66	4	19	389,5	321,1	298,0	48,55
65	4	19	389,5	361,3	338,2	40,00
64	2	19	389,5	354,7	331,7	31,51
63	2	19	389,5	351,3	328,2	24,51
62	2	19	389,5	362,1	339,1	17,50
61	2	19	389,5	379,2	356,2	10,50

TENSIONAMIENTO DE CABLES – TABLERO INFERIOR – VOLADIZOS 2 Y 3						
NOMBRE CABLES	CANTIDAD CABLES	TORONES Ø5/8" POR CABLE	TENSIÓN EN EL GATO [ton/CABLE]	TENSIÓN EN EL GATO t=0 [ton/CABLE]	TENSIÓN EN EL GATO t=∞ [ton/CABLE]	LONGITUD DEL CABLE ENTRE ANCLAJES [m]
31	4	12	246,0	228,1	198,6	55,54
32	4	12	246,0	224,8	195,4	64,55
33	4	12	246,0	221,6	192,2	73,57
34	4	12	246,0	218,5	189,1	82,58
35	2	12	246,0	215,4	186,0	91,60

TENSIONAMIENTO DE CABLES – TABLERO INFERIOR – VOLADIZOS 4 Y 5						
NOMBRE CABLES	CANTIDAD CABLES	TORONES Ø5/8" POR CABLE	TENSIÓN EN EL GATO [ton/CABLE]	TENSIÓN EN EL GATO t=0 [ton/CABLE]	TENSIÓN EN EL GATO t=∞ [ton/CABLE]	LONGITUD DEL CABLE ENTRE ANCLAJES [m]
81	4	12	246,0	228,1	200,9	55,54
82	4	12	246,0	224,8	197,6	64,55
83	4	12	246,0	221,6	194,5	73,56
84	4	12	246,0	218,5	191,3	82,58
85	2	12	246,0	215,4	188,2	91,60

TENSIONAMIENTO DE CABLES – TABLERO INFERIOR – VOLADIZO 6						
NOMBRE CABLES	CANTIDAD CABLES	TORONES Ø5/8" POR CABLE	TENSIÓN EN EL GATO [ton/CABLE]	TENSIÓN EN EL GATO t=0 [ton/CABLE]	TENSIÓN EN EL GATO t=∞ [ton/CABLE]	LONGITUD DEL CABLE ENTRE ANCLAJES [m]
91	4	12	246,0	218,5	193,7	41,08
92	4	12	246,0	221,6	196,9	36,07

TENSIONAMIENTO DE CABLES – TABLERO INFERIOR – VOLADIZO 1						
NOMBRE CABLES	CANTIDAD CABLES	TORONES Ø5/8" POR CABLE	TENSIÓN EN EL GATO [ton/CABLE]	TENSIÓN EN EL GATO t=0 [ton/CABLE]	TENSIÓN EN EL GATO t=∞ [ton/CABLE]	LONGITUD DEL CABLE ENTRE ANCLAJES [m]
51	4	12	246,0	221,0	194,5	37,06
52	4	12	246,0	223,5	197,1	33,06

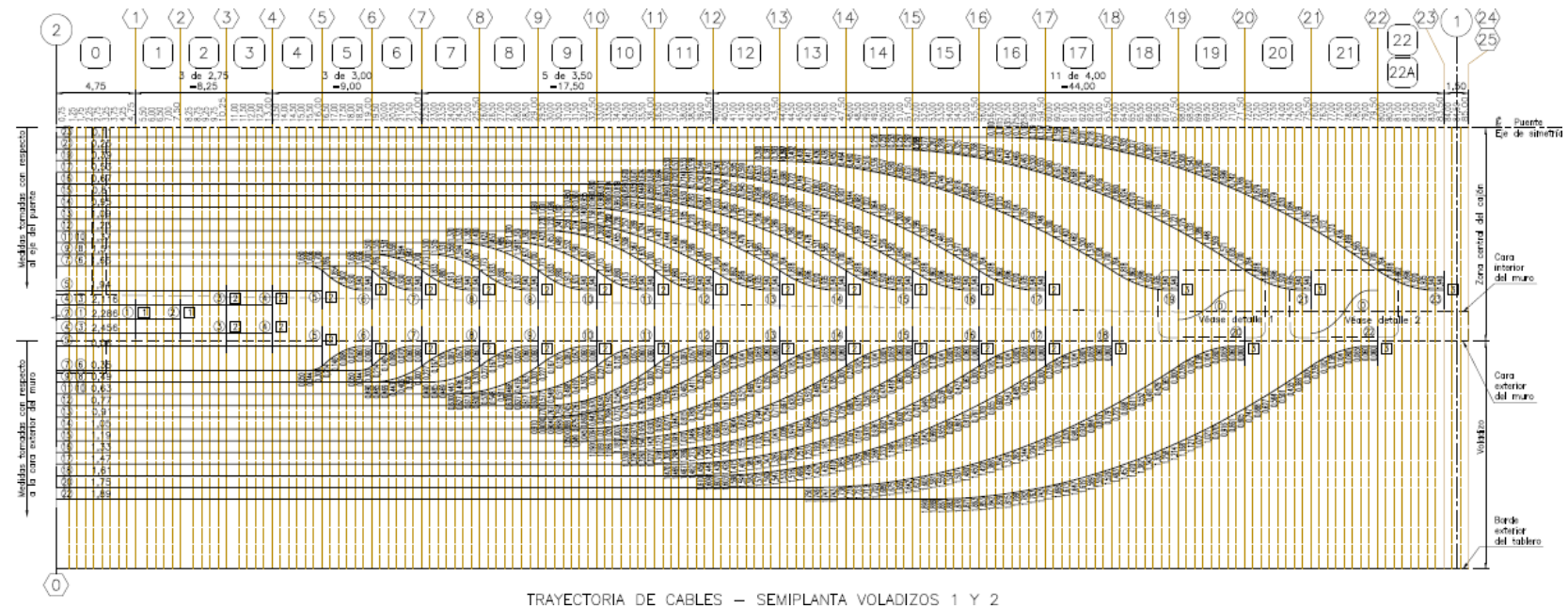
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-055-AB, E4-LT4.5-EST-C-062-AB, E4-LT4.5-EST-C-075-AB

Figura A.12. Notas del tensionamiento de los cables

NOTAS 	NOTAS 
1. Todas las dimensiones mostradas están dadas en metros, excepto donde se indique otra unidad diferente. 2. Para ver notas generales véase plano E4-LT4.5-EST-C-001. 3. Peso máximo del carro de avance: 50 toneladas. En caso de una variación igual o mayor al 5% deberá consultarse con el diseñador. 4. El tensionamiento de cables del tablero superior se realizará cuando el concreto de la dovela a tensionar alcance como mínimo un f'_{ci}= 28 MPa, después de realizado el tensionamiento de los cables superiores de dicha dovela se podrá correr el carro de avance. Los tensionamientos de continuidad se realizarán cuando el concreto de la dovela de cierre alcance como mínimo un f'_{ci}= 28 MPa. 5. Orden de construcción de los voladizos: a. Primero se construirán los voladizos 1 y 2 sobre el apoyo 2, y los voladizos 5 y 6 sobre el apoyo 4. Al finalizar, se construirán las dos dovelas macizas sobre los apoyos 1 y 5, y se tensionarán sus anclajes verticales. Se tensionarán los cables inferiores en los apoyos 1 y 5. b. Una vez terminadas todas las actividades del literal (a), se construirán los voladizos 3 y 4 sobre el apoyo 3. Al finalizar, se construirán las dos dovelas de cierre en los centros de luz. c. Una vez terminadas todas las actividades del literal (b), se realizará el tensionamiento de continuidad. Se tensionarán los cables inferiores en los centros de luz procediendo lo más simétricamente posible. d. Se retirará el carro de avance sobre la dovela de cierre. e. Una vez terminadas todas las actividades del literal (d), instalar la baranda peatonal, construir los parapetos y aplicar la carpeta asfáltica. 6. Cualquier modificación al orden de construcción de los voladizos deberá ser consultada y aprobada por el diseñador. La construcción de los parapetos podrá iniciar antes de dar continuidad al puente. Se procederá simétricamente, a ambos lados de la vía, desde el eje de las columnas en la dirección de la construcción de las dovelas hasta como máximo la sección 48, junta entre dovelas 47 y 48. Una vez se de continuidad al puente se completarán los parapetos. El CONTRATISTA deberá hacer los ajustes necesarios en la estimación de las cotas de construcción que garantice las cotas de servicio definidas en el plano E4-LT4.5-EST-C-027. 7. La fuerza efectiva de tensionamiento cuando hayan sucedido la totalidad de las pérdidas serán: a. 13698 toneladas sobre la cara superior de la viga cajón en el eje 2. b. 1569 toneladas sobre la cara inferior de la viga cajón en el eje 1.	La fuerza efectiva de tensionamiento cuando hayan sucedido la totalidad de las pérdidas serán: a. 14723 toneladas sobre la cara superior de la viga cajón en el eje 3. b. 3473 toneladas sobre la cara inferior de la viga cajón en el centro de luz entre los ejes 2 y 3. La fuerza efectiva de tensionamiento cuando hayan sucedido la totalidad de las pérdidas serán: a. 14229 toneladas sobre la cara superior de la viga cajón en el eje 4. b. 3514 toneladas sobre la cara inferior de la viga cajón en el centro de luz entre los ejes 3 y 4. c. 1562 toneladas sobre la cara inferior de la viga cajón en el eje 5. 8. Se usarán torones de ϕ nominal = 5/8", Área = 1,40cm² resistencia a la tracción última f_u=1860 MPa Baja Relajación y módulo de elasticidad E_{sp}=1'950.000 kg/cm². Los torones conformarán cables de 19 y 12 torones, que estarán colocados en ductos semirrígidos de diámetro de 0,11m y 0,08m respectivamente. 9. Los valores de la tensión en el gato, las pérdidas por fricción y curvatura, las pérdidas diferidas y los alargamientos han sido calculados con valor de μ=0,25 y K=0,0025/m. 10. La penetración de cuña considerada es de 0,007m. 11. Los alargamientos se medirán antes de fijar la cuña. Se deben llevar registros de los alargamientos para incrementos del 10% de la presión del tensionamiento. Mantener permanentemente informado al diseñador de los alargamientos obtenidos. En caso de que los alargamientos obtenidos difieran en +/-10% deberá consultarse con el diseñador. 12. Una vez comprobados y aprobados los alargamientos inyectar una lechada de cemento en los ductos de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto. 13. La longitud teórica de los cables incluye la longitud propia de la curvatura en planta y perfil de cada cable, no incluye la longitud requerida para el manejo del mismo en el momento de tensionar y en el anclaje en el gato. 14. Para ver esquema general de tensionamiento voladizos 1 y 2 véase plano E4-LT4.5-EST-C-055 para 3 y 4 véase E4-LT4.5-EST-C-075 para voladizos 5 y 6 véase plano E4-LT4.5-EST-C-062.

Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-055-AB, E4-LT4.5-EST-C-062-AB, E4-LT4.5-EST-C-075-AB

Figura A.13. Trayectoria de cables – semiplanta voladizos 1 y 2

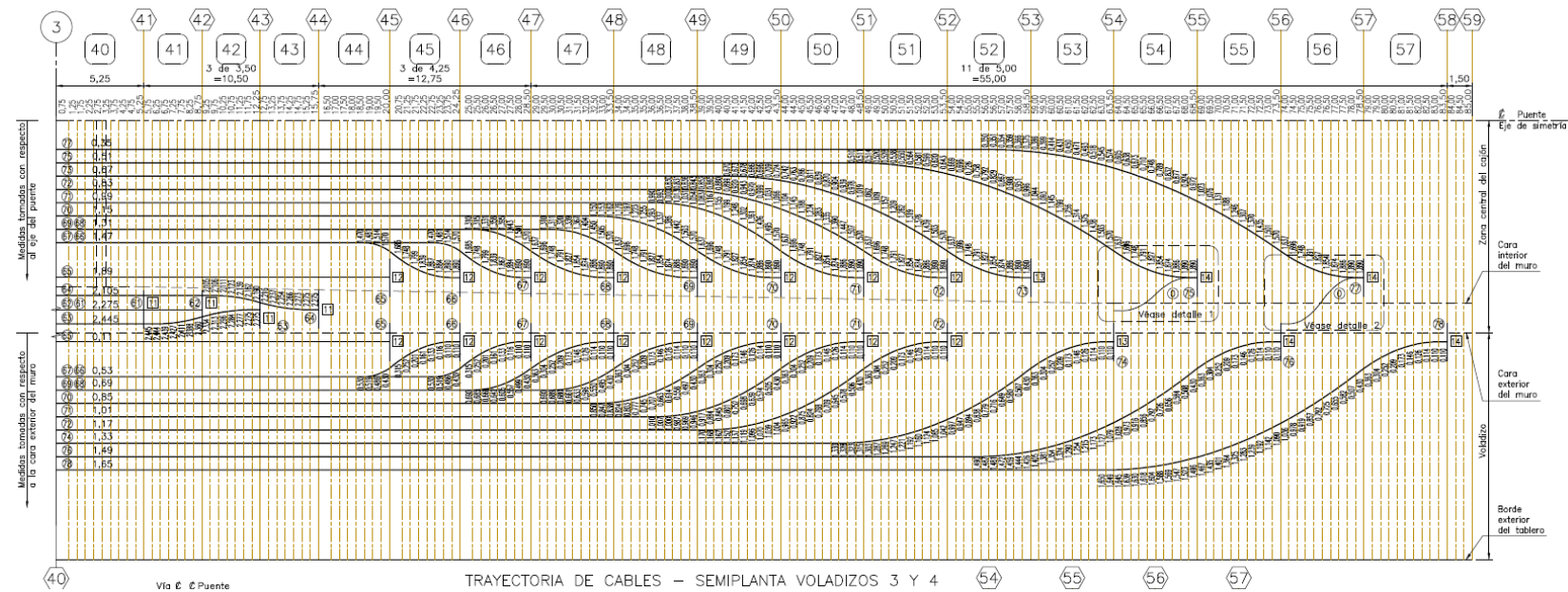


Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-056-AB

Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-061-AB

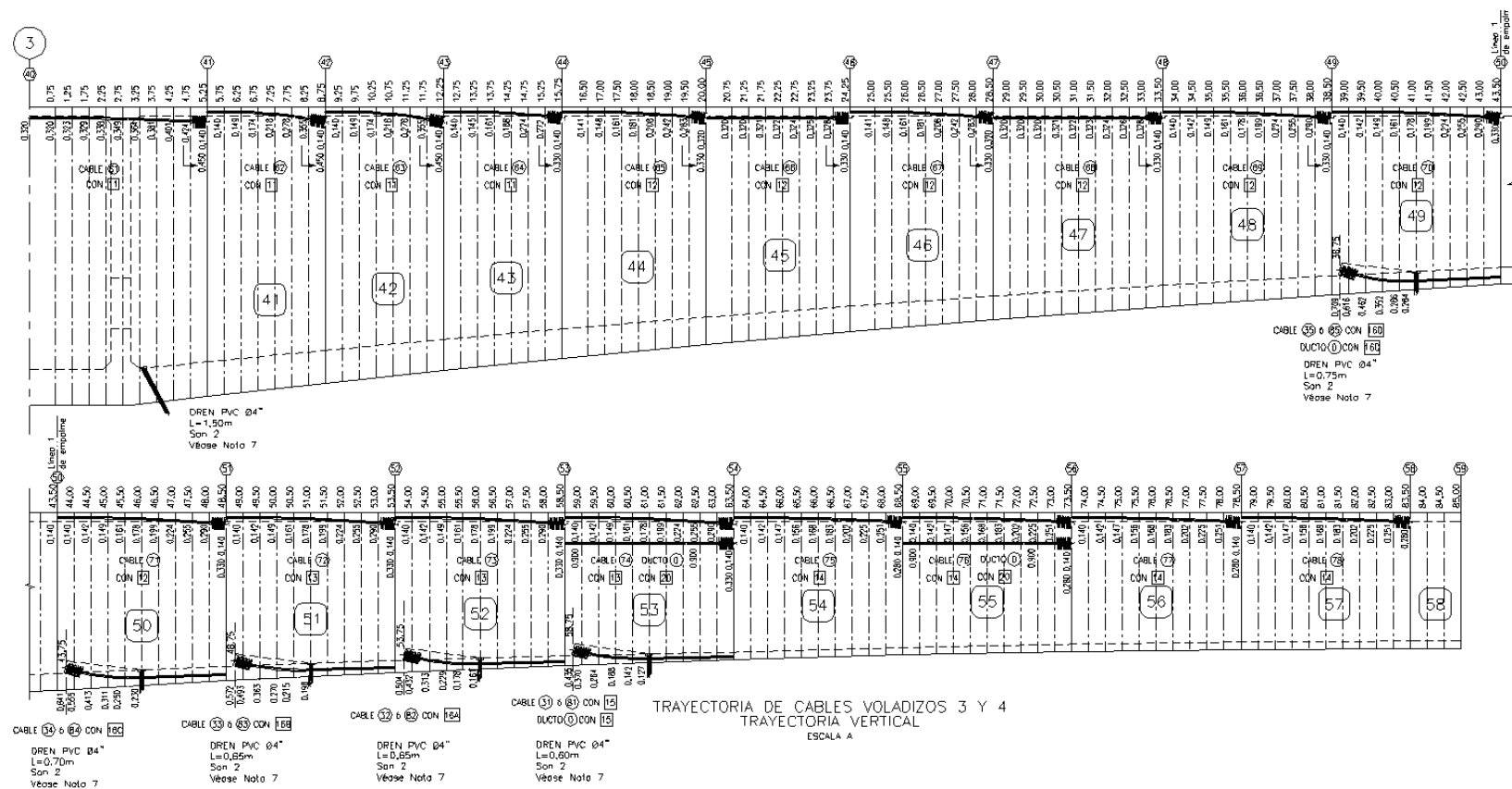


Figura A.15. Trayectoria de cables – semiplanta voladizos 3 y 4



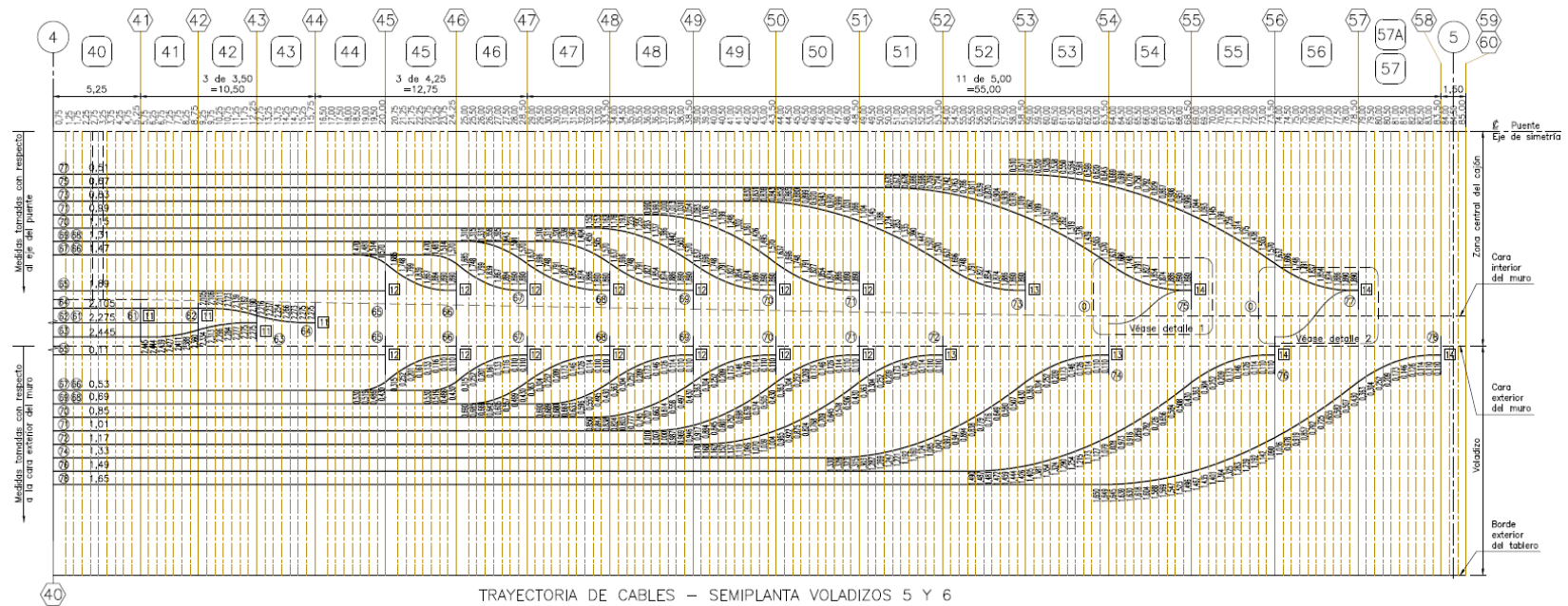
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-076-AB

Figura A.16. Trayectoria de cables perfil – voladizos 3 y 4



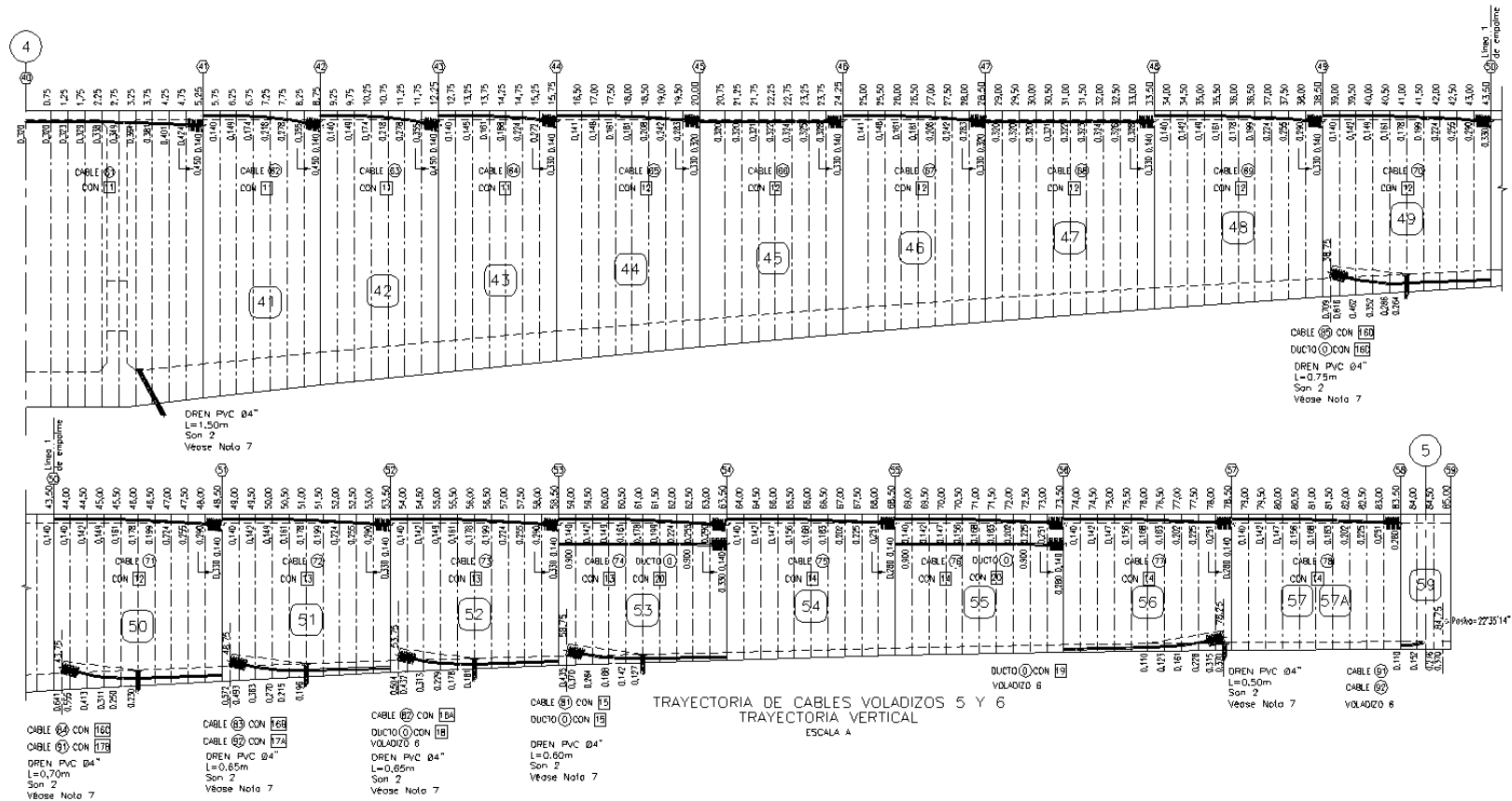
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-080-AB

Figura A.17. Trayectoria de cables – semiplanta voladizos 3 y 4



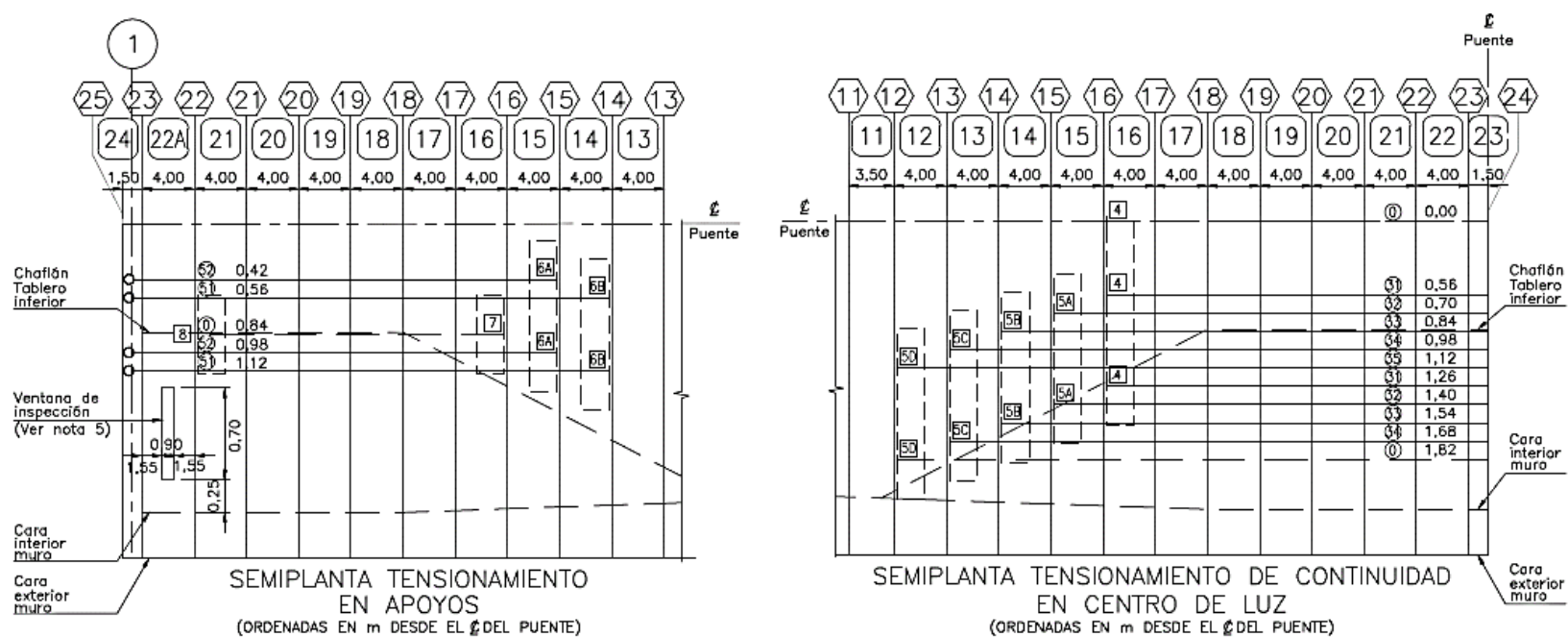
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-063-AB

Figura A.18. Trayectoria de cables perfil – voladizos 5 y 6



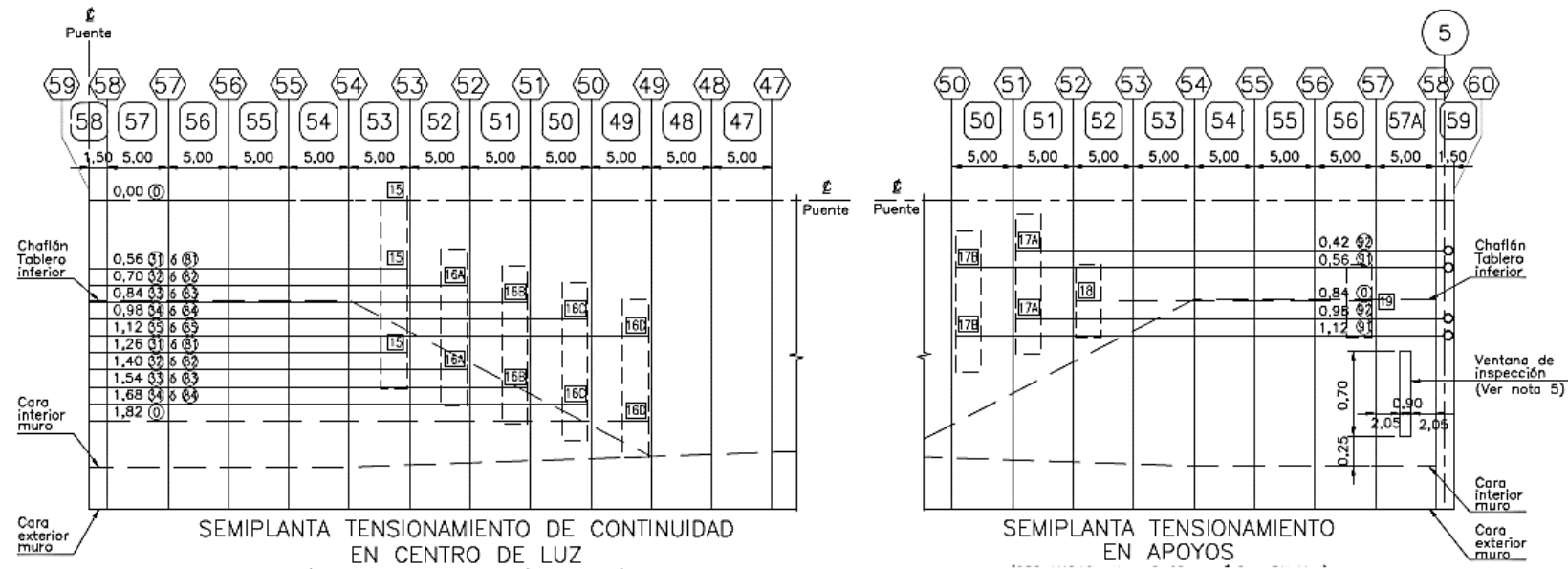
Fuente: plano E4-LT4.5-EST-C-068-AB

Figura A.19. Trayectoria de cables tablero inferior – apoyo eje 1 y centro de luz voladizos 2 y 3



Fuente: E4-LT4.5-EST-C-060-AB

Figura A.20. Trayectoria de cables tablero inferior – apoyo eje 5 y centro de luz voladizos 4 y 5



Fuente: E4-LT4.5-EST-C-067-AB

ANEXO B. DATOS DE ENTRADA DEL MODELO

Tabla B.1. Materiales

ID	Name	Type	Standard	Elasticity (tonf/m ²)	Poisson	Thermal (1/[C])	Density (tonf/m ³)	Mass Density (tonf/m ³ /g)	Material Type
1	fc 28 MPa	Concrete	None	2.09E+06	0.2	9.00E-06	2.40E+00	2.45E-01	Isotropic
2	fc 35 MPa	Concrete	None	2.34E+06	0.2	9.00E-06	2.40E+00	2.45E-01	Isotropic
3	Tendon	User Defined	None	1.95E+07	0	1.17E-05	7.86E+00	0.00E+00	Isotropic

Tabla B.2. Nodos

Node	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	0.00	0.00	0.00
2	1.50	0.00	0.00
3	5.50	0.00	0.00
4	9.50	0.00	0.00
5	13.50	0.00	0.00
6	17.50	0.00	0.00
7	21.50	0.00	0.00
8	25.50	0.00	0.00
9	29.50	0.00	0.00
10	33.50	0.00	0.00
11	37.50	0.00	0.00
12	41.50	0.00	0.00
13	45.50	0.00	0.00
14	49.00	0.00	0.00
15	52.50	0.00	0.00
16	56.00	0.00	0.00
17	59.50	0.00	0.00
18	63.00	0.00	0.00
19	66.00	0.00	0.00
20	69.00	0.00	0.00
21	72.00	0.00	0.00
22	74.75	0.00	0.00
23	77.50	0.00	0.00
24	80.25	0.00	0.00
25	82.00	0.00	0.00
26	85.00	0.00	0.00
27	88.00	0.00	0.00

Node	X(m)	Y(m)	Z(m)
28	89.75	0.00	0.00
29	92.50	0.00	0.00
30	95.25	0.00	0.00
31	98.00	0.00	0.00
32	101.00	0.00	0.00
33	104.00	0.00	0.00
34	107.00	0.00	0.00
35	110.50	0.00	0.00
36	114.00	0.00	0.00
37	117.50	0.00	0.00
38	121.00	0.00	0.00
39	124.50	0.00	0.00
40	128.50	0.00	0.00
41	132.50	0.00	0.00
42	136.50	0.00	0.00
43	140.50	0.00	0.00
44	144.50	0.00	0.00
45	148.50	0.00	0.00
46	152.50	0.00	0.00
47	156.50	0.00	0.00
48	160.50	0.00	0.00
49	164.50	0.00	0.00
50	168.50	0.00	0.00
51	170.00	0.00	0.00
52	171.50	0.00	0.00
53	176.50	0.00	0.00
54	181.50	0.00	0.00

Node	X(m)	Y(m)	Z(m)
55	186.50	0.00	0.00
56	191.50	0.00	0.00
57	196.50	0.00	0.00
58	201.50	0.00	0.00
59	206.50	0.00	0.00
60	211.50	0.00	0.00
61	216.50	0.00	0.00
62	221.50	0.00	0.00
63	226.50	0.00	0.00
64	230.75	0.00	0.00
65	235.00	0.00	0.00
66	239.25	0.00	0.00
67	242.75	0.00	0.00
68	246.25	0.00	0.00
69	249.75	0.00	0.00
70	252.00	0.00	0.00
71	255.00	0.00	0.00
72	258.00	0.00	0.00
73	260.25	0.00	0.00
74	263.75	0.00	0.00
75	267.25	0.00	0.00
76	270.75	0.00	0.00
77	275.00	0.00	0.00
78	279.25	0.00	0.00
79	283.50	0.00	0.00
80	288.50	0.00	0.00
81	293.50	0.00	0.00
82	298.50	0.00	0.00
83	303.50	0.00	0.00
84	308.50	0.00	0.00
85	313.50	0.00	0.00
86	318.50	0.00	0.00
87	323.50	0.00	0.00
88	328.50	0.00	0.00
89	333.50	0.00	0.00
90	338.50	0.00	0.00
91	340.00	0.00	0.00
92	341.50	0.00	0.00
93	346.50	0.00	0.00

Node	X(m)	Y(m)	Z(m)
94	351.50	0.00	0.00
95	356.50	0.00	0.00
96	361.50	0.00	0.00
97	366.50	0.00	0.00
98	371.50	0.00	0.00
99	376.50	0.00	0.00
100	381.50	0.00	0.00
101	386.50	0.00	0.00
102	391.50	0.00	0.00
103	396.50	0.00	0.00
104	400.75	0.00	0.00
105	405.00	0.00	0.00
106	409.25	0.00	0.00
107	412.75	0.00	0.00
108	416.25	0.00	0.00
109	419.75	0.00	0.00
110	422.00	0.00	0.00
111	425.00	0.00	0.00
112	428.00	0.00	0.00
113	430.25	0.00	0.00
114	433.75	0.00	0.00
115	437.25	0.00	0.00
116	440.75	0.00	0.00
117	445.00	0.00	0.00
118	449.25	0.00	0.00
119	453.50	0.00	0.00
120	458.50	0.00	0.00
121	463.50	0.00	0.00
122	468.50	0.00	0.00
123	473.50	0.00	0.00
124	478.50	0.00	0.00
125	483.50	0.00	0.00
126	488.50	0.00	0.00
127	493.50	0.00	0.00
128	498.50	0.00	0.00
129	503.50	0.00	0.00
130	508.50	0.00	0.00
131	510.00	0.00	0.00
132	85.00	0.00	-8.80

Node	X(m)	Y(m)	Z(m)
133	85.00	0.00	-12.30
134	85.00	0.00	-15.80
135	85.00	0.00	-19.30
136	85.00	0.00	-22.80
137	85.00	0.00	-26.30
138	85.00	0.00	-29.80
139	85.00	0.00	-33.30
140	85.00	0.00	-36.80
141	85.00	0.00	-40.30
142	85.00	0.00	-43.80
143	85.00	0.00	-47.30
144	85.00	0.00	-50.80
145	255.00	0.00	-8.80
146	255.00	0.00	-12.16
147	255.00	0.00	-15.51
148	255.00	0.00	-18.87
149	255.00	0.00	-22.23
150	255.00	0.00	-25.59
151	255.00	0.00	-28.94
152	255.00	0.00	-32.30
153	255.00	0.00	-35.66
154	255.00	0.00	-39.01
155	255.00	0.00	-42.37

Node	X(m)	Y(m)	Z(m)
156	255.00	0.00	-45.73
157	255.00	0.00	-49.09
158	255.00	0.00	-52.44
159	255.00	0.00	-55.80
160	425.00	0.00	-8.80
161	425.00	0.00	-12.16
162	425.00	0.00	-15.51
163	425.00	0.00	-18.87
164	425.00	0.00	-22.23
165	425.00	0.00	-25.59
166	425.00	0.00	-28.94
167	425.00	0.00	-32.30
168	425.00	0.00	-35.66
169	425.00	0.00	-39.01
170	425.00	0.00	-42.37
171	425.00	0.00	-45.73
172	425.00	0.00	-49.09
173	425.00	0.00	-52.44
174	425.00	0.00	-55.80

Tabla B.3. Elementos

Element	Type	Material	Property	Node 1	Node 2
1	BEAM	2	7	1	2
2	BEAM	2	148	2	3
3	BEAM	2	149	3	4
4	BEAM	2	150	4	5
5	BEAM	2	151	5	6
6	BEAM	2	152	6	7
7	BEAM	2	153	7	8
8	BEAM	2	154	8	9
9	BEAM	2	155	9	10
10	BEAM	2	156	10	11
11	BEAM	2	157	11	12

Element	Type	Material	Property	Node 1	Node 2
12	BEAM	2	158	12	13
13	BEAM	2	159	13	14
14	BEAM	2	160	14	15
15	BEAM	2	161	15	16
16	BEAM	2	162	16	17
17	BEAM	2	163	17	18
18	BEAM	2	164	18	19
19	BEAM	2	165	19	20
20	BEAM	2	166	20	21
21	BEAM	2	167	21	22
22	BEAM	2	168	22	23

Element	Type	Material	Property	Node 1	Node 2
23	BEAM	2	169	23	24
24	BEAM	2	170	24	25
25	BEAM	2	2	25	26
26	BEAM	2	2	26	27
27	BEAM	2	125	27	28
28	BEAM	2	126	28	29
29	BEAM	2	127	29	30
30	BEAM	2	128	30	31
31	BEAM	2	129	31	32
32	BEAM	2	130	32	33
33	BEAM	2	131	33	34
34	BEAM	2	132	34	35
35	BEAM	2	133	35	36
36	BEAM	2	134	36	37
37	BEAM	2	135	37	38
38	BEAM	2	136	38	39
39	BEAM	2	137	39	40
40	BEAM	2	138	40	41
41	BEAM	2	139	41	42
42	BEAM	2	140	42	43
43	BEAM	2	141	43	44
44	BEAM	2	142	44	45
45	BEAM	2	143	45	46
46	BEAM	2	144	46	47
47	BEAM	2	145	47	48
48	BEAM	2	146	48	49
49	BEAM	2	147	49	50
50	BEAM	2	3	50	51
51	BEAM	2	3	51	52
52	BEAM	2	107	52	53
53	BEAM	2	108	53	54
54	BEAM	2	109	54	55
55	BEAM	2	110	55	56
56	BEAM	2	111	56	57
57	BEAM	2	112	57	58
58	BEAM	2	113	58	59
59	BEAM	2	114	59	60
60	BEAM	2	115	60	61

Element	Type	Material	Property	Node 1	Node 2
61	BEAM	2	116	61	62
62	BEAM	2	117	62	63
63	BEAM	2	118	63	64
64	BEAM	2	119	64	65
65	BEAM	2	120	65	66
66	BEAM	2	121	66	67
67	BEAM	2	122	67	68
68	BEAM	2	123	68	69
69	BEAM	2	124	69	70
70	BEAM	2	5	70	71
71	BEAM	2	5	71	72
72	BEAM	2	89	72	73
73	BEAM	2	90	73	74
74	BEAM	2	91	74	75
75	BEAM	2	92	75	76
76	BEAM	2	93	76	77
77	BEAM	2	94	77	78
78	BEAM	2	95	78	79
79	BEAM	2	96	79	80
80	BEAM	2	97	80	81
81	BEAM	2	98	81	82
82	BEAM	2	99	82	83
83	BEAM	2	100	83	84
84	BEAM	2	101	84	85
85	BEAM	2	102	85	86
86	BEAM	2	103	86	87
87	BEAM	2	104	87	88
88	BEAM	2	105	88	89
89	BEAM	2	106	89	90
90	BEAM	2	6	90	91
91	BEAM	2	6	91	92
92	BEAM	2	71	92	93
93	BEAM	2	72	93	94
94	BEAM	2	73	94	95
95	BEAM	2	74	95	96
96	BEAM	2	75	96	97
97	BEAM	2	76	97	98
98	BEAM	2	77	98	99

Element	Type	Material	Property	Node 1	Node 2
99	BEAM	2	78	99	100
100	BEAM	2	79	100	101
101	BEAM	2	80	101	102
102	BEAM	2	81	102	103
103	BEAM	2	82	103	104
104	BEAM	2	83	104	105
105	BEAM	2	84	105	106
106	BEAM	2	85	106	107
107	BEAM	2	86	107	108
108	BEAM	2	87	108	109
109	BEAM	2	88	109	110
110	BEAM	2	5	110	111
111	BEAM	2	5	111	112
112	BEAM	2	53	112	113
113	BEAM	2	54	113	114
114	BEAM	2	55	114	115
115	BEAM	2	56	115	116
116	BEAM	2	57	116	117
117	BEAM	2	58	117	118
118	BEAM	2	59	118	119
119	BEAM	2	60	119	120
120	BEAM	2	61	120	121
121	BEAM	2	62	121	122
122	BEAM	2	63	122	123
123	BEAM	2	64	123	124
124	BEAM	2	65	124	125
125	BEAM	2	66	125	126
126	BEAM	2	67	126	127
127	BEAM	2	68	127	128
128	BEAM	2	69	128	129
129	BEAM	2	70	129	130
130	BEAM	2	8	130	131
131	BEAM	1	20	132	133
132	BEAM	1	19	133	134
133	BEAM	1	18	134	135
134	BEAM	1	17	135	136
135	BEAM	1	16	136	137

Element	Type	Material	Property	Node 1	Node 2
136	BEAM	1	15	137	138
137	BEAM	1	14	138	139
138	BEAM	1	13	139	140
139	BEAM	1	12	140	141
140	BEAM	1	11	141	142
141	BEAM	1	10	142	143
142	BEAM	1	9	143	144
143	BEAM	1	34	145	146
144	BEAM	1	33	146	147
145	BEAM	1	32	147	148
146	BEAM	1	31	148	149
147	BEAM	1	30	149	150
148	BEAM	1	29	150	151
149	BEAM	1	28	151	152
150	BEAM	1	27	152	153
151	BEAM	1	26	153	154
152	BEAM	1	25	154	155
153	BEAM	1	24	155	156
154	BEAM	1	23	156	157
155	BEAM	1	22	157	158
156	BEAM	1	21	158	159
157	BEAM	1	48	160	161
158	BEAM	1	47	161	162
159	BEAM	1	46	162	163
160	BEAM	1	45	163	164
161	BEAM	1	44	164	165
162	BEAM	1	43	165	166
163	BEAM	1	42	166	167
164	BEAM	1	41	167	168
165	BEAM	1	40	168	169
166	BEAM	1	39	169	170
167	BEAM	1	38	170	171
168	BEAM	1	37	171	172
169	BEAM	1	36	172	173
170	BEAM	1	35	173	174

Tabla B.4. Propiedades de las secciones

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
1	PSC	1CEL	Seccion 23	7.21	3.04	2.35	21.64	16.75	41.19	5.28	5.28	1.59	2.41	7.24	16.36	28.38	14.75
2	PSC	1CEL	Seccion 0	17.90	4.74	8.64	109.34	185.25	79.23	5.28	5.28	4.82	3.98	23.89	10.90	37.98	21.84
3	PSC	1CEL	Seccion 24	7.21	3.04	2.35	21.62	16.73	41.18	5.28	5.28	1.59	2.41	7.23	16.35	28.38	14.74
4	PSC	1CEL	Seccion 58	7.24	3.05	2.36	21.66	16.79	41.43	5.28	5.28	1.58	2.42	7.26	16.43	28.36	14.73
5	PSC	1CEL	Seccion 40	17.30	4.39	8.67	111.46	184.13	81.53	5.28	5.28	4.52	4.28	23.47	13.20	37.74	22.17
6	PSC	1CEL	Seccion 59	7.21	3.04	2.35	21.62	16.73	41.18	5.28	5.28	1.59	2.41	7.23	16.35	28.38	14.74
7	PSC	PSCT	Seccion maciza 1	34.52	29.20	27.22	124.29	46.59	222.19	5.28	5.28	1.97	2.03	2.06	9.44	28.89	0.00
8	PSC	PSCT	Seccion maciza 2	34.52	29.20	27.22	124.29	46.59	222.19	5.28	5.28	1.97	2.03	2.06	9.44	28.89	0.00
9	Value	ROCT	Pila2-1	23.51	16.41	7.10	262.48	123.30	300.89	5.11	5.11	3.00	3.00	15.78	23.57	32.43	25.45
10	Value	ROCT	Pila2-2	22.90	15.80	7.10	248.02	119.11	272.78	4.92	4.92	3.00	3.00	15.29	22.18	31.67	24.68
11	Value	ROCT	Pila2-3	22.29	15.18	7.10	233.73	114.94	246.43	4.73	4.73	3.00	3.00	14.79	20.83	30.90	23.91
12	Value	ROCT	Pila2-4	21.67	14.57	7.10	219.56	110.76	221.71	4.53	4.53	3.00	3.00	14.29	19.51	30.13	23.15
13	Value	ROCT	Pila2-5	21.06	13.96	7.10	205.50	106.57	198.53	4.34	4.34	3.00	3.00	13.79	18.23	29.37	22.38
14	Value	ROCT	Pila2-6	20.45	13.34	7.10	191.62	102.40	176.95	4.15	4.15	3.00	3.00	13.29	16.99	28.60	21.61
15	Value	ROCT	Pila2-7	19.83	12.73	7.10	177.92	98.22	156.87	3.96	3.96	3.00	3.00	12.79	15.78	27.83	20.85
16	Value	ROCT	Pila2-8	19.22	12.12	7.10	164.36	94.04	138.20	3.77	3.77	3.00	3.00	12.30	14.61	27.07	20.08
17	Value	ROCT	Pila2-9	18.61	11.50	7.10	151.04	89.86	120.99	3.58	3.58	3.00	3.00	11.80	13.48	26.30	19.31
18	Value	ROCT	Pila2-10	17.99	10.89	7.10	137.94	85.69	105.14	3.38	3.38	3.00	3.00	11.30	12.39	25.53	18.55
19	Value	ROCT	Pila2-11	17.38	10.28	7.10	125.06	81.50	90.58	3.19	3.19	3.00	3.00	10.80	11.32	24.77	17.78
20	Value	ROCT	Pila2-12	16.77	9.66	7.10	112.49	77.33	77.33	3.00	3.00	3.00	3.00	10.30	10.30	24.00	17.01
21	Value	ROCT	Pila3-1	20.74	13.00	7.74	248.48	110.13	319.60	5.39	5.39	3.00	3.00	13.89	30.74	33.56	27.38
22	Value	ROCT	Pila3-2	20.30	12.56	7.74	236.70	106.89	293.15	5.21	5.21	3.00	3.00	13.51	29.16	32.83	26.64

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
23	Value	ROCT	Pila3-3	19.86	12.12	7.74	224.99	103.66	268.08	5.02	5.02	3.00	3.00	13.14	27.62	32.09	25.91
24	Value	ROCT	Pila3-4	19.42	11.68	7.74	213.37	100.44	244.41	4.84	4.84	3.00	3.00	12.77	26.12	31.36	25.17
25	Value	ROCT	Pila3-5	18.98	11.24	7.74	201.79	97.20	221.99	4.66	4.66	3.00	3.00	12.40	24.65	30.62	24.44
26	Value	ROCT	Pila3-6	18.54	10.79	7.74	190.29	93.97	200.86	4.47	4.47	3.00	3.00	12.03	23.21	29.89	23.70
27	Value	ROCT	Pila3-7	18.10	10.35	7.74	178.88	90.74	180.98	4.29	4.29	3.00	3.00	11.65	21.81	29.15	22.96
28	Value	ROCT	Pila3-8	17.65	9.91	7.74	167.56	87.51	162.32	4.10	4.10	3.00	3.00	11.28	20.44	28.41	22.23
29	Value	ROCT	Pila3-9	17.21	9.47	7.74	156.35	84.27	144.86	3.92	3.92	3.00	3.00	10.91	19.10	27.68	21.49
30	Value	ROCT	Pila3-10	16.77	9.03	7.74	145.25	81.04	128.57	3.74	3.74	3.00	3.00	10.53	17.80	26.94	20.76
31	Value	ROCT	Pila3-11	16.33	8.59	7.74	134.31	77.82	113.45	3.55	3.55	3.00	3.00	10.16	16.53	26.21	20.02
32	Value	ROCT	Pila3-12	15.89	8.15	7.74	123.47	74.59	99.40	3.37	3.37	3.00	3.00	9.79	15.30	25.47	19.29
33	Value	ROCT	Pila3-13	15.45	7.70	7.74	112.79	71.35	86.42	3.18	3.18	3.00	3.00	9.42	14.10	24.74	18.55
34	Value	ROCT	Pila3-14	15.01	7.26	7.74	102.29	68.12	74.49	3.00	3.00	3.00	3.00	9.05	12.93	24.00	17.81
35	Value	ROCT	Pila4-1	20.74	13.00	7.74	248.48	110.13	319.60	5.39	5.39	3.00	3.00	13.89	30.74	33.56	27.38
36	Value	ROCT	Pila4-2	20.30	12.56	7.74	236.70	106.89	293.15	5.21	5.21	3.00	3.00	13.51	29.16	32.83	26.64
37	Value	ROCT	Pila4-3	19.86	12.12	7.74	224.99	103.66	268.08	5.02	5.02	3.00	3.00	13.14	27.62	32.09	25.91
38	Value	ROCT	Pila4-4	19.42	11.68	7.74	213.37	100.44	244.41	4.84	4.84	3.00	3.00	12.77	26.12	31.36	25.17
39	Value	ROCT	Pila4-5	18.98	11.24	7.74	201.79	97.20	221.99	4.66	4.66	3.00	3.00	12.40	24.65	30.62	24.44
40	Value	ROCT	Pila4-6	18.54	10.79	7.74	190.29	93.97	200.86	4.47	4.47	3.00	3.00	12.03	23.21	29.89	23.70
41	Value	ROCT	Pila4-7	18.10	10.35	7.74	178.88	90.74	180.98	4.29	4.29	3.00	3.00	11.65	21.81	29.15	22.96
42	Value	ROCT	Pila4-8	17.65	9.91	7.74	167.56	87.51	162.32	4.10	4.10	3.00	3.00	11.28	20.44	28.41	22.23
43	Value	ROCT	Pila4-9	17.21	9.47	7.74	156.35	84.27	144.86	3.92	3.92	3.00	3.00	10.91	19.10	27.68	21.49
44	Value	ROCT	Pila4-10	16.77	9.03	7.74	145.25	81.04	128.57	3.74	3.74	3.00	3.00	10.53	17.80	26.94	20.76
45	Value	ROCT	Pila4-11	16.33	8.59	7.74	134.31	77.82	113.45	3.55	3.55	3.00	3.00	10.16	16.53	26.21	20.02
46	Value	ROCT	Pila4-12	15.89	8.15	7.74	123.47	74.59	99.40	3.37	3.37	3.00	3.00	9.79	15.30	25.47	19.29
47	Value	ROCT	Pila4-13	15.45	7.70	7.74	112.79	71.35	86.42	3.18	3.18	3.00	3.00	9.42	14.10	24.74	18.55
48	Value	ROCT	Pila4-14	15.01	7.26	7.74	102.29	68.12	74.49	3.00	3.00	3.00	3.00	9.05	12.93	24.00	17.81

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
49	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-	7.21	3.04	2.35	21.64	16.75	41.19	5.28	5.28	1.59	2.41	7.24	16.36	28.38	14.75
50	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-	17.90	4.74	8.64	109.34	185.25	79.23	5.28	5.28	4.82	3.98	23.89	10.90	37.98	21.84
51	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-	7.24	3.05	2.36	21.66	16.79	41.43	5.28	5.28	1.58	2.42	7.26	16.43	28.36	14.73
52	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-	17.30	4.39	8.67	111.46	184.13	81.53	5.28	5.28	4.52	4.28	23.47	13.20	37.74	22.17
53	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-1	17.30	5.35	8.89	128.39	184.13	84.10	5.28	5.28	4.52	4.28	23.47	13.20	37.74	22.17
54	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-2	16.72	5.30	8.51	121.50	168.26	81.83	5.28	5.28	4.36	4.17	22.31	13.26	37.22	21.74
55	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-3	15.86	5.23	7.97	112.42	146.20	78.47	5.28	5.28	4.12	4.02	20.61	13.35	36.45	21.10
56	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-4	15.05	5.15	7.46	103.27	126.99	75.28	5.28	5.28	3.89	3.88	19.04	13.46	35.71	20.49
57	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-5	14.28	5.07	6.97	94.86	110.31	72.28	5.28	5.28	3.66	3.74	17.60	13.58	35.00	19.91
58	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-6	13.41	4.98	6.43	85.46	93.02	68.86	5.28	5.28	3.41	3.58	16.01	13.74	34.20	19.24
59	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-7	12.61	4.88	5.94	77.03	78.52	65.70	5.28	5.28	3.17	3.43	14.58	13.93	33.44	18.62
60	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-8	11.87	4.78	5.48	69.26	66.40	62.78	5.28	5.28	2.95	3.29	13.30	14.14	32.74	18.05
61	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-9	11.08	4.66	4.99	61.17	54.72	59.65	5.28	5.28	2.71	3.14	11.98	14.40	31.98	17.43
62	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-10	10.37	4.53	4.55	53.97	45.36	56.84	5.28	5.28	2.49	3.01	10.84	14.70	31.29	16.88
63	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-11	9.74	4.39	4.16	47.84	37.89	54.33	5.28	5.28	2.30	2.89	9.87	15.01	30.68	16.39
64	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-12	9.19	4.26	3.81	42.43	31.98	52.12	5.28	5.28	2.13	2.78	9.06	15.33	30.13	15.96
65	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-13	8.71	4.14	3.50	37.81	27.36	50.20	5.28	5.28	1.98	2.69	8.39	15.64	29.66	15.59
66	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-14	8.30	4.04	3.25	34.04	23.79	48.55	5.28	5.28	1.86	2.61	7.86	15.94	29.27	15.29

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
67	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-15	7.96	3.95	3.04	31.06	21.09	47.17	5.28	5.28	1.76	2.54	7.47	16.20	28.94	15.05
68	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-16	7.69	3.89	2.86	28.78	19.14	46.03	5.28	5.28	1.68	2.49	7.21	16.40	28.69	14.88
69	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-17	7.48	3.83	2.70	27.08	17.81	45.14	5.28	5.28	1.63	2.45	7.08	16.51	28.51	14.77
70	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-18	7.33	3.80	2.58	26.02	17.05	44.47	5.28	5.28	1.59	2.43	7.10	16.53	28.40	14.72
71	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-1	7.24	3.81	2.49	25.58	16.79	44.02	5.28	5.28	1.58	2.42	7.26	16.43	28.36	14.73
72	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-2	7.33	3.80	2.58	26.02	17.05	44.47	5.28	5.28	1.59	2.43	7.10	16.53	28.40	14.72
73	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-3	7.48	3.83	2.70	27.08	17.81	45.14	5.28	5.28	1.63	2.45	7.08	16.51	28.51	14.77
74	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-4	7.69	3.89	2.86	28.78	19.14	46.03	5.28	5.28	1.68	2.49	7.21	16.40	28.69	14.88
75	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-5	7.96	3.95	3.04	31.06	21.09	47.17	5.28	5.28	1.76	2.54	7.47	16.20	28.94	15.05
76	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-6	8.30	4.04	3.25	34.04	23.79	48.55	5.28	5.28	1.86	2.61	7.86	15.94	29.27	15.29
77	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-7	8.71	4.14	3.50	37.81	27.36	50.20	5.28	5.28	1.98	2.69	8.39	15.64	29.66	15.59
78	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-8	9.19	4.26	3.81	42.43	31.98	52.12	5.28	5.28	2.13	2.78	9.06	15.33	30.13	15.96
79	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-9	9.74	4.39	4.16	47.84	37.89	54.33	5.28	5.28	2.30	2.89	9.87	15.01	30.68	16.39
80	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-10	10.37	4.53	4.55	53.97	45.36	56.84	5.28	5.28	2.49	3.01	10.84	14.70	31.29	16.88
81	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-11	11.08	4.66	4.99	61.17	54.72	59.65	5.28	5.28	2.71	3.14	11.98	14.40	31.98	17.43
82	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-12	11.87	4.78	5.48	69.26	66.40	62.78	5.28	5.28	2.95	3.29	13.30	14.14	32.74	18.05
83	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-13	12.61	4.88	5.94	77.03	78.52	65.70	5.28	5.28	3.17	3.43	14.58	13.93	33.44	18.62
84	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-14	13.41	4.98	6.43	85.46	93.02	68.86	5.28	5.28	3.41	3.58	16.01	13.74	34.20	19.24

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
85	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-15	14.28	5.07	6.97	94.86	110.31	72.28	5.28	5.28	3.66	3.74	17.60	13.58	35.00	19.91
86	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-16	15.05	5.15	7.46	103.27	126.99	75.28	5.28	5.28	3.89	3.88	19.04	13.46	35.71	20.49
87	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-17	15.86	5.23	7.97	112.42	146.20	78.47	5.28	5.28	4.12	4.02	20.61	13.35	36.45	21.10
88	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-18	16.72	5.30	8.51	121.50	168.26	81.83	5.28	5.28	4.36	4.17	22.31	13.26	37.22	21.74
89	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-1	17.30	5.35	8.89	128.39	184.13	84.10	5.28	5.28	4.52	4.28	23.47	13.20	37.74	22.17
90	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-2	16.72	5.30	8.51	121.50	168.26	81.83	5.28	5.28	4.36	4.17	22.31	13.26	37.22	21.74
91	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-3	15.86	5.23	7.97	112.42	146.20	78.47	5.28	5.28	4.12	4.02	20.61	13.35	36.45	21.10
92	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-4	15.05	5.15	7.46	103.27	126.99	75.28	5.28	5.28	3.89	3.88	19.04	13.46	35.71	20.49
93	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-5	14.28	5.07	6.97	94.86	110.31	72.28	5.28	5.28	3.66	3.74	17.60	13.58	35.00	19.91
94	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-6	13.41	4.98	6.43	85.46	93.02	68.86	5.28	5.28	3.41	3.58	16.01	13.74	34.20	19.24
95	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-7	12.61	4.88	5.94	77.03	78.52	65.70	5.28	5.28	3.17	3.43	14.58	13.93	33.44	18.62
96	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-8	11.87	4.78	5.48	69.26	66.40	62.78	5.28	5.28	2.95	3.29	13.30	14.14	32.74	18.05
97	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-9	11.08	4.66	4.99	61.17	54.72	59.65	5.28	5.28	2.71	3.14	11.98	14.40	31.98	17.43
98	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-10	10.37	4.53	4.55	53.97	45.36	56.84	5.28	5.28	2.49	3.01	10.84	14.70	31.29	16.88
99	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-11	9.74	4.39	4.16	47.84	37.89	54.33	5.28	5.28	2.30	2.89	9.87	15.01	30.68	16.39
100	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-12	9.19	4.26	3.81	42.43	31.98	52.12	5.28	5.28	2.13	2.78	9.06	15.33	30.13	15.96
101	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-13	8.71	4.14	3.50	37.81	27.36	50.20	5.28	5.28	1.98	2.69	8.39	15.64	29.66	15.59
102	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-14	8.30	4.04	3.25	34.04	23.79	48.55	5.28	5.28	1.86	2.61	7.86	15.94	29.27	15.29

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
103	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-15	7.96	3.95	3.04	31.06	21.09	47.17	5.28	5.28	1.76	2.54	7.47	16.20	28.94	15.05
104	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-16	7.69	3.89	2.86	28.78	19.14	46.03	5.28	5.28	1.68	2.49	7.21	16.40	28.69	14.88
105	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-17	7.48	3.83	2.70	27.08	17.81	45.14	5.28	5.28	1.63	2.45	7.08	16.51	28.51	14.77
106	Tapered	1CEL	Sec40-Sec58-18	7.33	3.80	2.58	26.02	17.05	44.47	5.28	5.28	1.59	2.43	7.10	16.53	28.40	14.72
107	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-1	7.24	3.81	2.49	25.58	16.79	44.02	5.28	5.28	1.58	2.42	7.26	16.43	28.36	14.73
108	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-2	7.33	3.80	2.58	26.02	17.05	44.47	5.28	5.28	1.59	2.43	7.10	16.53	28.40	14.72
109	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-3	7.48	3.83	2.70	27.08	17.81	45.14	5.28	5.28	1.63	2.45	7.08	16.51	28.51	14.77
110	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-4	7.69	3.89	2.86	28.78	19.14	46.03	5.28	5.28	1.68	2.49	7.21	16.40	28.69	14.88
111	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-5	7.96	3.95	3.04	31.06	21.09	47.17	5.28	5.28	1.76	2.54	7.47	16.20	28.94	15.05
112	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-6	8.30	4.04	3.25	34.04	23.79	48.55	5.28	5.28	1.86	2.61	7.86	15.94	29.27	15.29
113	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-7	8.71	4.14	3.50	37.81	27.36	50.20	5.28	5.28	1.98	2.69	8.39	15.64	29.66	15.59
114	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-8	9.19	4.26	3.81	42.43	31.98	52.12	5.28	5.28	2.13	2.78	9.06	15.33	30.13	15.96
115	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-9	9.74	4.39	4.16	47.84	37.89	54.33	5.28	5.28	2.30	2.89	9.87	15.01	30.68	16.39
116	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-10	10.37	4.53	4.55	53.97	45.36	56.84	5.28	5.28	2.49	3.01	10.84	14.70	31.29	16.88
117	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-11	11.08	4.66	4.99	61.17	54.72	59.65	5.28	5.28	2.71	3.14	11.98	14.40	31.98	17.43
118	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-12	11.87	4.78	5.48	69.26	66.40	62.78	5.28	5.28	2.95	3.29	13.30	14.14	32.74	18.05
119	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-13	12.61	4.88	5.94	77.03	78.52	65.70	5.28	5.28	3.17	3.43	14.58	13.93	33.44	18.62
120	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-14	13.41	4.98	6.43	85.46	93.02	68.86	5.28	5.28	3.41	3.58	16.01	13.74	34.20	19.24

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
121	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-15	14.28	5.07	6.97	94.86	110.31	72.28	5.28	5.28	3.66	3.74	17.60	13.58	35.00	19.91
122	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-16	15.05	5.15	7.46	103.27	126.99	75.28	5.28	5.28	3.89	3.88	19.04	13.46	35.71	20.49
123	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-17	15.86	5.23	7.97	112.42	146.20	78.47	5.28	5.28	4.12	4.02	20.61	13.35	36.45	21.10
124	Tapered	1CEL	Sec58-Sec40-18	16.72	5.30	8.51	121.50	168.26	81.83	5.28	5.28	4.36	4.17	22.31	13.26	37.22	21.74
125	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-1	17.90	5.69	8.87	126.86	185.25	81.79	5.28	5.28	4.82	3.98	23.89	10.90	37.98	21.84
126	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-2	17.43	5.64	8.56	121.81	173.02	80.12	5.28	5.28	4.68	3.91	22.99	10.97	37.56	21.52
127	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-3	16.70	5.59	8.13	114.65	155.36	77.58	5.28	5.28	4.47	3.81	21.63	11.08	36.93	21.03
128	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-4	16.01	5.53	7.72	107.51	139.46	75.15	5.28	5.28	4.27	3.70	20.35	11.20	36.33	20.56
129	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-5	15.35	5.45	7.32	100.57	125.16	72.83	5.28	5.28	4.08	3.61	19.15	11.34	35.74	20.11
130	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-6	14.66	5.37	6.91	93.60	111.22	70.41	5.28	5.28	3.87	3.50	17.93	11.50	35.13	19.64
131	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-7	14.00	5.29	6.52	87.20	98.83	68.11	5.28	5.28	3.67	3.41	16.79	11.67	34.54	19.19
132	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-8	13.38	5.21	6.16	81.21	87.84	65.94	5.28	5.28	3.49	3.32	15.72	11.85	33.98	18.76
133	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-9	12.70	5.11	5.77	74.65	76.60	63.54	5.28	5.28	3.28	3.21	14.58	12.09	33.36	18.29
134	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-10	12.06	5.01	5.41	68.89	66.87	61.30	5.28	5.28	3.08	3.12	13.53	12.35	32.78	17.84
135	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-11	11.47	4.91	5.07	63.35	58.45	59.22	5.28	5.28	2.90	3.03	12.57	12.63	32.23	17.43
136	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-12	10.92	4.80	4.75	58.06	51.20	57.28	5.28	5.28	2.72	2.95	11.70	12.93	31.72	17.04
137	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-13	10.41	4.68	4.45	53.31	44.97	55.49	5.28	5.28	2.56	2.87	10.92	13.25	31.25	16.69
138	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-14	9.87	4.55	4.14	48.41	38.94	53.61	5.28	5.28	2.39	2.79	10.12	13.64	30.75	16.32

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
139	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-15	9.40	4.42	3.86	44.01	33.91	51.91	5.28	5.28	2.24	2.72	9.42	14.05	30.30	15.99
140	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-16	8.97	4.30	3.61	40.13	29.74	50.38	5.28	5.28	2.10	2.66	8.81	14.47	29.90	15.70
141	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-17	8.59	4.18	3.38	36.70	26.32	49.03	5.28	5.28	1.98	2.60	8.29	14.88	29.54	15.44
142	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-18	8.26	4.08	3.19	33.78	23.55	47.83	5.28	5.28	1.88	2.55	7.87	15.28	29.23	15.23
143	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-19	7.97	3.99	3.02	31.34	21.33	46.79	5.28	5.28	1.79	2.51	7.53	15.65	28.97	15.05
144	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-20	7.73	3.92	2.89	29.41	19.61	45.91	5.28	5.28	1.72	2.48	7.29	15.97	28.76	14.91
145	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-21	7.54	3.86	2.77	27.82	18.33	45.17	5.28	5.28	1.66	2.45	7.13	16.22	28.59	14.81
146	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-22	7.39	3.82	2.65	26.63	17.45	44.56	5.28	5.28	1.62	2.43	7.07	16.37	28.48	14.75
147	Tapered	1CEL	Sec0-Sec23-23	7.28	3.79	2.55	25.84	16.93	44.10	5.28	5.28	1.60	2.42	7.10	16.42	28.40	14.73
148	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-1	7.21	3.79	2.49	25.53	16.75	43.76	5.28	5.28	1.59	2.41	7.24	16.36	28.38	14.75
149	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-2	7.28	3.79	2.55	25.84	16.93	44.10	5.28	5.28	1.60	2.42	7.10	16.42	28.40	14.73
150	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-3	7.39	3.82	2.65	26.63	17.45	44.56	5.28	5.28	1.62	2.43	7.07	16.37	28.48	14.75
151	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-4	7.54	3.86	2.77	27.82	18.33	45.17	5.28	5.28	1.66	2.45	7.13	16.22	28.59	14.81
152	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-5	7.73	3.92	2.89	29.41	19.61	45.91	5.28	5.28	1.72	2.48	7.29	15.97	28.76	14.91
153	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-6	7.97	3.99	3.02	31.34	21.33	46.79	5.28	5.28	1.79	2.51	7.53	15.65	28.97	15.05
154	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-7	8.26	4.08	3.19	33.78	23.55	47.83	5.28	5.28	1.88	2.55	7.87	15.28	29.23	15.23
155	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-8	8.59	4.18	3.38	36.70	26.32	49.03	5.28	5.28	1.98	2.60	8.29	14.88	29.54	15.44
156	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-9	8.97	4.30	3.61	40.13	29.74	50.38	5.28	5.28	2.10	2.66	8.81	14.47	29.90	15.70

ID	Type	Shape	Name	Area (m^2)	Asy (m^2)	Asz (m^2)	Ixx (m^4)	Iyy (m^4)	Izz (m^4)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m^2)	Qzb (m^2)	Peri.(Out) (m)	Peri.(In) (m)
157	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-10	9.40	4.42	3.86	44.01	33.91	51.91	5.28	5.28	2.24	2.72	9.42	14.05	30.30	15.99
158	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-11	9.87	4.55	4.14	48.41	38.94	53.61	5.28	5.28	2.39	2.79	10.12	13.64	30.75	16.32
159	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-12	10.41	4.68	4.45	53.31	44.97	55.49	5.28	5.28	2.56	2.87	10.92	13.25	31.25	16.69
160	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-13	10.92	4.80	4.75	58.06	51.20	57.28	5.28	5.28	2.72	2.95	11.70	12.93	31.72	17.04
161	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-14	11.47	4.91	5.07	63.35	58.45	59.22	5.28	5.28	2.90	3.03	12.57	12.63	32.23	17.43
162	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-15	12.06	5.01	5.41	68.89	66.87	61.30	5.28	5.28	3.08	3.12	13.53	12.35	32.78	17.84
163	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-16	12.70	5.11	5.77	74.65	76.60	63.54	5.28	5.28	3.28	3.21	14.58	12.09	33.36	18.29
164	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-17	13.38	5.21	6.16	81.21	87.84	65.94	5.28	5.28	3.49	3.32	15.72	11.85	33.98	18.76
165	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-18	14.00	5.29	6.52	87.20	98.83	68.11	5.28	5.28	3.67	3.41	16.79	11.67	34.54	19.19
166	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-19	14.66	5.37	6.91	93.60	111.22	70.41	5.28	5.28	3.87	3.50	17.93	11.50	35.13	19.64
167	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-20	15.35	5.45	7.32	100.57	125.16	72.83	5.28	5.28	4.08	3.61	19.15	11.34	35.74	20.11
168	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-21	16.01	5.53	7.72	107.51	139.46	75.15	5.28	5.28	4.27	3.70	20.35	11.20	36.33	20.56
169	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-22	16.70	5.59	8.13	114.65	155.36	77.58	5.28	5.28	4.47	3.81	21.63	11.08	36.93	21.03
170	Tapered	1CEL	Sec23-Sec0-23	17.43	5.64	8.56	121.81	173.02	80.12	5.28	5.28	4.68	3.91	22.99	10.97	37.56	21.52

Tabla B.5. Propiedades de los materiales dependientes de los elementos
(tamaño notional creep)

Elem	Type	h (m)
1	Notional Size of Member	2.39
2	Notional Size of Member	0.41
3	Notional Size of Member	0.41
4	Notional Size of Member	0.42
5	Notional Size of Member	0.42
6	Notional Size of Member	0.43
7	Notional Size of Member	0.44
8	Notional Size of Member	0.45
9	Notional Size of Member	0.47
10	Notional Size of Member	0.48
11	Notional Size of Member	0.5
12	Notional Size of Member	0.52
13	Notional Size of Member	0.53
14	Notional Size of Member	0.55
15	Notional Size of Member	0.57
16	Notional Size of Member	0.59
17	Notional Size of Member	0.61
18	Notional Size of Member	0.63
19	Notional Size of Member	0.64
20	Notional Size of Member	0.66
21	Notional Size of Member	0.68
22	Notional Size of Member	0.7
23	Notional Size of Member	0.71
24	Notional Size of Member	0.73
25	Notional Size of Member	0.73
26	Notional Size of Member	0.73
27	Notional Size of Member	0.73
28	Notional Size of Member	0.71
29	Notional Size of Member	0.7
30	Notional Size of Member	0.68
31	Notional Size of Member	0.66
32	Notional Size of Member	0.64
33	Notional Size of Member	0.63
34	Notional Size of Member	0.61
35	Notional Size of Member	0.59
36	Notional Size of Member	0.57

Elem	Type	h (m)
37	Notional Size of Member	0.55
38	Notional Size of Member	0.53
39	Notional Size of Member	0.52
40	Notional Size of Member	0.5
41	Notional Size of Member	0.48
42	Notional Size of Member	0.47
43	Notional Size of Member	0.45
44	Notional Size of Member	0.44
45	Notional Size of Member	0.43
46	Notional Size of Member	0.42
47	Notional Size of Member	0.42
48	Notional Size of Member	0.41
49	Notional Size of Member	0.41
50	Notional Size of Member	0.4
51	Notional Size of Member	0.4
52	Notional Size of Member	0.41
53	Notional Size of Member	0.41
54	Notional Size of Member	0.42
55	Notional Size of Member	0.43
56	Notional Size of Member	0.44
57	Notional Size of Member	0.46
58	Notional Size of Member	0.47
59	Notional Size of Member	0.49
60	Notional Size of Member	0.51
61	Notional Size of Member	0.53
62	Notional Size of Member	0.56
63	Notional Size of Member	0.58
64	Notional Size of Member	0.6
65	Notional Size of Member	0.62
66	Notional Size of Member	0.65
67	Notional Size of Member	0.66
68	Notional Size of Member	0.69
69	Notional Size of Member	0.7
70	Notional Size of Member	0.71
71	Notional Size of Member	0.71
72	Notional Size of Member	0.7

Elem	Type	h (m)
73	Notional Size of Member	0.69
74	Notional Size of Member	0.66
75	Notional Size of Member	0.65
76	Notional Size of Member	0.62
77	Notional Size of Member	0.6
78	Notional Size of Member	0.58
79	Notional Size of Member	0.56
80	Notional Size of Member	0.53
81	Notional Size of Member	0.51
82	Notional Size of Member	0.49
83	Notional Size of Member	0.47
84	Notional Size of Member	0.46
85	Notional Size of Member	0.44
86	Notional Size of Member	0.43
87	Notional Size of Member	0.42
88	Notional Size of Member	0.41
89	Notional Size of Member	0.41
90	Notional Size of Member	0.4
91	Notional Size of Member	0.4
92	Notional Size of Member	0.41
93	Notional Size of Member	0.41
94	Notional Size of Member	0.42
95	Notional Size of Member	0.43
96	Notional Size of Member	0.44
97	Notional Size of Member	0.46
98	Notional Size of Member	0.47
99	Notional Size of Member	0.49
100	Notional Size of Member	0.51
101	Notional Size of Member	0.53
102	Notional Size of Member	0.56
103	Notional Size of Member	0.58
104	Notional Size of Member	0.6
105	Notional Size of Member	0.62
106	Notional Size of Member	0.65
107	Notional Size of Member	0.66
108	Notional Size of Member	0.69
109	Notional Size of Member	0.7
110	Notional Size of Member	0.71
111	Notional Size of Member	0.71

Elem	Type	h (m)
112	Notional Size of Member	0.7
113	Notional Size of Member	0.69
114	Notional Size of Member	0.66
115	Notional Size of Member	0.65
116	Notional Size of Member	0.62
117	Notional Size of Member	0.6
118	Notional Size of Member	0.58
119	Notional Size of Member	0.56
120	Notional Size of Member	0.53
121	Notional Size of Member	0.51
122	Notional Size of Member	0.49
123	Notional Size of Member	0.47
124	Notional Size of Member	0.46
125	Notional Size of Member	0.44
126	Notional Size of Member	0.43
127	Notional Size of Member	0.42
128	Notional Size of Member	0.41
129	Notional Size of Member	0.41
130	Notional Size of Member	2.39
131	Notional Size of Member	1.03
132	Notional Size of Member	1.03
133	Notional Size of Member	1.03
134	Notional Size of Member	1.03
135	Notional Size of Member	1.04
136	Notional Size of Member	1.04
137	Notional Size of Member	1.04
138	Notional Size of Member	1.04
139	Notional Size of Member	1.04
140	Notional Size of Member	1.04
141	Notional Size of Member	1.04
142	Notional Size of Member	1.04
143	Notional Size of Member	0.91
144	Notional Size of Member	0.91
145	Notional Size of Member	0.9
146	Notional Size of Member	0.9
147	Notional Size of Member	0.9
148	Notional Size of Member	0.9
149	Notional Size of Member	0.89
150	Notional Size of Member	0.89

Elem	Type	h (m)
151	Notional Size of Member	0.89
152	Notional Size of Member	0.89
153	Notional Size of Member	0.88
154	Notional Size of Member	0.88
155	Notional Size of Member	0.88
156	Notional Size of Member	0.88
157	Notional Size of Member	0.91
158	Notional Size of Member	0.91
159	Notional Size of Member	0.9
160	Notional Size of Member	0.91
161	Notional Size of Member	0.9

Elem	Type	h (m)
162	Notional Size of Member	0.9
163	Notional Size of Member	0.89
164	Notional Size of Member	0.89
165	Notional Size of Member	0.89
166	Notional Size of Member	0.89
167	Notional Size of Member	0.88
168	Notional Size of Member	0.88
169	Notional Size of Member	0.88
170	Notional Size of Member	0.88

Tabla B.6. Condiciones de apoyo

Node	Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz	Rw	Group
1	0	1	1	0	0	0	0	BC-P1
131	0	1	1	0	0	0	0	BC-P5
144	1	1	1	1	1	1	1	BC-P2
159	1	1	1	1	1	1	1	BC-P3
174	1	1	1	1	1	1	1	BC-P4

Tabla B.7. Vinculaciones

No	Node1	Node2	Type	Group
1	132	26	RIGID	BC-P2
2	145	71	RIGID	BC-P3
3	160	111	RIGID	BC-P4

Tabla B.8. Cargas nodales

Node	Load Case	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)	MX (tonf*m)	MY (tonf*m)	MZ (tonf*m)
3	FT	0	0	-50	0	-125	0
3	WC	0	0	-69.61	0	-139.22	0
4	FT	0	0	-50	0	-125	0

Node	Load Case	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)	MX (tonf*m)	MY (tonf*m)	MZ (tonf*m)
4	WC	0	0	-70.48	0	-140.96	0
5	FT	0	0	-50	0	-125	0
5	WC	0	0	-71.74	0	-143.48	0
6	FT	0	0	-50	0	-125	0
6	WC	0	0	-73.41	0	-146.82	0
7	FT	0	0	-50	0	-125	0
7	WC	0	0	-75.49	0	-150.98	0
8	FT	0	0	-50	0	-125	0
8	WC	0	0	-78	0	-156	0
9	FT	0	0	-50	0	-125	0
9	WC	0	0	-80.95	0	-161.9	0
10	FT	0	0	-50	0	-125	0
10	WC	0	0	-84.36	0	-168.72	0
11	FT	0	0	-50	0	-125	0
11	WC	0	0	-88.24	0	-176.48	0
12	FT	0	0	-50	0	-125	0
12	WC	0	0	-92.6	0	-185.2	0
13	FT	0	0	-50	0	-125	0
13	WC	0	0	-97.46	0	-194.92	0
14	FT	0	0	-50	0	-125	0
14	WC	0	0	-89.65	0	-156.89	0
15	FT	0	0	-50	0	-125	0
15	WC	0	0	-94.11	0	-164.69	0
16	FT	0	0	-50	0	-125	0
16	WC	0	0	-98.92	0	-173.11	0
17	FT	0	0	-50	0	-125	0
17	WC	0	0	-104.1	0	-182.18	0
18	FT	0	0	-50	0	-125	0
18	WC	0	0	-109.7	0	-191.98	0
19	FT	0	0	-50	0	-125	0
19	WC	0	0	-98.69	0	-148.04	0
20	FT	0	0	-50	0	-125	0
20	WC	0	0	-103.3	0	-154.95	0
21	FT	0	0	-50	0	-125	0
21	WC	0	0	-108.1	0	-162.15	0
22	FT	0	0	-50	0	-125	0
22	WC	0	0	-103.6	0	-142.45	0
23	FT	0	0	-50	0	-125	0
23	WC	0	0	-108.1	0	-148.64	0

Node	Load Case	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)	MX (tonf*m)	MY (tonf*m)	MZ (tonf*m)
24	FT	0	0	-50	0	-125	0
24	WC	0	0	-112.8	0	-155.1	0
28	FT	0	0	-50	0	125	0
28	WC	0	0	-112.8	0	155.1	0
29	FT	0	0	-50	0	125	0
29	WC	0	0	-108.1	0	148.64	0
30	FT	0	0	-50	0	125	0
30	WC	0	0	-103.6	0	142.45	0
31	FT	0	0	-50	0	125	0
31	WC	0	0	-108.1	0	162.15	0
32	FT	0	0	-50	0	125	0
32	WC	0	0	-103.3	0	154.95	0
33	FT	0	0	-50	0	125	0
33	WC	0	0	-98.69	0	148.04	0
34	FT	0	0	-50	0	125	0
34	WC	0	0	-109.7	0	191.98	0
35	FT	0	0	-50	0	125	0
35	WC	0	0	-104.1	0	182.18	0
36	FT	0	0	-50	0	125	0
36	WC	0	0	-98.92	0	173.11	0
37	FT	0	0	-50	0	125	0
37	WC	0	0	-94.11	0	164.69	0
38	FT	0	0	-50	0	125	0
38	WC	0	0	-89.65	0	156.89	0
39	FT	0	0	-50	0	125	0
39	WC	0	0	-97.46	0	194.92	0
40	FT	0	0	-50	0	125	0
40	WC	0	0	-92.6	0	185.2	0
41	FT	0	0	-50	0	125	0
41	WC	0	0	-88.24	0	176.48	0
42	FT	0	0	-50	0	125	0
42	WC	0	0	-84.36	0	168.72	0
43	FT	0	0	-50	0	125	0
43	WC	0	0	-80.95	0	161.9	0
44	FT	0	0	-50	0	125	0
44	WC	0	0	-78	0	156	0
45	FT	0	0	-50	0	125	0
45	WC	0	0	-75.49	0	150.98	0
46	FT	0	0	-50	0	125	0

Node	Load Case	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)	MX (tonf*m)	MY (tonf*m)	MZ (tonf*m)
46	WC	0	0	-73.41	0	146.82	0
47	FT	0	0	-50	0	125	0
47	WC	0	0	-71.74	0	143.48	0
48	FT	0	0	-50	0	125	0
48	WC	0	0	-70.48	0	140.96	0
49	FT	0	0	-50	0	125	0
49	WC	0	0	-69.61	0	139.22	0
52	FT	0	0	-50	0	-125	0
52	WC	0	0	-51.94	0	-77.91	0
53	FT	0	0	-50	0	-125	0
53	WC	0	0	-87.55	0	-218.88	0
54	FT	0	0	-50	0	-125	0
54	WC	0	0	-89	0	-222.5	0
55	FT	0	0	-50	0	-125	0
55	WC	0	0	-91.15	0	-227.88	0
56	FT	0	0	-50	0	-125	0
56	WC	0	0	-94.03	0	-235.08	0
57	FT	0	0	-50	0	-125	0
57	WC	0	0	-97.7	0	-244.25	0
58	FT	0	0	-50	0	-125	0
58	WC	0	0	-102.2	0	-255.5	0
59	FT	0	0	-50	0	-125	0
59	WC	0	0	-107.5	0	-268.75	0
60	FT	0	0	-50	0	-125	0
60	WC	0	0	-113.7	0	-284.25	0
61	FT	0	0	-50	0	-125	0
61	WC	0	0	-120.8	0	-302	0
62	FT	0	0	-50	0	-125	0
62	WC	0	0	-128.8	0	-322	0
63	FT	0	0	-50	0	-125	0
63	WC	0	0	-137.8	0	-344.5	0
64	FT	0	0	-50	0	-125	0
64	WC	0	0	-125	0	-265.63	0
65	FT	0	0	-50	0	-125	0
65	WC	0	0	-132.9	0	-282.45	0
66	FT	0	0	-50	0	-125	0
66	WC	0	0	-141.4	0	-300.48	0
67	FT	0	0	-50	0	-125	0
67	WC	0	0	-123.3	0	-215.78	0

Node	Load Case	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)	MX (tonf*m)	MY (tonf*m)	MZ (tonf*m)
68	FT	0	0	-50	0	-125	0
68	WC	0	0	-130	0	-227.5	0
69	FT	0	0	-50	0	-125	0
69	WC	0	0	-137	0	-239.75	0
73	FT	0	0	-50	0	125	0
73	WC	0	0	-137	0	239.75	0
74	FT	0	0	-50	0	125	0
74	WC	0	0	-130	0	227.5	0
75	FT	0	0	-50	0	125	0
75	WC	0	0	-123.3	0	215.78	0
76	FT	0	0	-50	0	125	0
76	WC	0	0	-141.4	0	300.48	0
77	FT	0	0	-50	0	125	0
77	WC	0	0	-132.9	0	282.45	0
78	FT	0	0	-50	0	125	0
78	WC	0	0	-125	0	265.63	0
79	FT	0	0	-50	0	125	0
79	WC	0	0	-137.8	0	344.5	0
80	FT	0	0	-50	0	125	0
80	WC	0	0	-128.8	0	322	0
81	FT	0	0	-50	0	125	0
81	WC	0	0	-120.8	0	302	0
82	FT	0	0	-50	0	125	0
82	WC	0	0	-113.7	0	284.25	0
83	FT	0	0	-50	0	125	0
83	WC	0	0	-107.5	0	268.75	0
84	FT	0	0	-50	0	125	0
84	WC	0	0	-102.2	0	255.5	0
85	FT	0	0	-50	0	125	0
85	WC	0	0	-97.7	0	244.25	0
86	FT	0	0	-50	0	125	0
86	WC	0	0	-94.03	0	235.08	0
87	FT	0	0	-50	0	125	0
87	WC	0	0	-91.15	0	227.88	0
88	FT	0	0	-50	0	125	0
88	WC	0	0	-89	0	222.5	0
89	FT	0	0	-50	0	125	0
89	WC	0	0	-87.55	0	218.88	0
90	FT	0	0	-50	0	125	0

Node	Load Case	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)	MX (tonf*m)	MY (tonf*m)	MZ (tonf*m)
90	WC	0	0	-51.94	0	77.91	0
93	FT	0	0	-50	0	-125	0
93	WC	0	0	-87.55	0	-218.88	0
94	FT	0	0	-50	0	-125	0
94	WC	0	0	-89	0	-222.5	0
95	FT	0	0	-50	0	-125	0
95	WC	0	0	-91.15	0	-227.88	0
96	FT	0	0	-50	0	-125	0
96	WC	0	0	-94.03	0	-235.08	0
97	FT	0	0	-50	0	-125	0
97	WC	0	0	-97.7	0	-244.25	0
98	FT	0	0	-50	0	-125	0
98	WC	0	0	-102.2	0	-255.5	0
99	FT	0	0	-50	0	-125	0
99	WC	0	0	-107.5	0	-268.75	0
100	FT	0	0	-50	0	-125	0
100	WC	0	0	-113.7	0	-284.25	0
101	FT	0	0	-50	0	-125	0
101	WC	0	0	-120.8	0	-302	0
102	FT	0	0	-50	0	-125	0
102	WC	0	0	-128.8	0	-322	0
103	FT	0	0	-50	0	-125	0
103	WC	0	0	-137.8	0	-344.5	0
104	FT	0	0	-50	0	-125	0
104	WC	0	0	-125	0	-265.63	0
105	FT	0	0	-50	0	-125	0
105	WC	0	0	-132.9	0	-282.41	0
106	FT	0	0	-50	0	-125	0
106	WC	0	0	-141.4	0	-300.48	0
107	FT	0	0	-50	0	-125	0
107	WC	0	0	-123.3	0	-215.78	0
108	FT	0	0	-50	0	-125	0
108	WC	0	0	-130	0	-227.5	0
109	FT	0	0	-50	0	-125	0
109	WC	0	0	-137	0	-239.75	0
113	FT	0	0	-50	0	125	0
113	WC	0	0	-137	0	239.75	0
114	FT	0	0	-50	0	125	0
114	WC	0	0	-130	0	227.5	0

Node	Load Case	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)	MX (tonf*m)	MY (tonf*m)	MZ (tonf*m)
115	FT	0	0	-50	0	125	0
115	WC	0	0	-123.3	0	215.78	0
116	FT	0	0	-50	0	125	0
116	WC	0	0	-141.4	0	300.48	0
117	FT	0	0	-50	0	125	0
117	WC	0	0	-132.9	0	282.41	0
118	FT	0	0	-50	0	125	0
118	WC	0	0	-125	0	265.63	0
119	FT	0	0	-50	0	125	0
119	WC	0	0	-137.8	0	344.5	0
120	FT	0	0	-50	0	125	0
120	WC	0	0	-128.8	0	322	0
121	FT	0	0	-50	0	125	0
121	WC	0	0	-120.8	0	302	0
122	FT	0	0	-50	0	125	0
122	WC	0	0	-113.7	0	284.25	0
123	FT	0	0	-50	0	125	0
123	WC	0	0	-107.5	0	268.75	0
124	FT	0	0	-50	0	125	0
124	WC	0	0	-102.2	0	255.5	0
125	FT	0	0	-50	0	125	0
125	WC	0	0	-97.7	0	244.25	0
126	FT	0	0	-50	0	125	0
126	WC	0	0	-94.03	0	235.08	0
127	FT	0	0	-50	0	125	0
127	WC	0	0	-91.15	0	227.88	0
128	FT	0	0	-50	0	125	0
128	WC	0	0	-89	0	222.5	0
129	FT	0	0	-50	0	125	0
129	WC	0	0	-87.55	0	218.88	0

Tabla B.9. Cargas distribuidas

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
1	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
1	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
2	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
2	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
2	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
3	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
3	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
3	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
4	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
4	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
4	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
5	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
5	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
5	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
6	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
6	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
6	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
7	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
7	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
7	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
8	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
8	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
8	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
9	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
9	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
9	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
10	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
10	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
10	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
11	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
11	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
11	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
12	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
12	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
12	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
13	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
13	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
13	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
14	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
14	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
14	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
15	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
15	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
15	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
16	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
16	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
16	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
17	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
17	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
17	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
18	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
18	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
18	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
19	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
19	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
19	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
20	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
20	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
20	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
21	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
21	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
21	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
22	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
22	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
22	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
23	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
23	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
23	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
24	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
24	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
24	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
25	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
25	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
25	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
26	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
26	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
26	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
27	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
27	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
27	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
28	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
28	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
28	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
29	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
29	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
29	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
30	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
30	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
30	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
31	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
31	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
31	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
32	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
32	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
32	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
33	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
33	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
33	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
34	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
34	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
34	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
35	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
35	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
35	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
36	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
36	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
36	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
37	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
37	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
37	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
38	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
38	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
38	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
39	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
39	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
39	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
40	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
40	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
40	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
41	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
41	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
41	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
42	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
42	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
42	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
43	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
43	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
43	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
44	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
44	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
44	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
45	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
45	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
45	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
46	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
46	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
46	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
47	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
47	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
47	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
48	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
48	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
48	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
49	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
49	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
49	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
50	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
50	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
51	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
51	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
52	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
52	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
52	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
53	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
53	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
53	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
54	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
54	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
54	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
55	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
55	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
55	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
56	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
56	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
56	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
57	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
57	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
57	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
58	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
58	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
58	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
59	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
59	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
59	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
60	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
60	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
60	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
61	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
61	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
61	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
62	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
62	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
62	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
63	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
63	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
63	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
64	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
64	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
64	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
65	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
65	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
65	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
66	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
66	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
66	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
67	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
67	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
67	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
68	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
68	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
68	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
69	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
69	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
69	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
70	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
70	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
70	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
71	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
71	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
71	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
72	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
72	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
72	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
73	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
73	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
73	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
74	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
74	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
74	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
75	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
75	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
75	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
76	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
76	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
76	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
77	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
77	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
77	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
78	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
78	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
78	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
79	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
79	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
79	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
80	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
80	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
80	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
81	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
81	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
81	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
82	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
82	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
82	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
83	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
83	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
83	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
84	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
84	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
84	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
85	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
85	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
85	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
86	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
86	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
86	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
87	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
87	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
87	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
88	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
88	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
88	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
89	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
89	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
89	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
90	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
90	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
91	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
91	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
92	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
92	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
92	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
93	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
93	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
93	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
94	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
94	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
94	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
95	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
95	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
95	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
96	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
96	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
96	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
97	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
97	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
97	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
98	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
98	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
98	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
99	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
99	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
99	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
100	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
100	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
100	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
101	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
101	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
101	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
102	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
102	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
102	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
103	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
103	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
103	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
104	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
104	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
104	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
105	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
105	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
105	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
106	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
106	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
106	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
107	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
107	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
107	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
108	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
108	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
108	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
109	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
109	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
109	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
110	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
110	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
110	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
111	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
111	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
111	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
112	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
112	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
112	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
113	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
113	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
113	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
114	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
114	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
114	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
115	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
115	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
115	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
116	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
116	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
116	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
117	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
117	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
117	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
118	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
118	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
118	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
119	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
119	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
119	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
120	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
120	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
120	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m

Element	BM LD Type	Load Case	Load Type	Direction	P1	P2	Unit
121	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
121	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
121	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
122	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
122	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
122	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
123	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
123	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
123	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
124	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
124	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
124	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
125	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
125	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
125	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
126	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
126	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
126	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
127	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
127	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
127	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
128	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
128	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
128	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
129	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
129	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m
129	Beam Load	CLL	Distributed Forces	Global Z	-0.53	-0.53	tonf/m
130	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global Z	-1.89	-1.89	tonf/m
130	Beam Load	SD	Distributed Forces	Global X	-1.17	-1.17	tonf/m

Tabla B.10. Carga de los cables de presfuerzo

Tendon	Load Case	Type	Jacking	Force Begin (tonf)	Force End (tonf)	Load Group
Cable 1-1	PS	Force	Begin	246	0	PS-P2DOV0
Cable 1-2	PS	Force	Begin	246	0	PS-P2DOV0
Cable 10-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV9
Cable 10-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV9
Cable 10-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV9
Cable 10-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV9
Cable 11-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV10
Cable 11-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV10
Cable 11-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV10
Cable 11-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV10
Cable 12-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV11
Cable 12-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV11
Cable 12-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV11
Cable 12-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV11
Cable 13-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV12
Cable 13-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV12
Cable 13-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV12
Cable 13-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV12
Cable 14-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV13
Cable 14-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV13
Cable 14-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV13
Cable 14-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV13
Cable 15-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV14
Cable 15-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV14
Cable 15-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV14
Cable 15-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV14
Cable 16-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV15
Cable 16-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV15
Cable 16-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV15
Cable 16-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV15
Cable 17-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV16
Cable 17-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV16
Cable 17-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV16
Cable 17-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV16
Cable 18-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV17
Cable 18-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV17
Cable 19-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV18

Tendon	Load Case	Type	Jacking	Force Begin (tonf)	Force End (tonf)	Load Group
Cable 19-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV18
Cable 2-1	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV1
Cable 2-2	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV1
Cable 20-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV19
Cable 20-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV19
Cable 21-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV20
Cable 21-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV20
Cable 22-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV21
Cable 22-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV21
Cable 23-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV22
Cable 23-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV22
Cable 3-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV2
Cable 3-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV2
Cable 3-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV2
Cable 3-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV2
Cable 31-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 31-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 31-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 31-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 32-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 32-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 32-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 32-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 33-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 33-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 33-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 33-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 34-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 34-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 34-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 34-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 35-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 35-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 4-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV3
Cable 4-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV3
Cable 4-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV3
Cable 4-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV3
Cable 5-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV4
Cable 5-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV4

Tendon	Load Case	Type	Jacking	Force Begin (tonf)	Force End (tonf)	Load Group
Cable 5-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV4
Cable 5-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV4
Cable 51-1	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV24
Cable 51-2	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV24
Cable 51-3	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV24
Cable 51-4	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV24
Cable 52-1	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV24
Cable 52-2	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV24
Cable 52-3	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV24
Cable 52-4	PS	Force	End	0	246	PS-P2DOV24
Cable 6-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV5
Cable 6-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV5
Cable 6-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV5
Cable 6-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV5
Cable 7-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV6
Cable 7-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV6
Cable 7-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV6
Cable 7-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV6
Cable 8-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV7
Cable 8-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV7
Cable 8-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV7
Cable 8-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV7
Cable 81-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 81-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 81-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 81-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 82-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 82-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 82-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 82-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 83-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 83-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 83-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 83-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 84-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 84-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 84-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 84-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 85-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58

Tendon	Load Case	Type	Jacking	Force Begin (tonf)	Force End (tonf)	Load Group
Cable 85-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV58
Cable 9-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV8
Cable 9-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV8
Cable 9-3	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV8
Cable 9-4	PS	Force	Both	246	246	PS-P2DOV8
Cable 91-1	PS	Force	Begin	246	0	PS-P4DOV59
Cable 91-2	PS	Force	Begin	246	0	PS-P4DOV59
Cable 91-3	PS	Force	Begin	246	0	PS-P4DOV59
Cable 91-4	PS	Force	Begin	246	0	PS-P4DOV59
Cable 92-1	PS	Force	Begin	246	0	PS-P4DOV59
Cable 92-2	PS	Force	Begin	246	0	PS-P4DOV59
Cable 92-3	PS	Force	Begin	246	0	PS-P4DOV59
Cable 92-4	PS	Force	Begin	246	0	PS-P4DOV59
Cable P3 61-1	PS	Force	Begin	389.5	0	PS-P3DOV40
Cable P3 61-2	PS	Force	Begin	389.5	0	PS-P3DOV40
Cable P3 62-1	PS	Force	End	0	389.5	PS-P3DOV41
Cable P3 62-2	PS	Force	End	0	389.5	PS-P3DOV41
Cable P3 63-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV42
Cable P3 63-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV42
Cable P3 64-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV43
Cable P3 64-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV43
Cable P3 65-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV44
Cable P3 65-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV44
Cable P3 65-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV44
Cable P3 65-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV44
Cable P3 66-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV45
Cable P3 66-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV45
Cable P3 66-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV45
Cable P3 66-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV45
Cable P3 67-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV46
Cable P3 67-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV46
Cable P3 67-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV46
Cable P3 67-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV46
Cable P3 68-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV47
Cable P3 68-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV47
Cable P3 68-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV47
Cable P3 68-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV47
Cable P3 69-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV48
Cable P3 69-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV48

Tendon	Load Case	Type	Jacking	Force Begin (tonf)	Force End (tonf)	Load Group
Cable P3 69-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV48
Cable P3 69-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV48
Cable P3 70-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV49
Cable P3 70-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV49
Cable P3 70-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV49
Cable P3 70-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV49
Cable P3 71-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV50
Cable P3 71-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV50
Cable P3 71-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV50
Cable P3 71-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV50
Cable P3 72-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV51
Cable P3 72-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV51
Cable P3 72-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV51
Cable P3 72-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV51
Cable P3 73-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV52
Cable P3 73-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV52
Cable P3 74-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV53
Cable P3 74-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P3DOV53
Cable P3 75-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV54
Cable P3 75-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV54
Cable P3 76-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV55
Cable P3 76-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV55
Cable P3 77-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV56
Cable P3 77-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV56
Cable P3 78-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV57
Cable P3 78-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P3DOV57
Cable P4 61-1	PS	Force	Begin	389.5	0	PS-P4DOV40
Cable P4 61-2	PS	Force	Begin	389.5	0	PS-P4DOV40
Cable P4 62-1	PS	Force	End	0	389.5	PS-P4DOV41
Cable P4 62-2	PS	Force	End	0	389.5	PS-P4DOV41
Cable P4 63-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV42
Cable P4 63-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV42
Cable P4 64-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV43
Cable P4 64-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV43
Cable P4 65-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV44
Cable P4 65-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV44
Cable P4 65-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV44
Cable P4 65-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV44
Cable P4 66-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV45

Tendon	Load Case	Type	Jacking	Force Begin (tonf)	Force End (tonf)	Load Group
Cable P4 66-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV45
Cable P4 66-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV45
Cable P4 66-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV45
Cable P4 67-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV46
Cable P4 67-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV46
Cable P4 67-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV46
Cable P4 67-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV46
Cable P4 68-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV47
Cable P4 68-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV47
Cable P4 68-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV47
Cable P4 68-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV47
Cable P4 69-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV48
Cable P4 69-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV48
Cable P4 69-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV48
Cable P4 69-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV48
Cable P4 70-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV49
Cable P4 70-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV49
Cable P4 70-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV49
Cable P4 70-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV49
Cable P4 71-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV50
Cable P4 71-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV50
Cable P4 71-3	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV50
Cable P4 71-4	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV50
Cable P4 72-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV51
Cable P4 72-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV51
Cable P4 73-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV52
Cable P4 73-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV52
Cable P4 74-1	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV53
Cable P4 74-2	PS	Force	Both	389.5	389.5	PS-P4DOV53
Cable P4 75-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P4DOV54
Cable P4 75-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P4DOV54
Cable P4 76-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P4DOV55
Cable P4 76-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P4DOV55
Cable P4 77-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P4DOV56
Cable P4 77-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P4DOV56
Cable P4 78-1	PS	Force	Both	246	246	PS-P4DOV57
Cable P4 78-2	PS	Force	Both	246	246	PS-P4DOV57

ANEXO C. DEFINICIÓN DE ETAPAS CONSTRUCTIVAS EN MIDAS CIVIL

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
CS1	7	4	P2	100		BC-P2	ORIGINAL		SELF	FIRST		
			P2DOV0	14		BC-P4	ORIGINAL		PS-P2DOV0	FIRST		
			P4	100					PS-P4DOV40	FIRST		
			P4DOV40	14					FT-P2DOV0	FIRST		
									FT-P4DOV40	FIRST		
									CLL-P2DOV0	FIRST		
									CLL-P4DOV40	FIRST		
									WC-P2DOV1	4		
									WC-P4DOV41	4		
CS2	7	4	P2DOV1	3					PS-P2DOV1	FIRST	FT-P2DOV0	FIRST
			P4DOV41	3					PS-P4DOV41	FIRST	FT-P4DOV40	FIRST
									FT-P2DOV1	FIRST	WC-P2DOV1	FIRST
									FT-P4DOV41	FIRST	WC-P4DOV41	FIRST
									CLL-P2DOV1	FIRST		
									CLL-P4DOV41	FIRST		
									WC-P2DOV2	4		
									WC-P4DOV42	4		
CS3	7	4	P2DOV2	3					PS-P2DOV2	FIRST	FT-P2DOV1	FIRST
			P4DOV42	3					PS-P4DOV42	FIRST	FT-P4DOV41	FIRST
									FT-P2DOV2	FIRST	WC-P2DOV2	FIRST
									FT-P4DOV42	FIRST	WC-P4DOV42	FIRST
									CLL-P2DOV2	FIRST		
									CLL-P4DOV42	FIRST		
									WC-P2DOV3	4		
									WC-P4DOV43	4		
CS4	7	4	P2DOV3	3					PS-P2DOV3	FIRST	FT-P2DOV2	FIRST

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
			P4DOV43	3					PS-P4DOV43	FIRST	FT-P4DOV42	FIRST
									FT-P2DOV3	FIRST	WC-P2DOV3	FIRST
									FT-P4DOV43	FIRST	WC-P4DOV43	FIRST
									CLL-P2DOV3	FIRST		
									CLL-P4DOV43	FIRST		
									WC-P2DOV4	4		
									WC-P4DOV44	4		
CS5	7	4	P2DOV4	3					PS-P2DOV4	FIRST	FT-P2DOV3	FIRST
			P4DOV44	3					PS-P4DOV44	FIRST	FT-P4DOV43	FIRST
									FT-P2DOV4	FIRST	WC-P2DOV4	FIRST
									FT-P4DOV44	FIRST	WC-P4DOV44	FIRST
									CLL-P2DOV4	FIRST		
									CLL-P4DOV44	FIRST		
									WC-P2DOV5	4		
CS6	7	4							WC-P4DOV45	4		
			P2DOV5	3					PS-P2DOV5	FIRST	FT-P2DOV4	FIRST
			P4DOV45	3					PS-P4DOV45	FIRST	FT-P4DOV44	FIRST
									FT-P2DOV5	FIRST	WC-P2DOV5	FIRST
									FT-P4DOV45	FIRST	WC-P4DOV45	FIRST
									CLL-P2DOV5	FIRST		
									CLL-P4DOV45	FIRST		
CS7	7	4							WC-P2DOV6	4		
									WC-P4DOV46	4		
			P2DOV6	3					PS-P2DOV6	FIRST	FT-P2DOV5	FIRST
			P4DOV46	3					PS-P4DOV46	FIRST	FT-P4DOV45	FIRST
									FT-P2DOV6	FIRST	WC-P2DOV6	FIRST
									FT-P4DOV46	FIRST	WC-P4DOV46	FIRST
									CLL-P2DOV6	FIRST		

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
									CLL-P4DOV46	FIRST		
									WC-P2DOV7	4		
									WC-P4DOV47	4		
CS8	7	4	P2DOV7	3					PS-P2DOV7	FIRST	FT-P2DOV6	FIRST
			P4DOV47	3					PS-P4DOV47	FIRST	FT-P4DOV46	FIRST
									FT-P2DOV7	FIRST	WC-P2DOV7	FIRST
									FT-P4DOV47	FIRST	WC-P4DOV47	FIRST
									CLL-P2DOV7	FIRST		
									CLL-P4DOV47	FIRST		
									WC-P2DOV8	4		
									WC-P4DOV48	4		
CS9	7	4	P2DOV8	3					PS-P2DOV8	FIRST	FT-P2DOV7	FIRST
			P4DOV48	3					PS-P4DOV48	FIRST	FT-P4DOV47	FIRST
									FT-P2DOV8	FIRST	WC-P2DOV8	FIRST
									FT-P4DOV48	FIRST	WC-P4DOV48	FIRST
									CLL-P2DOV8	FIRST		
									CLL-P4DOV48	FIRST		
									WC-P2DOV9	4		
									WC-P4DOV49	4		
CS10	7	4	P2DOV9	3					PS-P2DOV9	FIRST	FT-P2DOV8	FIRST
			P4DOV49	3					PS-P4DOV49	FIRST	FT-P4DOV48	FIRST
									FT-P2DOV9	FIRST	WC-P2DOV9	FIRST
									FT-P4DOV49	FIRST	WC-P4DOV49	FIRST
									CLL-P2DOV9	FIRST		
									CLL-P4DOV49	FIRST		
									WC-P2DOV10	4		
									WC-P4DOV50	4		
CS11	7	4	P2DOV10	3					PS-P2DOV10	FIRST	FT-P2DOV9	FIRST

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
			P4DOV50	3					PS-P4DOV50	FIRST	FT-P4DOV49	FIRST
									FT-P2DOV10	FIRST	WC-P2DOV10	FIRST
									FT-P4DOV50	FIRST	WC-P4DOV50	FIRST
									CLL-P2DOV10	FIRST		
									CLL-P4DOV50	FIRST		
									WC-P2DOV11	4		
									WC-P4DOV51	4		
CS12	7	4	P2DOV11	3					PS-P2DOV11	FIRST	FT-P2DOV10	FIRST
			P4DOV51	3					PS-P4DOV51	FIRST	FT-P4DOV50	FIRST
									FT-P2DOV11	FIRST	WC-P2DOV11	FIRST
									FT-P4DOV51	FIRST	WC-P4DOV51	FIRST
									CLL-P2DOV11	FIRST		
									CLL-P4DOV51	FIRST		
									WC-P2DOV12	4		
									WC-P4DOV52	4		
CS13	7	4	P2DOV12	3					PS-P2DOV12	FIRST	FT-P2DOV11	FIRST
			P4DOV52	3					PS-P4DOV52	FIRST	FT-P4DOV51	FIRST
									FT-P2DOV12	FIRST	WC-P2DOV12	FIRST
									FT-P4DOV52	FIRST	WC-P4DOV52	FIRST
									CLL-P2DOV12	FIRST		
									CLL-P4DOV52	FIRST		
									WC-P2DOV13	4		
									WC-P4DOV53	4		
CS14	7	4	P2DOV13	3					PS-P2DOV13	FIRST	FT-P2DOV12	FIRST
			P4DOV53	3					PS-P4DOV53	FIRST	FT-P4DOV52	FIRST
									FT-P2DOV13	FIRST	WC-P2DOV13	FIRST
									FT-P4DOV53	FIRST	WC-P4DOV53	FIRST
									CLL-P2DOV13	FIRST		

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
									CLL-P4DOV53	FIRST		
									WC-P2DOV14	4		FIRST
									WC-P4DOV54	4		FIRST
CS15	7	4	P2DOV14	3					PS-P2DOV14	FIRST	FT-P2DOV13	FIRST
			P4DOV54	3					PS-P4DOV54	FIRST	FT-P4DOV53	FIRST
									FT-P2DOV14	FIRST	WC-P2DOV14	FIRST
									FT-P4DOV54	FIRST	WC-P4DOV54	FIRST
									CLL-P2DOV14	FIRST		
									CLL-P4DOV54	FIRST		
									WC-P2DOV15	4		
									WC-P4DOV55	4		
CS16	7	4	P2DOV15	3					PS-P2DOV15	FIRST	FT-P2DOV14	FIRST
			P4DOV55	3					PS-P4DOV55	FIRST	FT-P4DOV54	FIRST
									FT-P2DOV15	FIRST	WC-P2DOV15	FIRST
									FT-P4DOV55	FIRST	WC-P4DOV55	FIRST
									CLL-P2DOV15	FIRST		
									CLL-P4DOV55	FIRST		
									WC-P2DOV16	4		
									WC-P4DOV56	4		
CS17	7	4	P2DOV16	3					PS-P2DOV16	FIRST	FT-P2DOV15	FIRST
			P4DOV56	3					PS-P4DOV56	FIRST	FT-P4DOV55	FIRST
									FT-P2DOV16	FIRST	WC-P2DOV16	FIRST
									FT-P4DOV56	FIRST	WC-P4DOV56	FIRST
									CLL-P2DOV16	FIRST		
									CLL-P4DOV56	FIRST		
									WC-P2DOV17	4		
									WC-P4DOV57	4		
CS18	7	4	P2DOV17	3					PS-P2DOV17	FIRST	FT-P2DOV16	FIRST

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
			P4DOV57	3					PS-P4DOV57	FIRST	FT-P4DOV56	FIRST
									FT-P2DOV17	FIRST	WC-P2DOV17	FIRST
									CLL-P2DOV17	FIRST	WC-P4DOV57	FIRST
									CLL-P4DOV57	FIRST		
									WC-P2DOV18	4		
CS19	7	4	P2DOV18	3		BC-P5	ORIGINAL		PS-P2DOV18	FIRST	FT-P2DOV17	FIRST
			P4DOV59	3					PS-P4DOV59	FIRST	FT-P4DOV57	FIRST
									FT-P2DOV18	FIRST	WC-P2DOV18	FIRST
									CLL-P2DOV18	FIRST		
									WC-P2DOV19	4		
CS20	7	4	P2DOV19	3					PS-P2DOV19	FIRST	FT-P2DOV18	FIRST
									FT-P2DOV19	FIRST	WC-P2DOV19	FIRST
									CLL-P2DOV19	FIRST		
									WC-P2DOV20	4		
CS21	7	4	P2DOV20	3					PS-P2DOV20	FIRST	FT-P2DOV19	FIRST
									FT-P2DOV20	FIRST	WC-P2DOV20	FIRST
									CLL-P2DOV20	FIRST		
									WC-P2DOV21	4		
CS22	7	4	P2DOV21	3					PS-P2DOV21	FIRST	FT-P2DOV20	FIRST
									FT-P2DOV21	FIRST	WC-P2DOV21	FIRST
									CLL-P2DOV21	FIRST		
									WC-P2DOV22	4		
CS23	7	4	P2DOV22	3					PS-P2DOV22	FIRST	FT-P2DOV21	FIRST
									CLL-P2DOV22	FIRST	WC-P2DOV22	FIRST
CS24	0		P2DOV24	3		BC-P1	ORIGINAL		PS-P2DOV24	FIRST		
CS25	7	4	P3	100		BC-P3	ORIGINAL		PS-P3DOV40	FIRST		
			P3DOV40	14					FT-P3DOV40	FIRST		

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
									CLL-P3DOV40	FIRST		
									WC-P3DOV41	4		
CS26	7	4	P3DOV41	3					PS-P3DOV41	FIRST	FT-P3DOV40	FIRST
									FT-P3DOV41	FIRST	WC-P3DOV41	FIRST
									CLL-P3DOV41	FIRST		
									WC-P3DOV42	4		
CS27	7	4	P3DOV42	3					PS-P3DOV42	FIRST	FT-P3DOV41	FIRST
									FT-P3DOV42	FIRST	WC-P3DOV42	FIRST
									CLL-P3DOV42	FIRST		
									WC-P3DOV43	4		
CS28	7	4	P3DOV43	3					PS-P3DOV43	FIRST	FT-P3DOV42	FIRST
									FT-P3DOV43	FIRST	WC-P3DOV43	FIRST
									CLL-P3DOV43	FIRST		
									WC-P3DOV44	4		
CS29	7	4	P3DOV44	3					PS-P3DOV44	FIRST	FT-P3DOV43	FIRST
									FT-P3DOV44	FIRST	WC-P3DOV44	FIRST
									CLL-P3DOV44	FIRST		
									WC-P3DOV45	4		
CS30	7	4	P3DOV45	3					PS-P3DOV45	FIRST	FT-P3DOV44	FIRST
									FT-P3DOV45	FIRST	WC-P3DOV45	FIRST
									CLL-P3DOV45	FIRST		
									WC-P3DOV46	4		
CS31	7	4	P3DOV46	3					PS-P3DOV46	FIRST	FT-P3DOV45	FIRST
									FT-P3DOV46	FIRST	WC-P3DOV46	FIRST
									CLL-P3DOV46	FIRST		
									WC-P3DOV47	4		
CS32	7	4	P3DOV47	3					PS-P3DOV47	FIRST	FT-P3DOV46	FIRST
									FT-P3DOV47	FIRST	WC-P3DOV47	FIRST

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
									CLL-P3DOV47	FIRST		
									WC-P3DOV48	4		
CS33	7	4	P3DOV48	3					PS-P3DOV48	FIRST	FT-P3DOV47	FIRST
									FT-P3DOV48	FIRST	WC-P3DOV48	FIRST
									CLL-P3DOV48	FIRST		
									WC-P3DOV49	4		
CS34	7	4	P3DOV49	3					PS-P3DOV49	FIRST	FT-P3DOV48	FIRST
									FT-P3DOV49	FIRST	WC-P3DOV49	FIRST
									CLL-P3DOV49	FIRST		
									WC-P3DOV50	4		
CS35	7	4	P3DOV50	3					PS-P3DOV50	FIRST	FT-P3DOV49	FIRST
									FT-P3DOV50	FIRST	WC-P3DOV50	FIRST
									CLL-P3DOV50	FIRST		
									WC-P3DOV51	4		
CS36	7	4	P3DOV51	3					PS-P3DOV51	FIRST	FT-P3DOV50	FIRST
									FT-P3DOV51	FIRST	WC-P3DOV51	FIRST
									CLL-P3DOV51	FIRST		
									WC-P3DOV52	4		
CS37	7	4	P3DOV52	3					PS-P3DOV52	FIRST	FT-P3DOV51	FIRST
									FT-P3DOV52	FIRST	WC-P3DOV52	FIRST
									CLL-P3DOV52	FIRST		
									WC-P3DOV53	4		
CS38	7	4	P3DOV53	3					PS-P3DOV53	FIRST	FT-P3DOV52	FIRST
									FT-P3DOV53	FIRST	WC-P3DOV53	FIRST
									CLL-P3DOV53	FIRST		
									WC-P3DOV54	4		
CS39	7	4	P3DOV54	3					PS-P3DOV54	FIRST	FT-P3DOV53	FIRST
									FT-P3DOV54	FIRST	WC-P3DOV54	FIRST

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
									CLL-P3DOV54	FIRST		
									WC-P3DOV55	4		
CS40	7	4	P3DOV55	3					PS-P3DOV55	FIRST	FT-P3DOV54	FIRST
									FT-P3DOV55	FIRST	WC-P3DOV55	FIRST
									CLL-P3DOV55	FIRST		
									WC-P3DOV56	4		
CS41	7	4	P3DOV56	3					PS-P3DOV56	FIRST	FT-P3DOV55	FIRST
									FT-P3DOV56	FIRST	WC-P3DOV56	FIRST
									CLL-P3DOV56	FIRST		
									WC-P3DOV57	4		
CS42	28	21	P3DOV57	3					PS-P3DOV57	FIRST	FT-P3DOV56	FIRST
									FT-P3DOV57	FIRST	WC-P3DOV57	FIRST
									CLL-P3DOV57	FIRST		
									WC-P3DOV58	21		
CS43	0		P3DOV58	7					PS-P3DOV58	FIRST	WC-P3DOV58	FIRST
											FT-P3DOV57	FIRST
CS44	10000								SD	FIRST	CLL-P2DOV0	FIRST
											CLL-P2DOV1	FIRST
											CLL-P2DOV2	FIRST
											CLL-P2DOV3	FIRST
											CLL-P2DOV4	FIRST
											CLL-P2DOV5	FIRST
											CLL-P2DOV6	FIRST
											CLL-P2DOV7	FIRST

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
											CLL-P2DOV8	FIRST
											CLL-P2DOV9	FIRST
											CLL-P2DOV10	FIRST
											CLL-P2DOV11	FIRST
											CLL-P2DOV12	FIRST
											CLL-P2DOV13	FIRST
											CLL-P2DOV14	FIRST
											CLL-P2DOV15	FIRST
											CLL-P2DOV16	FIRST
											CLL-P2DOV17	FIRST
											CLL-P2DOV18	FIRST
											CLL-P2DOV19	FIRST
											CLL-P2DOV20	FIRST
											CLL-P2DOV21	FIRST
											CLL-P2DOV22	FIRST
											CLL-P3DOV40	FIRST
											CLL-P3DOV41	FIRST
											CLL-P3DOV42	FIRST
											CLL-P3DOV43	FIRST
											CLL-P3DOV44	FIRST
											CLL-P3DOV45	FIRST
											CLL-P3DOV46	FIRST
											CLL-P3DOV47	FIRST
											CLL-P3DOV48	FIRST

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
											CLL-P3DOV49	FIRST
											CLL-P3DOV50	FIRST
											CLL-P3DOV51	FIRST
											CLL-P3DOV52	FIRST
											CLL-P3DOV53	FIRST
											CLL-P3DOV54	FIRST
											CLL-P3DOV55	FIRST
											CLL-P3DOV56	FIRST
											CLL-P3DOV57	FIRST
											CLL-P4DOV40	FIRST
											CLL-P4DOV41	FIRST
											CLL-P4DOV42	FIRST
											CLL-P4DOV43	FIRST
											CLL-P4DOV44	FIRST
											CLL-P4DOV45	FIRST
											CLL-P4DOV46	FIRST
											CLL-P4DOV47	FIRST
											CLL-P4DOV48	FIRST
											CLL-P4DOV49	FIRST
											CLL-P4DOV50	FIRST
											CLL-P4DOV51	FIRST
											CLL-P4DOV52	FIRST
											CLL-P4DOV53	FIRST
											CLL-P4DOV54	FIRST

Stage	Duration	Additional Step	Element			Boundary			Load			
			Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	Activation		Deactivation	
			Name	Age	Name	Name	Position	Name	Name	Day	Name	Day
											CLL-P4DOV55	FIRST
											CLL-P4DOV56	FIRST
											CLL-P4DOV57	FIRST

ANEXO D. RESULTADOS DEL PRESFUERZO

Tabla D.1. Verificación de los esfuerzos límites en los cables

Tendon Stress

f_{p1} (N/mm²): Maximum stress in tendon at both anchorages immediately after anchor set (only for post-tensioning)

f_{p2} (N/mm²): Maximum stress in tendon along the length of the member away from the anchorages immediately after anchor set (only for post-tensioning)

f_{pe} (N/mm²): Maximum stress in tendon after all losses, which is obtained at the last construction stage

Tendon Stress Limit

Immediately after anchor set

At anch.: Stress limits for prestressing tendons at anchorages immediately after anchor set

Away from anch.: Stress limits for prestressing tendons elsewhere along the length of the member away from anchorages immediately after anchor set

At service: Stress limits for prestressing tendons at the service limit state, after losses

The screenshot shows a software dialog box titled "Tendon Stress". Inside, there is a section titled "Tendon Stress Limit". It contains three rows of input fields: "At anch." with a value of 0.7 and unit fpu, "Away from anch." with a value of 0.74 and unit fpu, and "At service" with a value of 0.8 and unit fpy. At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Tendon	Tendon Stress			Tendon Stress Limit		
	f _{p1} (N/mm ²)	f _{p2} (N/mm ²)	f _{pe} (N/mm ²)	Immediately after anchor set		At service
				At anch.	Away from anch.	
Cable 1-1	1294.37	1291.55	1080.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 1-2	1294.37	1291.55	1080.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 10-1	1141.74	1287.93	1126.32	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 10-2	1141.81	1287.99	1126.32	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 10-3	1141.81	1287.99	1126.32	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 10-4	1141.74	1287.93	1126.32	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 11-1	1123.25	1278.54	1120.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 11-2	1123.31	1278.53	1120.24	1302.00	1376.40	1339.20

Tendon	Tendon Stress			Tendon Stress Limit		
	f _{p1} (N/mm ²)	f _{p2} (N/mm ²)	f _{pe} (N/mm ²)	Immediately after anchor set		At service
				At anch.	Away from anch.	
Cable 11-3	1123.31	1278.53	1120.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 11-4	1123.25	1278.54	1120.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 12-1	1131.06	1282.95	1122.49	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 12-2	1131.06	1282.95	1122.49	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 12-3	1131.06	1282.95	1122.49	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 12-4	1131.06	1282.95	1122.49	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 13-1	1164.13	1299.97	1141.34	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 13-2	1164.13	1299.97	1141.34	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 13-3	1164.13	1299.97	1141.34	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 13-4	1164.13	1299.97	1141.34	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 14-1	1169.09	1302.35	1146.55	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 14-2	1169.09	1302.34	1146.54	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 14-3	1169.09	1302.34	1146.54	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 14-4	1169.09	1302.35	1146.55	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 15-1	1169.92	1302.19	1149.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 15-2	1169.84	1302.00	1149.67	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 15-3	1169.84	1302.00	1149.67	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 15-4	1169.92	1302.19	1149.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 16-1	1175.11	1304.87	1155.62	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 16-2	1175.11	1304.87	1155.62	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 16-3	1175.11	1304.87	1155.62	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 16-4	1175.11	1304.87	1155.62	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 17-1	1178.03	1306.13	1160.61	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 17-2	1178.03	1306.13	1160.61	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 17-3	1178.03	1306.13	1160.61	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 17-4	1178.03	1306.13	1160.61	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 18-1	1180.18	1305.91	1166.89	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 18-2	1180.18	1305.91	1166.89	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 19-1	1173.40	1303.26	1167.20	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 19-2	1173.40	1303.26	1167.20	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 2-1	1221.68	1268.67	1074.40	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 2-2	1221.68	1268.67	1074.40	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 20-1	1179.86	1305.86	1172.97	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 20-2	1179.86	1305.86	1172.97	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 21-1	1179.87	1305.74	1176.28	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 21-2	1179.87	1305.74	1176.28	1302.00	1376.40	1339.20

Tendon	Tendon Stress			Tendon Stress Limit		
	f _{p1} (N/mm ²)	f _{p2} (N/mm ²)	f _{pe} (N/mm ²)	Immediately after anchor set		At service
				At anch.	Away from anch.	
Cable 22-1	1178.43	1305.43	1174.34	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 22-2	1178.43	1305.43	1174.34	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 23-1	1178.43	1305.45	1178.99	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 23-2	1178.43	1305.45	1178.99	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 3-1	1212.25	1280.59	1116.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 3-2	1212.25	1280.59	1116.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 3-3	1212.25	1280.59	1116.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 3-4	1212.25	1280.59	1116.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 31-1	1143.07	1288.26	1173.33	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 31-2	1143.07	1288.26	1173.33	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 31-3	1143.07	1288.26	1173.33	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 31-4	1143.07	1288.26	1173.33	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 32-1	1140.69	1287.27	1167.40	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 32-2	1140.69	1287.27	1167.40	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 32-3	1140.69	1287.27	1167.40	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 32-4	1140.69	1287.27	1167.40	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 33-1	1110.44	1272.66	1146.15	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 33-2	1110.44	1272.66	1146.15	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 33-3	1110.44	1272.66	1146.15	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 33-4	1110.44	1272.66	1146.15	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 34-1	1102.33	1268.79	1137.08	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 34-2	1102.33	1268.79	1137.08	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 34-3	1102.33	1268.79	1137.08	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 34-4	1102.33	1268.79	1137.08	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 35-1	1090.22	1261.65	1141.82	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 35-2	1090.22	1261.65	1141.82	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 4-1	1156.93	1273.71	1121.21	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 4-2	1156.93	1273.71	1121.21	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 4-3	1156.93	1273.71	1121.21	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 4-4	1156.93	1273.71	1121.21	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 5-1	1222.20	1317.98	1173.12	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 5-2	1222.20	1317.98	1173.12	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 5-3	1222.20	1317.98	1173.12	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 5-4	1222.20	1317.98	1173.12	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 51-1	1110.75	1272.81	1110.90	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 51-2	1110.75	1272.81	1110.90	1302.00	1376.40	1339.20

Tendon	Tendon Stress			Tendon Stress Limit		
	f _{p1} (N/mm ²)	f _{p2} (N/mm ²)	f _{pe} (N/mm ²)	Immediately after anchor set		At service
				At anch.	Away from anch.	
Cable 51-3	1110.75	1272.81	1110.90	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 51-4	1110.75	1272.81	1110.90	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 52-1	1124.94	1279.82	1130.65	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 52-2	1124.94	1279.82	1130.65	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 52-3	1124.94	1279.82	1130.65	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 52-4	1124.94	1279.82	1130.65	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 6-1	1087.23	1261.43	1114.38	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 6-2	1087.23	1261.43	1114.38	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 6-3	1087.23	1261.43	1114.38	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 6-4	1087.23	1261.43	1114.38	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 7-1	1065.71	1249.84	1104.06	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 7-2	1065.71	1249.84	1104.06	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 7-3	1065.71	1249.84	1104.06	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 7-4	1065.71	1249.84	1104.06	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 8-1	1133.55	1284.19	1127.94	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 8-2	1133.32	1284.16	1127.76	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 8-3	1133.32	1284.16	1127.76	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 8-4	1133.55	1284.19	1127.94	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 81-1	1130.57	1282.38	1180.84	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 81-2	1130.57	1282.38	1180.84	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 81-3	1130.57	1282.38	1180.84	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 81-4	1130.57	1282.38	1180.84	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 82-1	1092.97	1262.40	1159.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 82-2	1092.97	1262.40	1159.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 82-3	1092.97	1262.40	1159.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 82-4	1092.97	1262.40	1159.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 83-1	1093.41	1262.57	1154.80	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 83-2	1093.41	1262.57	1154.80	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 83-3	1093.41	1262.57	1154.80	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 83-4	1093.41	1262.57	1154.80	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 84-1	1082.87	1258.53	1154.51	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 84-2	1082.87	1258.53	1154.51	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 84-3	1082.87	1258.53	1154.51	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 84-4	1082.87	1258.53	1154.51	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 85-1	1069.60	1250.77	1155.70	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 85-2	1069.60	1250.77	1155.70	1302.00	1376.40	1339.20

Tendon	Tendon Stress			Tendon Stress Limit		
	f _{p1} (N/mm ²)	f _{p2} (N/mm ²)	f _{pe} (N/mm ²)	Immediately after anchor set		At service
				At anch.	Away from anch.	
Cable 9-1	1115.02	1275.31	1116.03	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 9-2	1115.04	1275.38	1115.98	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 9-3	1115.04	1275.38	1115.98	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 9-4	1115.02	1275.31	1116.03	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 91-1	1082.87	1258.53	1090.07	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 91-2	1082.87	1258.53	1090.07	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 91-3	1082.87	1258.53	1090.07	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 91-4	1082.87	1258.53	1090.07	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 92-1	1093.41	1262.57	1109.68	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 92-2	1093.41	1262.57	1109.68	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 92-3	1093.41	1262.57	1109.68	1302.00	1376.40	1339.20
Cable 92-4	1093.41	1262.57	1109.68	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 61-1	1301.29	1297.89	1105.82	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 61-2	1301.29	1297.89	1105.82	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 62-1	1243.38	1299.35	1116.37	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 62-2	1243.38	1299.35	1116.37	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 63-1	1138.90	1271.96	1125.44	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 63-2	1138.90	1271.96	1125.44	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 64-1	1183.07	1305.62	1164.01	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 64-2	1183.07	1305.62	1164.01	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 65-1	1245.26	1339.55	1205.95	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 65-2	1245.26	1339.55	1205.95	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 65-3	1245.26	1339.55	1205.95	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 65-4	1245.26	1339.55	1205.95	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 66-1	1132.83	1283.70	1129.02	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 66-2	1132.83	1283.70	1129.02	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 66-3	1132.83	1283.70	1129.02	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 66-4	1132.83	1283.70	1129.02	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 67-1	1104.72	1269.55	1114.83	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 67-2	1104.72	1269.55	1114.83	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 67-3	1104.72	1269.55	1114.83	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 67-4	1104.72	1269.55	1114.83	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 68-1	1172.05	1303.96	1134.55	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 68-2	1172.05	1303.96	1134.55	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 68-3	1172.05	1303.96	1134.55	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 68-4	1172.05	1303.96	1134.55	1302.00	1376.40	1339.20

Tendon	Tendon Stress			Tendon Stress Limit		
	f_p1 (N/mm ²)	f_p2 (N/mm ²)	f_pe (N/mm ²)	Immediately after anchor set		At service
				At anch.	Away from anch.	
Cable P3 69-1	1154.63	1294.69	1130.73	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 69-2	1154.63	1294.69	1130.73	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 69-3	1154.63	1294.69	1130.73	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 69-4	1154.63	1294.69	1130.73	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 70-1	1163.65	1294.10	1136.04	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 70-2	1163.65	1294.11	1136.04	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 70-3	1163.65	1294.11	1136.04	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 70-4	1163.65	1294.10	1136.04	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 71-1	1161.08	1292.76	1137.79	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 71-2	1161.08	1292.76	1137.79	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 71-3	1161.08	1292.76	1137.79	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 71-4	1161.08	1292.76	1137.79	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 72-1	1165.19	1300.48	1150.00	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 72-2	1173.25	1303.86	1158.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 72-3	1173.25	1303.86	1158.86	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 72-4	1165.19	1300.48	1150.00	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 73-1	1180.61	1305.94	1167.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 73-2	1180.61	1305.94	1167.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 74-1	1169.08	1298.46	1163.81	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 74-2	1169.08	1298.46	1163.81	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 75-1	1189.67	1310.55	1183.88	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 75-2	1189.67	1310.55	1183.88	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 76-1	1177.34	1304.14	1165.33	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 76-2	1177.34	1304.14	1165.33	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 77-1	1192.43	1313.87	1168.76	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 77-2	1192.43	1313.87	1168.76	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 78-1	1179.46	1306.88	1143.29	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P3 78-2	1179.46	1306.88	1143.29	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 61-1	1301.29	1297.89	1105.82	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 61-2	1301.29	1297.89	1105.82	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 62-1	1243.38	1299.35	1114.18	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 62-2	1243.38	1299.35	1114.18	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 63-1	1138.90	1271.96	1123.23	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 63-2	1138.90	1271.96	1123.23	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 64-1	1183.07	1305.62	1161.77	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 64-2	1183.07	1305.62	1161.77	1302.00	1376.40	1339.20

Tendon	Tendon Stress			Tendon Stress Limit		
	f_p1 (N/mm ²)	f_p2 (N/mm ²)	f_pe (N/mm ²)	Immediately after anchor set		At service
				At anch.	Away from anch.	
Cable P4 65-1	1245.26	1339.55	1203.67	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 65-2	1245.26	1339.55	1203.67	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 65-3	1245.26	1339.55	1203.67	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 65-4	1245.26	1339.55	1203.67	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 66-1	1132.83	1283.70	1126.83	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 66-2	1132.83	1283.70	1126.83	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 66-3	1132.83	1283.70	1126.83	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 66-4	1132.83	1283.70	1126.83	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 67-1	1104.72	1269.55	1112.48	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 67-2	1104.72	1269.55	1112.48	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 67-3	1104.72	1269.55	1112.48	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 67-4	1104.72	1269.55	1112.48	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 68-1	1172.05	1303.96	1139.05	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 68-2	1172.05	1303.96	1139.05	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 68-3	1172.05	1303.96	1139.05	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 68-4	1172.05	1303.96	1139.05	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 69-1	1154.63	1294.69	1139.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 69-2	1154.63	1294.69	1139.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 69-3	1154.63	1294.69	1139.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 69-4	1154.63	1294.69	1139.24	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 70-1	1163.65	1294.10	1150.25	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 70-2	1163.65	1294.11	1150.26	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 70-3	1163.65	1294.11	1150.26	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 70-4	1163.65	1294.10	1150.25	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 71-1	1161.08	1292.76	1161.03	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 71-2	1161.08	1292.76	1161.03	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 71-3	1161.08	1292.76	1161.03	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 71-4	1161.08	1292.76	1161.03	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 72-1	1165.24	1300.50	1168.41	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 72-2	1165.24	1300.50	1168.41	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 73-1	1175.43	1305.35	1184.65	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 73-2	1175.43	1305.35	1184.65	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 74-1	1169.08	1298.46	1189.72	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 74-2	1169.08	1298.46	1189.72	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 75-1	1186.93	1308.46	1197.53	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 75-2	1186.93	1308.46	1197.53	1302.00	1376.40	1339.20

Tendon	Tendon Stress			Tendon Stress Limit		
	f_p1 (N/mm ²)	f_p2 (N/mm ²)	f_pe (N/mm ²)	Immediately after anchor set		At service
				At anch.	Away from anch.	
Cable P4 76-1	1177.34	1304.14	1186.32	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 76-2	1177.34	1304.14	1186.32	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 77-1	1190.01	1310.75	1194.08	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 77-2	1190.01	1310.75	1194.08	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 78-1	1179.51	1306.90	1188.40	1302.00	1376.40	1339.20
Cable P4 78-2	1179.51	1306.90	1188.40	1302.00	1376.40	1339.20

Tabla D.2. Elongación de los cables de presfuerzo

Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation		
			Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Total (cm)
	CS1	001(first)	6.9312	0	0.0041	0	6.9353	0	6.9353
Cable 1-2	CS1	001(first)	6.9312	0	0.0041	0	6.9353	0	6.9353
Cable 10-1	CS10	001(first)	21.9589	21.9586	0.0159	0.0159	21.9748	21.9745	43.9493
Cable 10-2	CS10	001(first)	21.9591	21.9588	0.0159	0.0159	21.975	21.9747	43.9497
Cable 10-3	CS10	001(first)	21.9591	21.9588	0.0159	0.0159	21.975	21.9747	43.9497
Cable 10-4	CS10	001(first)	21.9589	21.9586	0.0159	0.0159	21.9748	21.9745	43.9493
Cable 11-1	CS11	001(first)	24.0189	24.0185	0.0178	0.0178	24.0367	24.0363	48.073
Cable 11-2	CS11	001(first)	24.019	24.0187	0.0178	0.0178	24.0368	24.0365	48.0733
Cable 11-3	CS11	001(first)	24.019	24.0187	0.0178	0.0178	24.0368	24.0365	48.0733
Cable 11-4	CS11	001(first)	24.0189	24.0185	0.0178	0.0178	24.0367	24.0363	48.073
Cable 12-1	CS12	001(first)	26.2483	26.248	0.0199	0.0199	26.2681	26.2679	52.536
Cable 12-2	CS12	001(first)	26.2483	26.248	0.0199	0.0199	26.2681	26.2679	52.536
Cable 12-3	CS12	001(first)	26.2483	26.248	0.0199	0.0199	26.2681	26.2679	52.536
Cable 12-4	CS12	001(first)	26.2483	26.248	0.0199	0.0199	26.2681	26.2679	52.536
Cable 13-1	CS13	001(first)	29.0591	29.0588	0.0227	0.0227	29.0817	29.0815	58.1632
Cable 13-2	CS13	001(first)	29.0591	29.0588	0.0227	0.0227	29.0817	29.0815	58.1632
Cable 13-3	CS13	001(first)	29.0591	29.0588	0.0227	0.0227	29.0817	29.0815	58.1632
Cable 13-4	CS13	001(first)	29.0591	29.0588	0.0227	0.0227	29.0817	29.0815	58.1632
Cable 14-1	CS14	001(first)	31.5887	31.5885	0.0254	0.0254	31.6141	31.6138	63.2279
Cable 14-2	CS14	001(first)	31.5848	31.5845	0.0254	0.0254	31.6102	31.6099	63.2201
Cable 14-3	CS14	001(first)	31.5848	31.5845	0.0254	0.0254	31.6102	31.6099	63.2201
Cable 14-4	CS14	001(first)	31.5887	31.5885	0.0254	0.0254	31.6141	31.6138	63.2279
Cable 15-1	CS15	001(first)	34.0411	34.0408	0.0281	0.0281	34.0691	34.0689	68.138

Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation		
			Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Total (cm)
Cable 15-2	CS15	001(first)	34.0372	34.0369	0.0281	0.0281	34.0652	34.065	68.1302
Cable 15-3	CS15	001(first)	34.0372	34.0369	0.0281	0.0281	34.0652	34.065	68.1302
Cable 15-4	CS15	001(first)	34.0411	34.0408	0.0281	0.0281	34.0691	34.0689	68.138
Cable 16-1	CS16	001(first)	36.5487	36.5484	0.0309	0.0309	36.5796	36.5793	73.1589
Cable 16-2	CS16	001(first)	36.5487	36.5484	0.0309	0.0309	36.5796	36.5793	73.1589
Cable 16-3	CS16	001(first)	36.5487	36.5484	0.0309	0.0309	36.5796	36.5793	73.1589
Cable 16-4	CS16	001(first)	36.5487	36.5484	0.0309	0.0309	36.5796	36.5793	73.1589
Cable 17-1	CS17	001(first)	38.9641	38.9638	0.0338	0.0338	38.9979	38.9977	77.9956
Cable 17-2	CS17	001(first)	38.9641	38.9638	0.0338	0.0338	38.9979	38.9977	77.9956
Cable 17-3	CS17	001(first)	38.9641	38.9638	0.0338	0.0338	38.9979	38.9977	77.9956
Cable 17-4	CS17	001(first)	38.9641	38.9638	0.0338	0.0338	38.9979	38.9977	77.9956
Cable 18-1	CS18	001(first)	41.3959	41.3957	0.0368	0.0368	41.4327	41.4325	82.8652
Cable 18-2	CS18	001(first)	41.3959	41.3957	0.0368	0.0368	41.4327	41.4325	82.8652
Cable 19-1	CS19	001(first)	43.5415	43.5412	0.0396	0.0397	43.5811	43.5808	87.1619
Cable 19-2	CS19	001(first)	43.5415	43.5412	0.0396	0.0397	43.5811	43.5808	87.1619
Cable 2-1	CS2	001(first)	0	10.4307	0	0.0067	0	10.4374	10.4374
Cable 2-2	CS2	001(first)	0	10.4307	0	0.0067	0	10.4374	10.4374
Cable 20-1	CS20	001(first)	46.022	46.0217	0.0428	0.0429	46.0648	46.0646	92.1294
Cable 20-2	CS20	001(first)	46.022	46.0217	0.0428	0.0429	46.0648	46.0646	92.1294
Cable 21-1	CS21	001(first)	48.2995	48.2992	0.0459	0.046	48.3454	48.3452	96.6906
Cable 21-2	CS21	001(first)	48.2995	48.2992	0.0459	0.046	48.3454	48.3452	96.6906
Cable 22-1	CS22	001(first)	50.5506	50.5503	0.049	0.0491	50.5996	50.5994	101.199
Cable 22-2	CS22	001(first)	50.5506	50.5503	0.049	0.0491	50.5996	50.5994	101.199
Cable 23-1	CS23	001(first)	52.8553	52.855	0.0521	0.0523	52.9074	52.9072	105.8146
Cable 23-2	CS23	001(first)	52.8553	52.855	0.0521	0.0523	52.9074	52.9072	105.8146
Cable 3-1	CS3	001(first)	7.4498	7.4498	0.0048	0.0048	7.4546	7.4546	14.9092
Cable 3-2	CS3	001(first)	7.4498	7.4498	0.0048	0.0048	7.4546	7.4546	14.9092
Cable 3-3	CS3	001(first)	7.4498	7.4498	0.0048	0.0048	7.4546	7.4546	14.9092
Cable 3-4	CS3	001(first)	7.4498	7.4498	0.0048	0.0048	7.4546	7.4546	14.9092
Cable 31-1	CS43	001(last)	19.4259	18.4475	0.0236	0.0242	19.4495	18.4717	37.9212
Cable 31-2	CS43	001(last)	19.4259	18.4475	0.0236	0.0242	19.4495	18.4717	37.9212
Cable 31-3	CS43	001(last)	19.4259	18.4475	0.0236	0.0242	19.4495	18.4717	37.9212
Cable 31-4	CS43	001(last)	19.4259	18.4475	0.0236	0.0242	19.4495	18.4717	37.9212
Cable 32-1	CS43	001(last)	23.4933	20.0008	0.0285	0.0252	23.5218	20.026	43.5478
Cable 32-2	CS43	001(last)	23.4933	20.0008	0.0285	0.0252	23.5218	20.026	43.5478
Cable 32-3	CS43	001(last)	23.4933	20.0008	0.0285	0.0252	23.5218	20.026	43.5478
Cable 32-4	CS43	001(last)	23.4933	20.0008	0.0285	0.0252	23.5218	20.026	43.5478

Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation		
			Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Total (cm)
Cable 33-1	CS43	001(last)	25.2553	23.5159	0.0299	0.029	25.2851	23.5449	48.83
Cable 33-2	CS43	001(last)	25.2553	23.5159	0.0299	0.029	25.2851	23.5449	48.83
Cable 33-3	CS43	001(last)	25.2553	23.5159	0.0299	0.029	25.2851	23.5449	48.83
Cable 33-4	CS43	001(last)	25.2553	23.5159	0.0299	0.029	25.2851	23.5449	48.83
Cable 34-1	CS43	001(last)	27.8848	26.3112	0.0323	0.0315	27.9172	26.3426	54.2598
Cable 34-2	CS43	001(last)	27.8848	26.3112	0.0323	0.0315	27.9172	26.3426	54.2598
Cable 34-3	CS43	001(last)	27.8848	26.3112	0.0323	0.0315	27.9172	26.3426	54.2598
Cable 34-4	CS43	001(last)	27.8848	26.3112	0.0323	0.0315	27.9172	26.3426	54.2598
Cable 35-1	CS43	001(last)	30.1862	29.2552	0.0342	0.034	30.2204	29.2892	59.5096
Cable 35-2	CS43	001(last)	30.1862	29.2552	0.0342	0.034	30.2204	29.2892	59.5096
Cable 4-1	CS4	001(first)	9.1759	9.1759	0.006	0.006	9.1819	9.1818	18.3637
Cable 4-2	CS4	001(first)	9.1759	9.1759	0.006	0.006	9.1819	9.1818	18.3637
Cable 4-3	CS4	001(first)	9.1759	9.1759	0.006	0.006	9.1819	9.1818	18.3637
Cable 4-4	CS4	001(first)	9.1759	9.1759	0.006	0.006	9.1819	9.1818	18.3637
Cable 5-1	CS5	001(first)	11.4745	11.4745	0.0076	0.0076	11.4821	11.482	22.9641
Cable 5-2	CS5	001(first)	11.4745	11.4745	0.0076	0.0076	11.4821	11.482	22.9641
Cable 5-3	CS5	001(first)	11.4745	11.4745	0.0076	0.0076	11.4821	11.482	22.9641
Cable 5-4	CS5	001(first)	11.4745	11.4745	0.0076	0.0076	11.4821	11.482	22.9641
Cable 51-1	CS24	001(last)	0	24.5346	0	0.0299	0	24.5646	24.5646
Cable 51-2	CS24	001(last)	0	24.5346	0	0.0299	0	24.5646	24.5646
Cable 51-3	CS24	001(last)	0	24.5346	0	0.0299	0	24.5646	24.5646
Cable 51-4	CS24	001(last)	0	24.5346	0	0.0299	0	24.5646	24.5646
Cable 52-1	CS24	001(last)	0	22.121	0	0.0276	0	22.1486	22.1486
Cable 52-2	CS24	001(last)	0	22.121	0	0.0276	0	22.1486	22.1486
Cable 52-3	CS24	001(last)	0	22.121	0	0.0276	0	22.1486	22.1486
Cable 52-4	CS24	001(last)	0	22.121	0	0.0276	0	22.1486	22.1486
Cable 6-1	CS6	001(first)	12.8838	12.8835	0.0086	0.0086	12.8924	12.8921	25.7845
Cable 6-2	CS6	001(first)	12.8838	12.8835	0.0086	0.0086	12.8924	12.8921	25.7845
Cable 6-3	CS6	001(first)	12.8838	12.8835	0.0086	0.0086	12.8924	12.8921	25.7845
Cable 6-4	CS6	001(first)	12.8838	12.8835	0.0086	0.0086	12.8924	12.8921	25.7845
Cable 7-1	CS7	001(first)	14.7143	14.7141	0.01	0.01	14.7243	14.7241	29.4484
Cable 7-2	CS7	001(first)	14.7143	14.7141	0.01	0.01	14.7243	14.7241	29.4484
Cable 7-3	CS7	001(first)	14.7143	14.7141	0.01	0.01	14.7243	14.7241	29.4484
Cable 7-4	CS7	001(first)	14.7143	14.7141	0.01	0.01	14.7243	14.7241	29.4484
Cable 8-1	CS8	001(first)	17.3869	17.3866	0.0121	0.0121	17.3989	17.3987	34.7976
Cable 8-2	CS8	001(first)	17.3849	17.3846	0.0121	0.0121	17.3969	17.3967	34.7936
Cable 8-3	CS8	001(first)	17.3849	17.3846	0.0121	0.0121	17.3969	17.3967	34.7936

Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation		
			Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Total (cm)
Cable 8-4	CS8	001(first)	17.3869	17.3866	0.0121	0.0121	17.3989	17.3987	34.7976
Cable 81-1	CS43	001(last)	17.908	17.9079	0.0233	0.0221	17.9313	17.93	35.8613
Cable 81-2	CS43	001(last)	17.908	17.9079	0.0233	0.0221	17.9313	17.93	35.8613
Cable 81-3	CS43	001(last)	17.908	17.9079	0.0233	0.0221	17.9313	17.93	35.8613
Cable 81-4	CS43	001(last)	17.908	17.9079	0.0233	0.0221	17.9313	17.93	35.8613
Cable 82-1	CS43	001(last)	20.8344	20.8342	0.0265	0.0252	20.8608	20.8594	41.7202
Cable 82-2	CS43	001(last)	20.8344	20.8342	0.0265	0.0252	20.8608	20.8594	41.7202
Cable 82-3	CS43	001(last)	20.8344	20.8342	0.0265	0.0252	20.8608	20.8594	41.7202
Cable 82-4	CS43	001(last)	20.8344	20.8342	0.0265	0.0252	20.8608	20.8594	41.7202
Cable 83-1	CS43	001(last)	23.9884	23.9883	0.0297	0.0283	24.0181	24.0165	48.0346
Cable 83-2	CS43	001(last)	23.9884	23.9883	0.0297	0.0283	24.0181	24.0165	48.0346
Cable 83-3	CS43	001(last)	23.9884	23.9883	0.0297	0.0283	24.0181	24.0165	48.0346
Cable 83-4	CS43	001(last)	23.9884	23.9883	0.0297	0.0283	24.0181	24.0165	48.0346
Cable 84-1	CS43	001(last)	27.0063	27.0062	0.0326	0.031	27.0389	27.0373	54.0762
Cable 84-2	CS43	001(last)	27.0063	27.0062	0.0326	0.031	27.0389	27.0373	54.0762
Cable 84-3	CS43	001(last)	27.0063	27.0062	0.0326	0.031	27.0389	27.0373	54.0762
Cable 84-4	CS43	001(last)	27.0063	27.0062	0.0326	0.031	27.0389	27.0373	54.0762
Cable 85-1	CS43	001(last)	29.9475	29.9474	0.0351	0.0335	29.9826	29.9809	59.9635
Cable 85-2	CS43	001(last)	29.9475	29.9474	0.0351	0.0335	29.9826	29.9809	59.9635
Cable 9-1	CS9	001(first)	19.5201	19.5198	0.0138	0.0138	19.5339	19.5336	39.0675
Cable 9-2	CS9	001(first)	19.5197	19.5194	0.0138	0.0138	19.5336	19.5332	39.0668
Cable 9-3	CS9	001(first)	19.5197	19.5194	0.0138	0.0138	19.5336	19.5332	39.0668
Cable 9-4	CS9	001(first)	19.5201	19.5198	0.0138	0.0138	19.5339	19.5336	39.0675
Cable 91-1	CS19	001(first)	26.5929	0	0.0323	0	26.6252	0	26.6252
Cable 91-2	CS19	001(first)	26.5929	0	0.0323	0	26.6252	0	26.6252
Cable 91-3	CS19	001(first)	26.5929	0	0.0323	0	26.6252	0	26.6252
Cable 91-4	CS19	001(first)	26.5929	0	0.0323	0	26.6252	0	26.6252
Cable 92-1	CS19	001(first)	23.5664	0	0.0294	0	23.5958	0	23.5958
Cable 92-2	CS19	001(first)	23.5664	0	0.0294	0	23.5958	0	23.5958
Cable 92-3	CS19	001(first)	23.5664	0	0.0294	0	23.5958	0	23.5958
Cable 92-4	CS19	001(first)	23.5664	0	0.0294	0	23.5958	0	23.5958
Cable P3 61-1	CS25	001(first)	7.6657	0	0.0074	0	7.6731	0	7.6731
Cable P3 61-2	CS25	001(first)	7.6657	0	0.0074	0	7.6731	0	7.6731
Cable P3 62-1	CS26	001(first)	0	12.2628	0	0.0131	0	12.2759	12.2759
Cable P3 62-2	CS26	001(first)	0	12.2628	0	0.0131	0	12.2759	12.2759
Cable P3 63-1	CS27	001(first)	8.6138	8.6137	0.0094	0.0094	8.6231	8.6231	17.2462
Cable P3 63-2	CS27	001(first)	8.6138	8.6137	0.0094	0.0094	8.6231	8.6231	17.2462

Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation		
			Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Total (cm)
Cable P3 64-1	CS28	001(first)	11.1432	11.143	0.0122	0.0122	11.1555	11.1553	22.3108
Cable P3 64-2	CS28	001(first)	11.1432	11.143	0.0122	0.0122	11.1555	11.1553	22.3108
Cable P3 65-1	CS29	001(first)	14.3745	14.3745	0.0162	0.0162	14.3907	14.3907	28.7814
Cable P3 65-2	CS29	001(first)	14.3745	14.3745	0.0162	0.0162	14.3907	14.3907	28.7814
Cable P3 65-3	CS29	001(first)	14.3745	14.3745	0.0162	0.0162	14.3907	14.3907	28.7814
Cable P3 65-4	CS29	001(first)	14.3745	14.3745	0.0162	0.0162	14.3907	14.3907	28.7814
Cable P3 66-1	CS30	001(first)	16.5369	16.5449	0.0191	0.0191	16.5559	16.564	33.1199
Cable P3 66-2	CS30	001(first)	16.5369	16.5449	0.0191	0.0191	16.5559	16.564	33.1199
Cable P3 66-3	CS30	001(first)	16.5369	16.5449	0.0191	0.0191	16.5559	16.564	33.1199
Cable P3 66-4	CS30	001(first)	16.5369	16.5449	0.0191	0.0191	16.5559	16.564	33.1199
Cable P3 67-1	CS31	001(first)	19.0772	19.077	0.0225	0.0225	19.0997	19.0995	38.1992
Cable P3 67-2	CS31	001(first)	19.0772	19.077	0.0225	0.0225	19.0997	19.0995	38.1992
Cable P3 67-3	CS31	001(first)	19.0772	19.077	0.0225	0.0225	19.0997	19.0995	38.1992
Cable P3 67-4	CS31	001(first)	19.0772	19.077	0.0225	0.0225	19.0997	19.0995	38.1992
Cable P3 68-1	CS32	001(first)	22.8027	22.8027	0.0278	0.0278	22.8306	22.8305	45.6611
Cable P3 68-2	CS32	001(first)	22.8027	22.8027	0.0278	0.0278	22.8306	22.8305	45.6611
Cable P3 68-3	CS32	001(first)	22.8027	22.8027	0.0278	0.0278	22.8306	22.8305	45.6611
Cable P3 68-4	CS32	001(first)	22.8027	22.8027	0.0278	0.0278	22.8306	22.8305	45.6611
Cable P3 69-1	CS33	001(first)	25.8185	25.8176	0.0325	0.0325	25.851	25.8501	51.7011
Cable P3 69-2	CS33	001(first)	25.8185	25.8176	0.0325	0.0325	25.851	25.8501	51.7011
Cable P3 69-3	CS33	001(first)	25.8185	25.8176	0.0325	0.0325	25.851	25.8501	51.7011
Cable P3 69-4	CS33	001(first)	25.8185	25.8176	0.0325	0.0325	25.851	25.8501	51.7011
Cable P3 70-1	CS34	001(first)	28.9829	28.9827	0.0376	0.0376	29.0204	29.0203	58.0407
Cable P3 70-2	CS34	001(first)	28.9829	28.9828	0.0376	0.0376	29.0204	29.0203	58.0407
Cable P3 70-3	CS34	001(first)	28.9829	28.9828	0.0376	0.0376	29.0204	29.0203	58.0407
Cable P3 70-4	CS34	001(first)	28.9829	28.9827	0.0376	0.0376	29.0204	29.0203	58.0407
Cable P3 71-1	CS35	001(first)	31.9077	31.9156	0.0426	0.0426	31.9503	31.9582	63.9085
Cable P3 71-2	CS35	001(first)	31.9076	31.9156	0.0426	0.0426	31.9502	31.9582	63.9084
Cable P3 71-3	CS35	001(first)	31.9076	31.9156	0.0426	0.0426	31.9502	31.9582	63.9084
Cable P3 71-4	CS35	001(first)	31.9077	31.9156	0.0426	0.0426	31.9503	31.9582	63.9085
Cable P3 72-1	CS36	001(first)	34.9595	34.9674	0.0481	0.0481	35.0075	35.0155	70.023
Cable P3 72-2	CS36	001(first)	35.1965	35.2046	0.0484	0.0484	35.2449	35.2529	70.4978
Cable P3 72-3	CS36	001(first)	35.1965	35.2046	0.0484	0.0484	35.2449	35.2529	70.4978
Cable P3 72-4	CS36	001(first)	34.9595	34.9674	0.0481	0.0481	35.0075	35.0155	70.023
Cable P3 73-1	CS37	001(first)	38.3165	38.3167	0.0541	0.0541	38.3706	38.3708	76.7414
Cable P3 73-2	CS37	001(first)	38.3165	38.3167	0.0541	0.0541	38.3706	38.3708	76.7414
Cable P3 74-1	CS38	001(first)	40.9615	40.9613	0.0594	0.0594	41.0209	41.0207	82.0416

Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation		
			Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Total (cm)
Cable P3 74-2	CS38	001(first)	40.9615	40.9613	0.0594	0.0594	41.0209	41.0207	82.0416
Cable P3 75-1	CS39	001(first)	44.4057	44.4216	0.0418	0.0418	44.4475	44.4634	88.9109
Cable P3 75-2	CS39	001(first)	44.4057	44.4216	0.0418	0.0418	44.4475	44.4634	88.9109
Cable P3 76-1	CS40	001(first)	46.8916	46.8914	0.0453	0.0453	46.9369	46.9367	93.8736
Cable P3 76-2	CS40	001(first)	46.8916	46.8914	0.0453	0.0453	46.9369	46.9367	93.8736
Cable P3 77-1	CS41	001(first)	50.2639	50.2624	0.0498	0.0498	50.3137	50.3121	100.6258
Cable P3 77-2	CS41	001(first)	50.2639	50.2624	0.0498	0.0498	50.3137	50.3121	100.6258
Cable P3 78-1	CS42	001(first)	52.627	52.6271	0.0532	0.0532	52.6803	52.6803	105.3606
Cable P3 78-2	CS42	001(first)	52.627	52.6271	0.0532	0.0532	52.6803	52.6803	105.3606
Cable P4 61-1	CS1	001(first)	7.6657	0	0.0074	0	7.6731	0	7.6731
Cable P4 61-2	CS1	001(first)	7.6657	0	0.0074	0	7.6731	0	7.6731
Cable P4 62-1	CS2	001(first)	0	12.2628	0	0.0131	0	12.2759	12.2759
Cable P4 62-2	CS2	001(first)	0	12.2628	0	0.0131	0	12.2759	12.2759
Cable P4 63-1	CS3	001(first)	8.6138	8.6137	0.0093	0.0093	8.6231	8.6231	17.2462
Cable P4 63-2	CS3	001(first)	8.6138	8.6137	0.0093	0.0093	8.6231	8.6231	17.2462
Cable P4 64-1	CS4	001(first)	11.1432	11.143	0.0122	0.0122	11.1555	11.1553	22.3108
Cable P4 64-2	CS4	001(first)	11.1432	11.143	0.0122	0.0122	11.1555	11.1553	22.3108
Cable P4 65-1	CS5	001(first)	14.3745	14.3745	0.0162	0.0162	14.3907	14.3907	28.7814
Cable P4 65-2	CS5	001(first)	14.3745	14.3745	0.0162	0.0162	14.3907	14.3907	28.7814
Cable P4 65-3	CS5	001(first)	14.3745	14.3745	0.0162	0.0162	14.3907	14.3907	28.7814
Cable P4 65-4	CS5	001(first)	14.3745	14.3745	0.0162	0.0162	14.3907	14.3907	28.7814
Cable P4 66-1	CS6	001(first)	16.5369	16.5449	0.0191	0.0191	16.5559	16.564	33.1199
Cable P4 66-2	CS6	001(first)	16.5369	16.5449	0.0191	0.0191	16.5559	16.564	33.1199
Cable P4 66-3	CS6	001(first)	16.5369	16.5449	0.0191	0.0191	16.5559	16.564	33.1199
Cable P4 66-4	CS6	001(first)	16.5369	16.5449	0.0191	0.0191	16.5559	16.564	33.1199
Cable P4 67-1	CS7	001(first)	19.0772	19.077	0.0225	0.0225	19.0997	19.0994	38.1991
Cable P4 67-2	CS7	001(first)	19.0772	19.077	0.0225	0.0225	19.0997	19.0994	38.1991
Cable P4 67-3	CS7	001(first)	19.0772	19.077	0.0225	0.0225	19.0997	19.0994	38.1991
Cable P4 67-4	CS7	001(first)	19.0772	19.077	0.0225	0.0225	19.0997	19.0994	38.1991
Cable P4 68-1	CS8	001(first)	22.8027	22.8027	0.0278	0.0278	22.8305	22.8305	45.661
Cable P4 68-2	CS8	001(first)	22.8027	22.8027	0.0278	0.0278	22.8305	22.8305	45.661
Cable P4 68-3	CS8	001(first)	22.8027	22.8027	0.0278	0.0278	22.8305	22.8305	45.661
Cable P4 68-4	CS8	001(first)	22.8027	22.8027	0.0278	0.0278	22.8305	22.8305	45.661
Cable P4 69-1	CS9	001(first)	25.8185	25.8176	0.0324	0.0324	25.8509	25.8501	51.701
Cable P4 69-2	CS9	001(first)	25.8185	25.8176	0.0324	0.0324	25.8509	25.8501	51.701
Cable P4 69-3	CS9	001(first)	25.8185	25.8176	0.0324	0.0324	25.8509	25.8501	51.701
Cable P4 69-4	CS9	001(first)	25.8185	25.8176	0.0324	0.0324	25.8509	25.8501	51.701

Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation		
			Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Begin (cm)	End (cm)	Total (cm)
Cable P4 70-1	CS10	001(first)	28.9829	28.9827	0.0375	0.0375	29.0204	29.0203	58.0407
Cable P4 70-2	CS10	001(first)	28.9829	28.9828	0.0375	0.0375	29.0204	29.0203	58.0407
Cable P4 70-3	CS10	001(first)	28.9829	28.9828	0.0375	0.0375	29.0204	29.0203	58.0407
Cable P4 70-4	CS10	001(first)	28.9829	28.9827	0.0375	0.0375	29.0204	29.0203	58.0407
Cable P4 71-1	CS11	001(first)	31.9077	31.9156	0.0426	0.0426	31.9503	31.9582	63.9085
Cable P4 71-2	CS11	001(first)	31.9076	31.9155	0.0426	0.0426	31.9502	31.9581	63.9083
Cable P4 71-3	CS11	001(first)	31.9076	31.9155	0.0426	0.0426	31.9502	31.9581	63.9083
Cable P4 71-4	CS11	001(first)	31.9077	31.9156	0.0426	0.0426	31.9503	31.9582	63.9085
Cable P4 72-1	CS12	001(first)	34.964	34.9638	0.048	0.048	35.012	35.0118	70.0238
Cable P4 72-2	CS12	001(first)	34.964	34.9638	0.048	0.048	35.012	35.0118	70.0238
Cable P4 73-1	CS13	001(first)	38.2651	38.2649	0.054	0.054	38.319	38.3189	76.6379
Cable P4 73-2	CS13	001(first)	38.2651	38.2649	0.054	0.054	38.319	38.3189	76.6379
Cable P4 74-1	CS14	001(first)	40.9615	40.9613	0.0595	0.0595	41.021	41.0208	82.0418
Cable P4 74-2	CS14	001(first)	40.9615	40.9613	0.0595	0.0595	41.021	41.0208	82.0418
Cable P4 75-1	CS15	001(first)	44.3829	44.3828	0.0419	0.0418	44.4248	44.4246	88.8494
Cable P4 75-2	CS15	001(first)	44.3829	44.3828	0.0419	0.0418	44.4248	44.4246	88.8494
Cable P4 76-1	CS16	001(first)	46.8916	46.8914	0.0454	0.0453	46.937	46.9367	93.8737
Cable P4 76-2	CS16	001(first)	46.8916	46.8914	0.0454	0.0453	46.937	46.9367	93.8737
Cable P4 77-1	CS17	001(first)	50.237	50.2369	0.0498	0.0497	50.2868	50.2865	100.5733
Cable P4 77-2	CS17	001(first)	50.237	50.2369	0.0498	0.0497	50.2868	50.2865	100.5733
Cable P4 78-1	CS18	001(first)	52.6286	52.627	0.0533	0.0532	52.6819	52.6801	105.362
Cable P4 78-2	CS18	001(first)	52.6286	52.627	0.0533	0.0532	52.6819	52.6801	105.362

Tabla D.3. Fuerza efectiva grupo de cables PS-SUPERIOR-PILA 2

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
------	------	---------------	--------	--------	---------------------------	---------------------------	---------------------------------------	----------------------

The arrangement data for tendon group [PS-SUPERIOR-PILA 2] at the stage of [CS44]

Tendon Group		PS-SUPERIOR-PILA 2		Stage	CS44			
2	I	2	0	1.32	0.039	1.00	108378.03	182.08
2	J	2	0	1.48	0.039	1.00	115726.84	194.42
3	I	4	0	1.40	0.025	1.00	110884.33	186.29
3	J	4	0	1.50	0.025	1.00	115874.90	194.67
4	I	6	0	1.45	0.022	1.00	112133.77	188.38

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
4	J	6	0	1.54	0.022	1.00	116486.24	195.70
5	I	8	0	1.50	0.023	1.00	113265.07	190.29
5	J	8	0	1.60	0.023	1.00	116995.78	196.55
6	I	10	0	1.57	0.026	1.00	114062.31	191.62
6	J	10	0	1.67	0.026	1.00	116950.77	196.48
7	I	12	0	1.64	0.028	1.00	114560.13	192.46
7	J	12	0	1.76	0.028	1.00	116998.39	196.56
8	I	16	0	1.72	0.036	1.00	112780.51	189.47
8	J	16	0	1.86	0.036	1.00	115656.99	194.30
9	I	20	0	1.83	0.038	1.00	112259.62	188.60
9	J	20	0	1.98	0.038	1.00	114684.14	192.67
10	I	24	0	1.96	0.041	1.00	111413.76	187.18
10	J	24	0	2.12	0.041	1.00	113852.46	191.27
11	I	28	0	2.10	0.044	1.00	110996.66	186.47
11	J	28	0	2.27	0.044	1.00	113419.68	190.55
12	I	32	0	2.26	0.047	1.00	111075.94	186.61
12	J	32	0	2.44	0.047	1.00	113201.95	190.18
13	I	36	0	2.43	0.051	1.00	110775.21	186.10
13	J	36	0	2.60	0.051	1.00	112559.52	189.10
14	I	40	0	2.59	0.054	1.00	110320.61	185.34
14	J	40	0	2.78	0.054	1.00	112079.50	188.29
15	I	44	0	2.76	0.053	1.00	110188.44	185.12
15	J	44	0	2.95	0.053	1.00	111899.60	187.99
16	I	48	0	2.94	0.060	1.00	109977.82	184.76
16	J	48	0	3.15	0.060	1.00	111532.98	187.38
17	I	52	0	3.14	0.060	1.00	109880.21	184.60
17	J	52	0	3.35	0.060	1.00	111382.28	187.12
18	I	56	0	3.34	0.066	1.00	109446.51	183.87
18	J	56	0	3.53	0.066	1.00	110804.98	186.15
19	I	60	0	3.53	0.066	1.00	109125.63	183.33
19	J	60	0	3.72	0.066	1.00	110376.52	185.43
20	I	64	0	3.71	0.071	1.00	109526.11	184.00
20	J	64	0	3.93	0.071	1.00	110461.17	185.57
21	I	68	0	3.92	0.076	1.00	109368.64	183.74
21	J	68	0	4.13	0.076	1.00	110108.51	184.98
22	I	72	0	4.11	0.075	1.00	109310.66	183.64

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
22	J	72	0	4.32	0.075	1.00	109887.83	184.61
23	I	74	0	4.31	0.079	1.00	109807.90	184.48
23	J	74	0	4.53	0.079	1.00	110212.22	185.16
24	I	76	0	4.52	0.079	1.00	110436.92	185.53
24	J	76	0	4.66	0.079	1.00	110608.82	185.82
25	I	76	0	4.66	0.001	1.00	110640.23	185.88
25	J	76	0	4.66	0.001	1.00	111418.14	187.18
26	I	76	0	4.66	-0.001	-1.00	110623.26	185.85
26	J	76	0	4.66	-0.001	-1.00	109906.84	184.64
27	I	76	0	4.66	-0.079	-1.00	109873.32	184.59
27	J	76	0	4.52	-0.079	-1.00	109694.31	184.29
28	I	74	0	4.53	-0.079	-1.00	109274.61	183.58
28	J	74	0	4.31	-0.079	-1.00	108658.19	182.55
29	I	72	0	4.32	-0.075	-1.00	108929.11	183.00
29	J	72	0	4.11	-0.075	-1.00	108260.08	181.88
30	I	68	0	4.13	-0.076	-1.00	109039.73	183.19
30	J	68	0	3.92	-0.076	-1.00	108201.43	181.78
31	I	64	0	3.93	-0.071	-1.00	109273.20	183.58
31	J	64	0	3.71	-0.071	-1.00	108221.28	181.81
32	I	60	0	3.72	-0.066	-1.00	109049.26	183.20
32	J	60	0	3.53	-0.066	-1.00	107666.33	180.88
33	I	56	0	3.53	-0.066	-1.00	109319.13	183.66
33	J	56	0	3.34	-0.066	-1.00	107818.30	181.13
34	I	52	0	3.35	-0.060	-1.00	109722.80	184.33
34	J	52	0	3.14	-0.060	-1.00	108035.49	181.50
35	I	48	0	3.15	-0.060	-1.00	109649.65	184.21
35	J	48	0	2.94	-0.060	-1.00	107897.44	181.27
36	I	44	0	2.95	-0.053	-1.00	109774.18	184.42
36	J	44	0	2.76	-0.053	-1.00	107839.89	181.17
37	I	40	0	2.78	-0.054	-1.00	109674.80	184.25
37	J	40	0	2.59	-0.054	-1.00	107683.85	180.91
38	I	36	0	2.60	-0.051	-1.00	109854.00	184.55
38	J	36	0	2.43	-0.051	-1.00	107823.65	181.14
39	I	32	0	2.44	-0.047	-1.00	110263.64	185.24
39	J	32	0	2.26	-0.047	-1.00	107937.13	181.33
40	I	28	0	2.27	-0.044	-1.00	110419.32	185.50

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
40	J	28	0	2.10	-0.044	-1.00	107899.84	181.27
41	I	24	0	2.12	-0.041	-1.00	110636.87	185.87
41	J	24	0	1.96	-0.041	-1.00	107871.77	181.22
42	I	20	0	1.98	-0.038	-1.00	110987.80	186.46
42	J	20	0	1.83	-0.038	-1.00	108214.10	181.80
43	I	16	0	1.86	-0.036	-1.00	111810.94	187.84
43	J	16	0	1.72	-0.036	-1.00	108819.95	182.82
44	I	12	0	1.76	-0.028	-1.00	112878.21	189.64
44	J	12	0	1.64	-0.028	-1.00	110100.94	184.97
45	I	10	0	1.67	-0.026	-1.00	112366.46	188.78
45	J	10	0	1.57	-0.026	-1.00	109168.24	183.40
46	I	8	0	1.60	-0.023	-1.00	111938.10	188.06
46	J	8	0	1.50	-0.023	-1.00	107951.99	181.36
47	I	6	0	1.54	-0.022	-1.00	110958.91	186.41
47	J	6	0	1.45	-0.022	-1.00	106425.47	178.79
48	I	4	0	1.50	-0.025	-1.00	109870.24	184.58
48	J	4	0	1.40	-0.025	-1.00	104840.65	176.13
49	I	2	0	1.48	-0.039	-1.00	109219.25	183.49
49	J	2	0	1.32	-0.039	-1.00	102200.23	171.70

Tabla D.4. Fuerza efectiva grupo de cables PS-SUPERIOR-PILA 3

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
------	------	---------------	--------	--------	---------------------------	---------------------------	---------------------------------------	----------------------

The arrangement data for tendon group [PS-SUPERIOR-PILA 3] at the stage of [CS44]

Tendon Group		PS-SUPERIOR-PILA 3		Stage	CS44			
52	I	2	0	1.30	0.030	1.00	101429.99	170.40
52	J	2	0	1.45	0.030	1.00	109411.86	183.81
53	I	4	0	1.38	0.020	1.00	105619.83	177.44
53	J	4	0	1.49	0.020	1.00	112263.31	188.60
54	I	6	0	1.44	0.020	1.00	108270.65	181.89
54	J	6	0	1.54	0.020	1.00	113523.92	190.72
55	I	8	0	1.51	0.023	1.00	110576.90	185.77
55	J	8	0	1.62	0.023	1.00	115049.70	193.28

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
56	I	10	0	1.57	0.031	1.00	111650.91	207.46
56	J	10	0	1.72	0.031	1.00	114815.16	214.83
57	I	12	0	1.68	0.033	1.00	111849.47	222.78
57	J	12	0	1.84	0.033	1.00	114885.05	230.62
58	I	16	0	1.78	0.041	1.00	109732.89	236.62
58	J	16	0	1.99	0.041	1.00	112953.73	245.37
59	I	20	0	1.95	0.043	1.00	108756.62	245.80
59	J	20	0	2.16	0.043	1.00	112234.08	255.11
60	I	24	0	2.12	0.046	1.00	108661.25	253.24
60	J	24	0	2.35	0.046	1.00	111769.58	261.52
61	I	28	0	2.32	0.049	1.00	108607.23	258.49
61	J	28	0	2.57	0.049	1.00	111327.03	265.73
62	I	32	0	2.54	0.048	1.00	108781.29	262.96
62	J	32	0	2.78	0.048	1.00	111247.13	269.54
63	I	36	0	2.76	0.058	1.00	108335.59	264.87
63	J	36	0	3.01	0.058	1.00	110557.49	270.84
64	I	40	0	2.99	0.056	1.00	108162.42	266.92
64	J	40	0	3.23	0.056	1.00	110095.96	272.12
65	I	44	0	3.22	0.064	1.00	108766.14	270.60
65	J	44	0	3.49	0.064	1.00	110240.76	274.58
66	I	46	0	3.48	0.066	1.00	109788.19	274.19
66	J	46	0	3.71	0.066	1.00	110559.04	276.29
67	I	48	0	3.70	0.070	1.00	109848.20	275.16
67	J	48	0	3.95	0.070	1.00	110596.80	277.21
68	I	50	0	3.93	0.073	1.00	110231.97	276.95
68	J	50	0	4.19	0.073	1.00	110803.50	278.53
69	I	52	0	4.18	0.074	1.00	110904.62	279.39
69	J	52	0	4.35	0.074	1.00	111138.04	280.05
70	I	52	0	4.35	0.001	1.00	111184.57	280.17
70	J	52	0	4.35	0.001	1.00	111941.78	282.19
71	I	52	0	4.35	-0.001	-1.00	112773.68	284.28
71	J	52	0	4.35	-0.001	-1.00	112070.96	282.41
72	I	52	0	4.35	-0.074	-1.00	112023.23	282.29
72	J	52	0	4.18	-0.074	-1.00	111874.88	281.85
73	I	50	0	4.19	-0.073	-1.00	111528.74	280.32
73	J	50	0	3.93	-0.073	-1.00	110862.41	278.48

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
74	I	48	0	3.95	-0.070	-1.00	111485.65	279.42
74	J	48	0	3.70	-0.070	-1.00	110767.16	277.45
75	I	46	0	3.71	-0.066	-1.00	111496.80	278.62
75	J	46	0	3.48	-0.066	-1.00	110755.42	276.59
76	I	44	0	3.49	-0.064	-1.00	111227.60	277.03
76	J	44	0	3.22	-0.064	-1.00	109784.75	273.12
77	I	40	0	3.23	-0.056	-1.00	111151.09	274.71
77	J	40	0	2.99	-0.056	-1.00	109246.93	269.59
78	I	36	0	3.01	-0.058	-1.00	111684.74	273.59
78	J	36	0	2.76	-0.058	-1.00	109477.48	267.65
79	I	32	0	2.78	-0.048	-1.00	112438.87	272.41
79	J	32	0	2.54	-0.048	-1.00	109988.43	265.87
80	I	28	0	2.57	-0.049	-1.00	112593.19	268.74
80	J	28	0	2.32	-0.049	-1.00	109859.73	261.47
81	I	24	0	2.35	-0.046	-1.00	113087.25	264.59
81	J	24	0	2.12	-0.046	-1.00	109936.66	256.21
82	I	20	0	2.16	-0.043	-1.00	113581.54	258.16
82	J	20	0	1.95	-0.043	-1.00	110022.93	248.66
83	I	16	0	1.99	-0.041	-1.00	114304.38	248.30
83	J	16	0	1.78	-0.041	-1.00	110956.92	239.26
84	I	12	0	1.84	-0.033	-1.00	116199.86	233.25
84	J	12	0	1.68	-0.033	-1.00	113019.54	225.11
85	I	10	0	1.72	-0.031	-1.00	116045.25	217.14
85	J	10	0	1.57	-0.031	-1.00	112673.54	209.35
86	I	8	0	1.62	-0.023	-1.00	116140.26	195.12
86	J	8	0	1.51	-0.023	-1.00	111430.53	187.20
87	I	6	0	1.54	-0.020	-1.00	114432.88	192.25
87	J	6	0	1.44	-0.020	-1.00	108890.64	182.94
88	I	4	0	1.49	-0.020	-1.00	112938.65	189.74
88	J	4	0	1.38	-0.020	-1.00	106017.90	178.11
89	I	2	0	1.45	-0.030	-1.00	109813.63	184.49
89	J	2	0	1.30	-0.030	-1.00	101525.02	170.56

Tabla D.5. Fuerza efectiva grupo de cables PS-SUPERIOR-PILA 4

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
------	------	---------------	--------	--------	---------------------------	---------------------------	---------------------------------------	----------------------

The arrangement data for tendon group [PS-SUPERIOR-PILA 4] at the stage of [CS44]

Tendon Group		PS-SUPERIOR-PILA 4		Stage	CS44			
92	I	2	0	1.30	0.030	1.00	102290.15	171.85
92	J	2	0	1.45	0.030	1.00	109378.01	183.76
93	I	4	0	1.38	0.020	1.00	105457.18	177.17
93	J	4	0	1.49	0.020	1.00	111198.24	186.81
94	I	6	0	1.44	0.020	1.00	107245.57	180.17
94	J	6	0	1.54	0.020	1.00	111754.93	187.75
95	I	8	0	1.51	0.023	1.00	108799.98	182.78
95	J	8	0	1.62	0.023	1.00	112503.04	189.01
96	I	10	0	1.57	0.031	1.00	109234.54	202.99
96	J	10	0	1.72	0.031	1.00	111871.66	209.31
97	I	12	0	1.68	0.033	1.00	109019.57	217.09
97	J	12	0	1.84	0.033	1.00	111634.11	224.05
98	I	14	0	1.81	0.036	1.00	109077.58	228.14
98	J	14	0	1.99	0.036	1.00	111222.28	234.08
99	I	18	0	1.94	0.044	1.00	106789.39	236.73
99	J	18	0	2.16	0.044	1.00	109771.35	244.77
100	I	22	0	2.12	0.047	1.00	106227.52	244.37
100	J	22	0	2.35	0.047	1.00	109303.02	252.61
101	I	26	0	2.32	0.050	1.00	106163.97	250.41
101	J	26	0	2.57	0.050	1.00	108956.75	257.86
102	I	30	0	2.54	0.048	1.00	106441.91	255.64
102	J	30	0	2.78	0.048	1.00	108983.25	262.43
103	I	34	0	2.76	0.058	1.00	106058.29	258.02
103	J	34	0	3.01	0.058	1.00	108373.43	264.24
104	I	38	0	2.99	0.056	1.00	105991.38	260.56
104	J	38	0	3.23	0.056	1.00	108024.65	266.02
105	I	42	0	3.21	0.064	1.00	106753.94	264.80
105	J	42	0	3.49	0.064	1.00	108312.90	269.01
106	I	44	0	3.48	0.066	1.00	107873.02	268.70
106	J	44	0	3.71	0.066	1.00	108703.86	270.95
107	I	46	0	3.70	0.071	1.00	108000.43	269.89
107	J	46	0	3.94	0.071	1.00	108816.88	272.11

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
108	I	48	0	3.93	0.073	1.00	108476.19	271.95
108	J	48	0	4.19	0.073	1.00	109114.51	273.71
109	I	50	0	4.18	0.074	1.00	109238.70	274.67
109	J	50	0	4.34	0.074	1.00	109513.38	275.43
110	I	50	0	4.34	0.001	1.00	109557.97	275.55
110	J	50	0	4.35	0.001	1.00	110241.23	277.38
111	I	50	0	4.35	-0.001	-1.00	112407.31	282.81
111	J	50	0	4.34	-0.001	-1.00	111771.07	281.10
112	I	50	0	4.34	-0.074	-1.00	111726.56	280.99
112	J	50	0	4.18	-0.074	-1.00	111619.79	280.65
113	I	48	0	4.19	-0.073	-1.00	111254.43	279.03
113	J	48	0	3.93	-0.073	-1.00	110647.17	277.32
114	I	46	0	3.94	-0.071	-1.00	111277.80	278.24
114	J	46	0	3.70	-0.071	-1.00	110634.06	276.44
115	I	44	0	3.71	-0.066	-1.00	111379.27	277.59
115	J	44	0	3.48	-0.066	-1.00	110734.10	275.80
116	I	42	0	3.49	-0.064	-1.00	111217.64	276.19
116	J	42	0	3.21	-0.064	-1.00	109891.90	272.55
117	I	38	0	3.23	-0.056	-1.00	111256.67	273.94
117	J	38	0	2.99	-0.056	-1.00	109485.55	269.13
118	I	34	0	3.01	-0.058	-1.00	111983.38	273.01
118	J	34	0	2.76	-0.058	-1.00	109921.83	267.39
119	I	30	0	2.78	-0.048	-1.00	112984.23	272.02
119	J	30	0	2.54	-0.048	-1.00	110791.20	266.07
120	I	26	0	2.57	-0.050	-1.00	113481.03	268.54
120	J	26	0	2.32	-0.050	-1.00	111002.84	261.80
121	I	22	0	2.35	-0.047	-1.00	114280.51	264.07
121	J	22	0	2.12	-0.047	-1.00	111388.08	256.22
122	I	18	0	2.16	-0.044	-1.00	115211.13	256.87
122	J	18	0	1.94	-0.044	-1.00	112488.00	249.35
123	I	14	0	1.99	-0.036	-1.00	117290.09	246.82
123	J	14	0	1.81	-0.036	-1.00	115421.89	241.40
124	I	12	0	1.84	-0.033	-1.00	117949.84	236.72
124	J	12	0	1.68	-0.033	-1.00	115252.73	229.52
125	I	10	0	1.72	-0.031	-1.00	118020.69	220.84
125	J	10	0	1.57	-0.031	-1.00	115235.27	214.16

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
126	I	8	0	1.62	-0.023	-1.00	118759.77	199.52
126	J	8	0	1.51	-0.023	-1.00	115070.56	193.32
127	I	6	0	1.54	-0.020	-1.00	118266.89	198.69
127	J	6	0	1.44	-0.020	-1.00	113622.57	190.89
128	I	4	0	1.49	-0.020	-1.00	117888.69	198.05
128	J	4	0	1.38	-0.020	-1.00	111836.37	187.89
129	I	2	0	1.45	-0.030	-1.00	116226.11	195.26
129	J	2	0	1.30	-0.030	-1.00	108468.91	182.23

Tabla D.6. Fuerza efectiva grupo de cables PS-INFERIOR-VOLADIZO 1

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
------	------	---------------	--------	--------	---------------------------	---------------------------	---------------------------------------	----------------------

The arrangement data for tendon group [PS-INFERIOR-VOLADIZO 1] at the stage of [CS44]

Tendon Group		PS-INFERIOR-VOLADIZO 1		Stage	CS44			
1	I	0	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
1	J	8	0	-1.92	-0.789	-0.62	114287.61	192.00
2	I	8	0	-2.30	-0.003	-1.00	105257.38	176.83
2	J	8	0	-2.32	-0.003	-1.00	107029.48	179.81
3	I	8	0	-2.32	-0.005	-1.00	107992.55	181.43
3	J	8	0	-2.33	-0.005	-1.00	109097.64	183.28
4	I	8	0	-2.33	-0.007	-1.00	109816.04	184.49
4	J	8	0	-2.36	-0.007	-1.00	110743.24	186.05
5	I	8	0	-2.36	-0.008	-1.00	111365.10	187.09
5	J	8	0	-2.39	-0.008	-1.00	111727.75	187.70
6	I	8	0	-2.39	-0.010	-1.00	112301.89	188.67
6	J	8	0	-2.43	-0.010	-1.00	111225.41	186.86
7	I	8	0	-2.43	-0.011	-1.00	111768.12	187.77
7	J	8	0	-2.48	-0.011	-1.00	109653.75	184.22
8	I	8	0	-2.48	-0.015	-1.00	110293.01	185.29
8	J	8	0	-2.53	-0.015	-1.00	108108.07	181.62
9	I	8	0	-2.53	0.023	1.00	108694.04	182.61
9	J	8	0	-2.44	0.023	1.00	102725.33	172.58

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
10	I	4	0	-2.59	0.069	1.00	109388.08	183.77
10	J	4	0	-2.31	0.069	1.00	98267.33	165.09

Tabla D.7. Fuerza efectiva grupo de cables PS-INFERIOR-VOLADIZOS 2 Y 3

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
------	------	---------------	--------	--------	---------------------------	---------------------------	---------------------------------------	----------------------

The arrangement data for tendon group [PS-INFERIOR-VOLADIZO 2 Y 3] at the stage of [CS44]

Tendon Group		PS-INFERIOR-VOLADIZO 2 Y 3			Stage	CS44			
39	I	2	0	-2.34	-0.084	-1.00	101190.95	170.00	
39	J	2	0	-2.67	-0.084	-1.00	113802.49	191.19	
40	I	6	0	-2.44	-0.049	-1.00	105462.87	177.18	
40	J	6	0	-2.63	-0.049	-1.00	114315.23	192.05	
41	I	10	0	-2.51	-0.020	-1.00	108575.90	182.41	
41	J	10	0	-2.59	-0.020	-1.00	114646.17	192.61	
42	I	14	0	-2.50	-0.006	-1.00	110557.61	185.74	
42	J	14	0	-2.53	-0.006	-1.00	114907.07	193.04	
43	I	18	0	-2.47	-0.002	-1.00	111094.39	186.64	
43	J	18	0	-2.48	-0.002	-1.00	114468.17	192.31	
44	I	18	0	-2.48	0.011	1.00	114157.33	191.78	
44	J	18	0	-2.43	0.011	1.00	115571.93	194.16	
45	I	18	0	-2.43	0.010	1.00	115345.46	193.78	
45	J	18	0	-2.39	0.010	1.00	116175.92	195.18	
46	I	18	0	-2.39	0.008	1.00	115959.50	194.81	
46	J	18	0	-2.36	0.008	1.00	116209.38	195.23	
47	I	18	0	-2.36	0.007	1.00	116018.22	194.91	
47	J	18	0	-2.33	0.007	1.00	115516.71	194.07	
48	I	18	0	-2.33	0.005	1.00	115360.46	193.81	
48	J	18	0	-2.32	0.005	1.00	114482.67	192.33	
49	I	18	0	-2.32	0.003	1.00	114380.20	192.16	
49	J	18	0	-2.30	0.003	1.00	113240.08	190.24	
50	I	18	0	-2.30	0.001	1.00	109043.88	183.19	
50	J	18	0	-2.30	0.001	1.00	108681.22	182.58	

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m^2)	Average Force (tonf)
51	I	18	0	-2.30	-0.001	-1.00	108681.22	182.58
51	J	18	0	-2.30	-0.001	-1.00	108474.87	182.24
52	I	18	0	-2.31	-0.004	-1.00	110747.37	186.06
52	J	18	0	-2.33	-0.004	-1.00	111712.60	187.68
53	I	18	0	-2.33	-0.006	-1.00	112172.63	188.45
53	J	18	0	-2.36	-0.006	-1.00	112281.38	188.63
54	I	18	0	-2.36	-0.009	-1.00	112777.92	189.47
54	J	18	0	-2.40	-0.009	-1.00	111933.14	188.05
55	I	18	0	-2.40	-0.012	-1.00	112455.53	188.93
55	J	18	0	-2.46	-0.012	-1.00	110827.32	186.19
56	I	18	0	-2.46	0.001	1.00	111415.12	187.18
56	J	18	0	-2.46	0.001	1.00	107586.77	180.75
57	I	14	0	-2.53	0.007	1.00	112148.52	188.41
57	J	14	0	-2.49	0.007	1.00	106540.67	178.99
58	I	10	0	-2.60	0.022	1.00	112060.96	188.26
58	J	10	0	-2.49	0.022	1.00	105237.08	176.80
59	I	6	0	-2.65	0.045	1.00	112039.23	188.23
59	J	6	0	-2.43	0.045	1.00	101818.85	171.06
60	I	2	0	-2.72	0.076	1.00	111852.77	187.91
60	J	2	0	-2.34	0.076	1.00	96745.09	162.53

Tabla D.8. Fuerza efectiva grupo de cables PS-INFERIOR-VOLADIZO 4 Y 5

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m^2)	Average Force (tonf)
The arrangement data for tendon group [PS-INFERIOR-VOLADIZO 4 Y 5] at the stage of [CS44]								
Tendon Group		PS-INFERIOR-VOLADIZO 4 Y 5			Stage	CS44		
81	I	2	0	-2.34	-0.076	-1.00	95054.31	159.69
81	J	2	0	-2.72	-0.076	-1.00	109751.09	184.38
82	I	6	0	-2.43	-0.045	-1.00	99914.75	167.86
82	J	6	0	-2.65	-0.045	-1.00	109928.07	184.68
83	I	10	0	-2.49	-0.022	-1.00	103256.94	173.47
83	J	10	0	-2.60	-0.022	-1.00	110028.07	184.85

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m^2)	Average Force (tonf)
84	I	14	0	-2.49	-0.008	-1.00	104236.57	175.12
84	J	14	0	-2.53	-0.008	-1.00	110103.84	184.97
85	I	18	0	-2.46	0.000	-1.00	105617.89	177.44
85	J	18	0	-2.46	0.000	-1.00	109696.27	184.29
86	I	18	0	-2.46	0.012	1.00	109079.37	183.25
86	J	18	0	-2.40	0.012	1.00	111024.00	186.52
87	I	18	0	-2.40	0.009	1.00	110475.79	185.60
87	J	18	0	-2.36	0.009	1.00	111626.00	187.53
88	I	18	0	-2.36	0.006	1.00	111105.92	186.66
88	J	18	0	-2.33	0.006	1.00	111449.82	187.24
89	I	18	0	-2.33	0.004	1.00	110971.43	186.43
89	J	18	0	-2.31	0.004	1.00	110490.65	185.62
90	I	18	0	-2.30	0.001	1.00	108179.51	181.74
90	J	18	0	-2.30	0.001	1.00	108005.13	181.45
91	I	18	0	-2.30	-0.001	-1.00	108004.66	181.45
91	J	18	0	-2.30	-0.001	-1.00	108666.47	182.56
92	I	18	0	-2.31	-0.004	-1.00	113081.58	189.98
92	J	18	0	-2.33	-0.004	-1.00	114868.26	192.98
93	I	18	0	-2.33	-0.006	-1.00	114964.38	193.14
93	J	18	0	-2.36	-0.006	-1.00	115937.45	194.77
94	I	18	0	-2.36	-0.009	-1.00	116101.99	195.05
94	J	18	0	-2.40	-0.009	-1.00	116197.44	195.21
95	I	18	0	-2.40	-0.012	-1.00	116408.56	195.57
95	J	18	0	-2.46	-0.012	-1.00	115562.28	194.14
96	I	18	0	-2.46	0.000	1.00	115827.36	194.59
96	J	18	0	-2.46	0.000	1.00	112428.79	188.88
97	I	14	0	-2.53	0.008	1.00	116472.77	195.67
97	J	14	0	-2.49	0.008	1.00	111017.57	186.51
98	I	10	0	-2.60	0.022	1.00	116379.52	195.52
98	J	10	0	-2.49	0.022	1.00	109675.51	184.25
99	I	6	0	-2.65	0.045	1.00	116200.09	195.22
99	J	6	0	-2.43	0.045	1.00	105965.45	178.02
100	I	2	0	-2.72	0.076	1.00	115877.00	194.67
100	J	2	0	-2.34	0.076	1.00	100647.40	169.09

Tabla D.9. Fuerza efectiva grupo de cables PS-INFERIOR-VOLADIZO 6

Elem	Part	Tendon Number	Yp (m)	Zp (m)	Average Sin Theta ([deg])	Average Cos Theta ([deg])	Average Stress (tonf/m ²)	Average Force (tonf)
------	------	---------------	--------	--------	---------------------------	---------------------------	---------------------------------------	----------------------

The arrangement data for tendon group [PS-INFERIOR-VOLADIZO 6] at the stage of [CS44]

Tendon Group		PS-INFERIOR-VOLADIZO 6		Stage	CS44			
122	I	4	0	-2.28	-0.072	-1.00	93399.24	156.91
122	J	4	0	-2.64	-0.072	-1.00	106035.36	178.14
123	I	8	0	-2.44	-0.031	-1.00	98430.65	165.36
123	J	8	0	-2.60	-0.031	-1.00	105240.21	176.80
124	I	8	0	-2.60	0.013	1.00	104592.45	175.72
124	J	8	0	-2.53	0.013	1.00	107633.98	180.83
125	I	8	0	-2.53	0.014	1.00	106944.80	179.67
125	J	8	0	-2.46	0.014	1.00	108892.04	182.94
126	I	8	0	-2.46	0.012	1.00	108158.80	181.71
126	J	8	0	-2.40	0.012	1.00	108311.64	181.96
127	I	8	0	-2.40	0.009	1.00	107599.34	180.77
127	J	8	0	-2.36	0.009	1.00	107000.50	179.76
128	I	8	0	-2.36	0.006	1.00	106224.92	178.46
128	J	8	0	-2.33	0.006	1.00	105381.82	177.04
129	I	8	0	-2.33	0.004	1.00	104408.00	175.41
129	J	8	0	-2.31	0.004	1.00	102858.59	172.80
130	I	8	0	-1.92	0.788	0.62	112150.90	188.41
130	J	0	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00

ANEXO E. RESPUESTA MODAL DE LA ESTRUCTURA EN SERVICIO

Eigenvalue Mode								
Mo de	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ		
EIGENVALUE ANALYSIS								
Mo de	Frequency		Period					
No	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	Tolerance				
1	3.293922	0.524244	1.907509	0.00E+00				
2	3.439665	0.54744	1.826685	0.00E+00				
3	4.282643	0.681604	1.467128	0.00E+00				
4	4.88559	0.777566	1.286065	0.00E+00				
5	5.460338	0.86904	1.150695	0.00E+00				
6	5.974646	0.950894	1.051641	0.00E+00				
7	6.108454	0.972191	1.028605	0.00E+00				
8	7.648829	1.217349	0.821457	0.00E+00				
9	9.974982	1.587568	0.629894	0.00E+00				
10	10.775677	1.715002	0.58309	0.00E+00				
11	11.0081	1.751993	0.570778	0.00E+00				
12	13.107758	2.086164	0.479349	0.00E+00				
13	13.135471	2.090575	0.478337	0.00E+00				
14	14.372721	2.28749	0.43716	0.00E+00				
15	16.612435	2.643951	0.378222	0.00E+00				
16	17.712925	2.8191	0.354723	0.00E+00				
17	20.160651	3.208667	0.311656	0.00E+00				
18	21.089787	3.356544	0.297926	0.00E+00				
19	23.597574	3.755671	0.266264	0.00E+00				
20	24.652892	3.92363	0.254866	0.00E+00				
21	29.003426	4.616039	0.216636	0.00E+00				
22	31.731725	5.050261	0.19801	0.00E+00				
23	32.104883	5.109651	0.195708	0.00E+00				
24	33.449302	5.323622	0.187842	0.00E+00				
25	34.60627	5.507759	0.181562	0.00E+00				
26	35.776893	5.694069	0.175621	0.00E+00				
27	37.073758	5.900472	0.169478	0.00E+00				
28	37.96082	6.041652	0.165518	0.00E+00				
29	40.535827	6.451477	0.155003	0.00E+00				
30	42.504313	6.764771	0.147825	0.00E+00				

31	44.786812	7.128043	0.140291	0.00E+00				
32	45.461292	7.235389	0.13821	0.00E+00				
33	47.510637	7.561553	0.132248	0.00E+00				
34	48.186261	7.669082	0.130394	0.00E+00				
35	50.099927	7.973651	0.125413	0.00E+00				
36	52.935462	8.42494	0.118695	0.00E+00				
37	53.001743	8.435489	0.118547	0.00E+00				
38	55.89708	8.896297	0.112406	0.00E+00				
39	57.203315	9.10419	0.10984	0.00E+00				
40	60.115869	9.567738	0.104518	0.00E+00				
41	62.552533	9.955545	0.100447	0.00E+00				
42	62.656732	9.972129	0.100279	0.00E+00				
43	65.201717	10.377176	0.096365	0.00E+00				
44	66.569972	10.59494	0.094385	0.00E+00				
45	68.034648	10.828051	0.092353	0.00E+00				
46	68.236961	10.86025	0.092079	0.00E+00				
47	74.365131	11.835578	0.084491	0.00E+00				
48	74.651089	11.88109	0.084167	0.00E+00				
49	76.758125	12.216435	0.081857	0.00E+00				
50	80.514153	12.814225	0.078038	0.00E+00				
51	82.038345	13.056808	0.076588	0.00E+00				
52	86.468881	13.76195	0.072664	0.00E+00				
53	88.591822	14.099826	0.070923	0.00E+00				
54	89.773248	14.287856	0.06999	0.00E+00				
55	92.764668	14.763955	0.067733	0.00E+00				
56	93.796575	14.928189	0.066987	0.00E+00				
57	98.534	15.682173	0.063767	0.00E+00				
58	98.863471	15.73461	0.063554	0.00E+00				
59	100.119963	15.934587	0.062757	0.00E+00				
60	105.174952	16.739114	0.05974	0.00E+00				
61	105.684963	16.820284	0.059452	0.00E+00				
62	108.983175	17.345211	0.057653	0.00E+00				
63	110.073417	17.518728	0.057082	0.00E+00				
64	110.697215	17.618009	0.05676	0.00E+00				
65	112.371034	17.884406	0.055915	0.00E+00				
66	114.88992	18.285299	0.054689	0.00E+00				
67	116.444124	18.532658	0.053959	0.00E+00				
68	118.719225	18.894752	0.052925	0.00E+00				
69	120.463039	19.172288	0.052159	0.00E+00				
70	122.316226	19.467232	0.051368	0.00E+00				

71	124.658428	19.840005	0.050403	0.00E+00				
72	124.704109	19.847275	0.050385	0.00E+00				
73	127.729639	20.328803	0.049191	0.00E+00				
74	130.060236	20.69973	0.04831	0.00E+00				
75	133.816359	21.297535	0.046954	0.00E+00				
76	134.423616	21.394183	0.046742	0.00E+00				
77	138.7148	22.077146	0.045296	0.00E+00				
78	139.679408	22.230668	0.044983	0.00E+00				
79	141.463956	22.514688	0.044415	0.00E+00				
80	143.978293	22.914857	0.04364	0.00E+00				
81	150.947495	24.02404	0.041625	0.00E+00				
82	151.01014	24.03401	0.041608	0.00E+00				
83	154.41211	24.575451	0.040691	0.00E+00				
84	157.291365	25.033698	0.039946	0.00E+00				
85	158.894972	25.28892	0.039543	0.00E+00				
86	159.953933	25.457459	0.039281	0.00E+00				
87	163.114703	25.960511	0.03852	0.00E+00				
88	164.031573	26.106436	0.038305	0.00E+00				
89	169.876383	27.036666	0.036987	0.00E+00				
90	170.337876	27.110115	0.036887	0.00E+00				
91	173.969373	27.688086	0.036117	0.00E+00				
92	175.45154	27.92398	0.035812	0.00E+00				
93	178.124311	28.349365	0.035274	0.00E+00				
94	182.037005	28.972089	0.034516	0.00E+00				
95	182.452306	29.038186	0.034437	0.00E+00				
96	185.154368	29.468233	0.033935	0.00E+00				
97	187.310249	29.811352	0.033544	0.00E+00				
98	187.329808	29.814465	0.033541	0.00E+00				
99	193.015572	30.719382	0.032553	0.00E+00				
100	194.123807	30.895763	0.032367	0.00E+00				

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT

Mo de No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS (%)	SUM(%)	MASS (%)	SUM(%)	MASS (%)	SUM(%)	MASS (%)	SUM(%)	MASS (%)	SUM(%)
1	0	0	11.49	11.49	0	0	2.57	2.57	0	0	21.84	21.84
2	0	0	46.36	57.84	0	0	10.87	13.44	0	0	3.87	25.71
3	74.96	74.96	0	57.84	0.04	0.04	0	13.44	0.67	0.67	0	25.71
4	0.95	75.91	0	57.84	0.07	0.11	0	13.44	5.78	6.44	0	25.71
5	0	75.91	8.02	65.86	0	0.11	1.55	14.99	0	6.44	2.44	28.15

6	0.2	76.11	0	65.86	19.85	19.96	0	14.99	0.05	6.5	0	28.15
7	0	76.11	0.73	66.6	0	19.96	0.23	15.22	0	6.5	43.14	71.29
8	0	76.11	13.18	79.78	0	19.96	1.3	16.52	0	6.5	0.13	71.42
9	0	76.11	0	79.78	0	19.96	0	16.52	0	6.5	4.13	75.55
10	5.46	81.57	0	79.78	6.79	26.75	0	16.52	1.95	8.45	0	75.55
11	6.43	88	0	79.78	5.53	32.27	0	16.52	1.62	10.07	0	75.55
12	0.01	88.01	0	79.78	0	32.28	0	16.52	32.43	42.5	0	75.55
13	0	88.01	0.02	79.79	0	32.28	0.77	17.29	0	42.5	0	75.55
14	0	88.01	0	79.79	5.28	37.56	0	17.29	0.01	42.51	0	75.55
15	0	88.01	0	79.8	0	37.56	0.01	17.3	0	42.51	0.34	75.89
16	0.03	88.04	0	79.8	1.98	39.54	0	17.3	0.05	42.55	0	75.89
17	0	88.04	0.11	79.91	0	39.54	0.44	17.74	0	42.55	0	75.89
18	0	88.04	0	79.91	0.03	39.56	0	17.74	8.05	50.6	0	75.89
19	0	88.04	0	79.91	13.14	52.71	0	17.74	0	50.6	0	75.89
20	0	88.04	0	79.91	0	52.71	0.01	17.75	0	50.6	0.13	76.02
21	0	88.04	0.09	80	0	52.71	2.26	20.01	0	50.6	0	76.02
22	0.6	88.64	0	80	0	52.71	0	20.01	0.56	51.17	0	76.02
23	0.66	89.3	0	80	0.13	52.84	0	20.01	0	51.17	0	76.02
24	0.03	89.33	0	80	2.35	55.19	0	20.01	0.05	51.21	0	76.02
25	0	89.33	0	80	0	55.19	0.01	20.01	0	51.21	0.84	76.86
26	0	89.33	0	80	0.02	55.21	0	20.01	5.32	56.54	0	76.86
27	0	89.33	0	80	0.85	56.06	0	20.01	0.06	56.6	0	76.86
28	0	89.33	3.94	83.94	0	56.06	5.6	25.61	0	56.6	0.15	77.01
29	0	89.33	0.68	84.63	0	56.06	1.89	27.51	0	56.6	5.96	82.97
30	0	89.33	0.03	84.66	0	56.06	1.68	29.19	0	56.6	1.97	84.94
31	0	89.33	4.86	89.52	0	56.06	17.52	46.71	0	56.6	0.27	85.2
32	0.02	89.35	0	89.52	0.37	56.43	0	46.71	3.49	60.09	0	85.2
33	0.76	90.1	0	89.52	6.2	62.62	0	46.71	0.43	60.53	0	85.2
34	0	90.1	1.04	90.56	0	62.62	1.95	48.66	0	60.53	2.41	87.61
35	3.11	93.22	0	90.56	4.34	66.96	0	48.66	0.21	60.73	0	87.61
36	0	93.22	0.17	90.73	0	66.96	2.4	51.06	0	60.73	0.25	87.87
37	0.55	93.77	0	90.73	2.15	69.11	0	51.06	0.88	61.62	0	87.87
38	0.58	94.34	0	90.73	0.72	69.83	0	51.06	2.19	63.81	0	87.87
39	0	94.34	0.04	90.76	0	69.83	0.1	51.16	0	63.81	0.02	87.89
40	0	94.34	0	90.76	2.36	72.19	0	51.16	1.19	65.01	0	87.89
41	0	94.34	0.02	90.78	0	72.19	1.68	52.84	0	65.01	0	87.89
42	0	94.34	0	90.78	0.01	72.2	0	52.84	14.32	79.33	0	87.89
43	0	94.34	0	90.78	3.13	75.33	0	52.84	0.03	79.36	0	87.89
44	0	94.34	0	90.78	3.95	79.27	0	52.84	0.21	79.57	0	87.89
45	0.51	94.85	0	90.78	0.09	79.37	0	52.84	0.02	79.59	0	87.89

46	0	94.85	0	90.78	0	79.37	0	52.85	0	79.59	0.39	88.27
47	0	94.85	0.49	91.27	0	79.37	0.43	53.27	0	79.59	0	88.27
48	0.02	94.87	0	91.27	0.02	79.39	0	53.27	0.52	80.12	0	88.27
49	0	94.87	0	91.27	5.28	84.67	0	53.27	0	80.12	0	88.27
50	0	94.87	0	91.27	0	84.67	0	53.28	0	80.12	0.84	89.11
51	0	94.87	0	91.27	0.06	84.73	0	53.28	2.64	82.75	0	89.11
52	0	94.87	0.22	91.49	0	84.73	0.04	53.31	0	82.75	0	89.12
53	0	94.88	0	91.49	0.46	85.19	0	53.31	0	82.76	0	89.12
54	0	94.88	0	91.49	0.16	85.35	0	53.31	0	82.76	0	89.12
55	0	94.88	0	91.49	0	85.35	0.02	53.33	0	82.76	0.8	89.92
56	0	94.88	0	91.49	0.02	85.37	0	53.33	1.88	84.64	0	89.92
57	0	94.88	0.65	92.14	0	85.37	1.4	54.73	0	84.64	0	89.92
58	0.32	95.19	0	92.14	0.91	86.28	0	54.73	0.14	84.78	0	89.92
59	0.63	95.83	0	92.14	0.46	86.74	0	54.73	0.03	84.81	0	89.92
60	0.2	96.03	0	92.14	0.01	86.75	0	54.73	0.22	85.03	0	89.92
61	0	96.03	0.01	92.15	0	86.75	0.06	54.79	0	85.03	0.23	90.16
62	0	96.03	0.68	92.82	0	86.75	7.29	62.08	0	85.03	0.06	90.21
63	0	96.03	0	92.82	0.92	87.67	0	62.08	0.1	85.12	0	90.21
64	0	96.03	0.16	92.98	0	87.67	1.47	63.55	0	85.12	0.8	91.01
65	0.02	96.04	0	92.98	0.86	88.53	0	63.55	0.21	85.33	0	91.01
66	0	96.04	0.6	93.58	0	88.53	2.19	65.74	0	85.33	0.12	91.13
67	0.32	96.36	0	93.58	0.17	88.7	0	65.74	0.02	85.35	0	91.13
68	0	96.36	0.62	94.2	0	88.7	3.73	69.47	0	85.35	0.12	91.24
69	0.15	96.51	0	94.2	0	88.7	0	69.47	2.39	87.74	0	91.24
70	0.87	97.39	0	94.2	0.02	88.73	0	69.47	0.07	87.8	0	91.24
71	0	97.39	0.15	94.36	0	88.73	1.7	71.18	0	87.8	0.75	91.99
72	0.01	97.39	0	94.36	0.61	89.33	0	71.18	0.05	87.85	0	91.99
73	0.12	97.52	0	94.36	0.21	89.55	0	71.18	0.01	87.86	0	91.99
74	0	97.52	0.5	94.86	0	89.55	1.59	72.76	0	87.86	0.03	92.02
75	0	97.52	0	94.86	0	89.55	0	72.76	1.41	89.27	0	92.02
76	0	97.52	0.26	95.12	0	89.55	1.06	73.82	0	89.27	1.5	93.52
77	0	97.52	0.45	95.56	0	89.55	0.78	74.6	0	89.27	0.07	93.59
78	0	97.52	0	95.56	1.36	90.91	0	74.6	0.01	89.29	0	93.59
79	0	97.52	0	95.56	0	90.91	0	74.6	0	89.29	0	93.59
80	0	97.52	0	95.56	0	90.91	0	74.61	0	89.29	0.14	93.73
81	0	97.52	0	95.57	0	90.91	0.52	75.12	0	89.29	0	93.74
82	0.08	97.6	0	95.57	0	90.91	0	75.12	0.17	89.46	0	93.74
83	0	97.6	0	95.57	0.21	91.12	0	75.12	0	89.46	0	93.74
84	0	97.6	0	95.57	0	91.12	0	75.12	0	89.46	0	93.74
85	0	97.6	0	95.57	0.02	91.14	0	75.12	0.01	89.47	0	93.74

86	0	97.6	0	95.57	0	91.14	0	75.12	0.36	89.83	0	93.74
87	0	97.6	0	95.57	0.07	91.21	0	75.12	0.01	89.84	0	93.74
88	0	97.6	0	95.57	0	91.21	0.14	75.26	0	89.84	0	93.74
89	0	97.6	0	95.57	0	91.21	0	75.26	0	89.84	0.01	93.75
90	0	97.6	0	95.57	0	91.21	0	75.26	0.04	89.88	0	93.75
91	0	97.6	0	95.57	0.03	91.24	0	75.26	0.3	90.18	0	93.75
92	0	97.6	0.01	95.58	0	91.24	0.6	75.87	0	90.18	0	93.75
93	0.02	97.62	0	95.58	0.88	92.12	0	75.87	0	90.18	0	93.75
94	0	97.62	0	95.58	0	92.12	0.01	75.87	0	90.18	0.08	93.83
95	0.35	97.98	0	95.58	0.03	92.16	0	75.87	0.01	90.19	0	93.83
96	0.36	98.34	0	95.58	0.02	92.18	0	75.87	0.11	90.3	0	93.83
97	0.02	98.36	0	95.58	0.16	92.34	0	75.87	0.06	90.36	0	93.83
98	0	98.36	0.24	95.82	0	92.34	0.57	76.45	0	90.36	0.01	93.84
99	0	98.36	0.06	95.88	0	92.34	0.31	76.76	0	90.36	0.57	94.4
100	0.03	98.39	0	95.88	0.09	92.43	0	76.76	0.04	90.4	0	94.4