



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

---

Estudio del comportamiento estructural de la pasarela del  
Passeig de les Germanies, sobre el río Serpis, en Gandía  
(Valencia). Propuesta de reacondicionamiento dinámico.

---

*Presentado por*

Mocholí Garrido, José Luis

---

*Para la obtención del*

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso:* 2019/2020

*Fecha:* septiembre de 2020

*Tutor:* José Casanova Colón

*Cotutor:* Salvador Monleón Cremades

*Cotutor:* Carlos Manuel Lázaro Fernández

## AGRADECIMIENTOS:

Queremos agradecer profundamente a todas las personas involucradas en este proyecto que de una forma u otra nos han aportado la confianza, seguridad y apoyo necesarios para abordar una tarea tan exigente como la que aquí se presenta.

Muchas gracias a nuestros tutores, José Casanova, Carlos Lázaro y Salvador Monleón por la confianza que habéis depositado en nosotros y por vuestra intención en que saquemos el máximo potencial a nuestras capacidades.

De forma individual me gustaría destacar lo siguiente:

Muchas gracias a José y Ramona por no fallar cuando lo necesito, por ser la flecha que siempre apunta al norte cuanto más tortuosos son los senderos. Muchas gracias, Raquel, querida hermana, por ser la pieza del mapa que muchas veces necesito. Y muchas gracias, Laura, por demostrarme que los tesoros no son monedas en cofres enterrados si no personas como tú.

## RESUMEN:

Este TFM, realizado según la modalidad de taller, se centra en el estudio del comportamiento estructural de la pasarela del Passeig de les Germanies sobre el río Serpis, en Gandía (Valencia) incluyendo los siguientes aspectos:

- El análisis de la problemática actual de la pasarela en relación con las vibraciones causadas por el paso de los peatones.
- La búsqueda de una solución de dicha problemática basado en el estudio del estado del arte y la utilización de un modelo dinámico de la estructura calibrado con valores obtenidos in situ
- La comprobación de la influencia de los efectos dinámicos en la resistencia a fatiga de la pasarela.

Como resultado del estudio de soluciones se establece una propuesta que se describe mediante los correspondientes planos y valoración económica.

El trabajo se plantea para desarrollarlo en equipo por dos personas. La realización del modelo global, la redacción de las partes comunes de la memoria, la redacción del anejo fotográfico y la realización de los planos de la solución adoptada conforman el trabajo grupal de este TFM en taller.

El análisis de la problemática de vibraciones de la estructura a través del modelo estructural y de la normativa aplicable, además de la calibración del modelo principal para ajustar el cálculo dinámico y la comprobación del estado límite último de fatiga son los trabajos de los que se encarga Carlos Pérez Fuentes.

José Luis Mocholí se ha hecho cargo del estudio de soluciones para solventar el problema actual de vibraciones de la pasarela, incluido el análisis del estado del arte en relación con las soluciones aplicadas en estructuras con problemas similares. También se incluye dentro de esta parte individual la descripción de la solución propuesta, las comprobaciones estructurales necesarias que verifiquen su validez y su valoración económica.

## RESUM:

Este TFM, realitzat segons la modalitat de taller, es centra en l'estudi del comportament estructural de la passarel·la del Passeig dels Germanies sobre el riu Serpis, a Gandia (València) incloent els aspectes següents:

- L'anàlisi de la problemàtica actual de la passarel·la en relació amb les vibracions causades pel pas dels vianants.
- La busca d'una solució de dita problemàtica basat en l'estudi de l'estat de l'art i la utilització d'un model dinàmic de l'estructura calibrat amb valors obtinguts in situ
- La comprovació de l'influència dels efectes dinàmics en la resistència a fatiga de la passarel·la.

Com resultat de l'estudi de solucions s'estableix una proposta que serà descrita per mitjà dels corresponents plans i valoració econòmica.

El treball es planteja per a desenvolupar-ho en equip per dos persones. La realització del model global, la redacció de les parts comunes de la memòria, la redacció de l'annex fotogràfic i la realització dels plans de la solució adoptada conformen el treball grupal d'este TFM en taller.

L'anàlisi de la problemàtica de vibracions de l'estructura a través del model estructural i de la normativa aplicable, a més del calibratge del model principal per a ajustar el càlcul dinàmic i la comprovació de l'estat límit últim de fatiga son els treballs de què s'encarrega Carlos Pérez Fuentes.

José Luis Mocholí es fa càrrec de l'estudi de solucions per a resoldre el problema actual de vibracions de la passarel·la, inclòs l'anàlisi de l'estat de l'art en relació amb les solucions aplicades en estructures amb problemes semblants. També s'inclou dins d'esta part individual la descripció de la solució proposada, les comprovacions estructurals que verifiquen la seua validesa i la seua valoració econòmica.

## ABSTRACT:

This Master's Final Project, which is made according to the groupal modality, focuses on the study of the structural behavior of Passeig de Les Germanies footbridge, over the river Serpis, in Gandía (Valencia) and it includes the following aspects:

- The analysis of the current problem that the footbridge suffers in regard to pedestrian traffic induced vibrations.
- The search of a solution for said problem based on the study of the state of the art and the use of a structural dynamic model calibrated with data obtained in situ.
- The study of the influence that the footbridge dynamic behavior has over the fatigue strength.

As a result of the search of solutions, an action proposal is described with corresponding plans and economic valuation.

This work is planned for development in a group of two students. The realization of the global model, the writing of the common parts of the report and the writing of the photographic annex and the creation of the plans of the chosen solution make up the group work of this Master's Final Project.

The analysis of the vibration problems through the structural model and the applicable standards, in addition to the dynamic calibration of said structural model and the checking of fatigue strength are the parts where Carlos Pérez Fuentes is responsible.

José Luis Mocholí is in charge of the study of solutions to solve the current problem of vibrations of the footbridge, including the analysis of the state of the art in relation to the solutions applied to structures with similar problems. Also included within this individual part is the description of the proposed solution, the structural check that verifies its validity and the economic valuation.

## RELACIÓN DE DOCUMENTOS:

Documento N.º 1 | Memoria del estudio

Documento N.º 2 | Planos e infografías

Documento N.º 3 | Anejo (I): Descripción de los modelos

Documento N.º 4 | Anejo (II): Anejo fotográfico

Documento N.º 5 | Anejo (III): Calibración

Documento N.º 6 | Anejo (IV): Planos del proyecto original y modificado

## ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Este documento refleja el trabajo realizado en modo taller de los alumnos José Luis Mocholí Garrido y Carlos Pérez Fuentes y constituye dos Trabajos de Fin de Máster de Ingeniería de Caminos Canales y Puertos con los siguientes títulos individuales:

**CARLOS PÉREZ FUENTES:** Estudio del comportamiento estructural de la pasarela del Passeig de les Germanies, sobre el río Serpis, en Gandía (Valencia). Análisis de la respuesta actual frente a vibraciones inducidas: comportamiento dinámico y fatiga.

**JOSÉ LUIS MOCHOLÍ GARRIDO:** Estudio del comportamiento estructural de la pasarela del Passeig de les Germanies, sobre el río Serpis, en Gandía (Valencia). Propuesta de reacondicionamiento dinámico. José Luis Mocholí Garrido.

El conjunto del trabajo ha sido dividido de la siguiente forma:

---

<b>Documento N.º 1: Memoria del estudio</b>		
1	Objetivos del estudio y alcance.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>
2	Antecedentes y fuentes de información.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>
3	Descripción de la pasarela.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>
4	Normativa.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>
5	Calibración. Métodos, resultados y discusión.	<i>Carlos Pérez</i>
6	Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite de servicio (ELS) de vibraciones.	<i>Carlos Pérez</i>
7	Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite último (ELU).	<i>Carlos Pérez</i>
8	Estudio de soluciones. Estado del arte.	<i>José Luis Mocholí</i>
9	Estudio de soluciones. Análisis de alternativas.	<i>José Luis Mocholí</i>
10	Descripción de la solución.	<i>José Luis Mocholí</i>
11	Valoración económica.	<i>José Luis Mocholí</i>
12	Conclusiones del estudio.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>
13	Referencias.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>

---

- 1 *Plano:* Localización de los amortiguadores de masa sintonizada.
  - 2.1 *Plano:* Amortiguador de masa sintonizada tipo 1 ( $f=1.69$  Hz).
  - 2.2 *Plano:* Amortiguador de masa sintonizada tipo 2 ( $f=3.58$  Hz).
  - 3 *Plano:* Montaje amortiguador de masa sintonizada.
  - 4.1 *Infografía:* Amortiguador de masa sintonizada (1).
  - 4.2 *Infografía:* Amortiguador de masa sintonizada (2).
  - 4.3 *Infografía:* Amortiguador de masa sintonizada (3).
- 

---

**Anejos**

---

Doc.	Título	
3	Anejo (I): Descripción de los modelos.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>
4	Anejo (II): Anejo fotográfico.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>
5	Anejo (III): Calibración.	<i>Carlos Pérez</i>
6	Anejo (IV): Planos del proyecto original y modificado.	<i>José Luis Mocholí y Carlos Pérez</i>

---

Se adjunta a los títulos de la memoria las iniciales del autor responsable del apartado. [JLMG] para referirse a José Luis Mocholí y [CPF] para referirse a Carlos Pérez

Los tutores de este trabajo han sido: Carlos Manuel Lázaro Fernández, José Casanova Colón y Salvador Monleón Cremades.



DOCUMENTO N.º 1  
MEMORIA DEL ESTUDIO

José Luis Mocholí Garrido  
Carlos Pérez Fuentes

## CONTENIDO

1.	Objetivos del estudio y alcance [JLMG y CPF].....	13
2.	Antecedentes y fuentes de información [JLMG y CPF].....	15
2.1.	Antecedentes.....	15
2.2.	Fuentes de información.....	16
3.	Descripción de la pasarela [JLMG y CPF].....	18
3.1.	Ubicación.....	18
3.2.	Descripción estructural.....	20
3.3.	Equipamientos.....	23
4.	Normativa [JLMG y CPF].....	25
5.	Calibración. Métodos, resultados y discusión [CPF].....	26
5.1.	Objetivos de la calibración.....	26
5.2.	Métodos y herramientas.....	27
5.3.	Resultados.....	29
5.3.1.	Análisis de las series temporales en el dominio de la frecuencia.....	29
5.3.2.	Coefficiente de amortiguamiento.....	35
5.4.	Discusión de resultados.....	36
5.4.1.	Obtención de los esfuerzos de axil en los tirantes.....	36
5.4.2.	Valoración sobre el coeficiente de amortiguamiento.....	42
5.4.3.	Frecuencias propias de los modos de vibración global de la pasarela.....	43
5.5.	Conclusiones del proceso de calibración.....	47
6.	Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite de servicio (ELS) de vibraciones [CPF]..	48
6.1.	Justificación del análisis.....	48
6.2.	Análisis de los modos de vibración.....	48
6.2.1.	Modos de vibración local de los tirantes.....	48
6.2.2.	Modos de vibración general de la estructura.....	50
6.2.3.	Valoración de los modos de vibración general de la estructura. Norma IAP-11.....	52
6.3.	Obtención de la carga dinámica.....	53
6.3.1.	Casos de carga tipo 1.....	56
6.3.2.	Casos de carga tipo 3.....	58
6.4.	Asignación de las cargas dinámicas en el modelo.....	59
6.5.	Resultados.....	60
6.5.1.	Efecto amortiguador de los tirantes.....	60
6.5.2.	Comprobación del ELS de vibraciones.....	62
7.	Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite último (ELU) [CPF].....	68

7.1.	Estado Límite Último de fatiga.....	68
7.1.1.	Determinación de número de ciclos.....	69
7.1.2.	Obtención de las careras de tensiones.....	70
7.1.3.	Comprobación de resistencia a la fatiga en el tablero.....	74
7.1.4.	Comprobación de resistencia a la fatiga en tirantes por variación de axiles.....	76
7.1.5.	Comprobación de resistencia a la fatiga de los tirantes junto a los anclajes.....	77
7.2.	Estado Límite Último en situación accidental.....	81
8.	Estudio de soluciones. Estado del arte [JLMG].....	89
8.1.	Opciones de actuación.....	89
8.1.1.	Modificación de la frecuencia.....	89
8.1.2.	Dispositivos de amortiguamiento.....	89
8.2.	Aplicación en casos reales.....	91
9.	Estudio de soluciones. Análisis de alternativas [JLMG].....	98
9.1.	Introducción.....	98
9.2.	Incremento de la rigidez. Barandilla como elemento estructural.....	100
9.2.1.	Razonamientos y cálculos previos.....	102
9.2.2.	Evaluación de la alternativa en SAP2000.....	103
9.2.3.	Conclusiones.....	108
9.3.	Incremento de masa. Aumento del espesor del pavimento.....	108
9.3.1.	Razonamiento y cálculos previos.....	109
9.3.2.	Evaluación de la alternativa en SAP2000.....	109
9.3.3.	Conclusiones.....	118
9.4.	Disposición de amortiguadores.....	119
9.4.1.1.	Análisis teórico del comportamiento de un TMD.....	119
9.4.2.	Cálculo de los valores óptimos del TMD.....	121
9.4.3.	Evaluación de la alternativa en SAP2000.....	123
9.4.4.	Conclusiones.....	127
9.5.	Justificación de la solución adoptada.....	128
10.	Descripción de la solución [JLMG].....	131
10.1.	Diseño del TMD.....	131
10.1.1.	Diseño del TMD con frecuencia propia igual a 1.69 Hz.....	131
10.1.2.	Diseño del TMD con frecuencia propia igual a 3.58 Hz.....	133
10.2.	Proceso constructivo.....	136
10.2.1.	Descripción del montaje del amortiguador de masa sintonizada.....	136
10.2.2.	Trabajos desde la pasarela.....	140
10.2.3.	Trabajos desde el cauce del río.....	145

10.2.4.	Conclusiones .....	152
11.	Valoración económica [JLMG] .....	153
11.1.	Trabajos desde la pasarela.....	153
11.2.	Trabajos desde el cauce del río.....	154
12.	Conclusiones del estudio [JLMG y CPF].....	156
13.	Referencias [JLMG y CPF].....	158

## 1. Objetivos del estudio y alcance [JLMG y CPF]

El objetivo de este estudio es la revisión estructural de la pasarela del Passeig de les Germanies de Gandía sobre el río Serpis incidiendo en su comportamiento dinámico. Dentro de este objetivo genérico se pueden identificar otros objetivos más concretos como son:

- La obtención de datos *in situ* de la pasarela a partir de medidas y fotografías de elementos estructurales y no estructurales y ensayos dinámicos.
- La modelización de la estructura actual basada en la información documental, los datos obtenidos *in situ* y la calibración realizada a partir de los ensayos dinámicos.
- La detección, identificación y cuantificación de los problemas dinámicos que puedan afectar a la funcionalidad, durabilidad o seguridad. Este análisis resulta de la aplicación de la normativa pertinente sobre los modelos generados.
- El análisis de diferentes alternativas que permitan la corregir los problemas detectados atendiendo a la experiencia previa de actuaciones similares, al conocimiento del comportamiento dinámico de la estructura y al análisis computacional de las alternativas.
- La propuesta de una solución incluyendo su descripción y valoración económica teniendo en cuenta las posibles alternativas del proceso constructivo para la realización de dicha actuación.

Puede apreciarse que la enumeración de objetivos mostrada presenta una organización secuencial intrínseca. No es posible realizar con el rigor científico esperable de este estudio cada uno de los objetivos concretos sin haber completado previamente los anteriores. Esto podría llevar a concluir erróneamente que cada uno de los objetivos planteados no son más que un peldaño a superar para alcanzar un objetivo final. Sin embargo, la realidad es que cada uno de los objetivos descritos tiene una posible finalidad propia e independiente.

La obtención de datos *in situ* de la estructura supone una documentación de la realidad existente útil para el desarrollo de cualquier futuro estudio sobre la pasarela. Los resultados de los ensayos y la modelización de la estructura representan una fuente de contraste para la realización de estudios que también tengan como punto de interés su análisis estructural.

Los resultados de la detección, identificación y cuantificación de los problemas dinámicos de la pasarela son una herramienta esencial para que la administración local pueda tomar decisiones fundamentadas sobre la necesidad de actuar e invertir presupuesto en la conservación de una infraestructura existente. Igualmente, estos resultados aportan respuesta a algunas preguntas como ¿las pasarelas pueden presentar problemas de fatiga por la acción dinámica de los peatones?, o también, ¿qué tipo de interacción puede existir entre los tirantes de una pasarela, la propia estructura y la acción dinámica de los peatones? Cabe destacar que actualmente la normativa de referencia para el cálculo de acciones en pasarelas, la IAP-11, no recoge ningún método específico para la comprobación de ELU de fatiga en pasarelas cuando se someten a la acción dinámica del paso de peatones.

Por último, el análisis de las diferentes alternativas aporta un punto de partida para el desarrollo de una solución en caso de que la administración opte por una diferente a la propuesta en el presente estudio.

El trabajo recogido en este documento se centra en el comportamiento estructural, principalmente dinámico, de una estructura construida hace más de 30 años. Aunque muchos de los aspectos introducidos en el presente estudio guardan relación con el mantenimiento de la pasarela o su estado de conservación, y aunque el propio estudio en su misma concepción supone una actuación destinada a la conservación de una estructura a través de la rehabilitación, queda fuera del alcance la redacción de un plan de mantenimiento de los elementos estructurales o no estructurales.

Tampoco forma parte del alcance de este estudio el análisis del comportamiento hidráulico del río Serpis a su paso por la pasarela ni el estudio ambiental asociado a la actuación propuesta.

## 2. Antecedentes y fuentes de información [JLMG y CPF]

### 2.1. Antecedentes

En el año 1986 el Ayuntamiento de Gandía modificó el Plan General del municipio. Con esta modificación se decidió conectar el centro de la ciudad con el otro lado del río Serpis de forma que el lado oriental del cauce formase una gran zona verde y que, además, fuese el nuevo lugar de celebración de la Fira de Gandía. Para materializar la zona verde al lado opuesto del río se diseñó el parque de Ausiàs March. Los terrenos originalmente formados por huertos se convirtieron en jardines escalonados junto al cauce, zonas ajardinadas amplias, un lago y aparcamientos. (Las Provincias, 2017)

Paralelamente a la ejecución de esta zona verde el gobierno local impulsó el proyecto para la construcción de una pasarela que conectase las dos partes del río. El proyecto y la dirección de obra fueron encargados a Juan José Moragues y Roberto Santatecla, actuando como ingenieros consultores en todo el proceso Pedro Fuster, Salvador Monleón y Juan F. Moyá. Tras la adjudicación de la obra a la constructora ECSA se realizaron cambios en el proyecto original, modificando tanto la longitud del vano principal como la separación entre anclaje de tirantes. Además, se añadieron dos vanos de acceso junto al estribo izquierdo (oeste) que no existían en el proyecto inicial

La ejecución del tablero metálico se subcontrató a la empresa Ferromar. El ingeniero autor del diseño original, Salvador Monleón, participó en la supervisión de la ejecución en taller del tablero (soldaduras, calidad, etc.) y dirigió el proceso de tesado ejecutado por la empresa FREYSSINET. La obra, siguiendo el proyecto modificado, se completó el año 1988. En consecuencia, la estructura tiene 32 años de antigüedad en el momento que se redacta este estudio

La pasarela recibe bastantes nombres. Entre ellos están “pasarela del Passeig de les Germanies”, “Pont de la Fira” o “pasarela del Serpis” aunque este último nombre es el que más confusión puede generar puesto que no es el único puente peatonal que cruza el Serpis a la altura de Gandía.

Tras la puesta en servicio se detectaron problemas asociados al comportamiento dinámico de la estructura bajo ciertas condiciones de uso. Hasta la redacción de este estudio no se ha publicado ningún trabajo analizando este problema de la estructura.

Durante los 32 años que ha estado en servicio se han realizado obras en los accesos y aledaños de la pasarela siendo la más reciente la realizada en febrero de 2020, que, con un presupuesto de 350.000 euros financiados por la administración local, ha ampliado el parque Ausiàs March en 12000 m<sup>2</sup> y mejorado la zona peatonal

La empresa GIA, S.L. (Grupo de Ingeniería y Arquitectura S.L.) realizó un informe el año 2011 a petición del Ayuntamiento de Gandía. Dicho informe consistía en una propuesta técnica para la realización de una inspección principal y especial en la pasarela. En esta propuesta técnica se indica la conveniencia de realizar una inspección especial que incluya el análisis dinámico de la estructura para valorar los niveles de confort de los usuarios y detectar si los movimientos producidos por las vibraciones pueden generar a largo plazo deterioros en algunos elementos estructurales. También recomienda realizar un estudio dinámico específico para valorar el comportamiento dinámico de la pasarela bajo diferentes sollicitaciones (incluidas las vandálicas). Estos análisis deberían ir acompañados de una campaña de ensayos. (Marqués, 2011)

La realización del presente estudio se inicia el año 2020 coincidiendo con la pandemia de la enfermedad Covid-19 que, entre otros efectos, ha generado una situación de confinamiento y distanciamiento social. El distanciamiento social ha impedido la celebración de eventos y actividades que más tráfico generan sobre la pasarela. Esto último ha influido en el hecho de que durante la realización del estudio no se haya podido registrar el comportamiento de la estructura en situación de máximo tráfico de peatones.

Previo a la realización de este estudio, se desarrolló un trabajo sobre el diseño original de la pasarela objeto de este estudio en la asignatura de Ingeniería Computacional de Estructuras del último curso del Máster de Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Sin embargo, el estudio que aquí se presenta utiliza una porción mínima del trabajo de la asignatura dadas las siguientes razones, a saber, la naturaleza más simplificada y académica del trabajo mencionado, la diferencia geométrica entre el proyecto de construcción original y el modificado, y, sobre todo, la diferencia de los objetivos de modelación y análisis entre el presente estudio y el trabajo de la asignatura. Para mayor claridad, se informa que únicamente se ha utilizado la definición de las características seccionales del pilono.

## 2.2. Fuentes de información

Las fuentes de información, entendiéndose como tales las diferentes fuentes que han aportado los datos necesarios para la ejecución del estudio, son las siguientes:

- Planos del proyecto de construcción original. [Anejo 4]
- Parte del plano de alzado del proyecto de construcción modificado. [Anejo 4]\*
- Datos obtenidos *in situ* por los autores del estudio conformados por fotografías, mediciones geométricas y registros de las aceleraciones en función del tiempo de diferentes puntos de la estructura. [Anejo 2 y 3]
- La guía técnica sobre pasarelas de Sétra (*Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes*) denominada *Passerelles piétonnes – Evaluation du comportement vibratoire sous l'action des piétons* (Pasarelas peatonales – Evaluación del comportamiento vibratorio bajo la acción de los peatones).
- El Manual de Tirantes creado por el Grupo General de Trabajo de ACHE.
- Testimonio de Salvador Monleón Cremades, cotutor de este estudio.
- Testimonio de diferentes usuarios de la pasarela.
- Informe para la realización de una inspección principal y especial en la pasarela realizado por la empresa Grupo Ingeniería y Arquitectura S.L.
- Comunicación con el área de cultura y festivos del ayuntamiento de Gandía para la obtención de la información relacionada con el uso de la pasarela.
- Comunicación con la empresa MAURER, especializada entre otras cosas en el diseño e instalación de elementos amortiguadores, para la obtención de precios indicativos de los amortiguadores de masa sintonizada (TMD).



- Referencias bibliográficas de diverso tipo. [Apartado 13. Referencias]

En la anterior lista figuran los diferentes apartados o anejos donde se pueden consultar las fuentes de información.

\*Durante la realización del estudio únicamente ha estado a disposición de los autores la parte del alzado del proyecto modificado referente a los vanos de acceso. Esto se debe a que inicialmente se pensaba que la única diferencia entre el modelo original y el modificado era la adición de los vanos de acceso junto al estribo izquierdo. Por las dificultades de acceso a la escuela durante el confinamiento, el plano completo del alzado del proyecto modificado no ha sido obtenido hasta después de finalizado el estudio.

Debe entenderse esta cronología de sucesos relacionados con el acceso a las fuentes de información para comprender la importancia de la calibración del modelo. Mediante los ensayos dinámicos realizados sobre la estructura se pudo detectar la incongruencia de dimensiones del vano principal con respecto a las del proyecto original.

También se debe tener en cuenta que las posiciones de las secciones de anclaje de tirantes tuvieron que ser medidas manualmente tras la detección de la incongruencia. La medición de grandes distancias entre dos puntos a los cuales no se tiene completo acceso mediante cinta métrica presenta cierta imprecisión. Esto ha conducido a que existan ligeras diferencias entre los planos del proyecto modificado (recordemos adquirido en su totalidad tras la finalización del estudio) y los modelos realizados. En todo caso, estas últimas diferencias generadas por la imprecisión en la medición están lejos de afectar significativamente los resultados de los modelos realizados.

### 3. Descripción de la pasarela [JLMG y CPF]

La descripción de la pasarela se ha subdividido en la descripción de su ubicación, la descripción estructural y la descripción de su equipamiento.

#### 3.1. Ubicación

La pasarela del Passeig de les Germanies (o Pont de la Fira) se sitúa en el término municipal de Gandía, provincia de Valencia (España). Se trata de una de las 8 infraestructuras que cruzan el río Serpis a la altura del núcleo urbano.



Imagen 1 Ubicación de Gandía en la Comunidad Valenciana. (Fuente: Google Maps)

Además de la pasarela objeto de estudio existen otras tres infraestructuras de uso peatonal que cruzan el Serpis a la altura del casco urbano. Son el puente de la antigua línea de ferrocarril Alcoi-Puerto de Gandía, el puente viejo de Oliva y la pasarela del Carrer Bellreguad. Todas estas pasarelas, más otros puentes para la circulación de vehículos, conectan la margen izquierda del río Serpis (oeste), ocupada por el casco urbano de Gandía con la margen derecha ocupada por polígonos industriales, centros comerciales, zonas verdes, aparcamientos y el Hospital Comarcal Francesc de Borja.



Imagen 2 Plano de Gandía y ubicación de la pasarela del Passeig de les Germanies. (Fuente: Google Maps)

Concretamente, la pasarela del Passeig de les Germanies (o Pont de la Fira) conecta la Plaça del Tirant situada al final del Passeig de les Germanies en la margen izquierda del río con el parque de Ausiàs March y el aparcamiento de la Fira en la margen derecha. Justo en el extremo occidental de la pasarela, junto a la Plaça de Tirant se encuentra el palacio ducal de los Borja del siglo XIV, considerado bien de interés cultural desde 1964.

Los usuarios habituales de la pasarela en días laborales son los habitantes y trabajadores del centro histórico y de las calles colindantes al Passeig de les Germanies que estacionan sus vehículos en el aparcamiento de la Fira al otro margen del río. También son habituales los usuarios que utilizan la pasarela para acceder y pasear por las zonas verdes del parque de Ausiàs March y los que asisten a la escuela de música de Gandía.

Los sábados realiza un mercadillo junto al parque de la margen derecha que atrae a una cantidad considerable de peatones, pero son los días de la *Fira i Festes de Gandia* entre el 27 y 30 de septiembre cuando más tráfico soporta la pasarela. En esos días se instala una feria que ocupa los aparcamientos y la zona peatonal de la margen derecha.

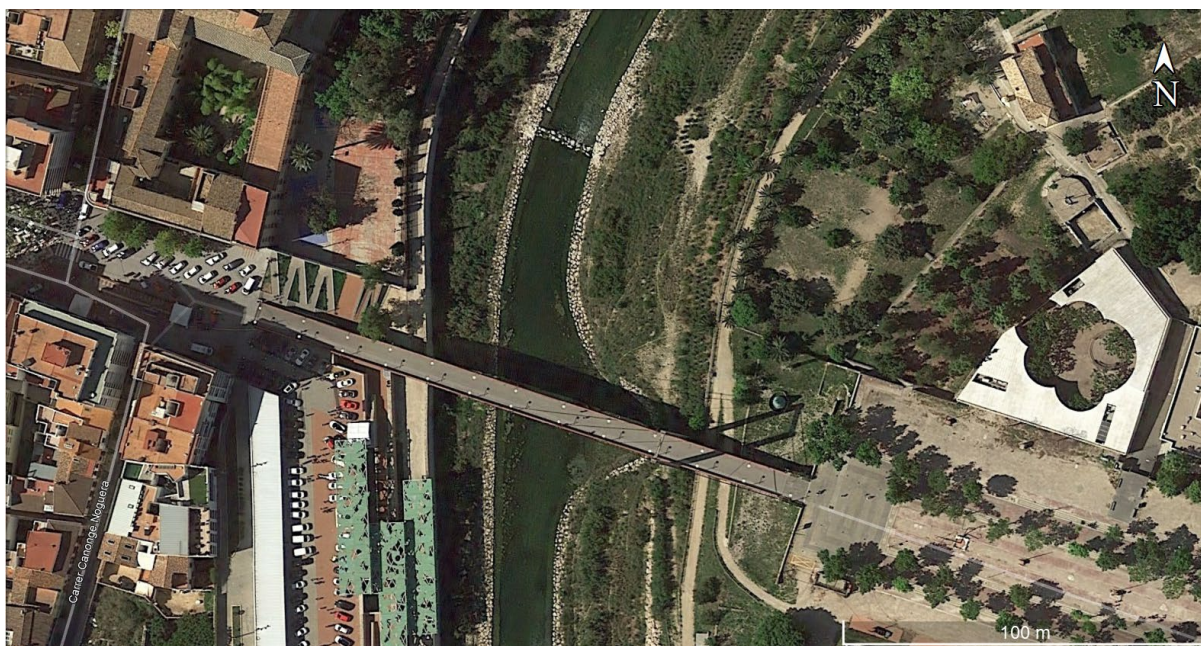


Imagen 3 Vista satélite de la pasarela del Passeig de les Germanies en Gandía. (Fuente: Google Earth)

### 3.2. Descripción estructural

La pasarela del Passeig de les Germanies es un puente peatonal con la tipología estructural de un puente atirantado. Sus materiales son acero estructural en el tablero y hormigón armado en el pilono las pilas y los estribos.

Presenta cuatro vanos con tres apoyos intermedios cuyas longitudes son, de izquierda (zona urbana) a derecha (parque de Ausiàs March y aparcamientos de la Fira) son las siguientes: 20; 28; 75 y 30 metros. El primero de los vanos, de 20m de longitud no se encuentra visible puesto que está ocultado por unos muros de mampostería.

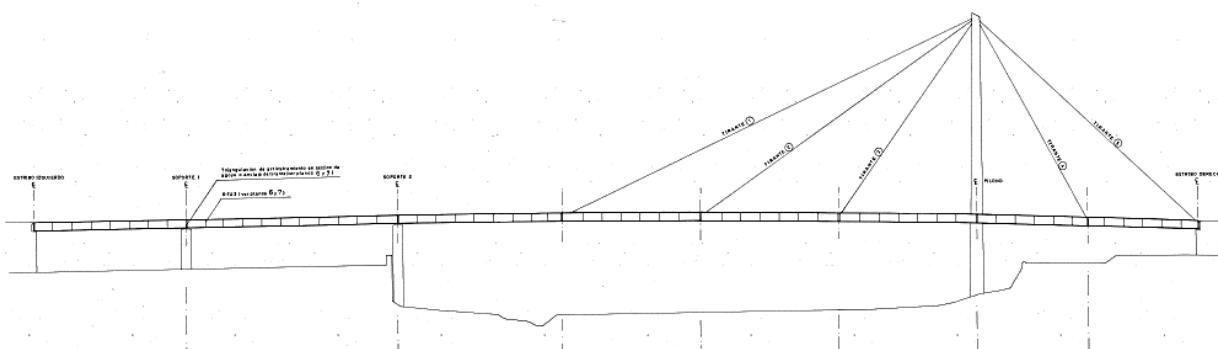


Imagen 4 Esquema del alzado de la pasarela. (Fuente: Proyecto modificado de construcción).



Imagen 5 Vista parcial del alzado de la pasarela. (Fuente: elaboración propia).

El tablero funciona estructuralmente como una viga continua sobre apoyos y atirantada en el vano principal de 75m y el tramo de 30m situado entre el pilono y el estribo derecho. El atirantamiento se realiza mediante dos planos de tirantes situados en los extremos de la sección transversal del tablero del tablero. Cada uno de los planos está compuesto por un conjunto de 5 tirantes y la denominación asignada a ellos en este estudio es T1, T2, T3 T4 y T5 de izquierda a derecha especificando norte o sur en función del plano de tirantes. Los tirantes T5 son los cables de retenida de la estructura y se anclan a unos macizos del estribo derecho.

El tablero presenta una sección abierta por la parte inferior con una anchura de 7m y un canto de 1.25m. La sección transversal del tablero se compone en parte por dos vigas de sección cerrada en los extremos laterales. Estas vigas se conectan por la parte superior mediante una chapa metálica rigidizada en dirección longitudinal y transversal con correas de sección en U y mediante perfiles recortados IPN 270 respectivamente. Esta chapa junto con la parte superior de las vigas de sección cerrada laterales genera la superficie peraltada que sustenta el pavimento. Por la parte inferior, las vigas de sección cerrada se unen mediante una triangulación en forma de K.

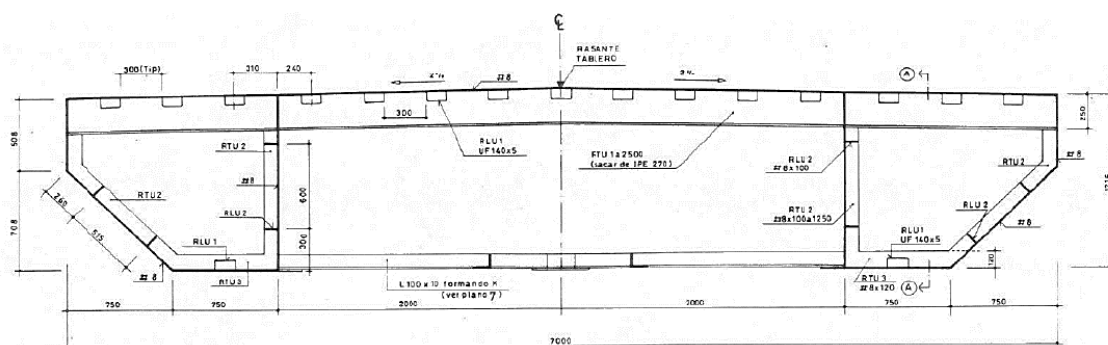


Imagen 6 Plano de sección transversal tipo. (Fuente: Proyecto de construcción original).



Imagen 7 Vista inferior del tablero. (Fuente: elaboración propia)

En las secciones de apoyo y de anclaje de péndolas se ha dispuesto una rigidización adicional de la sección para evitar su distorsión mediante una triangulación perpendicular al eje del tablero.

Los apoyos verticales se materializan mediante dos neoprenos en el plano transversal por lo que las luces de torsión equivalen a las luces de flexión en el plano de alzado. En el estribo derecho, además existen unos neoprenos dispuestos de tal forma que reciben el empuje horizontal del tablero contra el estribo.

El pilono está formado por columnas de hormigón armado de sección maciza variable con la altura, arriostradas mediante una viga de hormigón (riostra) situada a la altura del anclaje de tirantes, esto es, la parte más alta del pilono. La riostra presenta una sección transversal constante también maciza. Las bases de las columnas están empotradas en el terreno natural y el apoyo del tablero sobre el pilono se materializa mediante unas ménsulas cortas.

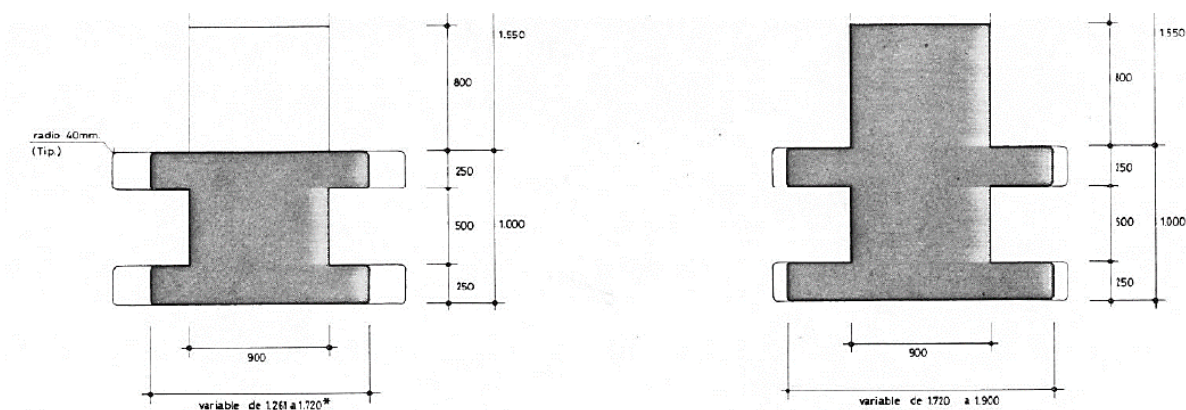


Imagen 8 Planos de las secciones transversales del pilono sobre el tablero (izquierda) y debajo de él (derecha). (Fuente: Proyecto de construcción original).

Los tirantes están formados por un número variable de cordones paralelos de 7 alambres. Los cordones se enfilaron *in situ* dentro de una vaina de polietileno y se inyectó lechada de cemento como medida de protección contra la corrosión.

El montaje del tablero se realizó sobre apeos provisionales contruidos sobre el cauce. Una vez terminado el tablero se procedió a instalar los tirantes y a realizar el proceso de tesado. El criterio utilizado para la definición del proceso de tesado fue que al alcanzar las tensiones deseadas en los tirantes el tablero se despegase aproximadamente un milímetro de los apeos provisionales. Una vez finalizado el tesado se pudieron retirar los apeos.



Imagen 9 Vista general de la estructura de la pasarela. (Fuente: elaboración propia).

### 3.3. Equipamientos

La pasarela está equipada por un pavimento de hormigón en masa de 2cm de espesor, unas barandillas metálicas de sección cilíndrica de 40cm de diámetro exterior dispuestas sobre unas lamas verticales del mismo material separadas 12.5cm y una serie de farolas dispuestas cada 17.5m. Las barandillas están seccionadas cada 12.5m mediante juntas de 1cm de anchura para evitar que los esfuerzos resistentes del tablero se transfieran a las barandillas. Por debajo de la pasarela se ha instalado el paso de algunas tuberías y cables.



Imagen 10 Vista de los equipamientos desde el estribo izquierdo. (Fuente: elaboración propia).



#### 4. Normativa [JLMG y CPF]

La normativa utilizada para el desarrollo de este estudio compone la siguiente lista:

- *IAP-11. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de las acciones en puentes de carretera.* Aprobada en 2011 por la Orden FOM/2842/2011 de 29 de septiembre.
- *EAE Instrucción de Acero Estructural.* Aprobada por el Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo.
- *Eurocódigo 2: Diseño de Estructuras de Hormigón UNE-EN 1992-2:2013*
- *EHE 08. Instrucción de Hormigón Estructural.* Aprobada por el Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio

La información recogida en las anteriores normativas se ha complementado con el uso las siguientes guías técnicas:

- *Manual de Tirantes. Recomendaciones y manuales técnicos. Estructuras y Edificación (E-12).* Publicado por la Asociación científico-técnica del hormigón estructural (ACHE) en el año 2007.
- *Passerelles piétonnes: Evaluation du comportement vibratoire sous l'action des piétons* (Pasarelas peatonales: Evaluación del comportamiento vibratorio bajo la acción de los peatones), publicado en 2006 por el servicio de estudios técnicos de carreteras y autovías Sétra (Service d'études techniques des routes et autoroutes) del ministerio francés de transporte.

La aplicación de las normas o guías técnicas anteriores queda indicada a lo largo del presente documento.

De forma puntual se han utilizado la norma estatal *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental*, y la *Ley 2/1989, de 3 de marzo, de la Generalitat Valenciana, de Impacto Ambiental* para valorar si la solución propuesta requiere de una evaluación de impacto ambiental.

## 5. Calibración. Métodos, resultados y discusión [CPF]

En este apartado se describe el trabajo realizado para la calibración del modelo de elementos finitos desarrollado en SAP2000 a partir de los resultados obtenidos de los ensayos dinámicos llevados a cabo sobre la pasarela.

Tras el análisis de los resultados de las pruebas dinámicas sobre la pasarela, que se presentan en este apartado de la memoria y en el Anejo 3 del estudio, se pudo comprobar que el modelo realizado a partir de la geometría del proyecto original añadiendo los vanos de acceso junto al estribo izquierdo mostraba un comportamiento dinámico que difería significativamente de la registrada *in situ*. En el apartado 5.4.3 sobre la discusión de resultados relacionados con las frecuencias propias de vibración de la estructura queda recogido el proceso de investigación realizado que culmina con el siguiente descubrimiento: el proyecto modificado no solo supuso la adición de un par de vanos de acceso, sino que también se modificó la luz del vano principal.

Lo que se pretende al incluir el apartado 5.4.3 en la memoria es reflejar la importancia de los ensayos dinámicos y su comparación con modelos informáticos puesto que a través de dicha comparación resulta posible detectar fallos en el modelado o en las fuentes de información que de otra forma podrían haber permanecido desapercibidos.

Además de detectar los cambios en la geometría del alzado, otros resultados del proceso de calibración han permitido completar los datos para el desarrollo del modelo informático en SAP2000 denominado *Modelo global estado actual*, descrito en el Anejo 1. Esta ha sido la herramienta de los cálculos dinámicos de ELS y ELU asociados al estado actual de la pasarela y la base de los modelos realizados para analizar el comportamiento dinámico de las diferentes alternativas en el estudio de soluciones.

### 5.1. Objetivos de la calibración

Los objetivos de la calibración del modelo han sido los siguientes:

- Determinar los valores reales de las primeras frecuencias propias de la pasarela. Estos valores de frecuencias naturales son esenciales para un correcto análisis del ELS de vibraciones y para poder valorar correctamente la eficacia de las diferentes alternativas.
- Comprobar que el modelo represente correctamente los valores de rigidez, masa y geometría de la estructura real comparando los valores de frecuencias naturales obtenidas de los ensayos dinámicos con los resultados del análisis de modos de vibración del modelo realizado.
- Determinar el valor del coeficiente de amortiguamiento (*damping ratio*) asociado a los modos de vibración principales.
- Determinar las frecuencias propias de vibración de los tirantes y obtener a partir de esos datos el esfuerzo de axil al que se encuentra sometido cada uno.

Queda fuera de los objetivos de la calibración la obtención de la respuesta dinámica bajo la acción debida al uso masivo de la pasarela para contrastar con los resultados del modelo cuando se somete a las acciones definidas en Séttra (2006). Para la realización de estas pruebas se requiere la afluencia

masiva de peatones, que es incompatible con las medidas de distanciamiento social requeridas por la situación de la enfermedad Covid-19.

## 5.2. Métodos y herramientas

El método utilizado para la calibración ha sido la medición de series históricas de aceleraciones en diferentes puntos de la estructura bajo la acción de una carga dinámica casi aleatoria que se definirá posteriormente en este apartado. Los puntos donde se han tomado medidas de aceleración han sido los siguientes:

- Punto A. Situado en el tablero a media distancia entre el anclaje del tirante 1 y 2. Supone aproximadamente el centro de vano principal, donde el efecto del primer modo de vibración vertical del conjunto de la estructura debería ser más notable (una semionda).
- Punto B. Situado en el tablero a media distancia entre el anclaje del tirante 2 y 3. La distancia de este punto al apoyo del pilono es aproximadamente una cuarta parte de la luz del vano principal. Se trata del punto donde supuestamente el efecto del segundo modo de vibración vertical del conjunto de la estructura debería ser más notable (onda completa).
- Tirante 1 norte y tirante 1 sur.
- Tirante 2 norte y tirante 2 sur.
- Tirantes 3, 4 y 5 del plano sur de tirantes.

El punto de colocación del acelerómetro en los tirantes se encuentra a la altura del ojo humano cuando este se sitúa sobre el tablero. Esto significa una distancia de aproximadamente 3.5 metros entre el punto de medición y el anclaje. Debe entenderse que esta posición no es la óptima para la obtención de los datos puesto que se encuentra muy próxima a los extremos. Sin embargo, teniendo en cuenta la dificultad que presenta el acceso a puntos más elevados del tirante y la limitación de recursos no se observó otra opción viable.

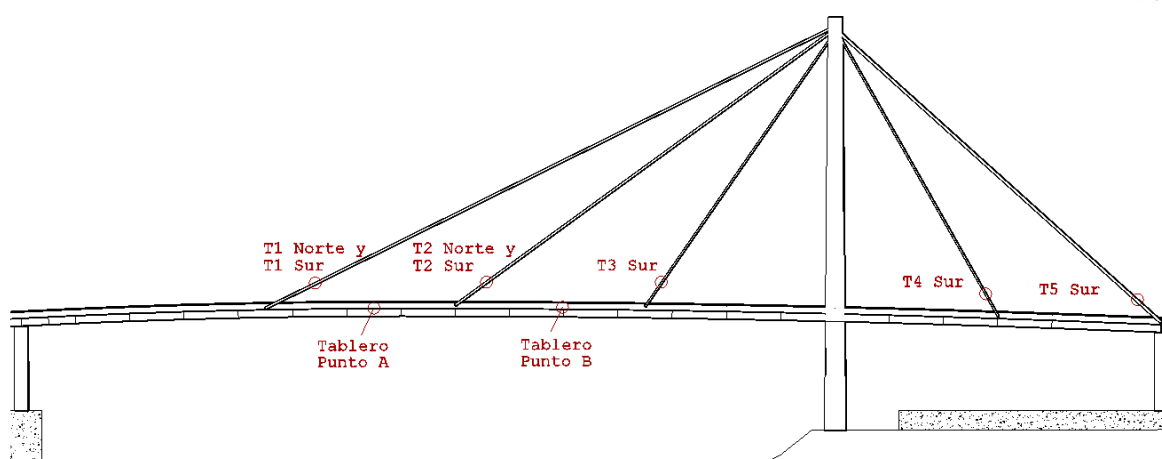


Imagen 11 Posición de los puntos de los ensayos dinámicos y registros de aceleraciones. (Fuente: elaboración propia).

Se han tomado medidas en los tirantes T1 y T2 del plano norte para comprobar la simetría de los axiles en los tirantes y poder complementar la información obtenida de los tirantes T1 y T2 del plano sur.

La acción casi aleatoria a la que se ha sometido la pasarela en los puntos A y B para obtener las mediciones ha sido generada por el concatenamiento de saltos sobre el tablero realizados por una o los dos personas, lo que supone una serie de impulsos e impactos de una masa entre 90 y 160 Kg. Antes de realizar cada registro se ha variado la frecuencia de los saltos hasta conseguir excitar el movimiento de la estructura. En ese momento se inicia el registro y a la mitad del mismo se interrumpe la acción dinámica obteniendo como resultado a partir de ese instante una vibración libre de la estructura. En resumen, los registros obtenidos en los puntos A y B se dividen en una parte inicial correspondiente a una vibración forzada y una segunda parte de vibración libre.

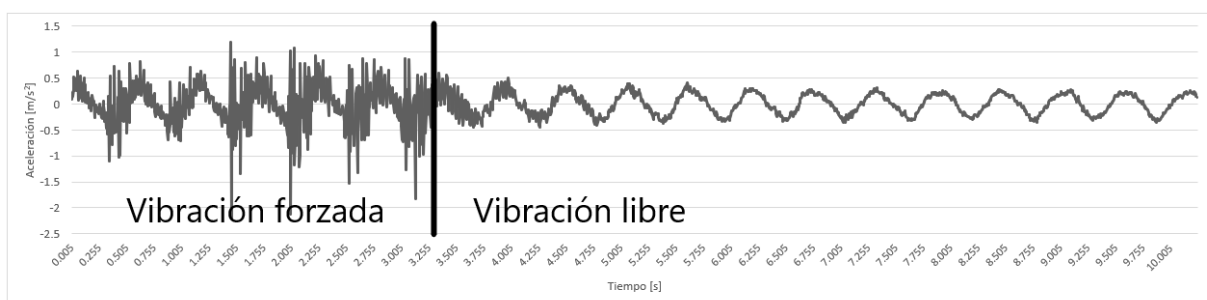


Imagen 12 División de la serie temporal de aceleraciones en A entre vibración libre y forzada. (Fuente: elaboración propia).

La acción utilizada para excitar los tirantes ha sido la aplicación manual de impulsos aleatorios sobre el cable a una altura próxima al punto de medida. Aunque parezca rudimentario, en el Manual de Tirantes (ACHE, 2007) se afirma que la aplicación práctica ha puesto de manifiesto que la mayor precisión en la obtención de las frecuencias de vibración de un tirante de longitud inferior a 35m se obtiene utilizando una excitación manual. Los registros de aceleraciones obtenidos en los tirantes muestran únicamente una vibración libre.

Las medidas se realizaron el 9 de junio de 2019 entre las 15:00h y las 17:00h cuando la circulación por la pasarela era mínima. De esta forma se ha asegurado que el paso de peatones no interfiriese con la medición de las vibraciones libres necesarias para la obtención del coeficiente de amortiguamiento. Al ser únicamente los redactores de este documento los ocupantes de la pasarela en el momento de realizar las mediciones los resultados *in situ* deben compararse con los resultados obtenidos del modelo informático bajo la suposición de masa de pasarela sin peatones.

Con los tramos de registro de vibraciones libres se pueden obtener los valores del coeficiente de amortiguamiento (*damping ratio*) asociados a los modos de vibración principales mediante el método del decremento logarítmico. Este método consiste en medir la amplitud de la aceleración en un instante  $t$  ( $\ddot{u}_i$ ) y en un instante  $t+\Delta t$  ( $\ddot{u}_{i+1}$ ), donde  $\Delta t$  equivale al periodo natural de vibración. Posteriormente se aplica la siguiente fórmula:

$$\xi = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{\ddot{u}_i}{\ddot{u}_{i+1}} \quad [1]$$

La fórmula [1] se puede generalizar para el caso en el que la medición se realice entre dos puntos separados  $j$  ondas completas mediante la siguiente fórmula [4] (Chopra, 2017):

$$\xi = \frac{1}{2\pi j} \ln \frac{\ddot{u}_i}{\ddot{u}_{i+j}} \quad [2]$$

Al tomar medidas más separadas en el registro de aceleraciones el valor del decremento y se suavizan los posibles errores debidos al ruido de la medición y el de la presencia de otros modos de vibración. Por este motivo se utiliza la formula general [2].

Para el análisis de las frecuencias propias de vibración se realiza la transformada de Fourier de las series históricas de aceleraciones mediante la herramienta incorporada en Excel. De esta forma se obtiene un cambio de los datos del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia que permite visualizar con mayor claridad y precisión la presencia de los diferentes modos de vibración y sus frecuencias. Para realizar esta transformación mediante Excel se requiere que el número de puntos sea una potencia de 2. Por este motivo, para la realización de este análisis se recorta el registro histórico a uno de solo 2048 datos. Teniendo en cuenta que el paso temporal de las mediciones realizadas es de 0.005 segundos, los registros se limitan a una extensión de 10.24 segundos.

Los resultados que vuelca el programa Excel al realizar la transformada rápida de Fourier son números complejos. Se debe calcular el módulo de los números complejos, dividirlos por  $N=2048$  y asignar a cada uno de ellos una frecuencia igual a  $n/(2048 \cdot 0.005) = 0.0977 \cdot n$ , donde  $n$  es la posición de cada número en la lista obtenida. La lista empieza con  $n=0$  y su valor se corresponde con la media a lo largo del tiempo del registro de aceleraciones.

La herramienta utilizada para la toma de mediciones ha sido el acelerómetro incluido en un móvil Motorola versión *Moto G7 power*. La aplicación utilizada para el registro de la serie histórica de aceleraciones ha sido la aplicación de Android *Accelerometer Analyzer*, la cual, dispuesta a máxima velocidad del sensor registra datos cada 0.005 s. Esta aplicación permite elegir entre tener en cuenta el componente de la aceleración de la gravedad o no, sin embargo, en la toma de datos realizada durante el ensayo no se desactivó el registro de la gravedad y se requirió corregir los datos *a posteriori* teniendo en cuenta la media de aceleración de cada registro.

### 5.3. Resultados

Todas las series temporales de aceleraciones en los diferentes puntos de la estructura en las cuales se basan los resultados obtenidos en este apartado se recogen en el *Anejo 3: Anejo de calibración* del presente estudio. En dicho anejo se muestran las series de aceleraciones en un formato gráfico y numérico.

#### 5.3.1. Análisis de las series temporales en el dominio de la frecuencia

La aplicación de la transformada de Fourier sobre las series temporales de aceleraciones da como resultado la obtención de gráficas de las aceleraciones registradas en el dominio de la frecuencia en vez del dominio del tiempo. De esta forma, detectando los picos que se producen en estas gráficas resulta más fácil identificar las frecuencias propias de vibración de la estructura.

Las magnitudes de los picos o máximos relativos en estas gráficas dependen del estado vibratorio de la estructura, que a su vez depende de la acción dinámica a la que se ha sometido. Sin embargo, en una situación de vibración libre el valor de la frecuencia de dichos picos, o lo que es lo mismo, su posición en la gráfica, es independiente de la acción dinámica aplicada. El movimiento de un sistema de varios grados de libertad con amortiguación de tipo clásica en condiciones de vibración libre es el resultado de la combinación de sus diferentes modos de vibración actuando con diferentes fases y

amplitudes (Chopra, 2017). Por esta razón, cada pico o máximo relativo en los gráficos en el dominio de la frecuencia representa una frecuencia propia de la estructura.

Si bien es cierto que cada pico se puede asociar a una frecuencia propia de vibración, no se puede asegurar lo contrario, esto es, que cada frecuencia propia de vibración existente deba de reflejarse como un máximo relativo en las gráficas. Esto se debe al hecho de que la acción aplicada sobre la estructura puede que no movilice ciertos modos de vibración.

A continuación, se muestran las gráficas de las series temporales de aceleración expresadas en el dominio de la frecuencia y, junto a ellas, la posición de los picos de aceleraciones.

▪ Punto A del tablero

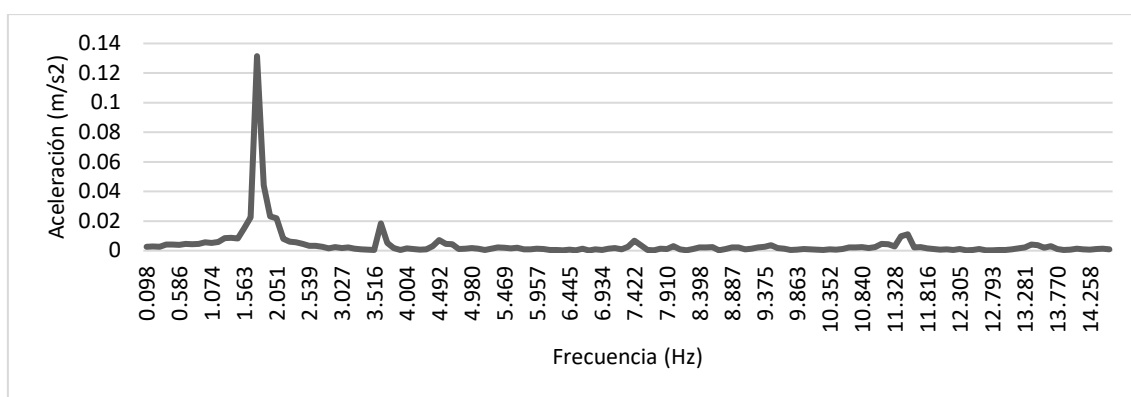


Gráfico 1 Respuesta dinámica del punto A en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia).

Los valores máximos se registran en:

- $f=1.76/1.80$  Hz
- $f=3.61$  Hz
- $f=4.59$  Hz

Se decide contrastar los anteriores resultados con los resultados que aporta el mismo registro si se elimina la parte de vibraciones forzadas. La respuesta dinámica en ese caso presenta la siguiente gráfica de aceleraciones en el dominio de la frecuencia:

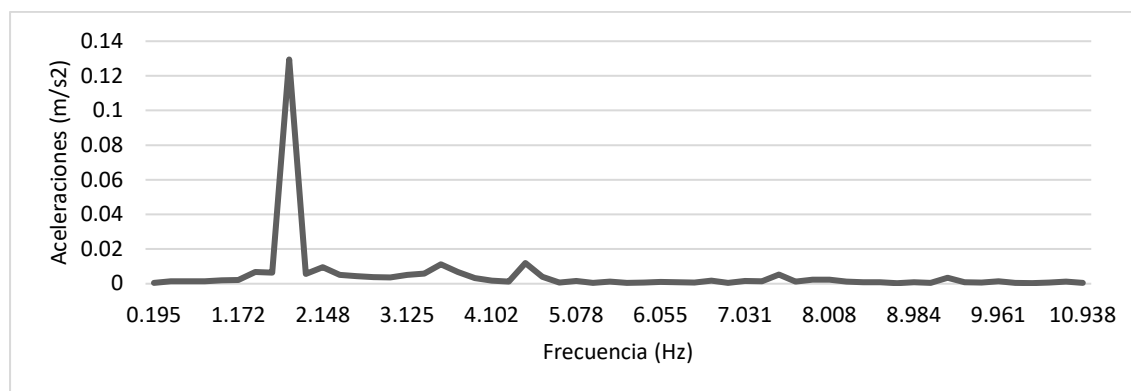


Gráfico 2 Respuesta dinámica del punto A expresada en el dominio de la frecuencia. Únicamente vibración libre. (Fuente: elaboración propia).

Los valores máximos se registran en:

- $f=1.76$  Hz
- $f=3.71$ Hz
- $f=4.49$  Hz

No se aprecia una diferencia significativa en la posición de los máximos relativos al comparar los resultados obtenidos teniendo en cuenta toda la serie temporal y los resultados obtenidos teniendo en cuenta únicamente la vibración libre.

▪ Punto B del tablero

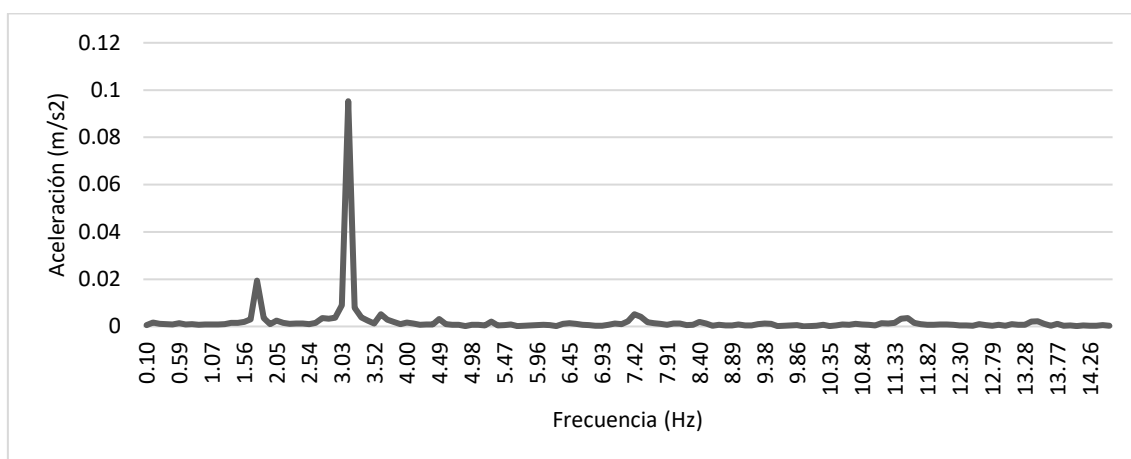


Gráfico 3 Respuesta dinámica del punto B expresada en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia)

Los valores máximos se registran en:

- $f=1.76/1.80$  Hz
- $f=3.13$  Hz
- $f=3.61$  Hz
- $f=4.49$  Hz

▪ Tirante T1 norte

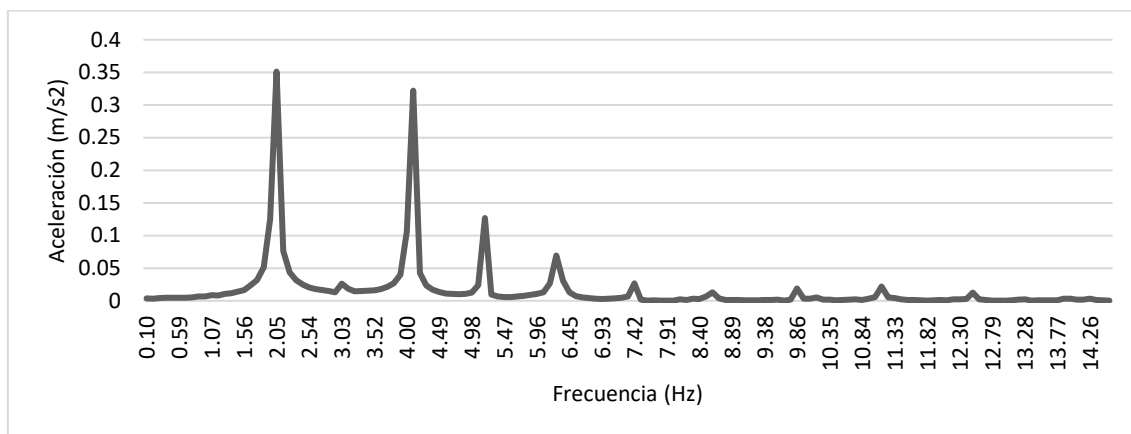


Gráfico 4 Respuesta dinámica en tirante T1 norte en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia)

Los valores máximos se registran en:

- $f=2.05$  Hz
- $f=3.03$  Hz
- $f=4.10$  Hz
- $f=5.18$  Hz
- $f=6.25$  Hz

▪ Tirante T1 sur

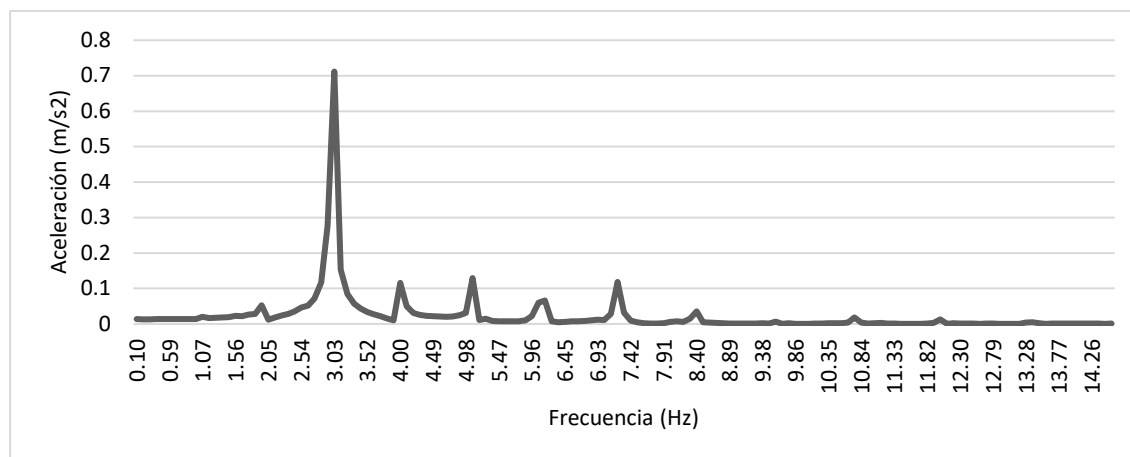


Gráfico 5 Respuesta dinámica en tirante T1 sur en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia)

Los valores máximos se registran en:

- $f=1.95$  Hz
- $f=3.03$  Hz
- $f=4.00$  Hz
- $f=5.08$  Hz
- $f=6.15$  Hz

▪ Tirante T2 norte

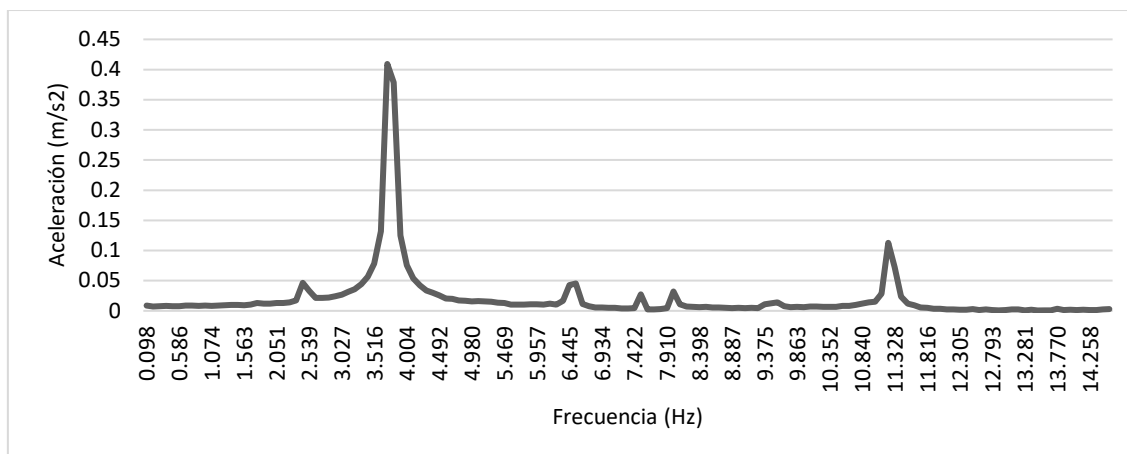


Gráfico 6 Respuesta dinámica en tirante T2 norte en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia)



Los valores máximos se registran en:

- $f=2.41$  Hz
- $f=3.75$  Hz
- $f=6.45$  Hz
- $f=7.52$  Hz

▪ Tirante T2 sur

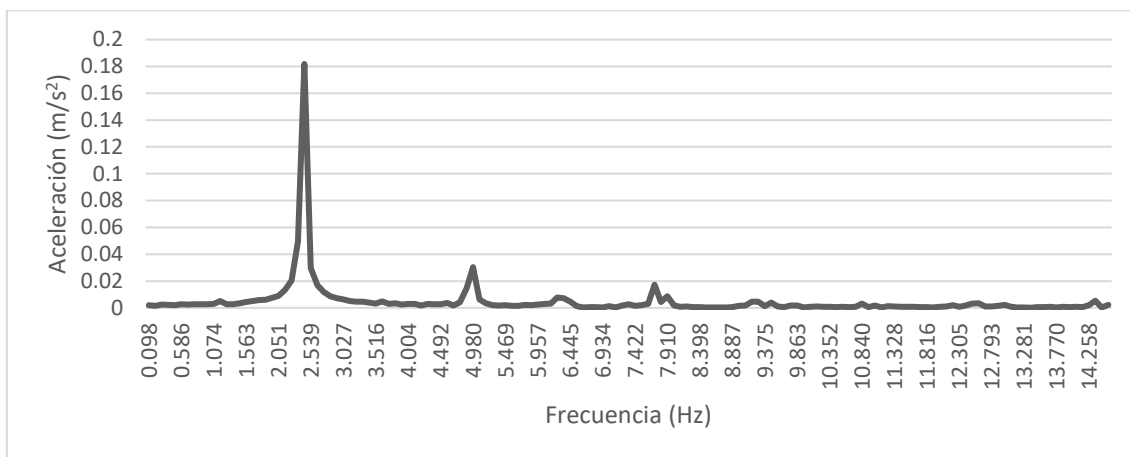


Gráfico 7 Respuesta dinámica en tirante T2 sur en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia)

Los valores máximos se registran en:

- $f=2.41$  Hz
- $f=4.98$  Hz
- $f=6.25$  Hz
- $f=7.7$  Hz

▪ Tirante T3 sur

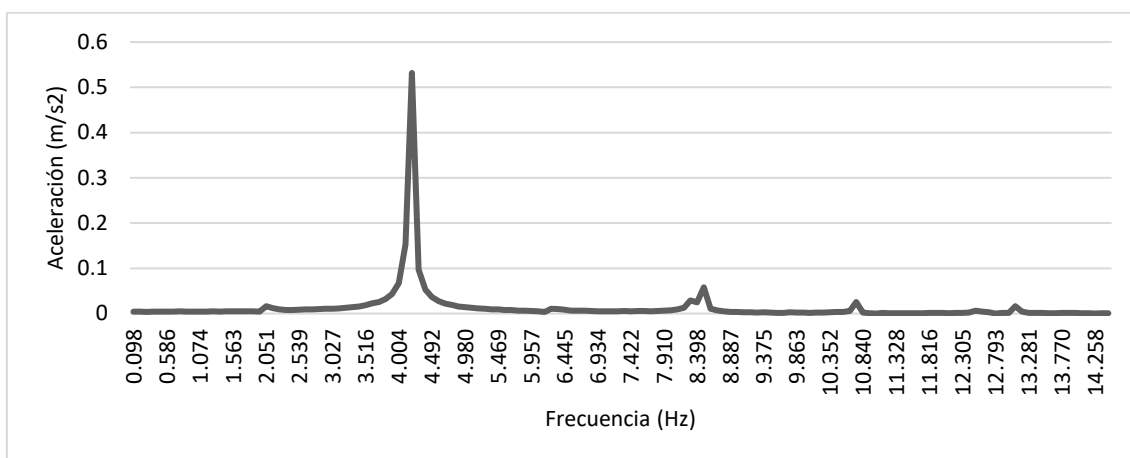


Gráfico 8 Respuesta dinámica en tirante T3 sur en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia)

Los valores máximos se registran en:

- $f=4.20$  Hz
- $f=8.50$  Hz
- $f=10.84$  Hz

▪ Tirante T4 sur

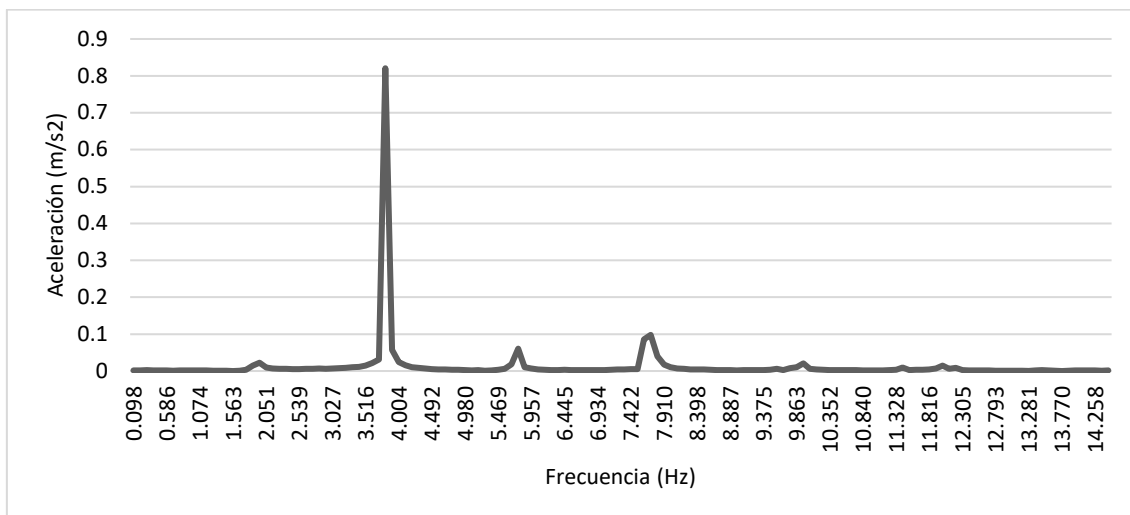


Gráfico 9 Respuesta dinámica en tirante T4 sur en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia)

Los valores máximos se registran en:

- $f=3.81$  Hz
- $f=5.86$  Hz
- $f=7.81$  Hz

▪ Tirante T5 sur

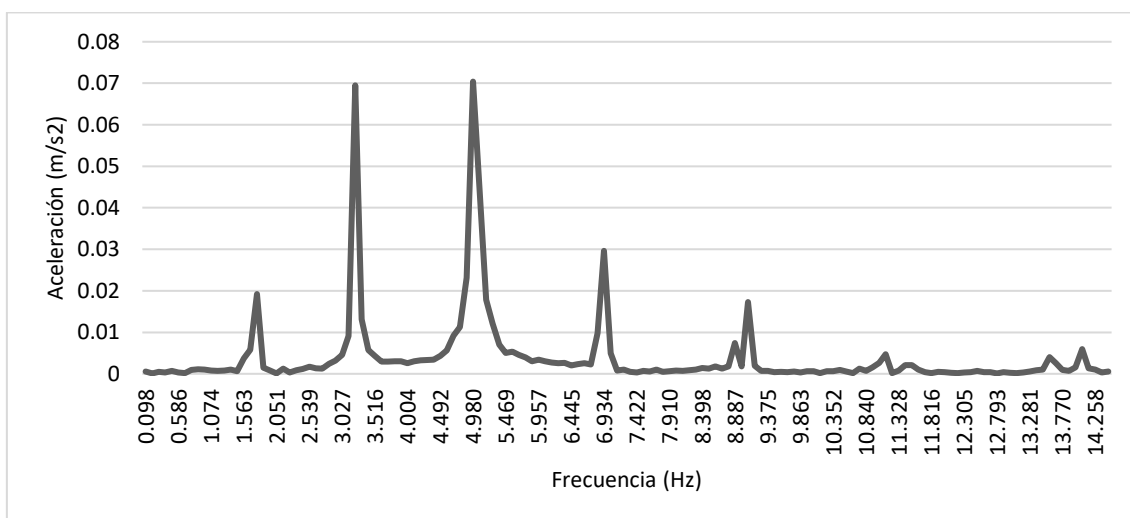


Gráfico 10 Respuesta dinámica en tirante T5 sur en el dominio de la frecuencia. (Fuente: elaboración propia)

Los valores máximos se registran en:

- $f=1.70$  Hz
- $f=3.22$  Hz
- $f=4.98$  Hz
- $f=6.93$  Hz

Durante el ensayo de los tirantes T3 y T4 se pudo apreciar claramente como el modo de vibración excitado era el segundo (onda completa del tirante).

### 5.3.2. Coeficiente de amortiguamiento

Para el cálculo del coeficiente de amortiguamiento  $\xi$  (*damping ratio*) se ha utilizado los resultados de vibración libre de la serie temporal de aceleraciones en el punto A. Se realiza un cálculo separado considerando los valores cresta y los valores valle de la serie temporal para, posteriormente, realizar un promedio de los dos valores de coeficiente de amortiguamiento obtenidos.

#### ▪ Valore valle:

$$t_1=5.94 \text{ s} \quad a_1= -0.291\text{m/s}^2$$

$$t_2=9.315 \text{ s} \quad a_2= -0.256\text{m/s}^2$$

Entre  $t_1$  y  $t_2$  hay una separación de 6 ondas por lo que  $j=6$  en la fórmula [2]. Aplicando dicha fórmula se obtiene:

$$\xi_{valle} = \frac{1}{2 \cdot 6 \cdot \pi} \ln \frac{-0.291}{-0.256} = 0.0034 = 0.34\%$$

#### ▪ Valores cresta:

$$t_1=6.185 \text{ s} \quad a_1= -0.280\text{m/s}^2$$

$$t_2=9.605 \text{ s} \quad a_2= -0.250\text{m/s}^2$$

Al igual que en el cálculo con los valores valle, entre  $t_1$  y  $t_2$  hay una separación de 6 ondas por lo que  $j=6$  en la fórmula [2]. Aplicando dicha fórmula se obtiene:

$$\xi_{valle} = \frac{1}{2 \cdot 6 \cdot \pi} \ln \frac{-0.280}{-0.250} = 0.0032 = 0.32\%$$

Por último, se realiza una media del coeficiente de amortiguamiento calculado mediante los valores cresta y valle de la serie temporal.

$$\xi = \frac{0.34 + 0.32}{2} = 0.33\%$$

Se concluye que el coeficiente de amortiguamiento de los primeros modos de vibración de la estructura cuando la amplitud de los desplazamientos es reducida es 0.33%

## 5.4. Discusión de resultados

Una vez conocidos los resultados de los ensayos dinámicos queda interpretarlos, compararlos con los datos recogidos en las normativas, compararlos con los resultados obtenidos mediante modelos y utilizarlos para obtener más información sobre el estado de la estructura. Esta serie de diversos análisis basados en los resultados conforman este apartado denominado discusión de resultados.

### 5.4.1. Obtención de los esfuerzos de axil en los tirantes

Hay dos razones principales que han motivado la obtención de las frecuencias naturales de vibración de los tirantes. Estas razones son poder estudiar la interacción de vibraciones entre la estructura general y los tirantes, que es claramente apreciable durante las visitas a la pasarela, y poder obtener los esfuerzos de axil en los tirantes.

La obtención de los esfuerzos de axil en los tirantes permite realizar los cálculos dinámicos utilizando la matriz de rigidez geométrica resultante de la última iteración del cálculo no lineal P-delta. El uso de este tipo de matriz de rigidez permite valorar la influencia de los axiles en la rigidez a flexión de una barra de forma que es más rígida conforme mayor es su axil de tracción. Los axiles en los tirantes permiten obtener su rigidez a flexión, que, en caso de realizarse un cálculo lineal, sería prácticamente nula y no podría obtenerse su comportamiento dinámico real. En definitiva, si no se obtiene la tensión a la que se encuentran los tirantes no puede analizarse correctamente el comportamiento dinámico de la estructura y en especial su interacción con estos elementos.

Para finalizar esta argumentación sobre la utilidad de obtener los esfuerzos de axil en los tirantes cabe destacar que una distribución anómala de los axiles podría evidenciar problemas en alguno de los tirantes debidos a la corrosión. Las anomalías que podrían detectarse serían:

- Asimetría en los axiles entre los planos de tirantes norte y sur
- Que al incorporar los axiles obtenidos al modelo de la estructura se obtenga una deformada bajo la acción de cargas permanentes (incluido el tesado necesario para recrear los axiles) que difiera de forma significativa de la geometría sin deformar.

La detección de anomalías en los axiles de los tirantes tiene como fundamento el hecho de que el sistema tablero-tirantes es hiperestático y la pérdida de rigidez de algún tirante debido a su corrosión se traduce en una redistribución de esfuerzos.

Una vez justificada la necesidad de obtener los axiles de los tirantes y su posterior aplicación se puede proceder al análisis de los resultados. Observando la gráfica de la respuesta en el dominio de la frecuencia del tirante T1 norte se aprecia que los valores de la frecuencia de los picos registrados siguen una distribución de múltiplos de 1Hz aproximadamente (2,05; 3,03; 4,10; 5,18...). Sin embargo, no se ha registrado una frecuencia natural para el valor  $f=1\text{Hz}$  por lo que hay que valorar si esto se debe a que no se ha conseguido excitar el primer modo de vibración o a una simple casualidad numérica. Para resolver esta duda se recurre a la bibliografía existente sobre vibración estacionaria de cables.

La fórmula que define la frecuencia de una cuerda idealizada es (University of New South Wales, s.f.):

$$f_i = \frac{v_p}{\lambda_i} \quad [3]$$

Donde:

- $v_p$  es la velocidad de transmisión de la onda
- $\lambda_i$  es la longitud de onda del modo  $i$ .

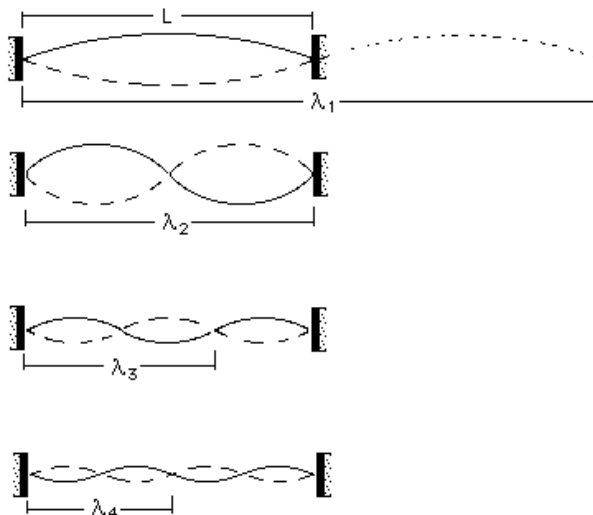


Imagen 13 Modos de vibración de una cuerda. (Fuente: University of New South Wales).

Aplicando la fórmula [3] a los diferentes modos de vibración se obtendrían las siguientes frecuencias en función de  $L$  y  $v_p$ :

$$f_1 = \frac{v_p}{2 \cdot L} = f_1$$

$$f_2 = \frac{v_p}{L} = 2f_1$$

$$f_3 = \frac{v_p}{\frac{2}{3} \cdot L} = 3f_1$$

$$f_4 = \frac{v_p}{\frac{1}{2} \cdot L} = 4f_1$$

Si se tiene en cuenta que los valores de  $L$  y  $v_p$  son invariables para cada tirante se deduce que, efectivamente, en la distribución de frecuencias propias de un cable, todas las frecuencias propias se pueden expresar como un múltiplo de la frecuencia fundamental o  $f_1$ . En consecuencia, queda demostrado que en el registro de vibraciones llevado a cabo sobre el tirante T1 norte está incompleto debido a que no se consiguió excitar el primer modo de vibración. Esta afirmación se ve reforzada por el hecho de que durante la prueba no se podía apreciar ningún modo de vibración de una semionda en el tirante (modo fundamental) mientras que la vibración de onda completa era claramente visible (segundo modo).

A continuación, se procede a analizar los datos de las parejas (norte y sur) de tirantes T1 y T2 tratando de obtener un cable idealizado equivalente a cada pareja. Esto se realiza ajustando las frecuencias de vibración de los modos registrados con los que debería presentar dicho cable idealizado y, de esa forma, inferir cuál es la frecuencia de vibración fundamental de los cables.

- Vibración de los cables T1.

	Frecuencia cable idealizado (Hz)	Frecuencia T1 norte (Hz)	Desviación T1 norte respecto a cable idealizado (%)	Frecuencia T1 sur (Hz)	Desviación T1 sur respecto a cable idealizado (%)
f <sub>1</sub>	1.01	NR	NR	NR	NR
f <sub>2</sub>	2.02	2.05	1.49	1.95	-3.47
f <sub>3</sub>	3.03	3.03	0.00	3.03	0.00
f <sub>4</sub>	4.04	4.1	1.49	4	-0.99
f <sub>5</sub>	5.05	5.18	2.57	5.08	0.59
f <sub>6</sub>	6.06	6.25	3.14	6.15	1.49

Tabla 1 Comparativa de frecuencias en los tirantes T1. (Fuente: elaboración propia)

Las desviaciones máximas que se registran son del orden del 3% por lo que la hipótesis de que la primera frecuencia natural del cable no fuese excitada parece ser correcta. También se aprecia que los valores de frecuencias naturales del tirante T1 sur son inferiores que los del tirante T1 norte. Esto último indica que el tirante sur presenta un axil menor que el de su tirante simétrico, pudiendo deberse a diferencias en el proceso de tesado, diferencias en los fenómenos reológicos, errores de medición o procesos de corrosión en los cables.

- Vibración de los cables T2

	Frecuencia cable idealizado (Hz)	Frecuencia T2 norte (Hz)	Desviación T1 norte respecto a cable idealizado (%)	Frecuencia T2 sur (Hz)	Desviación T1 sur respecto a cable idealizado (%)
f <sub>1</sub>	1.2	NR	NR	NR	NR
f <sub>2</sub>	2.4	2.41	0.42	2.41	0.42
f <sub>3</sub>	3.6	3.75	4.17	NR	NR
f <sub>4</sub>	4.8	NR	NR	4.98	3.75
f <sub>5</sub>	6	6.45	7.50	NR	NR
f <sub>6</sub>	7.2	7.52	4.44	7.7	6.94

Tabla 2 Comparativa de frecuencias en los tirantes T2. (Fuente: elaboración propia)

Existe una falta de información respecto a las frecuencias propias en el tirante T2 sur, pero se complementan con las frecuencias del tirante T2 norte. El cable idealizado presenta desviaciones significativas con respecto a las frecuencias más elevadas registradas en los tirantes.

- Vibración cable T3 (sur)

	Frecuencia cable idealizado (Hz)	Frecuencia T3 sur (Hz)	Desviación T3 sur respecto a cable idealizado (%)
$f_1$	2.15	NR	NR
$f_2$	4.3	4.2	-2.33
$f_3$	6.45	NR	NR
$f_4$	8.6	8.5	-1.16
$f_5$	10.75	10.74	-0.09
$f_6$	12.9	13.1	1.55

Tabla 3 Comparativa de frecuencias en el tirante T3 sur. (Fuente: elaboración propia)

La interpretación de las frecuencias propias de este tirante viene facilitada por el hecho de que durante la toma de medidas se pudo apreciar que la vibración excitada correspondía con el segundo modo.

- Vibración cable T4 (sur)

	Frecuencia cable idealizado (Hz)	Frecuencia T4 sur (Hz)	Desviación T4 sur respecto a cable idealizado (%)
$f_1$	1.92	NR	NR
$f_2$	3.84	3.81	-0.78
$f_3$	5.76	5.76	0.00
$f_4$	7.68	7.77	1.17

Tabla 4 Comparativa de frecuencias en el tirante T4 sur. (Fuente: elaboración propia)

Al igual que con el tirante 3, la interpretación de las frecuencias propias de este tirante viene facilitada por el hecho de que durante la toma de medidas se pudo apreciar que la vibración excitada correspondía con el segundo modo.

- Vibración cable T5 (sur)

	Frecuencia cable idealizado (Hz)	Frecuencia T5 sur (Hz)	Desviación T3 sur respecto a cable idealizado (%)
$f_1$	1.67	1.7	1.80
$f_2$	3.34	3.22	-3.59
$f_3$	5.01	4.98	-0.60
$f_4$	6.68	6.93	3.74
$f_5$	8.35	8.98	7.54

Tabla 5 Comparativa de frecuencias en el tirante T4 sur. (Fuente: elaboración propia)

Con los datos disponibles de este análisis se puede obtener la tensión de los cables en el momento en que se realizaron las medidas.

Las diferentes longitudes de los tirantes son:

$$\text{Longitud } T_1: L_{T1} = 58.5 \text{ m}$$

$$\text{Longitud } T_2: L_{T2} = 43.2 \text{ m}$$

$$\text{Longitud } T_3: L_{T3} = 30.7 \text{ m}$$

$$\text{Longitud } T_4: L_{T4} = 30.3 \text{ m}$$

$$\text{Longitud } T_5: L_{T5} = 39.9 \text{ m}$$

Aplicando la fórmula [3], considerando que para el primer modo de vibración la longitud de la onda es dos veces la longitud del tirante ( $\lambda = 2L$ ), se obtienen las siguientes velocidades de onda:

$$v_{T1} = f_{T1} \cdot 2 \cdot L_{T1} = 1.01 \cdot 2 \cdot 58.5 = 118.2 \text{ m/s}$$

$$v_{T2} = f_{T2} \cdot 2 \cdot L_{T2} = 1.20 \cdot 2 \cdot 43.2 = 103.0 \text{ m/s}$$

$$v_{T3} = f_{T3} \cdot 2 \cdot L_{T3} = 2.15 \cdot 2 \cdot 30.7 = 132.0 \text{ m/s}$$

$$v_{T4} = f_{T4} \cdot 2 \cdot L_{T4} = 1.92 \cdot 2 \cdot 30.3 = 116.4 \text{ m/s}$$

$$v_{T5} = f_{T5} \cdot 2 \cdot L_{T5} = 1.67 \cdot 2 \cdot 39.9 = 133.3 \text{ m/s}$$

Conociendo la masa de los tirantes, la velocidad de propagación de la onda  $v_p$  y la longitud de los tirantes puede obtenerse el axil (N) al que se encuentran con la siguiente ecuación:

$$N = v_p^2 \cdot m \quad [4]$$



Donde:

- $N$  es el axil del tirante
- $m$  es la masa por unidad de longitud del tirante
- $v_p$  es la velocidad de la onda en el tirante

Aplicando la ecuación [4] se obtienen finalmente los axiles en los tirantes:

$$N_{T1} = v_{p1}^2 \cdot m_1 = 118.22 \cdot 49.6 = 693000 \text{ N} = 693 \text{ kN}$$

$$N_{T2} = v_{p2}^2 \cdot m_2 = 1032 \cdot 41.3 = 444000 \text{ N} = 435 \text{ kN}$$

$$N_{T3} = v_{p3}^2 \cdot m_3 = 1322 \cdot 19.5 = 339000 \text{ N} = 339 \text{ kN}$$

$$N_{T4} = v_{p4}^2 \cdot m_4 = 116.42 \cdot 15.3 = 206000 \text{ N} = 206 \text{ kN}$$

$$N_{T5} = v_{p5}^2 \cdot m_5 = 133.32 \cdot 93.7 = 1660000 \text{ N} = 1660 \text{ kN}$$

Se han introducido un conjunto de acciones en el *Modelo global estado actual* para reflejar el tesado en los tirantes y alcanzar los axiles calculados cuando se combinan el conjunto de acciones y cargas permanentes. La forma en la que se han incorporado en el modelo queda justificada y detallada en el Anejo 1 de este estudio.

Considerando la combinación de acciones permanentes más las acciones de tesado se obtiene la siguiente deformada:

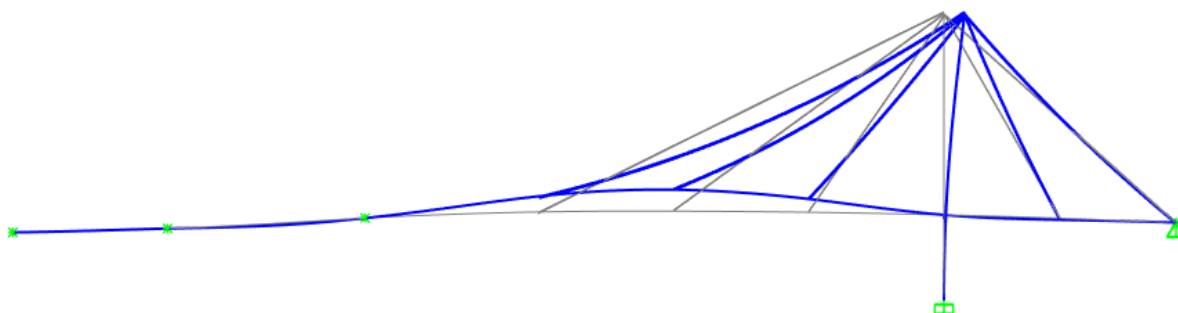


Imagen 14 Deformada de la estructura frente a cargas permanentes y tesado de los tirantes. (Fuente: elaboración propia)

Según los resultados del modelo, en caso de que los axiles en los tirantes equivalgan a los calculados, el tablero se debería de haber desplazado en sentido ascendente un máximo de 0.27 m en el centro del vano principal. Sin embargo, se conoce por el testimonio de Salvador Monleón que durante el proceso de tesado durante la realización de las obras el tablero se despegó de los apeos provisionales apenas unos milímetros, tal y como estaba previsto.

Dada esta situación se procede a calcular los axiles a los que deberían estar los tirantes para que la deformada frente a cargas permanentes no difiera significativamente de la geometría original. Para la obtención de esta configuración de axiles se ha impuesto que las secciones de anclaje asciendan únicamente 1mm y que la cabeza del pilono no registre desplazamientos horizontales. Los resultados de este análisis se muestran en la siguiente tabla:

	Axil que deberían tener para mantener geometría (kN)	Axil obtenido mediante los ensayos dinámicos (kN)	Desvío (%)
T1	413	690	67
T2	253	435	72
T3	197	340	73
T4	186	207	12
T5	808	1660	105

Tabla 6 Comparación de los axiles obtenidos mediante ensayos dinámicos frente a los supuestos tras un tesado correcto. (Fuente: elaboración propia)

Esta tabla parece indicar que se han sobreestimado considerablemente los axiles en los tirantes al aplicar el método basado en sus frecuencias propias de vibración. El desvío que se produce, en porcentaje, mantiene cierta relación con el diámetro exterior de la vaina.

Probablemente este fenómeno se explica por el hecho de que al idealizar los tirantes como una cuerda vibrante se ha supuesto una rigidez a flexión nula. La inyección de lechada que se realizó como medida de protección contra la corrosión ha incrementado la rigidez a flexión de los tirantes hasta tal punto que su comportamiento dinámico resulta ser una mezcla del comportamiento dinámico de una barra elástica y el de una cuerda vibrante. En el Manual de tirantes (ACHE, 2007) se comenta la posible influencia de la rigidez propia de los tirantes en la obtención de los axiles empleando el método de las frecuencias propias.

A la vista de los resultados se ha concluido lo siguiente:

- La obtención de los esfuerzos axiles reales en los tirantes, necesarios para la comprobación estructural de la pasarela y sus elementos frente a cargas estáticas, queda fuera del alcance de este estudio. Se debería realizar un estudio mucho más detallado que tenga en cuenta la influencia del material de relleno en la rigidez a flexión del tirante, o bien, realizar otro tipo de ensayos que requieran una instrumentación a la cual los redactores de este estudio no tienen acceso.
- Los valores de los axiles calculados a partir de las frecuencias propias de vibración registradas mediante ensayos *in situ*, aunque no son los reales, permiten reproducir con bastante exactitud el comportamiento dinámico de los tirantes en el modelo de SAP2000 denominado *Modelo global estado actual* cuando se supone una rigidez a flexión despreciable en los tirantes del modelo

#### 5.4.2. Valoración sobre el coeficiente de amortiguamiento

Seguidamente se va a analizar el resultado obtenido del coeficiente de amortiguamiento del conjunto de la estructura.

El valor obtenido  $\xi = 0.33\%$  es coherente con los valores de amortiguamiento recogidos en diferentes normativas para el caso de vibraciones de Estado Límite de Servicio en estructuras metálicas soldadas.

No obstante, el amortiguamiento no es una característica intrínseca del material ni tampoco una constante. De hecho, en Sétra (2006) se especifica que el amortiguamiento aumenta conforme

umentan las amplitudes en la vibración. Por este motivo la amortiguación de 0.33% por muy precisa que parezca (se ha obtenido mediante ensayos dinámicos) no necesariamente reflejará el comportamiento dinámico real de la pasarela cuando la acción a la que se encuentre sometida sea el paso de un gran número de personas. Por esta razón se ha decidido que el coeficiente de amortiguamiento a considerar sea el especificado en Sétra (2006) para el caso de pasarelas metálicas soldadas. Según esta esta guía técnica francesa el coeficiente de amortiguamiento para las pasarelas de este material es  $\xi = 0.4\%$  y es éste el valor de amortiguamiento que se ha introducido en el modelo informático de SAP2000

#### 5.4.3. Frecuencias propias de los modos de vibración global de la pasarela

El último aspecto que queda por analizar son los resultados de las frecuencias propias de los modos de vibración general de la estructura. Estos resultados son los obtenidos en los puntos A y B del tablero. Tanto el resultado del análisis en el dominio de la frecuencia de las aceleraciones en el punto A como las del punto B coinciden en identificar la frecuencia natural fundamental de la estructura sin peatones en 1.76 Hz.

Lo que se recoge en este subapartado es el proceso argumentativo que permitió identificar una carencia en las fuentes de información a partir de los resultados de los ensayos dinámicos. Para ello, en primer lugar, se debe explicar ciertas cuestiones. Cuando se inició el proceso de calibración se disponía de un modelo estructural de la pasarela realizado en SAP2000 que fue creado utilizando la información recogida en los planos del proyecto original complementada con los datos obtenidos de diferentes visitas a la estructura. Adicionalmente, formaba parte del conocimiento de los autores de este estudio que el proyecto original fue modificado para incorporar unos vanos de acceso en el lado izquierdo del cauce (lado del casco urbano de la ciudad). Esta última información también se incorporó al modelo sin calibrar.

Sin embargo, el modelo original, previo a la calibración, mostraba un gran problema: la frecuencia fundamental de vibración de la estructura del modelo difería considerablemente de la registrada mediante ensayos, esto es, 1.45Hz frente a 1.76 Hz. Para hallar las causas de la desviación del 25% en la frecuencia natural de la estructura se realizó el *Modelo local tablero*, un modelo de lámina plegada de un tramo del tablero. A partir de este modelo, que se encuentra descrito en el Anejo 1 de este estudio, se obtuvieron con mayor precisión las propiedades mecánicas del tablero. Igualmente, los resultados del modelo local no aportaron ninguna justificación para la desviación de frecuencias. Más bien, la rigidez del tablero obtenida a partir del *Modelo local tablero* reafirmaba el resultado de 1.45 Hz, incompatible con los ensayos realizados.

De esta forma se inició un proceso de investigación con el fin de esclarecer las incongruencias y calibrar el modelo. Se barajaron dos posibilidades:

- Que el aparato de medida empleado (acelerómetro del móvil) presente problemas de sensibilidad y mida el tiempo más lento que en la realidad.
- Que efectivamente la masa, rigidez o geometría del modelo no sean correctas.

Lo primero fue descartado después de realizar diferentes ensayos que mostraron un comportamiento normal del aparato de medida. Por tanto, se debían establecer hipótesis sobre los posibles errores en el modelo. Entre esas hipótesis se encontraban:

- Hipótesis 1: Que el valor del módulo de elasticidad del pilono sea significativamente superior al de los 28 días.
- Hipótesis 2: Que la tensión real de los cables afecte a la frecuencia del modo de vibración del resto de la estructura.
- Hipótesis 3: Que las barandillas, seccionadas mediante unas juntas cada 12.75m aporten una rigidez adicional al tablero que no haya sido considerada.

Estas hipótesis se fundamentan, en parte, en la fórmula básica de la frecuencia natural de vibración que relaciona la masa (M), la rigidez (K) y la frecuencia natural de un sistema de un solo grado de libertad.

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{K}{M}} \quad [5]$$

Si se tratase de una estructura de un solo grado de libertad, que no es el caso, y se considerase que la masa ha sido asignada correctamente, se podría afirmar que una variación del 55% en la rigidez de la estructura justificaría la variación del 25% en las frecuencias obtenidas

#### ▪ Hipótesis 1

El aumento del módulo de elasticidad por el envejecimiento del hormigón con respecto al módulo de elasticidad medio a los 28 días no es suficiente para justificar un cambio de hasta el 50% en la rigidez del conjunto. Sobre todo, si se tiene en cuenta que la participación de la rigidez del pilono para los modos de vibración analizados es escasa. A continuación, se muestran los cálculos sobre la variación del módulo de elasticidad del hormigón con la edad siguiendo la formulación disponible en el Eurocódigo 2:

$$E_{cm}(t) = \beta(t) \cdot 0,3 \cdot E_{cm}$$

$$\beta(t) = e^{s \left[ 1 - \left( \frac{28}{t} \right) \right]^{0,5}}$$

donde  $s = 0.25$  por tratarse de un cemento de clase resistente normal y  $t = 30 \cdot 365 = 10950$  días.

Se obtiene que el módulo secante del hormigón a los 30 años es  $E_{cm}(30 \text{ años}) = 36.5 \text{ GPa}$ . Esto supone un aumento del 7.3% en la rigidez del pilono en comparación con la calculada originalmente. Sin embargo, dicho aumento de rigidez no se traduce ni en un aumento del 0.1% en la frecuencia propia del modelo.

#### ▪ Hipótesis 2

Se ha comprobado que el cálculo de los modos y frecuencias propias de vibración general de la pasarela no se ven afectados por el axil de los tirantes, ni siquiera realizando el análisis modal teniendo en cuenta las matrices de rigidez de la última iteración del cálculo P-Delta. La tensión en los cables afecta únicamente a los modos y frecuencias propias de vibración de los tirantes.

### ▪ Hipótesis 3

A partir de unos cálculos simplificados se obtiene que, en caso de que la barandilla no presentase juntas y existiese una conexión eficaz entre tablero y barandillas, la inercia del tablero considerada hasta ahora se duplicaría. Para realizar el cálculo mencionado se disponen de los siguientes datos<sup>1</sup>:

- $I_{TABLERO} = 0.0319 \text{ m}^4$
- $A_{TABLERO} = 0.142 \text{ m}^2$
- $Cd g_{TABLERO} = 0.871 \text{ m}$
- $A_{BARANDILLAS} = 0.025 \text{ m}^2$
- $Cd g_{BARANDILLAS} = 2.25 \text{ m}$
- $Cd g_{TOTAL} = 1.0774 \text{ m}$

Aplicando el teorema de Steiner se obtiene un valor de inercia total de  $I_{TOTAL} = 0.0723 \text{ m}^4$ .

Puede apreciarse que la relación entre  $I_{TABLERO}$  e  $I_{TOTAL}$  es del orden de uno a dos.

Sin embargo, este cálculo simplificado solo aporta una cota superior del efecto que pueden generar las barandillas puesto que en realidad existen unas juntas dispuestas cada 12,75m que impiden su continuidad, además que la unión entre las barandillas y el tablero se realiza a través de unas lamas muy finas que no facilitan la transmisión de tensiones entre el tablero y la barandilla.

Por estos motivos se ha visto oportuno modificar el modelo de lámina plegada del tablero denominado como *Modelo local tablero* para incorporar las lamas, las barandillas y sus respectivas juntas. El *modelo local tablero*, descrito en el Anejo 1 del presente estudio, ya se había utilizado previamente para determinar con precisión las características mecánicas de la viga que representa el tablero en el modelo global.

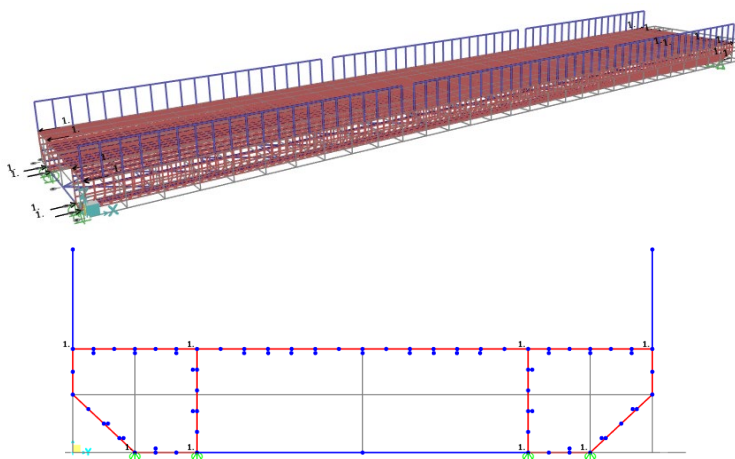


Imagen 15 Modificación del *Modelo local tablero* para evaluar la rigidez teniendo en cuenta las barandillas actuales. (Fuente: elaboración propia)

<sup>1</sup> El subíndice "Tablero" hace referencia a las características asociadas a los elementos estructurales del tablero considerados hasta ahora, es decir, sin considerar barandillas. El área indicada de las barandillas es la suma de las dos barandillas existentes, una a cada lado.

El modelo representa una longitud de 37.5 m que equivale a tres tramos continuos de barandilla. Las lamas, que en la realidad presentan una separación de 12.5 cm, en el modelo están dispuestas cada 62.5 cm por lo que cada barra del modelo presenta las propiedades de 5 lamas de sección  $4 \times 150 \text{ mm}^2$  y altura de 1.2 m.

- Propiedades del elemento lama en el modelo:
  - $A = 0.003 \text{ m}^2$
  - $I_y = 4.8 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$
  - $A_{vy} = A_{vz} = 0 \text{ m}^2$  (teoría de Navier – Bernouilli)
  - $J = 10^{-9} \text{ m}^4$
  - *Material: S275 ( $E = 210 \text{ GPa}$ )*
  
- Propiedades del elemento barandilla ( $\varnothing 400\text{mm}$ ;  $t=8\text{mm}$ ):
  - $A = 0.0098 \text{ m}^2$
  - $I_z = I_y = 0.000189 \text{ m}^4$
  - $A_{vy} = A_{vz} = 0.0049 \text{ m}^2$
  - $J = 0.000378 \text{ m}^4$
  - *Material: S275 ( $E = 210 \text{ GPa}$ )*

También se han introducido en el modelo los montantes HEB120 dispuestos cada 3.125 m.

Como acción sobre el modelo se ha aplicado un par de fuerzas equivalentes a un momento flector de  $5 \text{ kN} \cdot \text{m}$  a cada extremo. El resultado obtenido ha sido un descenso en clave de 0.000128m.

Con los datos obtenido puede aplicarse la siguiente fórmula de análisis lineal de vigas:

$$Y = \frac{ML^2}{8EI} \quad [6]$$

Se obtiene una inercia a flexión del tablero de  $I = 0.033 \text{ m}^4$ , prácticamente idéntico al valor original. Definitivamente, las barandillas no aportan una rigidez significativa como para justificar la desviación entre modelo y datos medidos *in situ* y la hipótesis 3 también queda descartada.

Llegado a este punto, la única variable que queda y que puede justificar la diferencia de frecuencias entre la registrada *in situ* y la calculada mediante el modelo estructural es la geometría y sus condiciones de contorno.

Tras aceptar la idea de que la geometría es la única variable que queda sin analizar capaz de justificar la discrepancia de frecuencias propias se realizaron mediciones en campo para determinar la longitud de los vanos. Se comprobó que la distancia entre anclaje de tirantes difiere en 2 metros respecto a las medidas recogidas en los planos del proyecto de construcción original y se dedujo, por tanto, que en la modificación del proyecto no únicamente se adicionó unos vanos de acceso junto al estribo izquierdo, si no que también se modificó la distribución de luces del resto de la estructura.

Tras realizar este descubrimiento, que posteriormente se vio confirmado con la adquisición de los planos del proyecto modificado completo, se adecuó la geometría del modelo obteniendo lo que se ha denominado *Modelo global estado actual*. Este modelo, resultado del proceso de calibración, es el que se recoge en el Anejo 1 de descripción de modelos.

Se comprueba que, una vez corregida la geometría, los resultados de frecuencia propia de vibración obtenidos de los ensayos y los obtenidos del modelo son significativamente similares (1.76 Hz y 1.80 Hz respectivamente en el primer modo de vibración vertical; 3.71 Hz y 3.77 Hz en el segundo modo).

En definitiva, el trabajo de calibración del modelo basado en los ensayos dinámicos *in situ* ha sido clave, entre otras cosas, para detectar lo que se trataba de un fallo (o carencia) de las fuentes de información.

### 5.5. Conclusiones del proceso de calibración

Con tal de facilitar la comprensión del proceso de calibración llevado a cabo se recopila en este apartado los aspectos más importantes derivados de la discusión de resultados:

- Se han obtenido las frecuencias propias fundamentales de los tirantes y a partir de su simulación como cuerda vibrante se han obtenido unos esfuerzos de axil en los tirantes.
- Una comprobación basada tanto en el análisis de la deformada frente a las cargas permanentes como en el análisis del tesado necesario durante la construcción ha revelado que el axil en los tirantes se ha sobreestimado alrededor de un 60%. Seguramente la propia rigidez a flexión que presentan los tirantes inyectados con lechada de cemento, y que no se ha tenido en cuenta al realizar el cálculo de la cuerda vibrante, sea la principal causa de desviación.
- Aunque los axiles obtenidos en los tirantes se alejen del valor real, su introducción en el modelo de SAP2000 permite obtener frecuencias de vibración en los tirantes del modelo que simulan con suficiente precisión el comportamiento dinámico real de estos elementos.
- A partir del decremento logarítmico obtenido en la serie temporal de aceleraciones registrada en el tablero se ha calculado un coeficiente de amortiguamiento del 0.33%. Es un valor coherente teniendo en cuenta el material que conforma el tablero.
- En Sétra (2006) se especifica que en pasarelas de acero soldado se debe considerar un amortiguamiento de 0.4% para las comprobaciones de ELS de vibraciones. Se ha decidido que, en los modelos generados, el coeficiente de amortiguamiento que se incorpore sea el establecido en dicha guía técnica puesto que el coeficiente de amortiguamiento no es invariable y aumenta conforme se incrementan las amplitudes de vibración.
- La obtención de las frecuencias propias de vibración de los modos verticales de la estructura mediante los ensayos dinámicos ha permitido calibrar el modelo denominado *Modelo global estado actual* y ha permitido detectar que la modificación del proyecto original, además de incluir un par de vanos de acceso en el lado del estribo izquierdo, implicó una reducción de la luz principal. Este cambio supuso el aumento la frecuencia natural del primer modo de vibración vertical de la estructura desde 1.45 Hz hasta 1.76 Hz (suposición de masa de la pasarela sin peatones).

## 6. Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite de servicio (ELS) de vibraciones [CPF]

Forma parte del objetivo de este apartado determinar en qué grado se incumple el ELS de vibraciones y definir con mayor detalle la problemática, es decir, identificar los modos de vibración susceptibles de generar el problema de confort, sus frecuencias, las aceleraciones que se producen, etc. En general, con el análisis realizado en este apartado se pretende conocer comportamiento dinámico de la estructura, cuantificar la acción del paso de los peatones y valorar su efecto sobre el nivel de confort de los usuarios.

### 6.1. Justificación del análisis

La comprobación del Estado Límite de Servicio de vibraciones en la pasarela del Passeig de les Germanies se justifica por los indicios recogidos de diversos testigos, usuarios de la pasarela, que afirman que en ciertas situaciones la estructura llega a vibrar con una amplitud de movimientos que afecta al confort de los usuarios.

Una prueba de los testimonios mencionados son los recogidos en los comentarios realizados en Google Maps sobre la pasarela. A continuación, se muestran dos de ellos:

*“Es un puente moderno que cruza el río Serpis y va del Paseo Germanies al ferial [...]. Curioso, es como si tuviera unos muelles. Para los que padezcan vértigo no sé si será muy aconsejable pues vas pisando y se mueve el piso del puente bajando y subiendo. Curioso”. [Comentario realizado por Jacobo en enero de 2020]*

*Si está pasando gente por el puente y te paras en medio notas como se mueve, sobre todo en Ferias o días de mercado, da un poco de “yuyu”... [Comentario realizado por Rubén en 2018]*

Se puede inferir de los anteriores comentarios que los usuarios perciben el movimiento generado por el paso de los peatones como una curiosidad y, al mismo tiempo, consideran que dicho movimiento puede generar problemas para ciertos usuarios (*Para los que padezcan vértigo no sé si será muy aconsejable... y ...da un poco de “yuyu”*). También puede intuirse que cuanto más tráfico recorre la pasarela más se percibe dicha sensación.

Durante las visitas realizadas a la pasarela para la realización del estudio pudo apreciarse que el paso de un número reducido de peatones podía generar vibraciones perceptibles.

### 6.2. Análisis de los modos de vibración

El primer cálculo que se debe realizar para valorar el comportamiento dinámico de una estructura es obtener sus modos de vibración. Para ello se necesita haber generado un modelo informático de la estructura, en este caso, el *modelo global estado actual* descrito en el anejo 1.

Los modos de vibración que se obtienen del modelo se pueden clasificar en dos tipos: modos de vibración locales que afectan únicamente a los tirantes y modos de vibración general de la estructura.

#### 6.2.1. Modos de vibración local de los tirantes

Los modos de vibración local de los tirantes equivalen a los de una cuerda vibrante. Se pueden obtener en SAP2000 si se subdividen los elementos que conforman los tirantes en el modelo, se asigna una



rigidez a flexión infinitesimal en los tirantes y se realiza el análisis modal utilizando la matriz de rigidez resultante de la última iteración del cálculo no lineal tipo P-delta. Dado que con el análisis no lineal se tiene en cuenta el valor de los axiles en los tirantes se requieren los resultados obtenidos en el apartado 5.

Se ha conseguido representar con suficiente precisión el comportamiento dinámico de los tirantes en el modelo, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

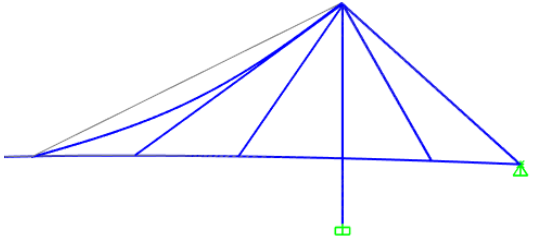
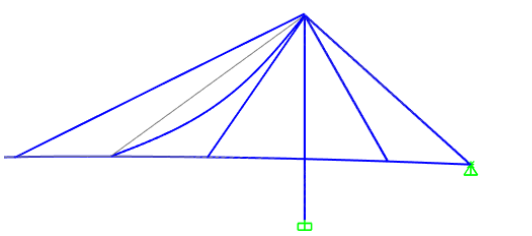
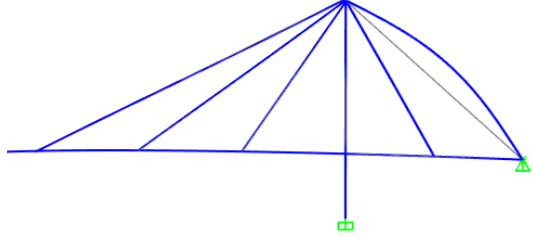
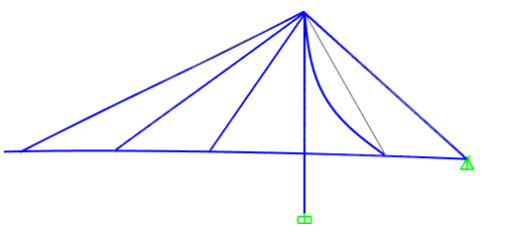
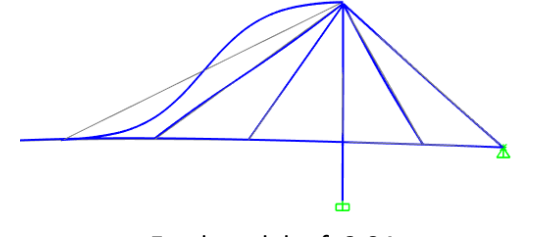
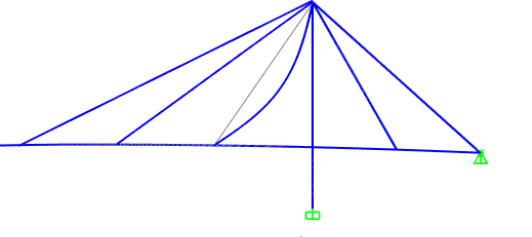
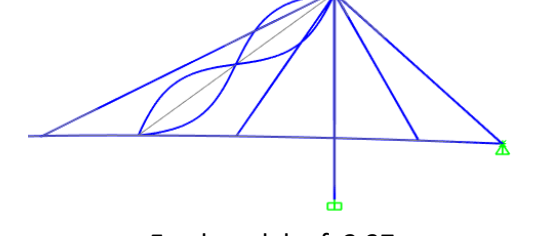
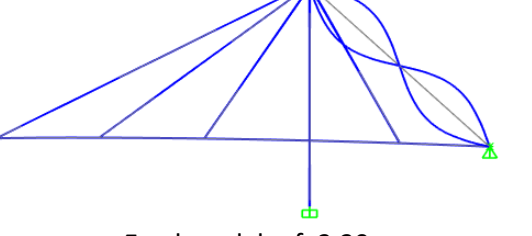
 <p>En el modelo: <math>f=1.006</math> Obtenida de los ensayos dinámicos: <math>f=1.01</math></p>	 <p>En el modelo: <math>f=1.18</math> Obtenida de los ensayos dinámicos: <math>f=1.2</math></p>
 <p>En el modelo: <math>f=1.64</math> Obtenida de los ensayos dinámicos: <math>f=1.67</math></p>	 <p>En el modelo: <math>f=1.94</math> Obtenida de los ensayos dinámicos: <math>f=1.92</math></p>
 <p>En el modelo: <math>f=2.04</math> Obtenida de los ensayos dinámicos: <math>f=2.02</math></p>	 <p>En el modelo: <math>f=2.29</math> Obtenida de los ensayos dinámicos: <math>f=2.15</math></p>
 <p>En el modelo: <math>f=2.37</math> Obtenida de los ensayos dinámicos: <math>f=2.4</math></p>	 <p>En el modelo: <math>f=3.30</math> Obtenida de los ensayos dinámicos: <math>f=3.34</math></p>

Tabla 7 Resumen de los modos de vibración locales de los tirantes en el modelo. (Fuente: elaboración propia)

Más adelante, en este apartado 6, se demuestra por qué los modos de vibración local de los tirantes presentan una función importante en el comportamiento dinámico del resto de la estructura.

### 6.2.2. Modos de vibración general de la estructura

Se conoce que la masa de las estructuras presenta un papel importante en los modos de vibración y las frecuencias propias. Por lo tanto, es un problema que la masa del tablero pueda adoptar valores diferentes en función del grado de carga de la pasarela. La pasarela cargada por 50 peatones tendrá una frecuencia de vibración significativamente diferente cuando el número de peatones ascienda a 150, 300, etc. En Sétra (2006) se establecen únicamente dos suposiciones de masa que representan los dos extremos posibles con el fin de evitar realizar un gran número de cálculos, uno para cada una de las hipótesis de masa. Los dos extremos que se contemplan son, por una parte, que el número de peatones sea muy bajo (suposición de masa de pasarela sin peatones) y, por otra parte, que la densidad de peatones sea la máxima que permita una circulación normal (suposición de masa de pasarela con peatones). La densidad que se considera límite para la circulación normal es un peatón por cada metro cuadrado, siendo la masa media de los peatones 70 kg.

A continuación, se muestran los primeros modos de vibración general de la estructura considerando las dos suposiciones de masa.

#### (1) Modos de vibración de la pasarela sin peatones

(1.1) Modo 1 (sp): Frecuencia  $f=0.917$  Hz. Periodo  $T=1.091$  s. Movimiento en el tablero de tipo horizontal transversal.

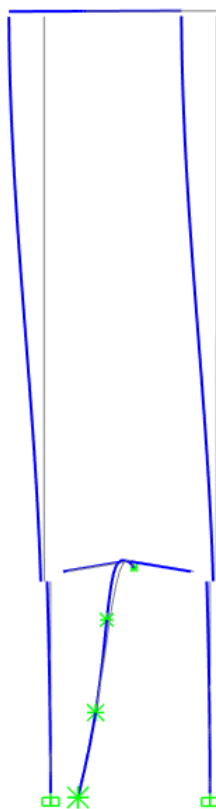


Imagen 16 Primer modo de vibración general de la estructura. (Fuente: elaboración propia)

- (1.2) Modo 2 (sp): Frecuencia  $f=1.805$  Hz. Periodo  $T=0.554$  s. Movimiento en el tablero de tipo vertical.

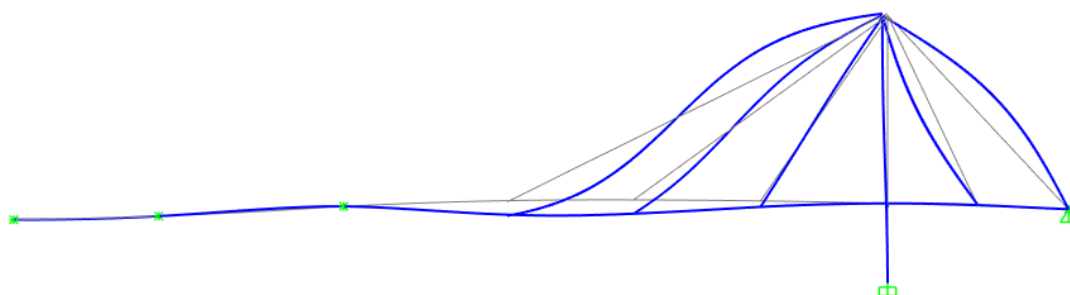


Imagen 17 Segundo modo de vibración general de la estructura. (Fuente: elaboración propia)

- (1.3) Modo 3 (sp): Frecuencia  $f=2.69$  Hz. Periodo  $T=0.371$  s. Movimiento en el tablero de tipo vertical.

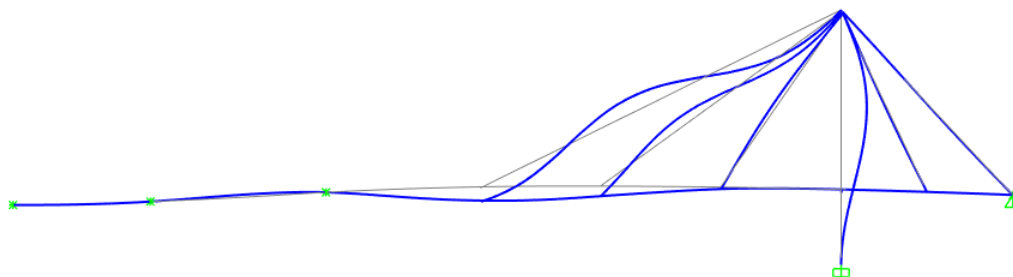


Imagen 18 Tercer modo de vibración general de la estructura. (Fuente: elaboración propia)

- (1.4) Modo 4 (sp): Frecuencia  $f=3.77$  Hz. Periodo  $T=0.263$  s. Movimiento en el tablero de tipo vertical.

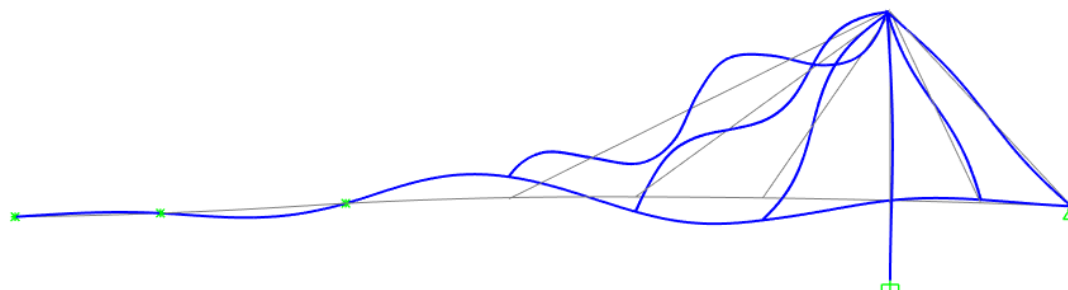


Imagen 19 Cuarto modo de vibración general de la estructura. (Fuente: elaboración propia)

## (2) Modos de vibración de la pasarela con peatones

Las formas de los modos de vibración considerando la masa de los peatones son prácticamente idénticas a las de los modos de vibración con la suposición de masa de pasarela sin peatones. Por esta razón se ha decidido no repetir las imágenes de los modos de vibración de la pasarela con peatones.

- (2.1) Modo 1 (cp): Frecuencia  $f=0.923$  Hz. Periodo  $T=1.083$  s. Movimiento en el tablero de tipo vertical.
- (2.2) Modo 2 (cp): Frecuencia  $f=1.64$  Hz. Periodo  $T=0.609$  s. Movimiento en el tablero de tipo vertical.
- (2.3) Modo 3 (cp): Frecuencia  $f=2.65$  Hz. Periodo  $T=0.377$  s. Movimiento en el tablero de tipo vertical.
- (2.4) Modo 4 (cp): Frecuencia  $f=3.40$  Hz. Periodo  $T=0.294$  s. Movimiento en el tablero de tipo vertical.

Cabe destacar que ni el Modo 1 ni el Modo 3 fueron detectados mediante la campaña de ensayos dinámicos, seguramente porque no fueron excitados.

### 6.2.3. Valoración de los modos de vibración general de la estructura. Norma IAP-11

Una vez recopilados los diferentes modos de vibración general de la estructura se procede a comparar las frecuencias de cada modo con el rango de frecuencias que la normativa IAP-11 establece en su sección 7.2.2. Según esta normativa se considerará verificado el ELS de vibraciones si las frecuencias naturales de la estructura se sitúan fuera de los rangos siguientes rangos:

- De 1.25 Hz a 4.6 Hz para vibraciones longitudinales o verticales
- De 0.5 Hz a 1.2 Hz para vibraciones de componente lateral.

Los cuatro primeros modos de vibración, con las dos suposiciones de masa diferentes, presentan frecuencias naturales comprendidas en los anteriores rangos. Dadas estas circunstancias, la norma específica que se debe realizar un análisis dinámico completo para evaluar si se cumple o no los requisitos de confort de los usuarios en base a los siguientes grados:

GRADO DE CONFORT	RANGOS DE ACELERACIONES	
	VERTICALES	LATERALES
Máximo	< 0,50 m/s <sup>2</sup>	< 0,10 m/s <sup>2</sup>
Medio	0,50 a 1,00 m/s <sup>2</sup>	0,10 a 0,30 m/s <sup>2</sup>
Mínimo	1,00 a 2,50 m/s <sup>2</sup>	0,30 a 0,80 m/s <sup>2</sup>
No aceptable	>2,50 m/s <sup>2</sup>	> 0,80 m/s <sup>2</sup>

Tabla 8 Grados de confort según los rangos de aceleraciones. (Fuente: IAP-11)

En la misma sección 7.2.2 la IAP-11 enumera unas condiciones que, en caso de cumplirse, también implicarían la necesidad de una comprobación dinámica para evaluar el cumplimiento del ELS de vibraciones. Se cumplen las cuatro condiciones puesto que el vano principal mide más de 50m, la anchura útil es superior a 3m, la tipología estructural atirantada puede considerarse singular y está ubicada en una zona urbana en la que se prevé grandes concentraciones de usuarios.

Sin embargo, la norma IAP-11 no establece cómo realizar el cálculo dinámico ya que ni siquiera define cuál es la carga dinámica que generan los peatones. Queda a manos del proyectista, o, en este caso, a manos de los redactores de este estudio, desarrollar un modelo de carga dinámica que sea “representativo de las condiciones de tráfico previstas para las distintas situaciones de proyecto analizadas, contemplando la densidad de flujo de peatones, el ritmo de sus movimientos, la sincronización entre peatones, etc. [IAP-11 2011]”. Como conclusión, la normativa española de referencia para el cálculo de pasarelas peatonales no aporta las herramientas necesarias para poder evaluar el comportamiento dinámico de la pasarela objeto de estudio y se requiere el uso de otras normativas o guías técnicas, normalmente extranjeras, que sí recojan un modelo de carga dinámica y establezcan un método para la comprobación del confort de los usuarios en base a ello.

### 6.3. Obtención de la carga dinámica

Motivado por los acontecimientos producidos en la inauguración de la pasarela Solferino de París en 1999 y el *Millenium Bridge* en Londres en el año 2000, el servicio francés de estudios técnicos de carreteras y autovías, Sétra<sup>2</sup> (service d'Études techniques des routes et autoroutes), desarrolló la guía técnica denominada *Passerelles piétonnes – Evaluation du comportement vibratoire sous l'action des piétons* (Pasarelas peatonales – Evaluación del comportamiento vibratorio bajo la acción de los peatones) publicada en octubre de 2006.

Esta guía técnica establece una metodología analítica para obtener un modelo de cargas dinámicas dependiente del nivel de tráfico de la pasarela y evaluar sus efectos en la estructura y en el confort de los usuarios.

La carga dinámica real a la que se somete una pasarela es extremadamente compleja puesto que supone la combinación de la acción periódica de los diferentes peatones, cada uno actuando en posiciones distintas con amplitudes, frecuencias y fases diferentes. Esto implica que la acción real del paso de los peatones presente unas características estocásticas y se deba modelar mediante una función de peso espectral  $S_v(\omega)$ , como se realizó en el cálculo dinámico de la Torre Alfabética en Batumi (Lázaro, Domingo, & Palacios, 2011) para implementar la acción del viento.

Para simplificar el cálculo de la acción dinámica de los peatones en la metodología desarrollada en Sétra (2006) se sustituye la acción estocástica real de los peatones por una acción equivalente con una frecuencia de vibración determinada igual a la frecuencia natural de vibración del modo que se quiere comprobar. Es decir, se sustituye la función de peso espectral real por una función de peso con forma de delta de Dirac situada en la posición de una de las frecuencias naturales. Para realizar esta simplificación se utiliza el término “número de peatones equivalentes” ( $N_e$ ) que es igual al número de peatones que, actuando de forma simultánea con la misma frecuencia y con su fase coincidiendo con el signo del modo analizado, generan la misma aceleración máxima que el número real de peatones ( $N$ ) actuando de forma aleatoria.

---

<sup>2</sup> La metodología empleada en Sétra (2006) permite asegurar el confort de la pasarela cuando se somete a usos normales. No está contemplado en la guía técnica la evaluación del confort frente a situaciones excepcionales como por ejemplo un maratón.

Antes de iniciar ningún cálculo se debe clasificar la pasarela objeto de estudio según el tráfico que soporta, habiendo las siguientes posibilidades (Sétra, 2006):

- Clase I: Pasarelas urbanas que conectan áreas con alta intensidad de peatones (por ejemplo, con presencia cercana de estaciones de tren o de metro) o que es frecuentemente usada por grandes masas de gente (manifestaciones, turistas, etc.).
- Clase II: Pasarelas urbanas que conectan áreas pobladas sujetas a tráfico intenso y que ocasionalmente puedan llegar a cargarse en toda el área útil de la estructura.
- Clase III: Pasarela para uso estándar, que ocasionalmente puede cargarse por un gran número de personas sin llegar a ocuparse la totalidad del área útil de la estructura.
- Clase IV: Pasarelas para uso esporádico que conectan áreas levemente pobladas o que suponen la continuación de un camino peatonal sobre autopistas o autovías.

Atendiendo a esta clasificación, la pasarela objeto de estudio pertenece a la **Clase II** dado que es una pasarela urbana sujeta ocasionalmente a tráfico intenso varios días del año, llegándose a ocupar por completo en algunos momentos de las fiestas de la Fira.

A continuación, a cada modo de vibración se le debe asignar un riesgo de resonancia. Los diferentes niveles de riesgo en función de la frecuencia propia de vibración son los siguientes (Sétra 2006):

- Rango 1: máximo riesgo de resonancia. Correspondiente al rango de frecuencias comprendidas entre 1.7 y 2.1 Hz en modos de vibración verticales o longitudinales<sup>3</sup> y al rango de frecuencias entre 0.5 y 1.1 Hz en modos de vibración transversales.
- Rango 2: riesgo medio de resonancia. Correspondiente al rango de frecuencias que, sin pertenecer al Rango 1, están comprendidas entre 1 y 2.6 Hz en modos de vibración verticales o longitudinales y entre 0.3 y 1.3 Hz en modos de vibración transversales.
- Rango 3: bajo riesgo de resonancia bajo situaciones de carga estándar. Correspondiente al rango de frecuencias comprendidas entre 2.6 y 5 Hz en modos de vibración verticales o longitudinales y al rango de frecuencias entre 1.3 y 2.5 Hz en modos de vibración transversales.
- Rango 4: riesgo de resonancia negligible. Correspondiente a todas las frecuencias que no pertenecen a los rangos 1, 2 o 3.

Se presentan a continuación unas tablas que resumen este criterio:

<sup>3</sup> Se define como movimiento longitudinal aquel que siendo un movimiento horizontal sigue la dirección del eje del tablero mientras que un movimiento transversal es horizontal y perpendicular al eje del tablero.

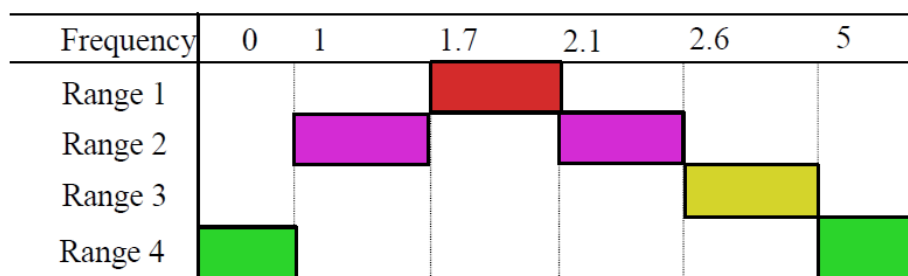


Tabla 9 Rangos de riesgo de resonancia para vibraciones verticales o longitudinales. (Fuente: Sétra, 2006)

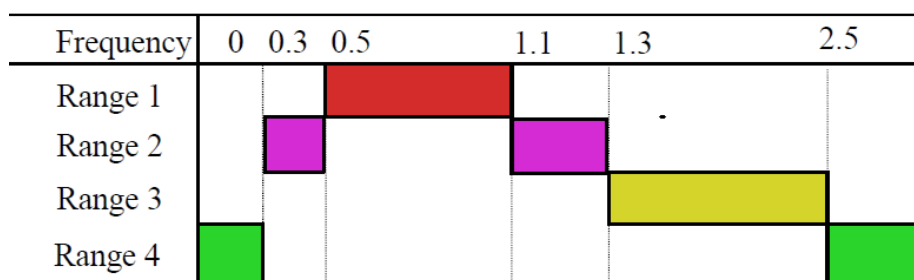


Tabla 10 Rangos de riesgo de resonancia para vibraciones transversales. (Fuente: Sétra, 2006)

Siguiendo el anterior criterio se clasifican, a continuación, los diferentes modos de vibración de la pasarela objeto de estudio según su riesgo de resonancia.

Modo de vibración	Frecuencia	Riesgo de resonancia
Modo 1 sin peatones	0.917 Hz (transversal)	Rango 1
Modo 1 con peatones	0.923 Hz (transversal)	Rango 1
Modo 2 sin peatones	1.805 Hz (vertical)	Rango 1
Modo 2 con peatones	1.64 Hz (vertical)	Rango 2
Modo 3 sin peatones	2.69 Hz (vertical)	Rango 3
Modo 3 con peatones	2.65 Hz (vertical)	Rango 3
Modo 4 sin peatones	3.77 Hz (vertical)	Rango 3
Modo 4 con peatones	3.40 Hz (vertical)	Rango 3

Tabla 11 Asignación de riesgo de resonancia a los distintos modos de vibración. (Fuente: elaboración propia)

Dependiendo de la clase de pasarela en función del tráfico, que ya hemos definido como clase II, y el rango de riesgo de resonancia en el que se encuentra cada uno de los modos de vibración, recogidos en la tabla anterior, se debe realizar alguno de los siguientes casos de carga:

- Caso 1: ocupación peatonal dispersa o densa.
- Caso 2: ocupación peatonal muy densa.
- Caso 3: caso complementario para el análisis de los efectos del segundo armónico.

Se puede obtener qué caso aplicar siguiendo la siguiente tabla:

Clase	Rango de frecuencias naturales		
	1	2	3
Clase III (dispersa)	Caso 1	No se calcula	No se calcula
Clase II (densa)	Caso 1	Caso 1	Caso 3
Clase I (muy densa)	Caso 2	Caso 2	Caso 3

Tabla 12 Asignación de los casos de carga dinámica. (Fuente: Sétra, 2006)

De esta forma se obtiene la siguiente asignación:

Suposición masa sin peatones		Suposición masa con peatones	
Modo de vibración	Caso de carga	Modo de vibración	Caso de carga
Modo 1 (sp)	Caso 1	Modo 1 (cp)	Caso 1
Modo 2 (sp)	Caso 1	Modo 2 (cp)	Caso 1
Modo 3 (sp)	Caso 3	Modo 1 (cp)	Caso 3
Modo 4 (sp)	Caso 3	Modo 1 (cp)	Caso 3

Tabla 13 Asignación de casos de carga a los modos de vibración de la pasarela. (Fuente: elaboración propia)

Puede apreciarse que solo se requiere realizar casos de carga tipo 1 y 3.

### 6.3.1. Casos de carga tipo 1

En este caso de carga se analiza una situación en la que la totalidad de la superficie útil está ocupada uniformemente con una densidad de peatones  $d$ . Debido a que se ha considerado de clase II por su intensidad de tráfico, el valor de densidad de peatones es  $d=0.8$  peatones/m<sup>2</sup>.

El número de peatones involucrados será  $N = S \cdot d$ , donde  $S$  es la superficie útil de la pasarela. La superficie útil considerada es la del vano principal de 75m de longitud y 6.5m de anchura útil resultando un total de 487.5 m<sup>2</sup>. Se obtiene  $N = 487.5 \cdot 0.8 = 390$  peatones.

Podría discutirse si contabilizar únicamente los peatones situados en el vano principal es una decisión correcta o no. En este estudio se contabilizará así el número de peatones para obtener resultados conservadores. Cuanto más bajo sea el número de peatones ( $N$ ) necesarios para generar la acción dinámica más alta será la relación entre el número de peatones equivalentes y el real ( $N_e/N$ ). Además, los pasos de los peatones situados en el vano principal son los que más aportan a la excitación de los modos de vibración a analizar.

El número de peatones equivalentes, o lo que es lo mismo, el número de peatones que estando en la misma frecuencia y fase que el modo de vibración producirían el mismo efecto que el conjunto de peatones, es (Sétra 2011):

$$N_e = 10.8 \cdot \sqrt{\xi N} \quad [7]$$

$$N_e = 10.8 \cdot \sqrt{0.004 \cdot 390} = 13.5 \text{ peatones equivalentes}$$



Donde  $\xi$  es la tasa de amortiguamiento de la estructura, siendo  $\xi=0.4\%$  para el análisis de esta pasarela (ver apartado 5 de este estudio).

El valor máximo de la acción vertical presenta la siguiente fórmula:

$$q_{v,m\acute{a}x}(N/m^2) = d \cdot 280 \cdot \frac{Ne}{N} \cdot \Psi \quad [8]$$

Donde  $\Psi$  representa la probabilidad de que la frecuencia de la acción vertical de los peatones coincida con la frecuencia natural de la estructura. Su valor queda definido por la siguiente gráfica:

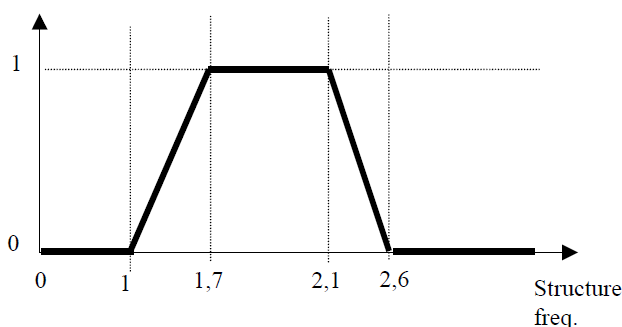


Gráfico 11 Valor del coeficiente  $\Psi$  en función de la frecuencia de vibración vertical. Caso de carga tipo 1 (Fuente: Sétra, 2006)

Por otro lado, el valor máximo de la acción transversal presenta la siguiente fórmula:

$$q_{t,m\acute{a}x}(N/m^2) = d \cdot 35 \cdot \frac{Ne}{N} \cdot \Psi \quad [9]$$

Donde, al igual que en la fórmula de la acción vertical,  $\Psi$  representa la probabilidad de que la frecuencia de la acción (en este caso transversal) de los peatones coincida con la frecuencia natural de la estructura. Su valor queda definido por la siguiente gráfica:

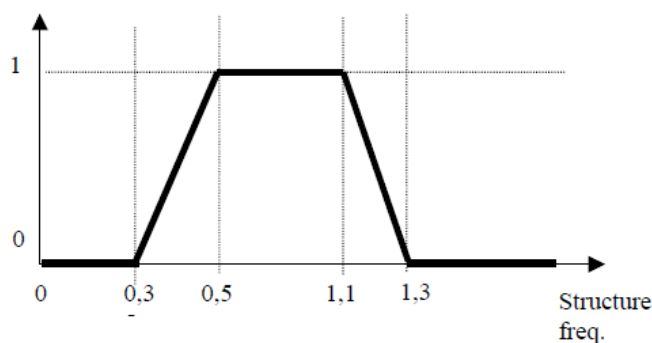


Gráfico 12 Valor del coeficiente  $\Psi$  en función de la frecuencia de vibración transversal. Caso de carga tipo 1 (Fuente: Sétra, 2006)

Los resultados de aplicar las anteriores fórmulas para los casos de carga 1 se reflejan en las siguientes tablas:

Modo de vibración	$\Psi$	$q_{t, \text{máx.}} \text{ (N/m}^2\text{)}$
Modo 1 (sp)	1	0.96
Modo 1 (cp)	1	0.96

Modo de vibración	$\Psi$	$q_{v, \text{máx.}} \text{ (N/m}^2\text{)}$
Modo 2 (sp)	1	7.75
Modo 2 (cp)	0.91	7.06

Tabla 14 Valores máximos de la acción dinámica en los casos de carga tipo 1. (Fuente: elaboración propia)

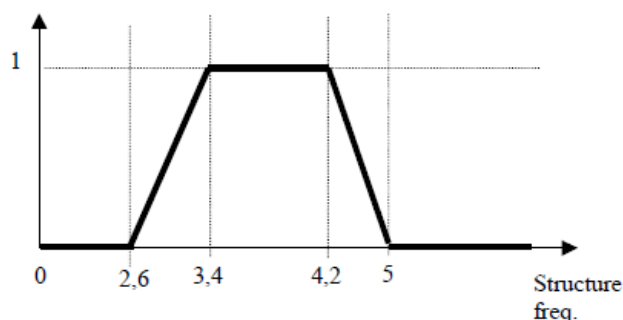
### 6.3.2. Casos de carga tipo 3

El caso de carga tipo 3 es similar al caso de carga tipo 1. La mayor diferencia consiste en el hecho de que las fuerzas aplicadas sobre el tablero son producidas por el segundo armónico del paso de los peatones. Este segundo armónico de la acción dinámica suele presentar, de media, una frecuencia igual al doble que la frecuencia del primer armónico.

Se sigue suponiendo una densidad  $d=0.8$  peatones/m<sup>2</sup>. Las fuerzas generadas por este segundo armónico son significativamente menores en comparación con las del caso de carga 1. La acción vertical en los casos de carga tipo 3 presenta la siguiente fórmula:

$$q_{v, \text{máx}} \text{ (N/m}^2\text{)} = d \cdot 70 \cdot \frac{Ne}{N} \cdot \Psi \quad [10]$$

Donde ahora el valor del coeficiente  $\Psi$  se obtiene del siguiente gráfico:

Gráfico 13 Valor del coeficiente  $\Psi$  en función de la frecuencia de vibración vertical. Caso de carga tipo 3 (Fuente: Sétra, 2006)

Dados los modos de vibración obtenidos en esta pasarela no se requiere calcular ninguna acción transversal en los casos de carga 3. Por tanto, se obtiene la siguiente tabla con el valor máximo de acciones para estos casos de carga de componente vertical:

Modo de vibración	$\Psi$	$q_{v, \text{máx.}} \text{ (N/m}^2\text{)}$
Modo 3 (sp)	0.113	0.22
Modo 3 (cp)	0.063	0.12
Modo 4 (sp)	1	1.94
Modo 4 (cp)	1	1.94

Tabla 15 Valores máximos de la acción dinámica en los casos de carga tipo 3 (Fuente: elaboración propia).

#### 6.4. Asignación de las cargas dinámicas en el modelo

La introducción de las cargas dinámicas en los modelos de SAP2000 se realiza de la siguiente forma:

- Definiendo una función dependiente del tiempo tipo “*time history*”. Esta función debe ser sinusoidal con un periodo igual al periodo de vibración del modo que se pretende analizar. El número de ciclos debe ser el necesario para poder excitar el modo y alcanzar un estado estacionario de vibración (estabilización de los valores en la serie temporal de aceleraciones). La amplitud de la función se recomienda que sea unitaria.
- Definir un caso de carga dependiente del tiempo “*time history*” que haga referencia a la anterior función multiplicada por la carga dinámica máxima calculada para cada modo expresada como carga lineal (kN/m).
- Asignar al anterior caso de carga una distribución de fuerzas unitarias distribuidas a lo largo del tablero que presenten una dirección y sentido acorde con los desplazamientos del modo de vibración analizado. Se muestran, a continuación, las tres distribuciones de fuerzas unitarias utilizadas para la generación de las cargas dinámicas:
  - Distribución de cargas unitarias para la excitación del modo 1:

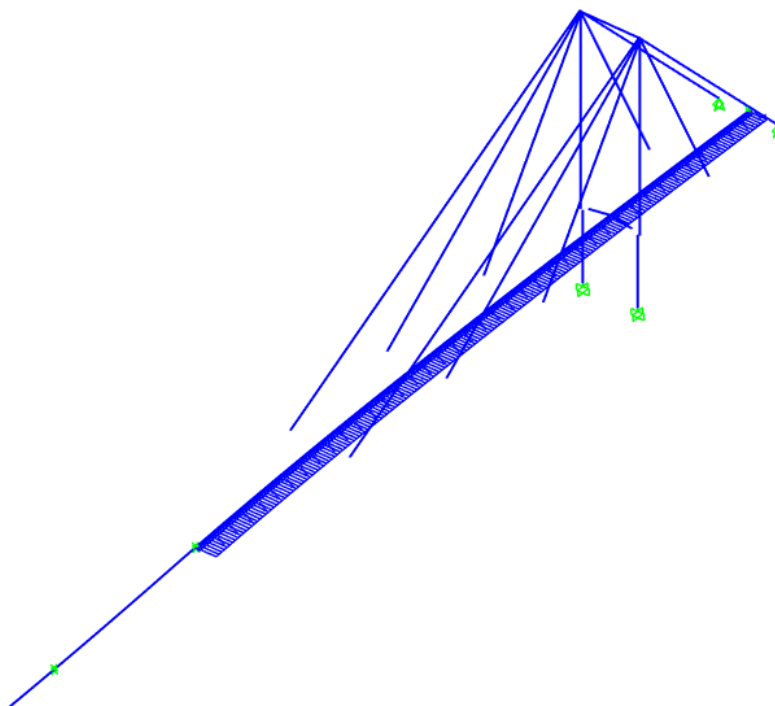


Imagen 20 Distribución de cargas unitarias para la excitación del modo 1. (Fuente: elaboración propia).

- Distribución de cargas unitarias para la excitación de los modos 2 y 3:

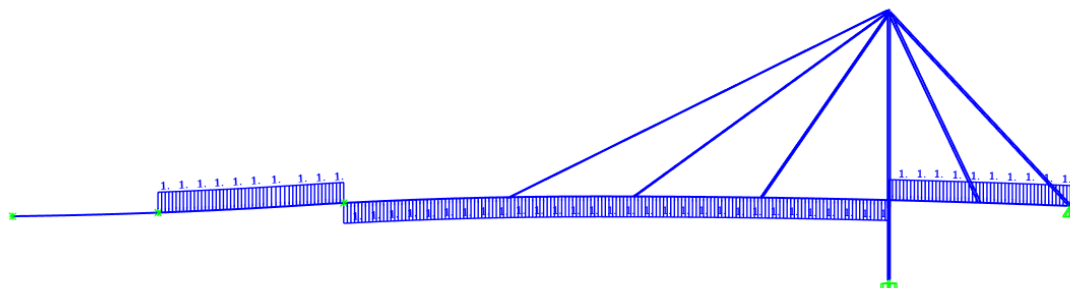


Imagen 21 Distribución de cargas unitarias para la excitación de los modos 2 y 3. (Fuente: elaboración propia).

- Distribución de cargas estáticas unitarias para la excitación del Modo 4:

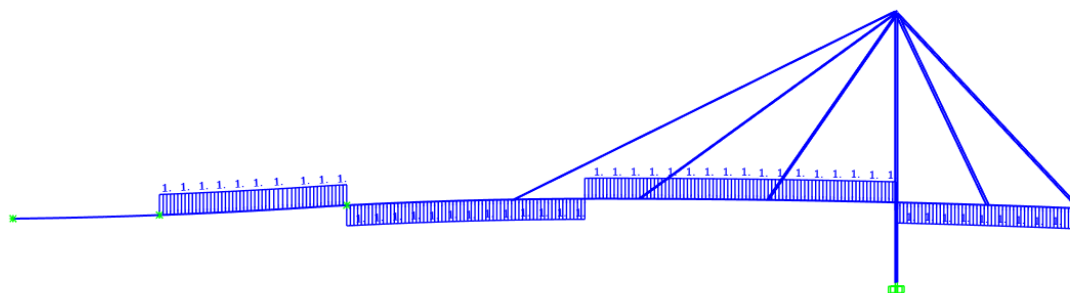


Imagen 22 Distribución de cargas unitarias para la excitación del Modo 4. (Fuente: elaboración propia).

## 6.5. Resultados

Tras realizar el análisis dinámico en el *modelo global estado actual* se han obtenido los resultados que se muestran en los siguientes subapartados.

### 6.5.1. Efecto amortiguador de los tirantes

Al inicio del análisis dinámico realizado en este estudio no se sabía con certeza si resultaba conveniente o no tener en cuenta la vibración propia de los tirantes para obtener los resultados del comportamiento dinámico de la estructura general.

Por un lado, los resultados del análisis modal mostraban que las frecuencias de vibración general de la estructura eran independientes del axil al que se encuentran los tirantes y, consecuentemente, de las frecuencias propias de los mismos. Por otro lado, durante las visitas realizadas a la pasarela se pudo apreciar la existencia de una correlación entre la vibración del conjunto de la estructura y los tirantes. Cuando se excitaba la vibración vertical del tablero se podía observar cómo los tirantes T1 y T2 vibraban con la forma de una onda completa (segundo modo de una cuerda vibrante) y viceversa.

El Manual de Tirantes (ACHE, 2007) contempla la vibración forzada de un tirante debido al movimiento general de la estructura, pero no contempla el efecto contrario, es decir, qué efecto tiene la vibración local de los tirantes con respecto a la vibración general de la estructura cuando sus frecuencias resultan similares.

Para resolver estas cuestiones se desarrolló un método para realizar dos tipos de análisis: considerando vibración de los tirantes y sin considerar dicha vibración.

Para realizar el análisis teniendo en cuenta la vibración de los tirantes se utilizó la descomposición modal descrita en los subapartados 6.2.1 y 6.2.2 La aceleración máxima que se obtuvo tras la aplicación de la carga dinámica asignada al Modo 2 (sp) fue  $3.14 \text{ m/s}^2$ .

Para realizar el análisis sin tener en cuenta la vibración de los tirantes simplemente se deshizo la discretización de dichos elementos en el modelo. Cada tirante pasa a ser una única barra, y dado que el programa SAP2000 concentra la masa de los elementos en sus extremos, dejan de tener masa en su longitud. Con estos cambios, y teniendo en cuenta la matriz de rigidez lineal de la estructura, se realizó la nueva descomposición modal. La aceleración máxima que se obtuvo tras la aplicación de la carga dinámica asignada al mismo Modo 2 (sp) fue  $3.8 \text{ m/s}^2$ .

El análisis que no tiene en cuenta la vibración de los cables aporta unos resultados de aceleraciones significativamente superiores. Resulta que los tirantes que presentan frecuencias de vibración similares a las frecuencias de los modos generales de la estructura amortiguan los movimientos de esta. Esto parece indicar que los tirantes están actuando como amortiguadores de masa sintonizada de una manera que no estaba prevista en el proyecto. Este descubrimiento tiene las siguientes implicaciones:

- Es necesario modelar la vibración local de los tirantes en esta pasarela para conocer el comportamiento real de la estructura en su conjunto.
- El comportamiento de los tirantes como amortiguador de masas no previsto sugiere que el movimiento general de la pasarela está generando una vibración forzada en los tirantes que puede tener consecuencias en la durabilidad y resistencia a fatiga de estos elementos. Estas consecuencias se evalúan en el apartado 7. *Análisis dinámico de la estructura actual. ELU.*
- Una solución al problema dinámico de la estructura que pase por modificar la frecuencia natural de la misma puede presentar una eficacia menor que la esperada en el confort del usuario si se separan las frecuencias propias de los tirantes y las de la estructura general.
- Podría darse una situación contraria a la anterior, esto es, que una solución al problema dinámico de la estructura que pase por modificar la frecuencia natural de la misma podría incrementar los problemas relacionados con la vibración forzada de los tirantes si se aproximase más la frecuencia propia de algún tirante con la frecuencia propia de los modos generales de la estructura.

Estas dos últimas implicaciones se tienen en cuenta en la justificación de la solución propuesta en el apartado 9.

### 6.5.2. Comprobación del ELS de vibraciones

En Sétra (2006) se realiza la siguiente clasificación de los niveles de confort en función de las aceleraciones obtenidas para cada modo de vibración:

- Máxima comodidad (*Range 1*): Las vibraciones son prácticamente imperceptibles por los usuarios
- Comodidad media (*Range 2*): Las vibraciones son meramente perceptibles por los usuarios
- Comodidad mínima (*Range 3*): Bajo ciertas circunstancias de carga las vibraciones son claramente perceptibles, pero pueden ser toleradas por los usuarios.

La decisión del objetivo de comodidad viene influenciada por la importancia de la estructura, la edad de las personas que lo cruzan y la longitud del tramo a recorrer para poder cruzarlo. También, el hecho de realizar un trabajo de rehabilitación y reacondicionamiento dinámico de la estructura puede conducir a que se exija la máxima comodidad tras la actuación.

Acceleration ranges	0	0.5	1	2.5
Range 1	Max			
Range 2		Mean		
Range 3			Min	
Range 4				

Tabla 16 Relación comodidad/aceleración vertical (m/s<sup>2</sup>). (Fuente: Sétra)

Por último, existe unos valores de aceleración inaceptables que se corresponden con el rango 4 de la tabla superior.

En caso de analizar las aceleraciones transversales, independientemente del nivel de confort, existe un valor máximo de 0.1 m/s<sup>2</sup> para evitar que se produzca el efecto “*lock-in*”. El término “*lock-in*” hace referencia al fenómeno que se produce cuando los peatones inconscientemente tratan de adaptarse al movimiento lateral de la estructura, generando una acción acoplada a la frecuencia de vibración de la pasarela que actúa como un amortiguamiento negativo y retroalimenta el movimiento. Esto fue lo que sucedió en el *Millennium Bridge* (Londres) el mismo día de su inauguración.

En este subapartado se muestran los resultados obtenidos para cada una de las acciones asignadas a cada modo de vibración. Lo que se representa en los gráficos son las series temporales de aceleraciones (tiempo (s) en el eje de abscisas y aceleración (m/s<sup>2</sup>) en el eje de ordenadas) obtenidas en cada punto donde los desplazamientos del modo de vibración analizado son mayores. Pueden observarse dos fases en los gráficos: una primera fase en la que la estructura se excita mediante la acción dinámica, partiendo del reposo, hasta alcanzar asintóticamente una situación estacionaria, y una segunda fase en la que la acción cesa y la oscilación de la estructura se amortigua como vibración libre. En algunos gráficos, no obstante, no es visible la segunda fase mencionada. Se asigna como valor de aceleración máxima aquel que se alcanza asintóticamente en la primera fase.

Nota: En los próximos apartados de este estudio se mostrarán gráficos similares con series temporales de respuesta frente a cargas dinámicas que representan otro tipo de magnitud en el eje de ordenadas como, por ejemplo, esfuerzos, desplazamientos y giros.

- Serie temporal de aceleraciones frente a la acción dinámica asignada al Modo 1 (sp)

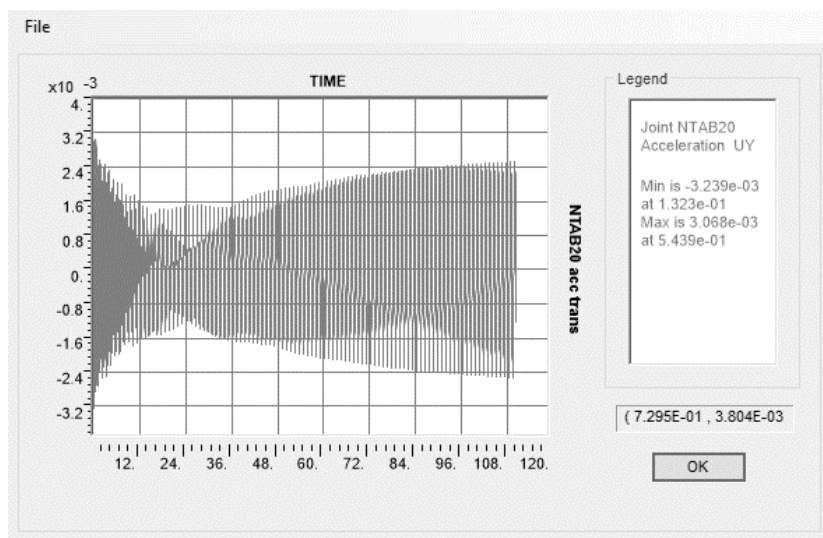


Gráfico 14 Serie temporal de respuesta de aceleraciones transversales con la excitación del Modo 1 (sp)  
(Fuente: elaboración propia).

La representación gráfica que ofrece SAP2000 puede parecer la superposición de diferentes funciones, pero se trata de una única función de aceleración frente a tiempo de un punto del tablero.

$$a_{t,m\acute{a}x} = 0.0032 \frac{m}{s^2} \rightarrow a_{t,m\acute{a}x} < a_{t,lim} = 0.1 \frac{m}{s^2} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Serie temporal de aceleraciones frente a la acción dinámica asignada al Modo 1 (cp)

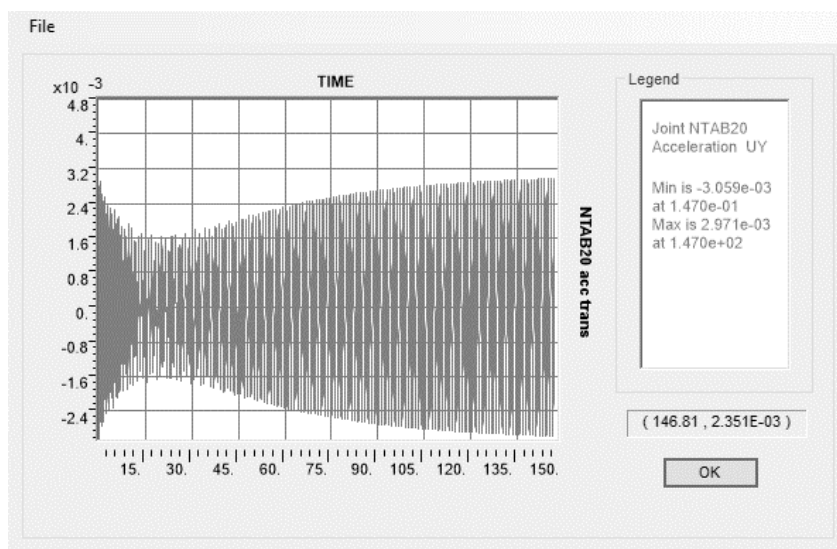


Gráfico 15 Serie temporal de respuesta de aceleraciones transversales con la excitación del Modo 1 (cp)  
(Fuente: elaboración propia).

$$a_{t,m\acute{a}x} = 0.00306 \frac{m}{s^2} \rightarrow a_{t,m\acute{a}x} < a_{t,lim} = 0.1 \frac{m}{s^2} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Serie temporal de aceleraciones frente a la acción dinámica asignada al Modo 2 (sp)

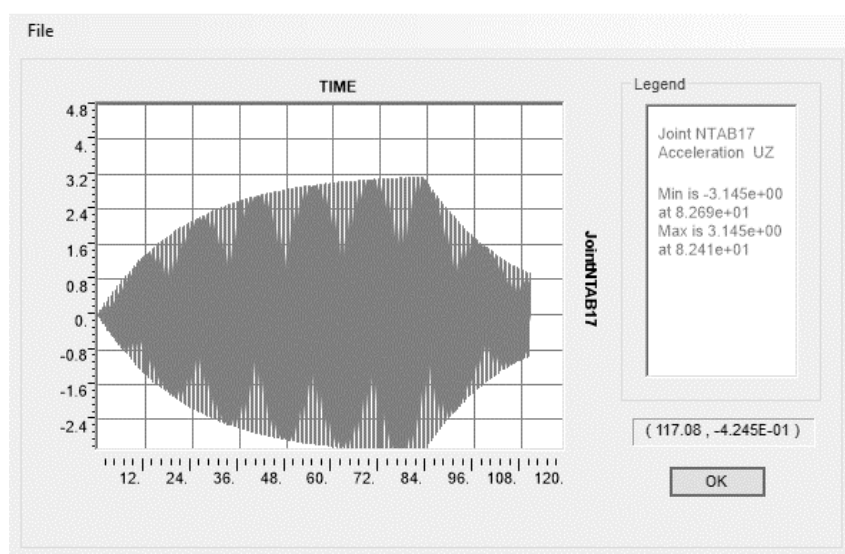


Gráfico 16 Serie temporal de respuesta de aceleraciones verticales con la excitación del Modo 2 (sp) (Fuente: elaboración propia).

Se alcanza un valor  $a_{v,m\acute{a}x} = 3.15 \text{ m/s}^2$ . Este valor de aceleración se considera en el rango inadmisibile de confort para el usuario.

- Serie temporal de aceleraciones frente a la acción dinámica asignada al Modo 2 (cp)

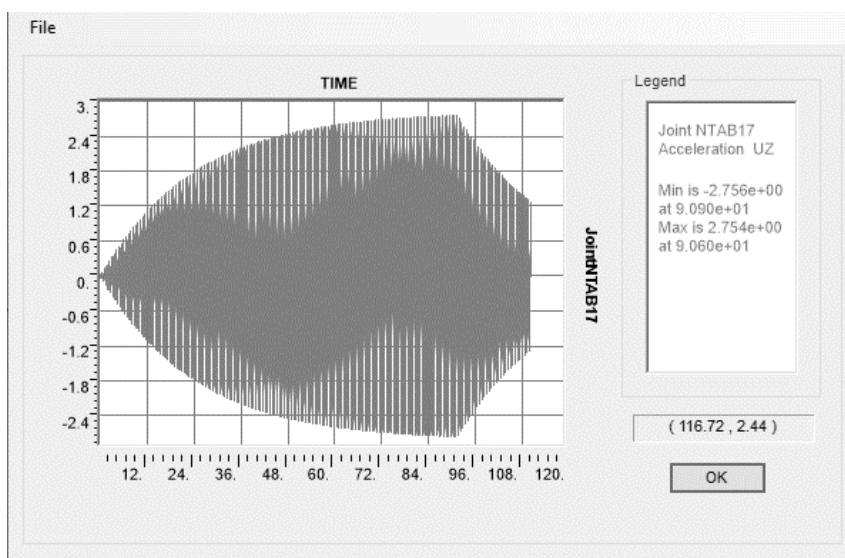


Gráfico 17 Serie temporal de respuesta de aceleraciones verticales con la excitación del Modo 2 (cp) (Fuente: elaboración propia).

Se alcanza un valor  $a_{v,m\acute{a}x} = 2.75 \text{ m/s}^2$ , también en el rango inadmisibile de confort para el usuario. Los dos últimos resultados ponen de manifiesto que los problemas dinámicos más importantes de la pasarela están asociados al modo de vibración denominado Modo 2 en este estudio. El



incumplimiento del ELS de vibraciones es independiente de la suposición de masa referida a los peatones.

- Serie temporal de aceleraciones frente a la acción dinámica asignada al Modo 3 (sp)

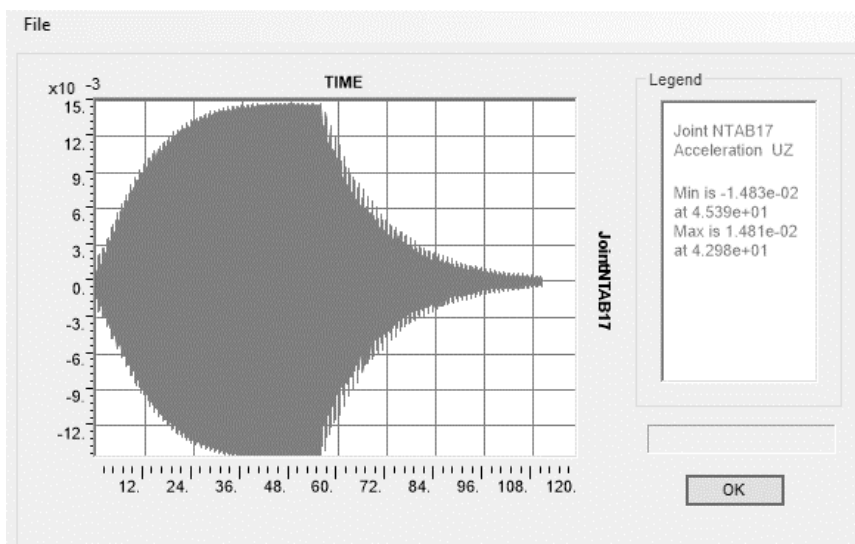


Gráfico 18 Serie temporal de respuesta de aceleraciones verticales con la excitación del Modo 3 (sp) (Fuente: elaboración propia).

La aceleración vertical máxima que se alcanza es  $a_{v,m\acute{a}x} = 0.015 \text{ m/s}^2$ , que se sitúa en el rango de confort máximo para los usuarios.

- Serie temporal de aceleraciones frente a la acción dinámica asignada al Modo 3 (cp)

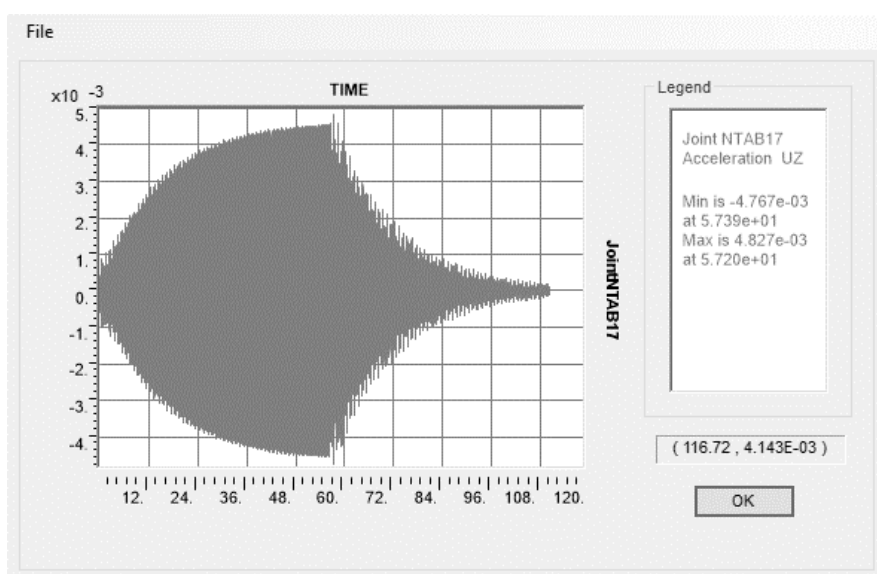


Gráfico 19 Serie temporal de respuesta de aceleraciones verticales con la excitación del Modo 3 (cp) (Fuente: elaboración propia)

La aceleración máxima vertical no alcanza ni  $0.005 \text{ m/s}^2$  por lo que la acción asociada a este modo de vibración no genera vibraciones perceptibles por el usuario.

Se concluye que el Modo 3 no es una fuente de los problemas dinámicos de la pasarela.

- Serie temporal de aceleraciones frente a la acción dinámica asignada al Modo 4 (sp)

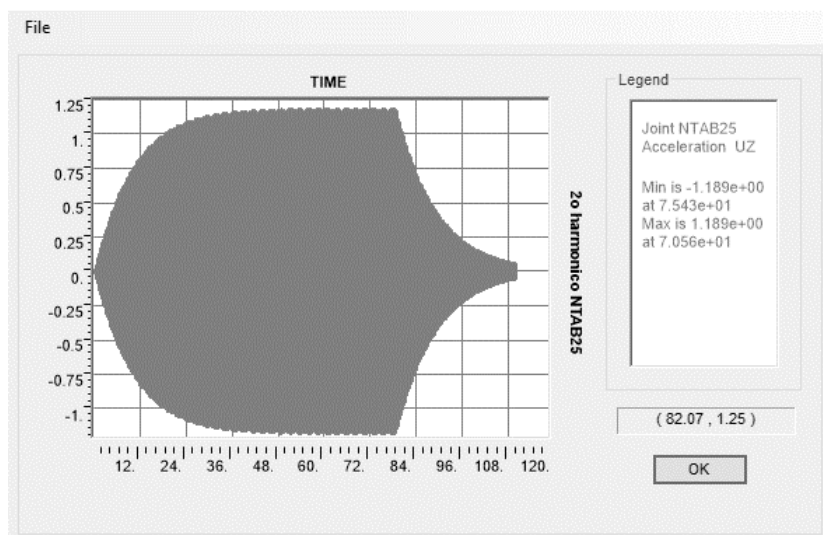


Gráfico 20 Serie temporal de respuesta de aceleraciones verticales con la excitación del Modo 4 (sp) (Fuente: elaboración propia).

Se alcanza un valor  $a_{v,máx} = 1.19 \text{ m/s}^2$ . Este valor de aceleración se encuentra en un rango de comodidad mínima.

- Serie temporal de aceleraciones frente a la acción dinámica asignada al Modo 4 (cp)

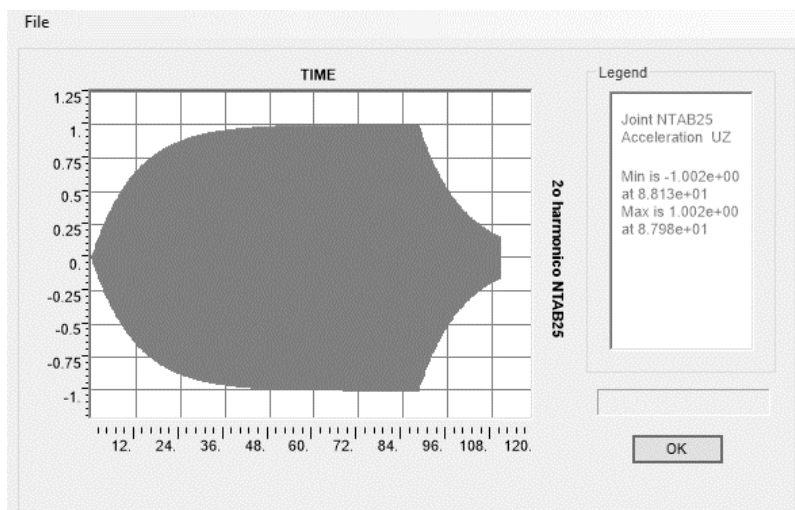


Gráfico 21 Serie temporal de respuesta de aceleraciones verticales con la excitación del Modo 4 (cp) (Fuente: elaboración propia).

Se alcanza un valor de  $a_{v,máx} = 1.00 \text{ m/s}^2$ , también situado en un rango de comodidad mínima para los usuarios.

En conclusión, los modos de vibración vertical en el plano denominados Modo 2 y Modo 4 pueden ser excitados por el paso de peatones hasta unos valores de aceleración inadmisibles en el Modo 2 y de comodidad mínima en el Modo 4. Por lo tanto, dado este incumplimiento del ELS de vibraciones, se requiere una intervención para adecuar el comportamiento dinámico de la estructura frente al paso de los peatones, reduciendo las aceleraciones máximas y asegurando el confort del usuario.

En base a estos resultados, en los próximos apartados únicamente se analizarán los modos de vibración general de la estructura denominados Modo 2 y 4.

## 7. Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite último (ELU) [CPF]

En los apartados anteriores se ha revisado el comportamiento dinámico de la estructura desde el punto de vista del confort de los usuarios frente a las vibraciones. No obstante, en este apartado se valorará la influencia que tiene el comportamiento dinámico de la estructura, que ya se ha demostrado inadecuado, en el cumplimiento de estados límite últimos.

Se evaluarán dos tipos de estado límite último (ELU): el ELU de fatiga y el ELU accidental. La comprobación de fatiga se basa en determinar si los elementos más críticos de la estructura (anclajes, soldaduras, etc.) se ven afectados por un ciclo de cargas, con una variación de tensiones asociadas, superior a la capacidad resistente del elemento. La comprobación de ELU accidental que se realiza en este apartado es el que está definido en Sétra (2006, apartado 4.6) y supone considerar que, estando la pasarela completa de peatones, estos se ponen a saltar sincronizadamente ya sea por razones vandálicas, por una manifestación o, como se ha reportado por algunos testigos visuales, por la realización de un concierto.

En general un puente atirantado se dimensiona considerando como factor crítico la fatiga en los tirantes y sus anclajes, pero los ciclos de carga considerados son los asociados al paso de vehículos pesados. Por esta razón, las cargas a tener en cuenta en el cálculo de fatiga debido al paso de vehículos pesados están específicamente definidas en la EAE y la IAP-11. No ocurre lo mismo cuando se trata de una pasarela ya que ésta no recibe cargas cíclicas por vehículos pesados y puede obviarse la comprobación de fatiga. En definitiva, la pasarela sobre el río Serpis en Gandía no está calculada frente a un estado límite último de fatiga porque en el proceso de diseño no se pudo considerar la existencia de una carga cíclica.

Dado que las pasarelas actualmente se diseñan para que no presenten problemas dinámicos y dado que aquellas que tras su construcción a principios del siglo XXI presentaron problemas fueron remediadas automáticamente (Millenium Bridge, Solferino, etc.) existe un vacío en la normativa española sobre cómo calcular el Estado Límite Último de fatiga cuando se producen vibraciones causadas por los peatones. El objetivo de este apartado será evaluar esto último tratando de establecer los ciclos de carga “ad hoc” y usando el método general de comprobación de fatiga descrito en la EAE. En resumen, la pregunta clave a responder es si tras 30 años en servicio y considerando su proyección a futuro, presentando problemas de resonancia por el paso de peatones se pueden esperar daños debidos a fatiga.

Respecto a la acción accidental, se pretende valorar si la realización de conciertos cerca de la pasarela supone un riesgo para la seguridad de las personas y si se recomienda a las autoridades restringir estos eventos.

### 7.1. Estado Límite Último de fatiga

Los principales pasos para realizar la comprobación de ELU de fatiga son:

- Determinación del número de ciclos.
- Asociar los ciclos de carga con las carreras de tensiones de los diferentes puntos en los que se pretende realizar la comprobación de fatiga.
- Comparar la combinación de los anteriores valores con la resistencia a fatiga del material recogida en las curvas S-N

Los diferentes pasos para la comprobación de la resistencia de la fatiga quedan reflejados en los siguientes apartados.

#### 7.1.1. Determinación de número de ciclos

Tras consultar con el ayuntamiento de Gandía se obtuvo la siguiente información:

- La pasarela comunica el centro histórico y comercial de Gandía con el Parque de Ausiàs March. Este parque, desde la construcción de la pasarela, es un aparcamiento público que es utilizado de forma asidua por los visitantes a la ciudad para acceder al centro histórico y comercial.
- Los sábados se celebra en dicho parque un gran mercado al aire libre que congrega un numeroso público.
- La mayor intensidad de tráfico se produce en la “Fira i Festes de Gandia”. Miles de personas acuden diariamente desde unos días antes a unos días después de la instalación de la feria de atracciones en el parque (aproximadamente 15 días). Los cuatro días que dura la “Fira y Festes” se acentúa aún más la afluencia llegando a veces a llenar por completo la pasarela
- Desde 2010 se realizan en las noches de la Fira unos conciertos en el Parque de Ausiàs March con una afluencia entre 3000 y 8000 personas.
- En los últimos años se han incorporado nuevos eventos en el Parque Ausiàs March que suponen días de fuerte carga sobre el puente, como son las verbenas de fallas o los festivales musicales de verano.

Con esta información y lo que se pudo apreciar de primera mano por los redactores de este documento en los días en los que se visitó la pasarela antes de la pandemia de Coronavirus se puede hacer la siguiente clasificación:

- Horas de actividad usual: Suponen la mayoría de las horas del año. Durante estas horas el número de peatones en la pasarela puede variar entre 0 y 30. No se alcanza el 10% de la capacidad útil.
- Horas de actividad intensa: En este bloque se incluyen las horas de mayor actividad (2h/día) de los días en los que suceden actividades en el parque. 52 sábados más 15 días con feria de atracciones suponen 67 días al año, es decir, 134 horas al año. Durante estas horas de actividad intensa se ha estimado que la pasarela puede encontrarse entorno al 40% de su capacidad
- Horas de actividad extrema: En este bloque se incluyen las horas pico de los cuatro días de “Fira i festes”. Se ha estimado un total de 8 horas anuales en las que la capacidad del puente alcanza el 80%. Este nivel de tráfico, con una media de ocupación de 0.8 personas/m<sup>2</sup>, se corresponde con el analizado en el apartado 6 de este estudio para la comprobación del ELS de vibraciones.

El primer modo de vibración vertical (Modo 2 (sp) y Modo 2 (cp)), que resulta ser el más influyente en los problemas dinámicos generados por los pasos de peatones, presenta una frecuencia de 1.64 o 1.80

Hz en función de la hipótesis de masa. Para obtener el número de ciclos en este cálculo de fatiga se trabajará con un valor medio de 1.7 Hz.

El número de ciclos debidos a horas de actividad intensa durante los 30 años de vida de la pasarela han sido

$$N_{intensa} = 30 \cdot 134 \cdot 3600 \cdot 1.7 = 24.6 \cdot 10^6 \text{ ciclos}$$

El número de ciclos debidos a horas de actividad extrema durante los 30 años de vida de la pasarela han sido

$$N_{Extrema} = 30 \cdot 8 \cdot 3600 \cdot 1.7 = 1.5 \cdot 10^6 \text{ ciclos}$$

### 7.1.2. Obtención de las careras de tensiones

- Variación de tensiones en los tirantes.

Para obtener la variación de tensión en los tirantes se han analizado los resultados de la aplicación de la carga dinámica, definida en el apartado 6, en el *modelo global estado actual*. Se obtienen las carreras del esfuerzo axial en cada uno de los tirantes con ambas suposiciones de masa<sup>4</sup> (pasarela con o sin peatones). Estos resultados se resumen en las siguientes dos tablas:

Suposición masa con peatones			
Tirante	$\Delta N$ (kN)	Área (m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$ (Mpa)
T1	70	0.0042	16.7
T2	160	0.0027	59.3
T3	70	0.0018	38.9
T4	32	0.00105	30.5
T5	425	0.00705	60.3

Tabla 17 Variaciones de tensiones en los tirantes. Hipótesis con peatones. (Fuente: elaboración propia).

Suposición masa sin peatones			
Tirante	$\Delta N$ (kN)	Área (m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$ (Mpa)
T1	61	0.0042	14.5
T2	145	0.0027	53.7
T3	64	0.0018	35.6
T4	31	0.00105	29.5
T5	410	0.00705	58.2

Tabla 18 Variaciones de tensiones en los tirantes. Hipótesis sin peatones. (Fuente: elaboración propia).

Un ejemplo de cómo se han obtenido las carreras de axiles en los tirantes se representa en la siguiente imagen, que muestra la serie temporal de axiles en el tirante T5 en función del tiempo cuando se

<sup>4</sup> En el subapartado 6.2.2 *Modos de vibración general de la estructura* se explican las razones por las que se consideran dos suposiciones de masa diferentes.

aplica la acción dinámica asociada al Modo 2. La carga de axiles resulta ser la diferencia entre el valor máximo y el mínimo cuando se estabiliza asintóticamente la serie temporal.

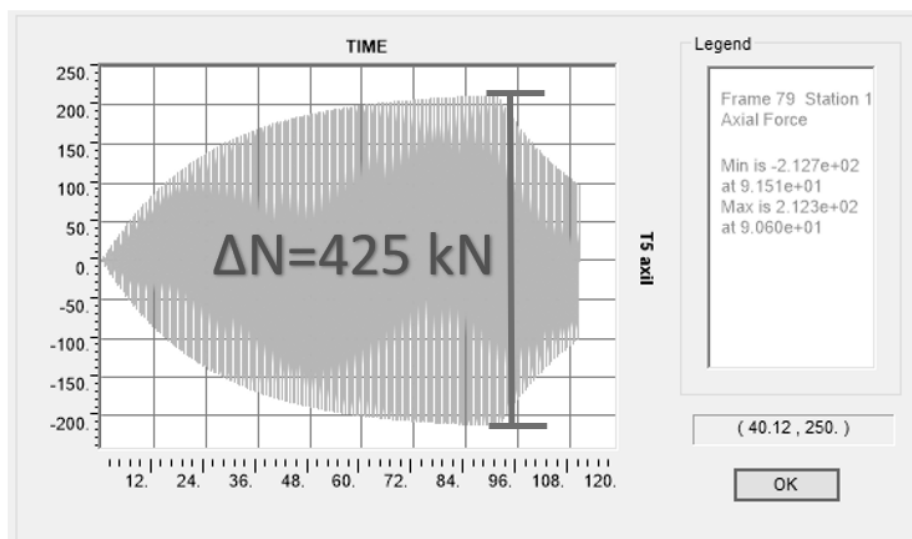


Imagen 23 Representación de la carrera de axiles sobre la serie temporal del tirante T5 (eje de abscisas en segundos y eje de ordenadas en kN). (Fuente: elaboración propia)

La máxima variación de tensiones en un tirante se produce en T5, es decir, el tirante de retenida, y su valor asciende a  $\Delta\sigma_{tirante} = 60.3 \text{ MPa}$ . Esta variación de tensiones se relaciona con la situación de tráfico extremo en la pasarela, es decir, cuando su densidad alcanza  $0.8 \text{ peatones/m}^2$  (80% de su capacidad).

$$\Delta\sigma_{TiranteE} = 60.3 \text{ MPa}$$

Para obtener la variación de tensiones asociada a las horas de tráfico intenso (40% de la capacidad) se considera que la acción dinámica estudiada presenta un comportamiento lineal. Por lo tanto, si la carga es la mitad que la considerada en el caso de tráfico extremo, también lo será los valores resultados de axil en los tirantes.

$$\Delta\sigma_{TiranteI} = \Delta\sigma_{TiranteE}/2 = 60.3/2 = 30.2 \text{ MPa}$$

Nota: Se emplea el subíndice “E” para identificar el caso de tráfico extremo y el subíndice “I” para el caso de tráfico intenso.

- Variación de tensión en las soldaduras

La forma de proceder para la obtención de la variación de tensiones en la soldadura es similar a la empleada para determinar la variación de tensiones en el tirante. A partir de la variación del momento flector en el tablero se puede obtener mediante un cálculo seccional las tensiones en los cordones de soldadura.

El primer paso es determinar en qué punto el valor del momento flector debido a la acción dinámica es máximo. Para ello, se representa la siguiente ley de flectores en un momento  $t$  inespecífico de la serie temporal de respuesta dinámica:

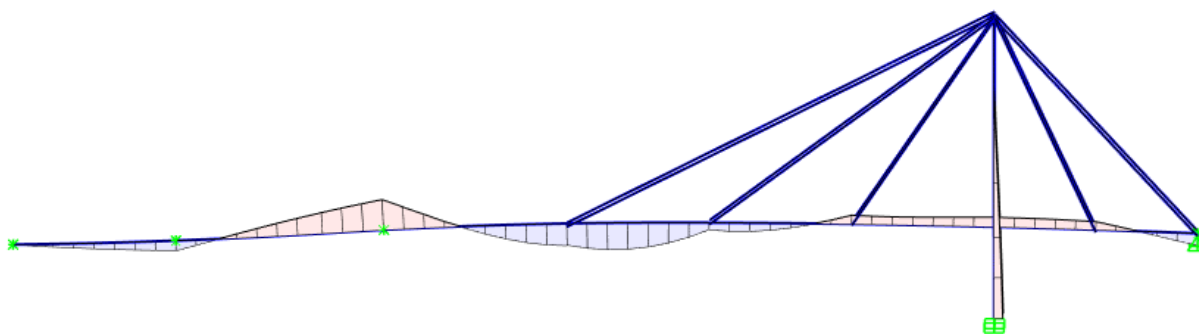


Imagen 24 Ley de esfuerzos flectores bajo la acción dinámica (Fuente: elaboración propia)

Se ha comprobado que el valor máximo de esfuerzo flector se produce sobre el apoyo oeste del vano principal. En dicho punto se obtienen las series temporales del momento flector con ambas suposiciones de masa.

- Serie temporal del momento flector cuando se aplica la carga dinámica asociada al Modo 2 sin peatones.

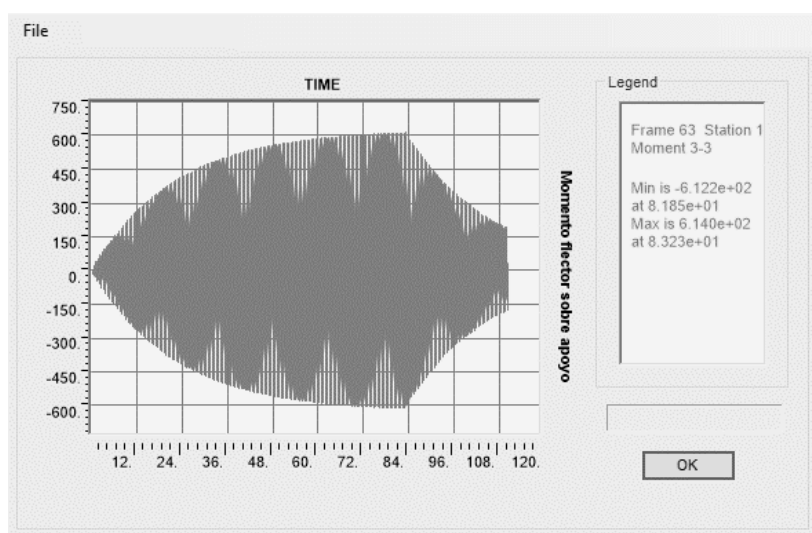


Imagen 25 Serie temporal de flectores en el tablero. Suposición de masa sin peatones (eje de abscisas en segundos y eje de en ordenadas en  $kN \cdot m$ ) (Fuente: elaboración propia)

La máxima variación de momento flector sobre el apoyo izquierdo, a falta de comprobar la suposición de masa con peatones, resulta  $\Delta M = 1220 \text{ kN} \cdot \text{m}$ .



- Serie temporal del momento flector cuando se aplica la carga dinámica asociada al Modo 2 con peatones.

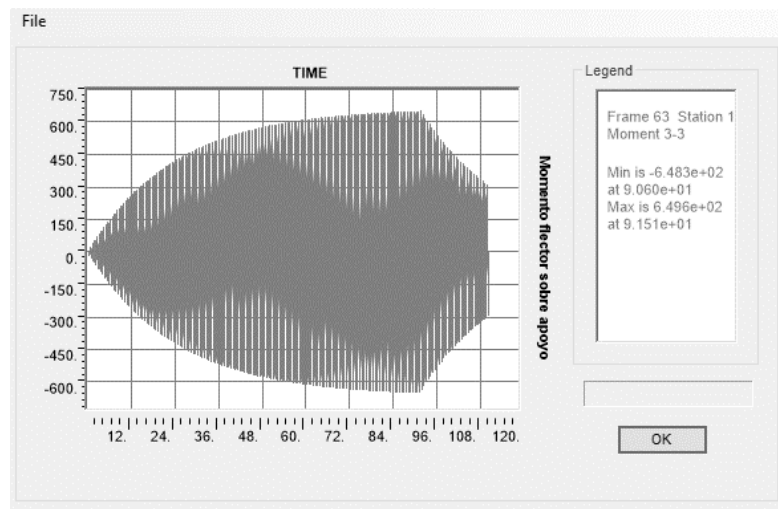


Imagen 26 Serie temporal de flectores en el tablero. Suposición de masa con peatones (eje de abscisas en segundos y eje de en ordenadas en kN·m) (Fuente: elaboración propia)

La máxima variación de momento flector sobre el apoyo izquierdo es  $\Delta M = 1300 \text{ kN} \cdot \text{m}$ .

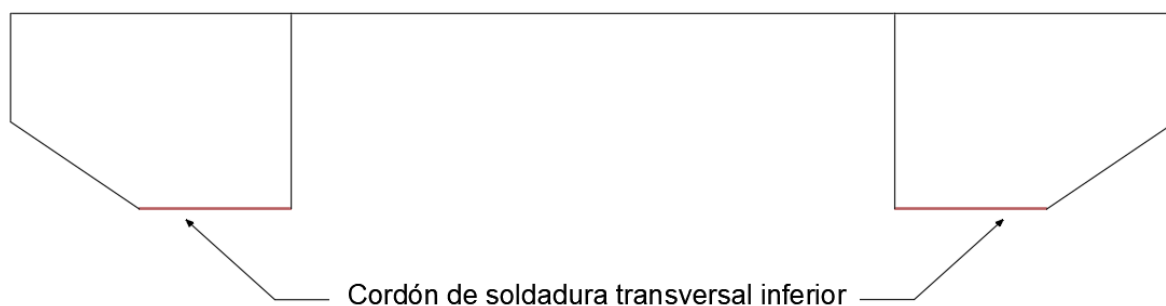


Imagen 27 Posición del cordón de soldadura más solicitado frente a fatiga. (elaboración propia)

Teniendo en cuenta que la variación de axiles en la sección de cálculo es nula, se puede obtener la carrera de tensiones en el cordón de soldadura transversal inferior (ver Imagen 27) con la siguiente expresión:

$$\Delta\sigma = |z| \cdot \frac{\Delta M}{I} \quad [11]$$

Donde:

$|z|$  es la máxima distancia entre el centro de gravedad de la sección y el cordón de soldadura transversal inferior.  $|z| = 0.871 \text{ m}$

$I$  es la inercia a flexión de la sección.  $I = 0.032 \text{ m}^4$

$$\Delta\sigma = 0.871 \cdot \frac{1300}{0.032} = 35\,384 \text{ kPa} = 35.4 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{\text{Soldadura}_E} = 35.4 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{\text{Soldadura}_I} = \Delta\sigma_{\text{Soldadura}_E} / 2 = 35.4 / 2 = 17.7 \text{ MPa}$$

### 7.1.3. Comprobación de resistencia a la fatiga en el tablero

El coeficiente parcial de minoración para la resistencia a la fatiga se toma de la tabla 42.4 de la EAE. Tomando como criterio de integridad estructural una integridad estructural asegurada y considerando consecuencias del fallo grave se obtiene un coeficiente  $\gamma_{Mf} = 1.35$ .

Sobre el coeficiente parcial de mayoración de cargas ( $\gamma_{Ff}$ ), la norma EAE solo indica que “su valor suele tomarse igual a la unidad”. Para los cálculos de fatiga realizados en este estudio se toma  $\gamma_{Ff}=1$ .

Para la comprobación de la resistencia de la soldadura se aplicará el método del daño acumulado o regla de Palmgren-Miner. Consiste en comprobar que el coeficiente de daño acumulado  $D_d$  es inferior a la unidad. Este método está considerado como un método general para la comprobación de resistencia a fatiga y está recogido en el apartado 42.3.1 de la EAE.

El valor del daño acumulado  $D_d$  se obtiene de la siguiente forma:

$$D_d = \sum_{i=1}^m \frac{N_i}{\tilde{N}_\sigma(\gamma_{Ff}\Delta\sigma_i)} \quad [12]$$

Donde:

- $m$  es la cantidad de tipos diferentes de esfuerzos cíclicos con diferentes valores de carrera de tensiones y número de ciclos.
- $\tilde{N}_\sigma(\gamma_{Ff}\Delta\sigma_i)$  es el número de veces sucesivas que debe aplicarse la carrera de tensiones normales  $\gamma_{Ff}\Delta\sigma_i$  para agotar la resistencia a fatiga del detalle según la curva S-N correspondiente, minorada mediante el coeficiente  $\gamma_{Mf}$ .
- $N_i$  es el número de ciclos asociados a una determinada carrera de tensiones ( $\sigma_i$ ) a los que se somete el elemento objeto de análisis a lo largo del periodo de servicio que se pretende analizar.

En el caso de este cálculo  $m=2$  ya que se analizan las carreras de tensiones generadas bajo tráfico intenso y bajo tráfico extremo.

El detalle de la soldadura transversal correspondería con una soldadura a tope ejecutada desde un solo lado con penetración total con la verificación mediante técnicas END apropiadas (ensayos no destructivos). Se trataría, por tanto, según la norma EAE de una soldadura con categoría de detalle 71. Por tanto, la representación de su curva S-N minorada es la siguiente:

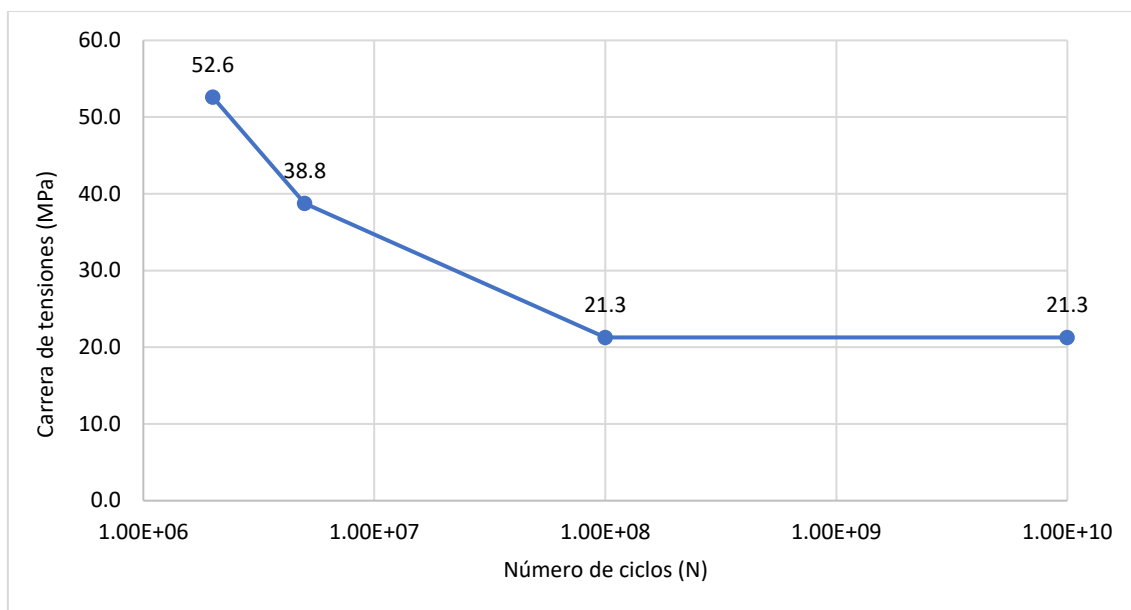


Gráfico 22 Curva S-N de la soldadura transversal minorada según EAE. Eje de abscisas en escala logarítmica. (Fuente: elaboración propia)

$$\Delta\sigma_R^3 \cdot \tilde{N} = \Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ para } \tilde{N} < 5 \cdot 10^6$$

$$\Delta\sigma_R^3 \cdot \tilde{N} = \Delta\sigma_D^3 \cdot 5 \cdot 10^6 \text{ para } 5 \cdot 10^6 < \tilde{N} < 10^8$$

$$\Delta\sigma_R = \Delta\sigma_L \text{ para } \tilde{N} > 10^8$$

Sabiendo que para la curva S-N definida  $\Delta\sigma_C = 52.6 \text{ MPa}$ ;  $\Delta\sigma_D = 38.8 \text{ MPa}$ , y  $\Delta\sigma_L = 21.3 \text{ MPa}$ , se pueden calcular los valores  $\tilde{N}_\sigma(\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{Soldadura})$  como se muestra a continuación:

$$\tilde{N}_\sigma(\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{Soldadura,E}) = \tilde{N}_\sigma(35.4)$$

$$35.4^3 \cdot \tilde{N}(35.4) = 38.8^3 \cdot 5 \cdot 10^6 \rightarrow \tilde{N}(35.4) = 6\,580\,000 \text{ ciclos}$$

$$\tilde{N}_\sigma(\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{Soldadura,I}) = \tilde{N}_\sigma(17.7)$$

$$17.7 > \Delta\sigma_L \rightarrow \tilde{N}(17.7) = \infty \text{ ciclos}$$

Aplicando la fórmula [12] se obtiene:

$$D_d = \frac{1500000}{6580000} + \frac{24600000}{\infty} = 0.28 < 1$$

Las soldaduras del tablero cumplen la comprobación de resistencia a fatiga frente a la acción dinámica de los peatones, pero se debe controlar que en un futuro no aumente el uso de la estructura. En tal caso, se debería hacer un cálculo de fatiga más pormenorizado analizando con mayor precisión el número de ciclos a los que podría estar sometida.

## 7.1.4. Comprobación de resistencia a la fatiga en tirantes por variación de axiles

Para la comprobación de fatiga por variación de axiles en los cables de los tirantes se ha recurrido al Eurocódigo 2 ya que la forma de construcción, los materiales y las acciones del cable de los tirantes se asemejan a las armaduras activas de una estructura de hormigón. Concretamente, se va a seguir el subapartado 6.8.4 *Procedimiento de comprobación para armaduras activas y pasivas* donde también se utiliza la fórmula de Palmgrem-Miner [12].

Se considera que los elementos que conforman los tirantes equivalen a unas armaduras postesas rectas o en curvas en vainas de plástico. Con estas características se le asigna los siguientes parámetros a su curva S-N:

- $N^* = 106$
- $K_1 = 5$
- $K_2 = 10$
- $\Delta\sigma_{Rsk} = 150 \text{ MPa}$

Las resistencias características se han dividido por el mismo coeficiente parcial de seguridad que el definido en la normativa EAE, esto es,  $\gamma_{Mf} = 1.35$ . Así, se obtiene la siguiente gráfica S-N de los tirantes:

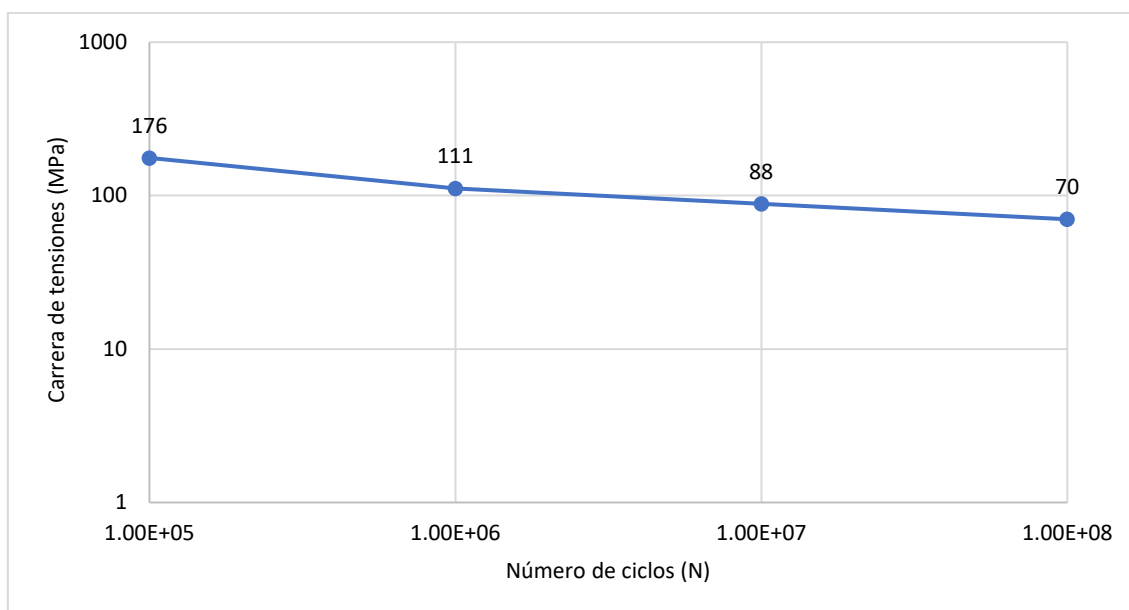


Gráfico 23 Curva S-N de los tirantes obtenida mediante el Eurocódigo 2. Eje de abscisas y ordenadas en escala logarítmica. (Fuente: elaboración propia)

Una vez definida la curva S-N para los cables de los tirantes, se pueden calcular los valores  $\tilde{N}_\sigma(\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{TIRANTE})$  como se muestra a continuación:

$$\tilde{N}_\sigma(\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{TIRANTE}) = \tilde{N}_\sigma(60.3)$$

$$\text{Log}10(60.3) = 1.78$$

$$\text{Log}10(111) = 2.045$$

$$\tilde{N}_\sigma(60.3) = 10^{((2.045 - 1.78)10 + 6)} = 4.4 \cdot 10^8 \text{ ciclos}$$

$$\tilde{N}_\sigma(\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{TIRANTE_I}) = \tilde{N}_\sigma(30.2)$$

$$\text{Log}(30.2) = 1.48$$

$$\text{Log}(111) = 2.045$$

$$\tilde{N}_\sigma(60.3) = 10^{((2.045 - 1.48)10 + 6)} = 4.5 \cdot 10^{11} \text{ ciclos}$$

Aplicando la fórmula [12] se obtiene:

$$D_d = \frac{1500000}{4.4 \cdot 10^8} + \frac{24600000}{4.5 \cdot 10^{11}} = 0.0034 < 1$$

Los ciclos de variación de tensiones normales en los tirantes generados por la variación de axiles bajo la acción dinámica de los peatones están lejos de alcanzar, por sí mismos, el agotamiento por fatiga en el elemento.

#### 7.1.5. Comprobación de resistencia a la fatiga de los tirantes junto a los anclajes

Se ha comprobado mediante el modelo global de la estructura realizado en SAP2000 que las vibraciones del tablero inducen una vibración forzada sobre los cables que presentan alguna de sus frecuencias naturales de vibración similar al de la estructura completa.

Este efecto se recoge en el Manual de Tirantes (ACHE, 2007) en su apartado 4.3 relativo al comportamiento dinámico de los tirantes. En el punto en el que se tratan las vibraciones forzadas se afirma que pueden ser producidas por movimientos periódicos de los anclajes provocados por las vibraciones generales de la estructura. Este fenómeno adquiere mayor importancia cuando exista una coincidencia de frecuencias o estas sean suficientemente próximas como es el caso de la pasarela del Passeig de les Germanies.

En relación con el fenómeno de vibraciones forzadas el Manual de Tirantes (ACHE, 2007) también afirma lo siguiente: *“No suele producir oscilaciones importantes pero sí pueden tener repercusiones de cara a la fatiga ya que es el tráfico quien las ocasiona”*. De nuevo se produce una desconexión entre la bibliografía consultada y el caso de estudio. Seguramente se llega a afirmar que las oscilaciones no suelen ser importantes porque se presupone que las vibraciones generales de la estructura frente al paso del tráfico están controladas dentro de los límites de vibraciones. Sin embargo, la estructura objeto de este estudio está lejos de cumplir dicha premisa tal y como está demostrado en el apartado de comprobación del ELS de vibraciones del presente estudio.

Para cuantificar las tensiones producidas por la vibración del tirante primero hay que comprender su comportamiento estático, que, aunque es predominantemente elástico, a causa de su composición mediante cordones paralelos y mortero presumiblemente fisurado y su pequeña rigidez a flexión, presentan un comportamiento global bastante complejo.

Los tirantes, como ya se ha comentado tienen una pequeña rigidez a flexión. Esta rigidez, que puede ser despreciable para el análisis global del tirante, sí que afecta en la distribución de tensiones en las zonas en las que el cable experimenta mayores curvaturas. Este es el caso de las zonas próximas a los anclajes. Aunque el comportamiento global sea prácticamente el de un elemento biarticulado la realidad en el anclaje es que se impide el giro del tirante mediante lo equivalente a un empotramiento.

Por tanto, las deflexiones que se deben producir junto al anclaje para materializar las oscilaciones del tirante implican una concentración de curvatura en la zona.

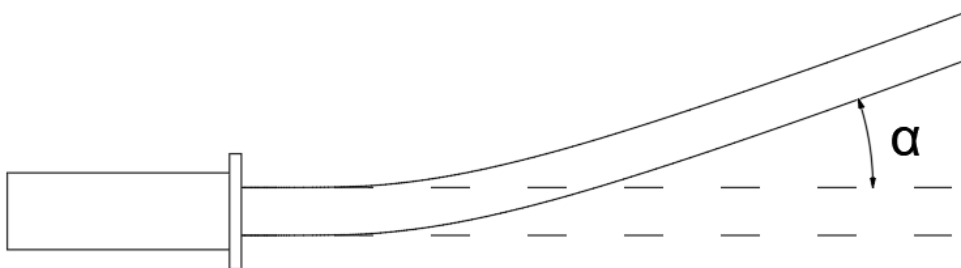


Imagen 28 Esquema del giro en el empotramiento de un tirante. (Fuente: elaboración propia)

Cuando el anclaje está empotrado en la estructura, cualquier giro  $\alpha$  genera la siguiente ley de momentos flectores en el cable en las cercanías del anclaje (ACHE, 2007)

$$M = \alpha \sqrt{EIN} \cdot e^{-kx} \quad [13]$$

Donde  $x$  es la distancia al anclaje,  $I$  es la inercia efectiva y  $k$  se define mediante la siguiente fórmula:

$$k = \sqrt{N/EI} \quad [14]$$

Mediante el análisis dinámico del modelo de SAP2000 se ha detectado que los tirantes T1 y T5 son los más propensos a entrar en resonancia con el resto de la estructura.

La inercia eficaz se podría obtener suponiendo que, debido a la tracción del cable y el desgaste producido por los movimientos cíclicos de flexión en la zona próxima al anclaje, el mortero de protección se encuentra tan fisurado que no aporta rigidez a flexión. En dicho caso, el comportamiento mecánico del tirante se asemejaría al descrito en el Manual de Tirantes (2007) cuando se afirma que la variación máxima de tensiones se puede obtener mediante la siguiente fórmula que es independiente de la inercia de flexión:

$$\Delta\sigma_{flexión} = 2\alpha\sqrt{E\sigma} \quad [15]$$

Donde  $\sigma$  es la tensión de tracción que soporta el tirante.

Mediante un cálculo estático en el modelo global estado actual se pueden obtener los axiles en los tirantes cuando la pasarela se encuentra cargada de peatones con la densidad determinada en Sétra (2006)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Dado que se trata de un cálculo estático en el que se pretende conocer la tensión real de los cables, se deben utilizar los valores de axiles estimados suponiendo el proceso constructivo y no los obtenidos mediante los ensayos dinámicos. Para más información consultar subapartados 5.4.1 y 5.5 del presente estudio.

- Tensión en los cables del tirante T1 obtenida del cálculo estático

$$N = 447 \text{ kN}; A = 0.0042 \text{ m}^2$$

$$\sigma = 447/0.0042 = 106000 \text{ kPa} = 106 \text{ MPa}$$

- Tensión en los cables del tirante T5 obtenida del cálculo estático

$$N = 937 \text{ kN}; A = 0.0070 \text{ m}^2$$

$$\sigma = 937/0.0070 = 134000 \text{ kPa} = 134 \text{ MPa}$$

Las rotaciones  $\alpha$  obtenidas del cálculo dinámico son:

- Rotaciones en el anclaje de los tirantes T1

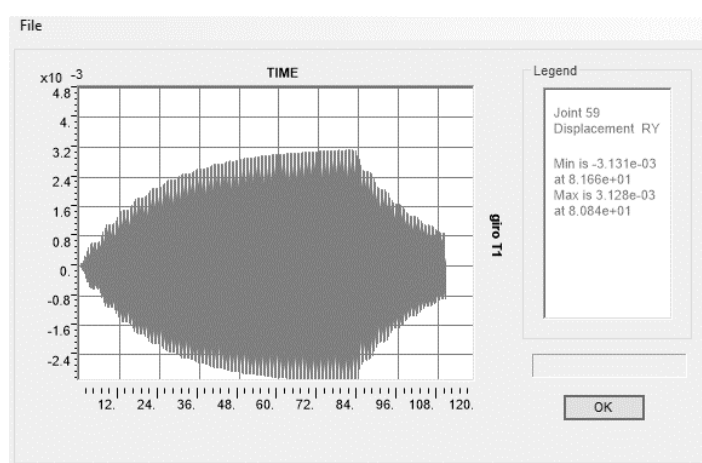


Gráfico 24 Serie temporal de rotaciones en el anclaje del tirante T1. (Eje de abscisas en segundos y eje de en ordenadas en radianes) (Fuente: elaboración propia)

$$\alpha = \pm 0.0031 \text{ rad} \rightarrow \alpha_{TOTAL} = 0.0062 \text{ rad}$$

- Rotaciones en los anclajes de los tirantes T5

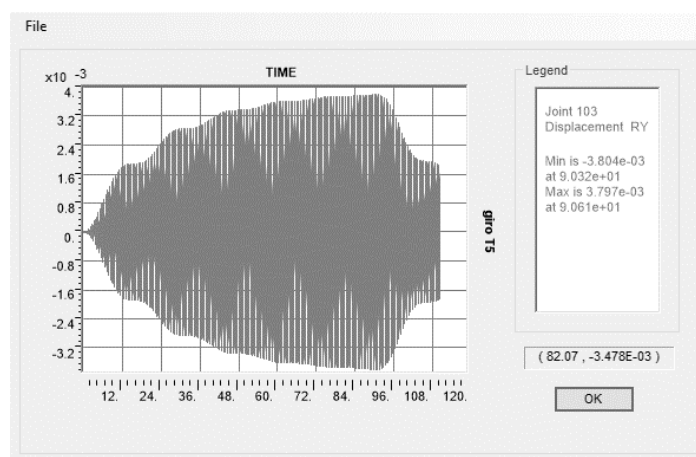


Gráfico 25 Serie temporal de rotaciones en el anclaje del tirante T5. (Eje de abscisas en segundos y eje de en ordenadas en radianes) (Fuente: elaboración propia)

$$\alpha = \pm 0.0038 \text{ rad} \rightarrow \alpha_{TOTAL} = 0.0076 \text{ rad}$$

Por último, se calcula las variaciones máximas de tensión debidas a la flexión en el anclaje

$$\Delta\sigma_{flexiónT1} = 2\alpha\sqrt{E\sigma} = 2 \cdot 0.0062 \cdot \sqrt{210000 \cdot 106} = 58.5 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{flexiónT5} = 2\alpha\sqrt{E\sigma} = 2 \cdot 0.0076 \cdot \sqrt{210000 \cdot 134} = 80.6 \text{ MPa}$$

Dado que la variación en el axil de los tirantes actúa sincronizadamente con la flexión en la zona de los anclajes deben sumarse los incrementos de tensiones de ambos efectos

$$\Delta\sigma_{TOTAL} = \Delta\sigma_{axil} + \Delta\sigma_{flexión}$$

$$\Delta\sigma_{AxilT1} = 16.7 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{FlexiónT1} = 58.5 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{AxilT5} = 60.3 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{FlexiónT5} = 80.6 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{T1} = 16.7 + 58.5 = 75.2 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{T5} = 60.3 + 80.6 = 140.9 \text{ MPa}$$

Se ha asumido previamente la hipótesis de que a lo largo de los 30 años de servicio de la pasarela se han producido  $1.5 \cdot 10^6$  ciclos debido a las vibraciones registradas en las horas de actividad extrema sobre la pasarela.

Aplicando la curva S-N de los tirantes (Gráfico 23) se obtiene que, para un número de ciclos  $N=1.5 \cdot 10^6$ , la resistencia a la fatiga del material es 106.5 MPa.

Atendiendo a los resultados se podrían estar produciendo daños debidos a la fatiga en los cables de los tirantes T5 en las zonas próximas a los anclajes.

Si no se han detectado daños de fatiga en las zonas mencionadas se puede deber a los siguientes factores no excluyentes:

- Que hasta la fecha no se haya realizado una inspección especial para analizar el estado de los tirantes y sus anclajes.
- Que el número de ciclos de carga se haya sobreestimado de forma conservadora teniendo en cuenta la escasa información disponible sobre el uso de la pasarela.
- Que los datos empíricos con los que se redactó la guía técnica para pasarelas de Sétra (2006), aplicados al caso objeto de este estudio, aporten un valor de las acciones superior al real. Hay que tener en cuenta que la metodología empleada en dicha guía técnica está orientada a la obtención de una carga dinámica que simule el efecto de los pasos de los peatones para comprobar el cumplimiento del grado de confort de los usuarios. No se incluye ninguna recomendación sobre su uso para la comprobación de los efectos de fatiga.



- d) Que la curva S-N de resistencia obtenida del Eurocódigo 2 no sea realmente aplicable a los cordones que conforman los tirantes.

Parece razonable, desde el punto de vista de los redactores de este estudio, que la fuente de tantas incertidumbres relacionadas con el cálculo de fatiga proviene en gran parte por la ausencia de regulación respecto al cálculo de fatiga en pasarelas y que, atendiendo a los resultados aquí mostrados, sería conveniente realizar una investigación más intensa y detallada que queda fuera del alcance de este trabajo.

Una actuación que permita reducir las vibraciones en la pasarela del Passeig de les Germanies podría frenar el desarrollo de fatiga en los elementos estudiados (además de conducir las vibraciones a un rango de confort aceptable) lo cual resulta una acción aconsejable a falta de despejar las incertidumbres mencionadas mediante una campaña de auscultación adecuada.

## 7.2. Estado Límite Último en situación accidental

En este apartado se valorará el efecto de los saltos coordinados de los peatones cuando se produce un concierto cerca de la pasarela, cuando la acción dinámica es vandálica o cuando se produce una gran manifestación.

De nuevo se dan las circunstancias de que la normativa española aplicable a las pasarelas en España, la IAP-11, no define ninguna acción que permita realizar la comprobación estructural bajo las sollicitaciones mencionadas.

Por esta razón se utilizará, a continuación, la metodología reflejada en Sétra (2006, apartado 4.6). Se especifica que para realizar la comprobación estructural de cualquiera de estos casos de carga debe generarse una combinación accidental de acciones y valorar el cumplimiento del Estado Límite Último. Para representar la acción dinámica se utiliza una metodología similar a la usada para la comprobación del ELS de vibraciones, pero realizando los siguientes cambios:

- La densidad de peatones ( $d$ ) debe incrementarse de 0.8 a 1 peatón por cada metro cuadrado.
- Se considera que todos los peatones actúan de forma coordinada y con la misma frecuencia, por lo que el número de peatones equivalentes coincide con el número de peatones sobre la pasarela ( $N=N_e$ ).
- Se considera que la probabilidad de que la frecuencia de la acción coincida con la frecuencia natural de la estructura es máxima ( $\Psi=1$ )

Como resultado de los anteriores cambios se obtiene un nuevo valor de la amplitud máxima de la acción dinámica ( $q_{v,máx}$ )

$$q_{v,máx}(N/m^2) = d \cdot 280 \cdot \frac{N_e}{N} \cdot \Psi$$

$$q_{v,máx}(N/m^2) = 1 \cdot 280 \cdot \frac{390}{390} \cdot 1 = 280 N/m^2$$

El valor máximo de la carga ha aumentado de 7.75 N/m<sup>2</sup>, usado para la comprobación de confort frente a vibraciones, a 280 N/m<sup>2</sup>.

Recordemos que la carga dinámica empleada se trata de una carga variable en el tiempo según una función seno con una frecuencia igual a la frecuencia natural de la estructura del modo que se pretende excitar y con la amplitud calculada arriba.

El aumento tan significativo de la amplitud de la acción se compensa con el aumento del coeficiente de amortiguamiento  $\xi$  (*damping ratio*). En la comprobación de este ELU se entiende que, conforme la amplitud de las vibraciones aumente y las tensiones en la estructura se aproximen al límite elástico de sus materiales, el coeficiente de amortiguamiento también se incrementará. Se trata de una filosofía de cálculo similar a la empleada en el cálculo sísmico.

En Sétra (2006) se indica un valor  $\xi=2\%$  para las comprobaciones estructurales del ELU accidental para una pasarela de acero soldado.

Se procede, a continuación, a mostrar los resultados de esfuerzos máximos y los puntos en los que se producen cuando la acción dinámica entra en resonancia con el primer modo de vibración vertical de la estructura, suponiendo la masa de la pasarela con peatones (para este cálculo de ELU no tiene sentido utilizar la suposición de masa de la pasarela sin peatones).

- Momentos flectores

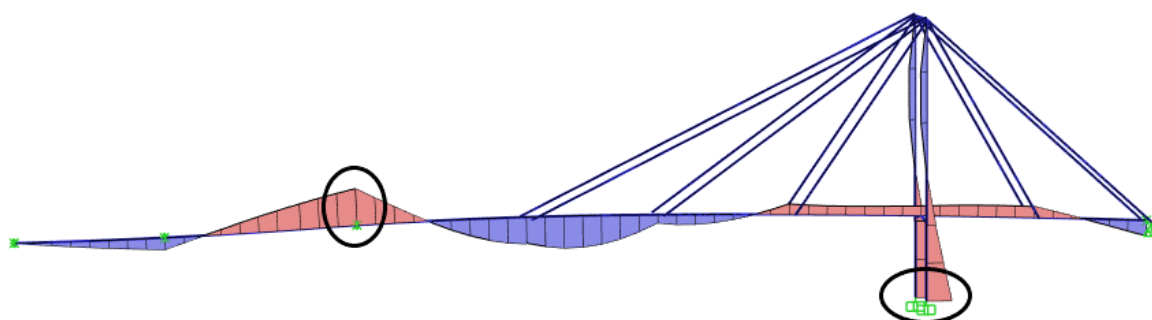


Imagen 29 Ley de momentos flectores debidos a la acción dinámica y la posición de los valores máximos.  
(Fuente: elaboración propia)

En el tablero, el valor de momento flector máximo en valor absoluto bajo la acción dinámica se produce sobre el apoyo izquierdo del vano principal. En el pilono el momento flector máximo se produce en el empotramiento. El axil que genera la acción dinámica en el tablero es nulo en la sección donde se detecta el momento flector máximo.

Los valores de momentos flectores máximos en valor absoluto, obtenidos a partir de los gráficos de las series temporales de estos esfuerzos son:

$$M_{TABLERO} = 4320 \text{ kNm}$$

$$M_{PILONO} = 2842 \text{ kNm}$$

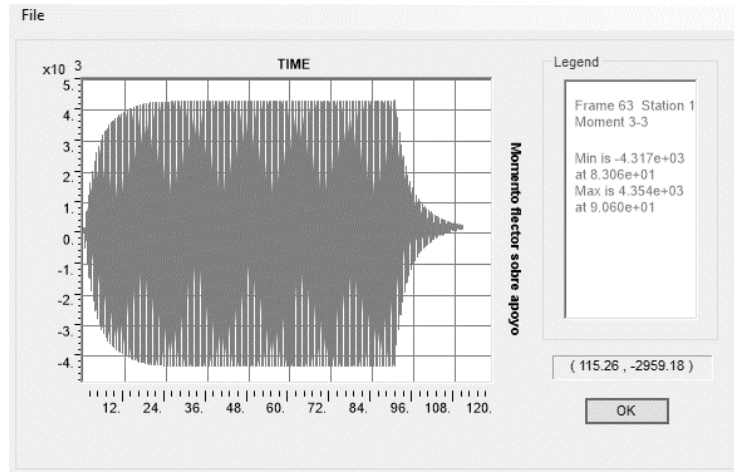


Gráfico 26 Serie temporal de momentos flectores en el tablero (kNm) frente a tiempo (s). Acción dinámica de ELU accidental. (Fuente: elaboración propia)

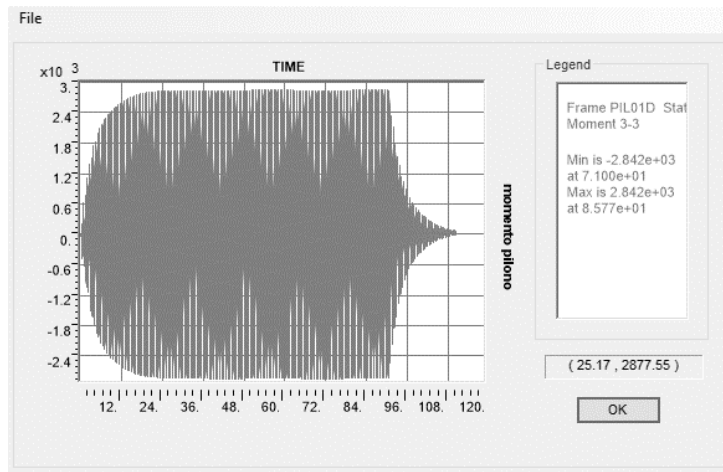


Gráfico 27 Serie temporal de momentos flectores en pilono (kNm) frente a tiempo (s). Acción dinámica de ELU accidental. (Fuente: elaboración propia)

#### ▪ Cortantes

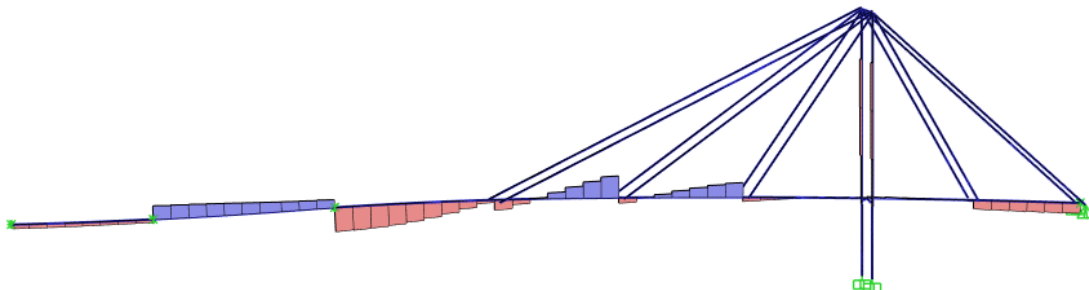


Imagen 30 Ley de esfuerzos cortantes debidos a la acción dinámica y la posición de los valores máximos. (Fuente: elaboración propia)

La posición de las secciones con cortantes máximos en valor absoluto coinciden con las de las secciones con máximo momento flector tanto en el tablero como en el pilono. Sus valores son:

$$V_{TABLERO} = 472 \text{ kN} , \quad V_{PILONO} = 178 \text{ kN}$$

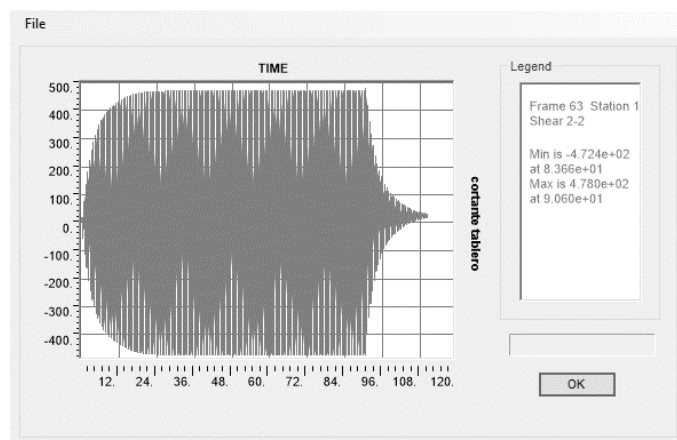


Gráfico 28 Serie temporal de cortantes en el tablero (kN) frente a tiempo (s). Acción dinámica de ELU accidental. (Fuente: elaboración propia)

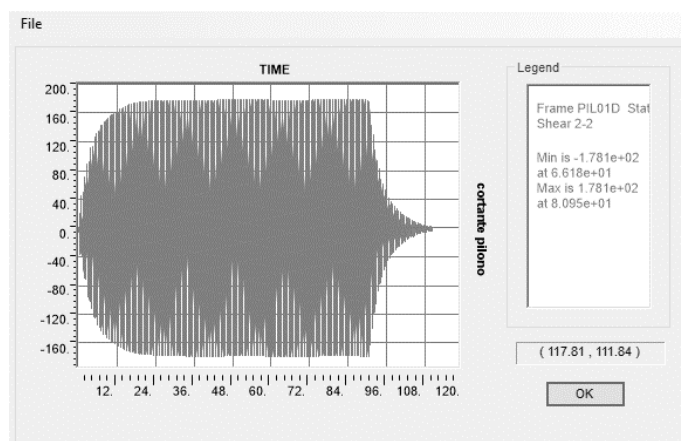


Gráfico 29 Serie temporal de cortantes en el pilono (kN) frente a tiempo (s). Acción dinámica de ELU accidental. (Fuente: elaboración propia)

- Axiles en los tirantes:

A continuación, se muestra la tabla que recoge los axiles máximos en cada tirante que genera la acción dinámica del ELU situación accidental:

Tirante	Axil (kN)
T1	245
T2	520
T3	249
T4	101
T5	1368

Tabla 19 Axiles máximos en los tirantes generados por la acción dinámica del ELU accidental. (Fuente: elaboración propia)

Hasta este punto se han obtenido los esfuerzos generados por la acción dinámica. Queda combinarlos con el resto de las acciones que componen el ELU en situación accidental.

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + \Psi_1 SCU_k + A_d \quad [16]$$

Donde:

- $\sum G_{k,j}$  es el sumatorio de las acciones permanentes características (Peso propio, cargas muertas y el tesado de los tirantes)
- $\Psi_1$  es el coeficiente de simultaneidad frecuente de la sobrecarga de uso en pasarelas ( $\Psi_1 = 0.4$  según IAP11)
- $SCU_k$  es la acción característica de la sobrecarga de uso en pasarelas ( $q=5 \text{ kN/m}^2$  según IAP11)
- $A_d$  es el valor de cálculo de la acción accidental, calculada a partir de la metodología descrita en Sétra (2006)

Tal y como queda reflejado en el Apartado 5. *Calibración. Métodos resultados y discusión* del presente estudio, los axiles obtenidos en los tirantes mediante los ensayos dinámicos no pueden utilizarse para cálculos estáticos puesto que sobreestiman el valor del axil real. Por ello, para las cargas permanentes, se implementa en el modelo el tesado hipotético durante el proceso constructivo.

Para comprobar el cumplimiento del ELU en situación accidental se compararán los valores obtenidos de dicha combinación con la combinación de ELU en situación persistente, que queda definida por la siguiente fórmula cuando la sobrecarga de uso es la acción variable principal:

$$\gamma_G \sum_{j=1}^n G_{k,j} + \gamma_Q SCU_k \quad [17]$$

Donde  $\gamma_G$  y  $\gamma_Q$  son los coeficientes de mayoración de las cargas permanentes y variables respectivamente. Aplicando la IAP-11,  $\gamma_G = \gamma_Q = 1.35$  cuando la acción variable es la sobrecarga de uso en pasarelas.

A continuación, se muestran las leyes de esfuerzos utilizadas para la generación de la tabla comparativa de combinaciones de acciones:

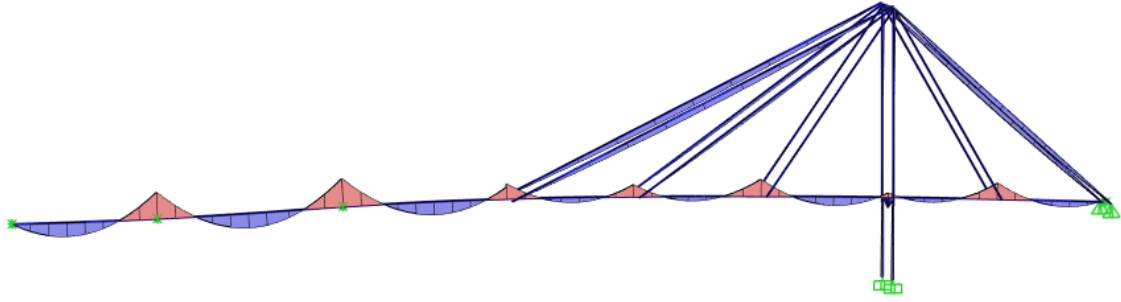


Imagen 31 Ley de momentos flectores debidos a las cargas permanentes, incluido el tesado hipotético.  
(Fuente: elaboración propia).

$$M_{Gk_{TABLERO}} = 945 \text{ kNm}$$

$$M_{Gk_{PILONO}} = 53 \text{ kNm}$$

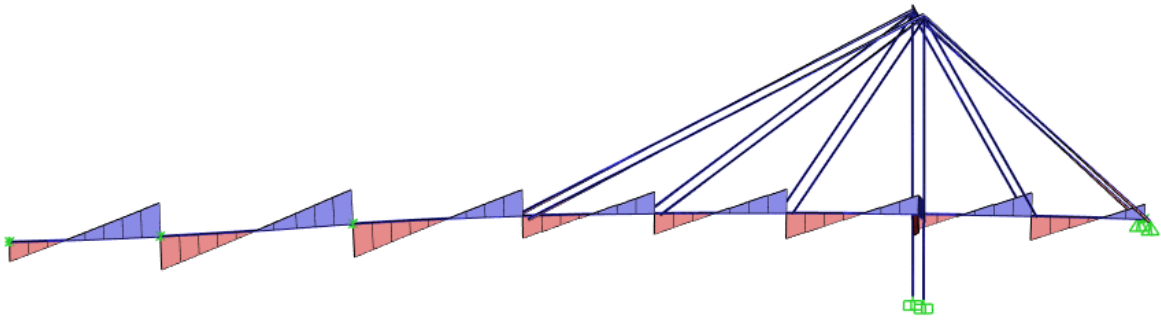


Imagen 32 Ley de esfuerzos cortantes debidos a las cargas permanentes, incluido el tesado hipotético.  
(Fuente: elaboración propia).

$$V_{Gk_{TABLERO}} = 218 \text{ kN}$$

$$V_{Gk_{PILONO}} = 3 \text{ kN}$$

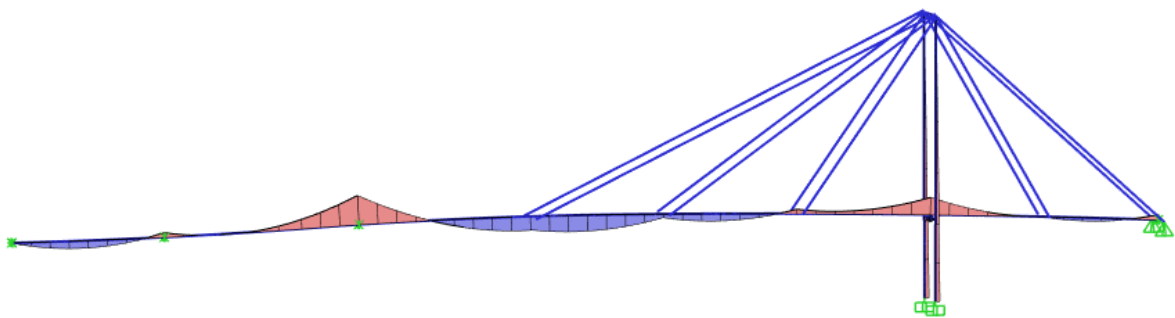


Imagen 33 Ley de momentos flectores debidos a la sobrecarga de uso. (Fuente: elaboración propia).

$$M_{SCU,k_{TABLERO}} = 4630 \text{ kNm}$$

$$M_{SCU,k_{PILONO}} = 699 \text{ kNm}$$

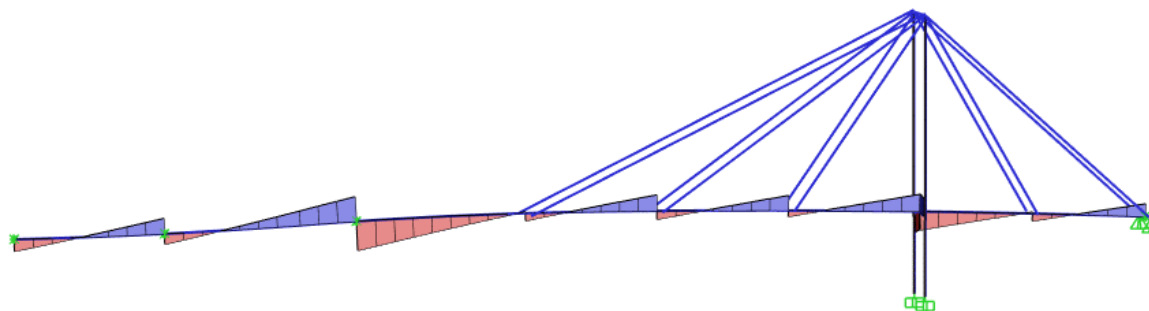


Imagen 34 Ley de esfuerzos cortantes debidos a la sobrecarga de uso. (Fuente: elaboración propia)

$$V_{SCU,kTABLERO} = 640 \text{ kN}$$

$$V_{SCU,kPILONO} = 18 \text{ kN}$$

Tras obtener los esfuerzos de cada acción característica se ha elaborado la siguiente tabla comparativa de las combinaciones de estado límite último:

	$\Sigma G_k$	$SCU_k$	$A_d$	Combinación ELU accidental	Combinación ELU situación permanente
Momento flector tablero (kN·m)	945	4630	4320	7117	7526
Cortante tablero (kN)	218	640	472	946	1158
Momento flector pilono (kN·m)	53	699	2842	3175	1015
Cortante pilono (kN)	3	18	178	188	28
Axil T1 (kN)	413	234	245	752	873
Axil T2 (kN)	253	455	520	955	956
Axil T3 (kN)	197	279	249	558	643
Axil T4 (kN)	186	114	101	333	405
Axil T5 (kN)	808	888	1368	2531	2290

Tabla 20 Comparación de esfuerzos resultantes de la combinación de ELU accidental y de ELU en situación permanente o transitoria (Fuente: elaboración propia)

Mediante la comparación entre las dos combinaciones de acciones no queda comprobado el cumplimiento de ELU en la base del pilono ni en el tirante T5 frente a la acción accidental dado que se obtienen valores superiores que los obtenidos del cálculo de ELU en situación permanente o transitoria. Parece conveniente, por tanto, realizar un cálculo de la resistencia de las secciones mencionadas.

- Comprobación del pilono

El axil concomitante en la base del pilono en la combinación de acciones accidental resulta ser 3454 kN.

$$I = 0.362 \text{ m}^4$$

$$A = 2.12 \text{ m}^2$$

$$Z = 0.861$$

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{zM}{I}$$

$$\sigma = \frac{-3454}{2.12} + \frac{0.861 \cdot 3175}{0.362} = 5920 \text{ kPa} = 5.9 \text{ MPa} \rightarrow \text{La sección fisura}$$

Para realizar correctamente la comprobación seccional necesitaríamos conocer la cuantía y la distribución del armado en esta sección del pilono. Como no se dispone de esta información, se requiere un método alternativo para la comprobación del ELU que consiste en obtener la cuantía que permitiría resistir los esfuerzos y compararla con la cuantía geométrica mínima en pilares definida en la norma EHE.

Para realizar el cálculo se ha simplificado la sección a un rectángulo con 1.1 m de canto y 1.8 m de anchura. Utilizando un programa desarrollado en Excel por los autores de este estudio se obtiene un área de acero necesaria por cálculo de 33 cm<sup>2</sup> en la cara traccionada. Esta área equivale a una cuantía  $\rho = A_s/A = 0.0033/2.12 = 1.56\%$ .

La norma EHE exige una cuantía mínima geométrica  $\rho_{min} = 4\%$  en pilares. En caso de que la armadura se haya dispuesto para ayudar a resistir los esfuerzos flectores en el eje débil del pilono, sería lógico pensar que, como mínimo, se ha dispuesto una cuantía  $\rho = 2\%$  en la cara de tracción.

Dado que la cuantía de armadura necesaria para resistir los esfuerzos de cálculo ( $\rho = 1.56\%$ ) es menor que cuantía de armado necesaria para el cumplimiento del armado mínimo geométrico en pilares ( $\rho = 2\%$  teniendo en cuenta el armado de cada cara) se puede afirmar que la base del pilono resiste los esfuerzos de cálculo generados por el ELU en situación accidental.

- Comprobación de los tirantes T5

El área de los cordones que conforman cada uno de los tirantes T5 (norte y sur) es 0.0075 m<sup>2</sup>. La tensión en el acero cuando el conjunto de cordones se somete al esfuerzo axil de 2531 kN resulta igual a  $\sigma = N/A = 2531/0.0075 = 337000 \text{ kPa} = 337 \text{ MPa}$ . Dado que la resistencia última del material que conforman los cables de los tirantes es 1660 MPa se puede afirmar que los tirantes resisten el ELU en situación accidental referente a la acción de peatones en situaciones de sollicitación dinámica extrema de la pasarela (conciertos, vandalismo, manifestaciones, etc.)



## 8. Estudio de soluciones. Estado del arte [JLMG]

En este apartado se realiza una recopilación de información sobre cómo actuar en estructuras en las que no se cumple con el estado límite de servicio de vibraciones. Se exponen, además, diferentes dispositivos que se han empleado a lo largo del tiempo para resolver este tipo de problema y se analizarán varios casos reales de pasarelas en los que se han utilizado.

Se busca aumentar el conocimiento sobre lo que se ha hecho hasta el momento en torno al problema dinámico que se nos presenta, con el fin de obtener un punto de partida y ejemplos reales a partir de los cuales desarrollar nuestro estudio de alternativas.

Este apartado se ha subdividido en dos subapartados. El primero trata sobre las diferentes formas de resolver el problema dinámico y en el segundo se exponen los casos reales mencionados.

### 8.1. Opciones de actuación

Las pasarelas son, en general, estructuras esbeltas, ligeras y poco amortiguadas. Esto hace que, frente a la acción dinámica generada por los peatones, se produzcan problemas de vibración y disminuya el confort de los usuarios.

#### 8.1.1. Modificación de la frecuencia

En el caso de una pasarela en la etapa de diseño, una opción es intentar modificar las frecuencias naturales de vibración del sistema. Esto se hace para alejar la frecuencia de la acción dinámica de la frecuencia natural de la estructura, reduciendo así el riesgo de resonancia. Con una pasarela existente, también es posible intentar modificar la frecuencia natural de las vibraciones.

La frecuencia natural de vibración ( $f_n$ ), en el caso de un oscilador de un grado de libertad, es siempre proporcional a la raíz cuadrada de la rigidez ( $k$ ) e inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la masa ( $m$ ) tal y como se muestra en [5]. El objetivo general es tratar de aumentar la frecuencia de vibración aumentando la rigidez de la estructura. Sin embargo, un aumento de rigidez se acompaña normalmente de un aumento de masa, lo que produce un resultado inverso.

#### 8.1.2. Dispositivos de amortiguamiento

El uso de amortiguadores es otra opción efectiva para reducir las vibraciones. A continuación, se describen diferentes tipos de amortiguadores que se han usado en diferentes tipos estructurales y se describe el principio de funcionamiento de éstos.

##### Amortiguadores viscoelásticos

Los materiales viscoelásticos empleados en estos dispositivos disipan la energía de las vibraciones cuando sufren deformaciones por corte (Montanaro, 2001). Son dispositivos formados a partir de capas de materiales viscoelásticos entre placas de metal tal y como se puede observar en la Imagen 35. El desplazamiento relativo de las palcas externas con respecto a la placa central produce tensiones de corte en la capa viscoelástica, que disipa la energía.

Son dispositivos que empezaron a emplearse para resolver el problema de las vibraciones en los marcos de los aviones y que se introdujeron en las construcciones de ingeniería civil en la década de 1960 (Sétra, 2006).

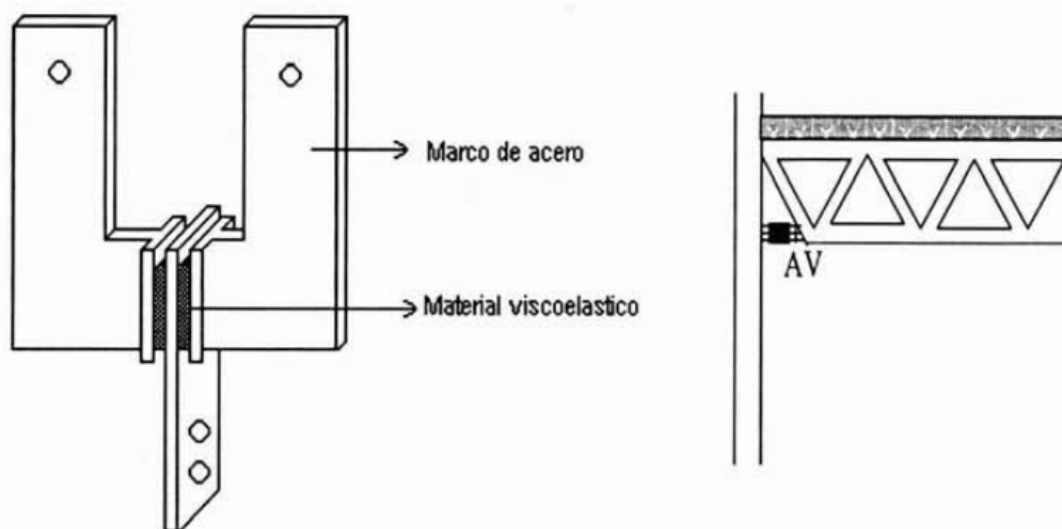


Imagen 35 Amortiguador viscoelástico. (Fuente: Montanaro, 2001).

Se puede observar la aplicación de estos dispositivos en una edificación para reducir las vibraciones de la celosía metálica. Este tipo de amortiguador se ha usado muy poco en puentes peatonales (Sétra, 2006).

#### Amortiguadores viscosos

Son dispositivos cuyo funcionamiento se basa en la disipación de energía que se produce cuando un fluido viscoso debe atravesar forzosamente los orificios de un pistón en movimiento.

Se usan mucho para reducir los efectos sísmicos en edificaciones. Un ejemplo de la aplicación de estos dispositivos se muestra a continuación:



Imagen 36 Amortiguadores viscosos en el San Bernardino Justice Center. (Fuente: (CSI Spain, 2016)).

Respecto a su uso en pasarelas, cuando los desplazamientos relativos entre los puntos que unen este dispositivo son pequeños, del orden de milímetros, resulta difícil obtener un amortiguador viscoso que sea efectivo debido a la compresibilidad del fluido, la fricción en las articulaciones y la tolerancia en las fijaciones (Sétra, 2006).

#### Amortiguadores de masa sintonizada (TMD)

Un amortiguador de masa sintonizada es un dispositivo que consta de una masa, un resorte y un amortiguador que se colocan en una estructura para reducir su respuesta. Si la frecuencia natural del TMD se asemeja a la del modo de vibración de la estructura, gran parte de la energía de vibración de la estructura principal será transferida y disipada por el TMD.

La eficacia de un TMD depende de la relación entre su frecuencia y la frecuencia propia de la estructura. Por lo tanto, la influencia de cada dispositivo está limitada a un único modo de vibración. Consecuentemente, este tipo de solución es eficiente si la estructura presenta un número reducido de modos predominantes en el comportamiento dinámico que se pretende resolver (Montanaro, 2001). Estas circunstancias son las que normalmente se dan en las pasarelas que presentan problemas de vibración por el paso de peatones.

A continuación, se muestra una imagen de estos dispositivos:



Imagen 37 Amortiguador de masa sintonizada, TMD. (Fuente: (Maurer S.L, s.f.) ).

## 8.2. Aplicación en casos reales

El conocimiento del problema de las vibraciones inducidas por el paso de peatones sobre puentes y pasarelas se remonta al menos hasta 1831 cuando el puente colgante *England's Broughton* colapsó bajo el paso de los soldados. Desde entonces la armada británica mantuvo una orden que consistía en romper el paso de los soldados cuando se dispusiesen a cruzar un puente largo. El hecho de impedir la marcha sincronizada de los soldados muestra un cierto conocimiento, básicamente intuitivo, del efecto de resonancia que puede producir una carga cíclica sobre una estructura.



Imagen 38 Placa recordatoria de la norma de romper el paso para las tropas en el Albert Bridge. (Fuente: LondonTown.com)

Las normas existentes en el año 2000 como la británica (BS 5400, 1978) o la americana (AASHTO, 1997), no tenían en cuenta este efecto. Fue en 2002, después del caso de la Pasarela de Solferino (Paris) y el caso del *Millennium Bridge* (Londres) cuando se iniciaron programas de investigación con el objetivo de actualizar la normativa existente y elaborar guías de diseño de pasarelas, especialmente orientadas al análisis dinámico como Sétra del año 2006 (Guindo, 2015) .

A continuación, se analizan brevemente algunos casos reales de pasarelas en las que se ha tenido que intervenir a consecuencia de la aparición de problemas dinámicos. Para cada uno de los casos se realizará una pequeña descripción de la pasarela, se comentará que frecuencias naturales tenían en el momento en el que se detectaron dichos problema y, por último, se describirá la solución adoptada y se compararán las nuevas frecuencias con las que tenía la pasarela en su situación original.

- Pasarela del Milenio, Londres



Imagen 39 Pasarela del Milenio, Londres. (Fuente: Wikipedia).

Se trata de una pasarela colgante de acero que cruza el río Támesis en Londres. Tiene una longitud total de 325 metros divididos en tres vanos (de norte a sur) de 81 m 144 m y 108 m respectivamente.

El día de la inauguración se produjeron movimientos laterales inesperados cuando aproximadamente 2000 personas transitaban la pasarela de manera simultánea. Los movimientos tuvieron lugar principalmente en el tramo sur, con una frecuencia del primer modo de vibración lateral de aproximadamente 0.8 Hz, y en el tramo central, con frecuencias del primer y segundo modo de vibración lateral de 0.5 Hz y 1 Hz. Estos movimientos generaron aceleraciones máximas de entre 1.96 y  $2.45 \text{ m/s}^2$  que según Sétra (2006), proporcionan un confort mínimo a los usuarios (P. Dallard et al., 2001).

Para evitar futuros problemas se estableció como objetivo una frecuencia mínima de los modos laterales de vibración de 1.3 Hz.

En la Tabla 21 se puede observar como las frecuencias mencionadas anteriormente se encuentran dentro del rango de frecuencias laterales con mayor riesgo de resonancia.

Frequency	0	0.3	0.5	1.1	1.3	2.5
Range 1						
Range 2						
Range 3						
Range 4						

Tabla 21 Rangos de frecuencias laterales según el riesgo de resonancia – Caso real 1. (Fuente: Sétra, 2006).

Para solucionar el problema de vibraciones laterales se instalaron un total de 37 amortiguadores viscosos y 4 pares de amortiguadores de masa sintonizada transversales de 2500 kg cada uno. Para evitar posibles problemas con los modos verticales de vibración, se instalaron amortiguadores de masa sintonizada verticales de entre 1000 kg y 3000 kg cada uno (P. Dallard et al., 2001).

- Pasarela Solferino, Paris



Imagen 40 Pasarela Solferino, Paris. (Fuente: <https://www.flickr.com/photos/franibanez/>)

En este caso se trata de un puente arco de acero y madera que cruza el río Sena en París. Tiene un único arco metálico con 106 metros de longitud y de 10 a 15 metros de ancho.

Al igual que en la pasarela del Milenio, el día de su inauguración se produjeron movimientos laterales inesperados. Los modos de vibración problemáticos en este caso fueron el primer modo de vibración lateral, con una frecuencia de 0.81 Hz, y un modo de vibración vertical con una frecuencia de 1.97 Hz (C. Cremona, 2003). Como se puede observar en los gráficos siguientes son frecuencias con un alto riesgo de resonancia.

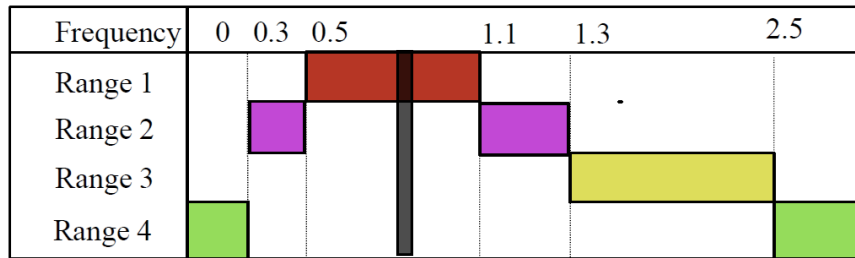


Imagen 41 Rangos de frecuencias laterales según el riesgo de resonancia – Caso real 2. (Fuente: Sétra, 2006).

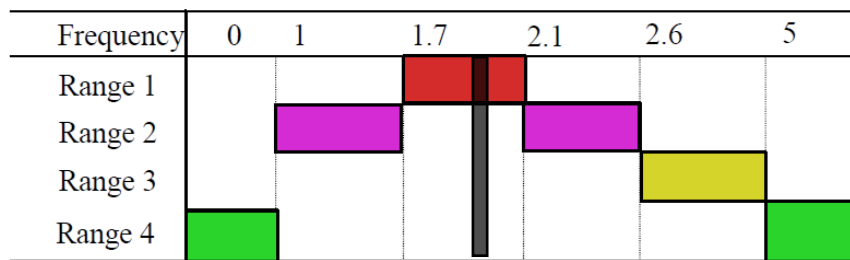


Imagen 42 Rangos de frecuencias verticales según el riesgo de resonancia – Caso real 3. (Fuente: Sétra, 2006).

Para solucionar los problemas asociados al modo de vibración lateral se colocaron 6 péndulos de 2600 kg cada uno. Para los problemas del modo vertical, se dispusieron 8 amortiguadores de masa sintonizada con un peso unitario de 1900 kg – 2500 kg (C. Cremona, 2003).

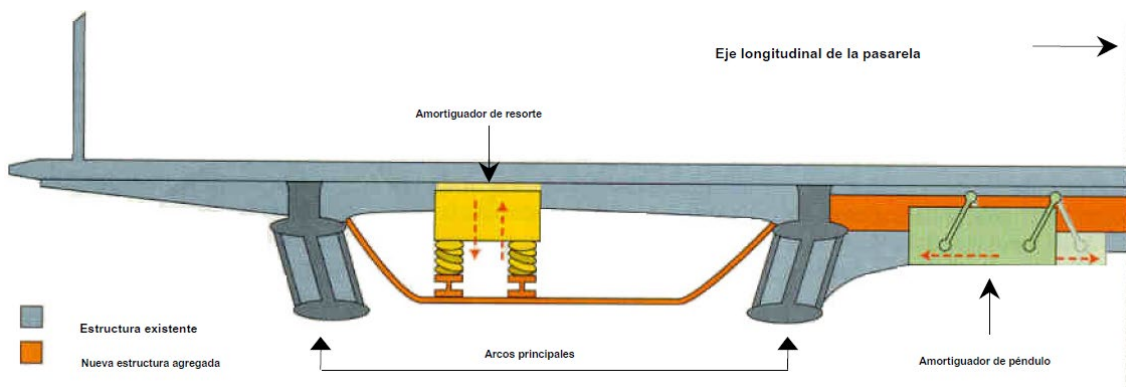


Imagen 43 Solución adoptada en la pasarela Solferino, París. (Fuente: (C. Cremona, 2003)).

- Pasarela Pedro e Inês, Coimbra

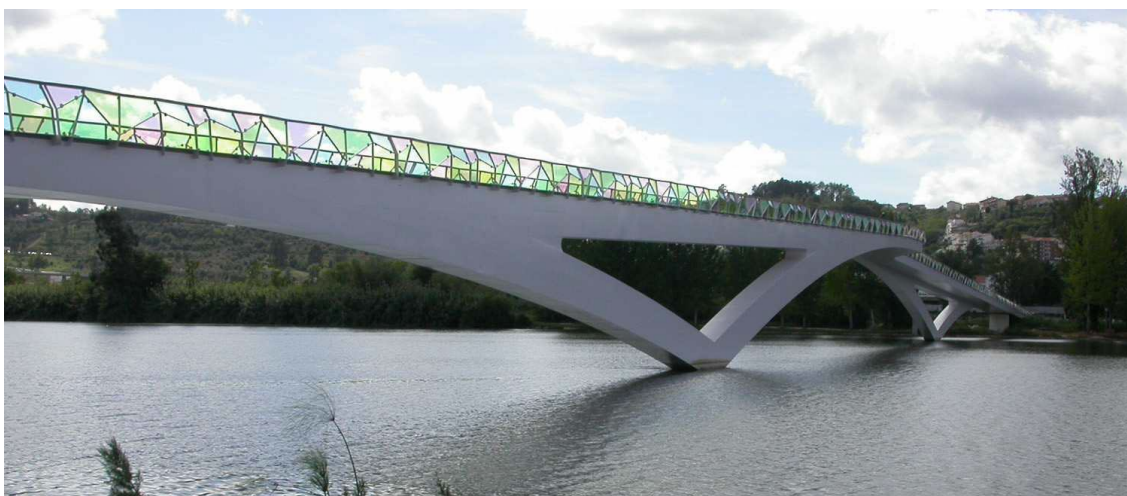


Imagen 44 Pasarela Pedro e Inês, Coimbra. (Fuente: (E. Caetano, 2007)).

La pasarela de Pedro e Inês se encuentra en Coimbra, Portugal. Está constituida por 3 arcos de acero, con una longitud total de 275 metros, y un tablero mixto de acero y hormigón.

Después de realizar trabajos de campo para caracterizar la pasarela, se observó que existían modos vibración con riesgo de resonancia. Estos eran el primer modo de vibración lateral con una frecuencia de 0.93 Hz y dos modos de vibración vertical con frecuencias en torno a los 2 Hz (C. Cremona, 2003).

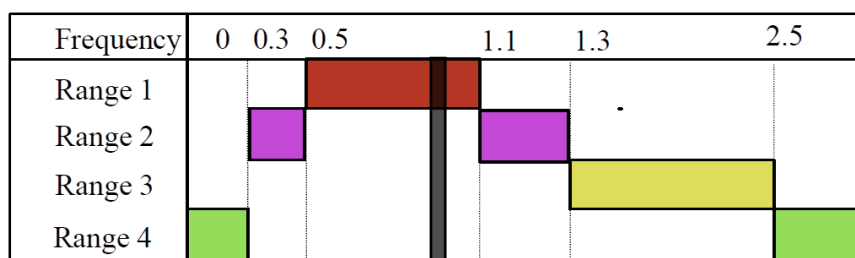


Imagen 45 Rangos de frecuencias laterales según el riesgo de resonancia – Caso real 3. (Fuente: Sétra, 2006).

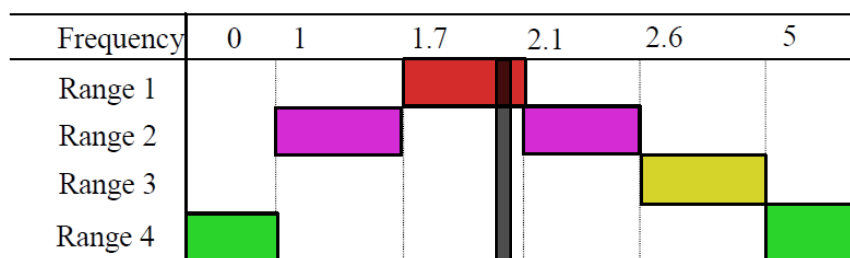


Imagen 46 Rangos de frecuencias verticales según el riesgo de resonancia – Caso real 3. (Fuente: Sétra, 2006).

Para reducir los desplazamientos laterales de la pasarela se instalaron un total de 6 amortiguadores de masa sintonizada transversales con una masa de 2465 kg cada uno de ellos. Se instalaron del mismo

modo amortiguadores de masas sintonizada para reducir los efectos de las vibraciones verticales (E. Caetano, 2007).

▪ Pasarela “Haggenbrücke”, Suiza



Imagen 47 Pasarela “Haggenbrücke”, Suiza. (Fuente: Wikipedia)

Se trata de una viga continua con una longitud total de 352 metros divididos en siete vanos. Es una de las pasarelas más altas de Europa con una altura máxima de pila de 90 metros. Se encuentra situada cerca de St. Gallen, Suiza donde cruza el valle del río *Sitter* (Joerg Habenberger, 2011).

Se realizaron mediciones de los modos de vibración in situ donde se pudo observar que los tres primeros modos de vibración lateral, con frecuencias de 0.66 Hz, 0.88 Hz y 1.1 Hz respectivamente, presentaban problemas dinámicos. Lo mismo ocurrió con los dos primeros modos de vibración vertical con frecuencias de 1.8 Hz y 2.3 Hz (Joerg Habenberger, 2011).

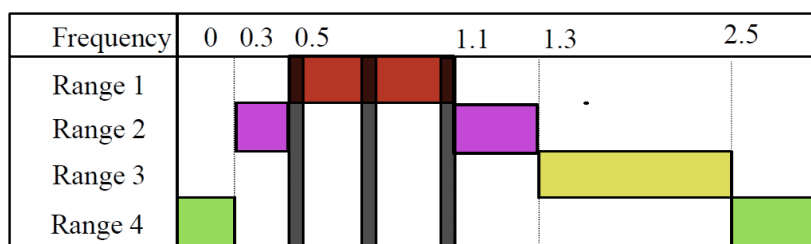


Imagen 48 Rangos de frecuencias laterales según el riesgo de resonancia – Caso real 4. (Fuente: Sétra, 2006).

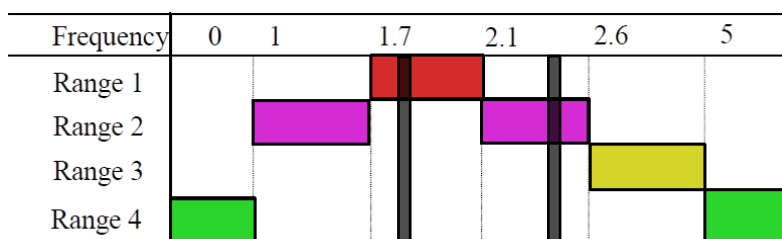


Imagen 49 Rangos de frecuencias verticales según el riesgo de resonancia – Caso real 4. (Fuente: Sétra, 2006).



Para resolver los problemas dinámicos asociados a los modos de vibración vertical se decidió colocar cuatro amortiguadores de masa sintonizada verticales de 2200 kg – 2700 kg cada uno. Para los modos de vibración transversales también se hizo uso de dos amortiguadores de masa transversales. Los dispositivos fueron diseñados según los criterios de Den Hartog.

Como conclusión, la mayoría de los casos reales en los que se ha planteado corregir los problemas dinámicos de una pasarela en los que no se había tenido en cuenta el efecto dinámico de los peatones, se han acabado resolviendo mediante la instalación de amortiguadores de masa sintonizada. En casos excepcionales como el caso del *Millenium Bridge*, se han empleado amortiguadores viscosos.

## 9. Estudio de soluciones. Análisis de alternativas [JLMG]

### 9.1. Introducción

Actualmente, y a modo de resumen del apartado número 6: “Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite de servicio (ELS) de vibraciones”, se ha detectado que, de los modos analizados, los que generan problemas para el confort de los usuarios son:

- Modo 2 (cp): primer modo de vibración vertical con la hipótesis de masa de tablero con peatones.
- Modo 2 (sp): primer modo de vibración vertical con la hipótesis de masa de tablero sin peatones.
- Modo 4 (cp): segundo modo de vibración vertical con la hipótesis de masa de tablero con peatones.
- Modo 4 (sp): segundo modo de vibración vertical con la hipótesis de masa de tablero sin peatones.

La explicación del uso de las dos hipótesis de masas diferentes puede encontrarse en el subapartado 6.2.2 “Modos de vibración general de la estructura”.

La pasarela no cumple con el criterio de confort definido en Sétra debido a que los peatones sufren aceleraciones de  $2.76 \text{ m/s}^2$  y  $3.15 \text{ m/s}^2$  cuando se excita el Modo 2 con la hipótesis de masa de tablero cargado con y sin peatones respectivamente y de  $1.00 \text{ m/s}^2$  y  $1.19 \text{ m/s}^2$  cuando se excite el Modo 4 con la hipótesis de masa de tablero cargado con y sin peatones respectivamente. A continuación, se muestra la tabla de la guía técnica (Sétra, 2006) sobre la que se indican las aceleraciones según se excite el Modo 2 o Modo 4.

Acceleration ranges	0	0.5	1	2.5
Range 1	Max			
Range 2		Mean		
Range 3			Min	
Range 4				

Tabla 22 Rangos de confort según las aceleraciones verticales ( $\text{m/s}^2$ ). (Fuente: Sétra, 2006).

Por tanto, se observa la necesidad de actuar sobre la estructura para conseguir que las aceleraciones percibidas por los usuarios disminuyan a un valor aceptable y se cumpla el estado límite de servicio de vibraciones.

También, en el apartado número 7 “Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite último (ELU)” se ha observado que una intervención en el comportamiento dinámico de la estructura frenaría la posible generación de daños por fatiga en los anclajes de los tirantes T5, en la zona próxima al anclaje. Estos daños son producidos por la vibración forzada de los tirantes debido a que la frecuencia propia de estos elementos es similar a la frecuencia propia de vibración de la estructura general.

Respecto a las líneas de actuación, se analizará si es posible reducir la acción dinámica, definida en Sétra (2006), o reducir las aceleraciones que ésta causa sobre la estructura. La acción dinámica,

generada por el paso de peatones, puede reducirse modificando el rango de frecuencias lo que afecta directamente al factor de probabilidad  $\psi$  (ver Gráfico 30 y Gráfico 33), mientras que la reducción de las aceleraciones sin modificar la acción dinámica se puede conseguir aumentando el amortiguamiento de la estructura.

Actualmente la pasarela posee las siguientes frecuencias propias en función de la hipótesis de masa considerada:

	Masa del tablero con peatones	Masa del tablero sin peatones
Modo 2	1.640	1.805
Modo 4	3.400	3.770

Tabla 23 Frecuencias naturales (Hz) de la estructura. (Fuente: elaboración propia).

A modo de resumen, se muestran los cuatro rangos de frecuencia definidos en Sétra (2006) según el riesgo de resonancia que exista. También se han representado las frecuencias naturales de la pasarela correspondientes al Modo 2 y Modo 4.

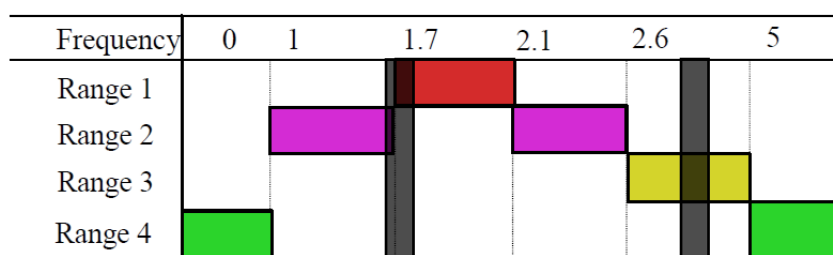


Tabla 24 Rangos de frecuencia (Hz) de las vibraciones verticales. (Fuente: Sétra).

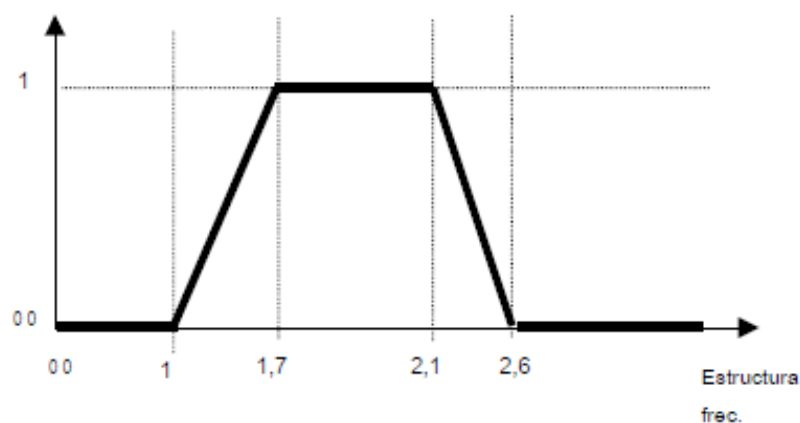


Gráfico 30 Factor  $\psi$  para las vibraciones verticales para el caso de carga 1. (Fuente: Sétra, 2006).

El factor  $\psi$  tiene en cuenta el riesgo de resonancia en una pasarela y está asociado a los rangos de frecuencia de la Tabla 24.

A continuación, se describen las diferentes alternativas que se van a analizar:

- La primera de las alternativas propuestas consiste en aumentar la rigidez del tablero convirtiendo las barandillas en elementos estructurales aumentando la inercia a flexión. Con esto se pretende aumentar la frecuencia de los modos de vibración desplazándonos hacia la derecha en la Tabla 24.
- La segunda de las alternativas consiste en aumentar la masa de la estructura aumentando el espesor del pavimento con el fin de reducir las frecuencias naturales. Esta solución tiene el inconveniente de que al desplazarnos hacia la izquierda en la Tabla 24, el segundo modo de vibración que en un principio se encontraba en un rango de frecuencias aceptable pase a estar en un rango de frecuencias inaceptable. Este efecto se estudiará en profundidad más adelante.
- La tercera de las alternativas se desmarca de las anteriores ya que no se pretende modificar la frecuencia natural de la estructura sino aumentar su amortiguamiento mediante dispositivos encargados de disipar el movimiento y aceleraciones de la pasarela.

Los modelos necesarios para analizar las diferentes alternativas surgen como modificación del “*modelo global estado actual*”. Dichas modificaciones quedan definidas en el Documento N.º 3: “*Anejo (I): Descripción de los modelos*”.

En los siguientes subapartados se tratan por separado cada una de las alternativas propuestas.

## 9.2. Incremento de la rigidez. Barandilla como elemento estructural

Las barandillas están formadas por tubos de acero de 40 cm de diámetro y 7 mm de espesor. Su contribución estructural a la rigidez del tablero es prácticamente nula puesto que cada 12,75 m existe una junta de aproximadamente 1 cm de espesor que interrumpe la continuidad del elemento como se puede observar en la siguiente imagen:

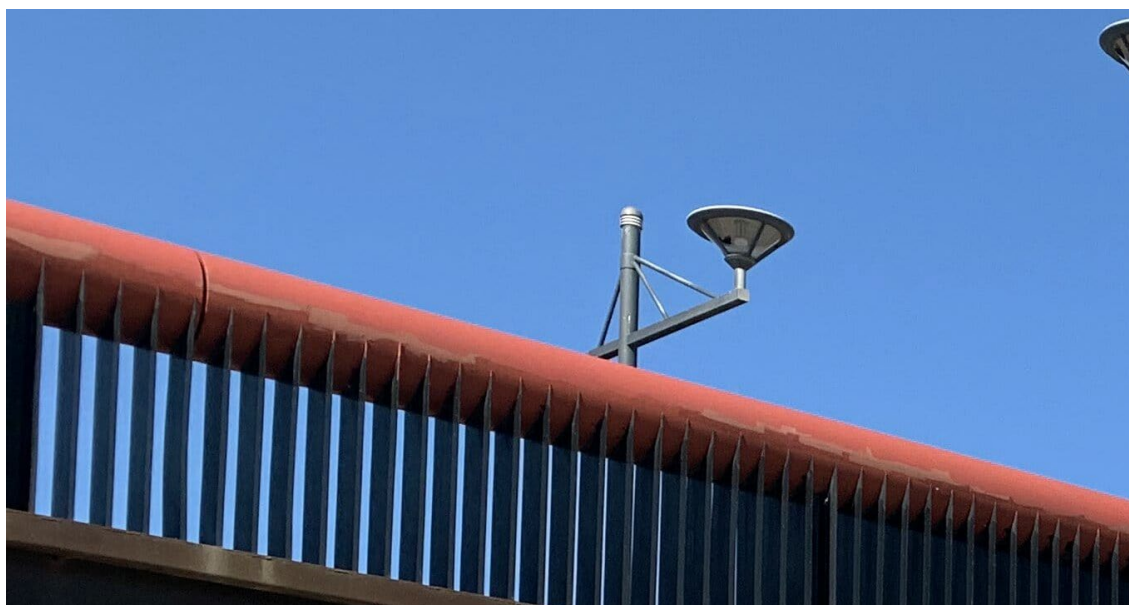


Imagen 50 Juntas existentes en la barandilla. (Fuente: Google Earth).

La barandilla está unida al tablero mediante unas lamas cada 12 cm y unos perfiles laminados cada 2.5 metros. En algunos tramos los perfiles laminados y las lamas están en un estado de deterioro tal y como se puede observar en la siguiente imagen:



Imagen 51 Estado de deterioro de algunos montantes y lamas de la barandilla. (Fuente: elaboración propia).

Normalmente no se contempla la alternativa de aumentar drásticamente la rigidez de la estructura ya que esto supondría un cambio significativo en la estética o sería inviable abordar dicho problema sin modificar drásticamente el diseño estructural. Además, un aumento de rigidez casi siempre va asociado a un aumento de la masa de la estructura lo que produciría efectos contrapuestos. En cambio, se estudia esta opción ya que en nuestro caso no se le añade masa a la estructura, se convierte un elemento existente en un elemento estructural. Se aumenta la rigidez sin aumentar la masa.

La idea de esta alternativa es aprovechar el mal estado de algunos tramos de la barandilla para aplicarle un *restyling* a través del cual se buscará conseguir dos objetivos:

- (1) Actualizar la imagen del tablero cambiando el aspecto de la barandilla.
- (2) Convertir la barandilla en un elemento estructural que trabaje en conjunto con la sección transversal del tablero, obteniendo una viga con mayor inercia y rigidez que permita cumplir el ELS de vibraciones.

Para ello habrá que sustituir las lamas por elementos diagonales y soldar las juntas entre los tramos de la barandilla formando una única viga. Al emplear dicho elemento para un uso para el que no ha sido diseñado, deberíamos comprobar también si es capaz de resistir las compresiones generadas por el peso de los peatones (SCU) la acción térmica.

Entre los montantes quedan unos huecos que, en caso de llevarse a cabo la alternativa, habría que tapar con paneles de cristal, metacrilato o similar para evitar posibles accidentes, proporcionar visibilidad a los peatones que transiten la pasarela y dotar a la estructura de un aspecto renovado.

## 9.2.1. Razonamientos y cálculos previos

Aumentar la rigidez puede producir:

- Un aumento de la frecuencia natural de vibración del sistema ( $f$ )
- Una disminución del desplazamiento al que se vería sometida la estructura bajo una carga estática ( $u_{st}$ )

Si se incrementara la frecuencia del Modo 2 ( $cp$ ) desde 1.64 Hz<sup>6</sup> hasta una frecuencia superior a 2.60 Hz, se reduciría el factor  $\psi$  de 0.91 a 0 eliminando el problema de las vibraciones. Sería necesario, por tanto, de un aumento de la frecuencia en un 59%.

Si se tratase de un problema simple de vibración con solo un grado de libertad (oscilador simple), la frecuencia se definiría mediante la siguiente expresión:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\frac{k}{m}} \quad [18]$$

Donde  $k$  y  $m$  representan la rigidez y la masa de la estructura respectivamente.

Así:

$$\frac{1.59 f}{f} = \frac{\sqrt{\frac{k_1}{m}}}{\sqrt{\frac{k_2}{m}}}$$

$$2.53 = k_1/k_2 \rightarrow k_1 = 2.53 * k_2$$

Siguiendo esta simplificación, se requeriría un aumento de la rigidez en un 153% para aumentar la frecuencia en un 59% y eliminar el problema. A continuación, se muestra un esquema simplificado del tablero con su nuevo centro de gravedad al tener en cuenta el área de las barandillas.

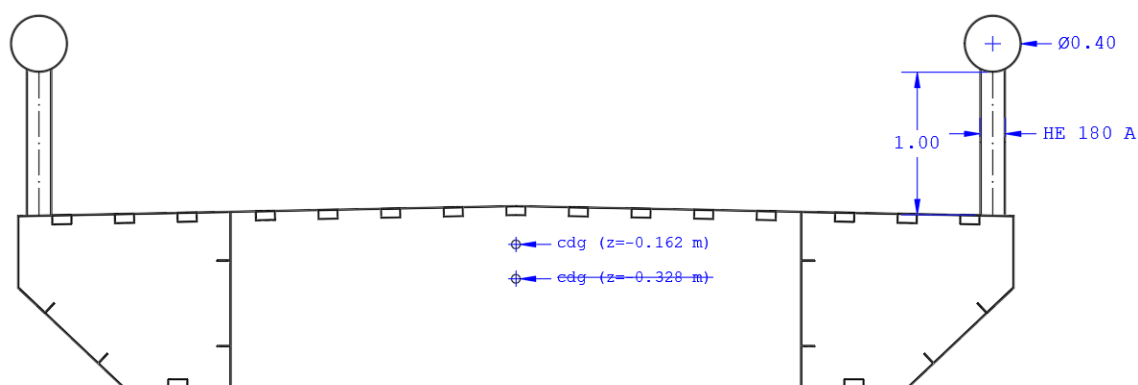


Imagen 52 Esquema simplificado y acotado de la barandilla. (Fuente: elaboración propia).

<sup>6</sup> Se toma como frecuencia de control la del primer modo de vibración con la hipótesis de masa de tablero cargado con peatones [*modo 2 (cp)*] por ser la más restrictiva (la menor) de las frecuencias expuestas en la *Tabla 23*.

La inercia original del tablero sin tener en cuenta las barandillas como elemento estructural es de  $0.032 \text{ m}^4$ . Aplicando el teorema de Steiner teniendo en cuenta el nuevo centro de gravedad y la contribución de las barandillas obtenemos una nueva inercia de:

$$I_{33, \text{ Tablero}} = 0.032 + 0.1421 * (0.328 - 0.162)^2 = 0.036 \text{ m}^4$$

$$I_{33, \text{ Barandilla}} = 2 * [0.0002 + \pi * (0.2^4 - (0.2 - 0.007)^4) * (1.2 + 0.162)^2] = 0.032 \text{ m}^4$$

...

$$I_{33} = I_{33, \text{ Tablero}} + I_{33, \text{ Barandilla}} = 0.036 + 0.032 = 0.068 \text{ m}^4$$

Se produce un incremento en la inercia, y por tanto en la rigidez, de un 113%. No se alcanza el 153% que se había establecido como objetivo previamente, pero hay que tener en cuenta que el aumento de la rigidez puede presentar otros efectos además de la reducción de la probabilidad de resonancia (factor  $\psi$ ).

Para analizar en detalle el efecto de esta alternativa sobre las frecuencias naturales y aceleraciones de la estructura se ha realizado un modelo en SAP2000 denominado “*Modelo global alternativa barandillas*”.

### 9.2.2. Evaluación de la alternativa en SAP2000

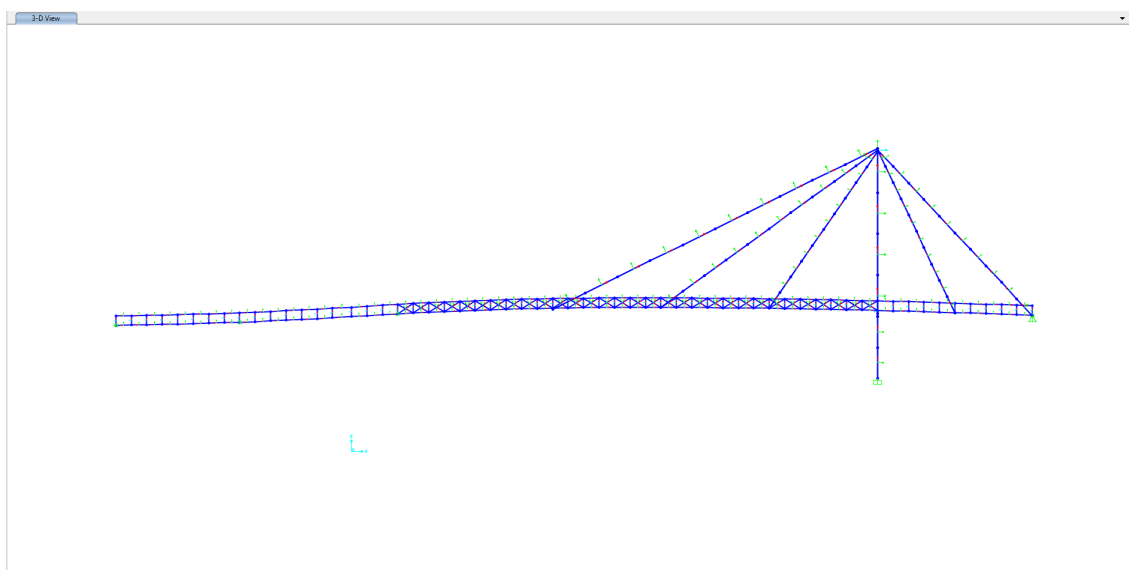


Imagen 53 Modelo en SAP2000 de la alternativa basada en el aumento de rigidez. (Fuente: elaboración propia).

#### 9.2.2.1. Análisis de los modos de vibración de la alternativa

Para poder realizar el análisis dinámico según la guía técnica de Sétra (2006), previamente se debe clasificar el nivel de tráfico que vaya a soportar. Puesto que el uso de la pasarela va a continuar siendo el mismo que el definido en el apartado 6, la clase de la pasarela se mantiene en Clase II: “*puente peatonal urbano que une áreas pobladas, sujetas a tráfico pesado y que ocasionalmente pueden cargarse en toda su área de apoyo*”.

A continuación, se muestran la frecuencia y periodo del Modo 2 (cp) obtenidos al convertir la barandilla en un elemento estructural. También se indica el rango de frecuencias en el que nos encontramos según el riesgo de resonancia que exista (Tabla 24).

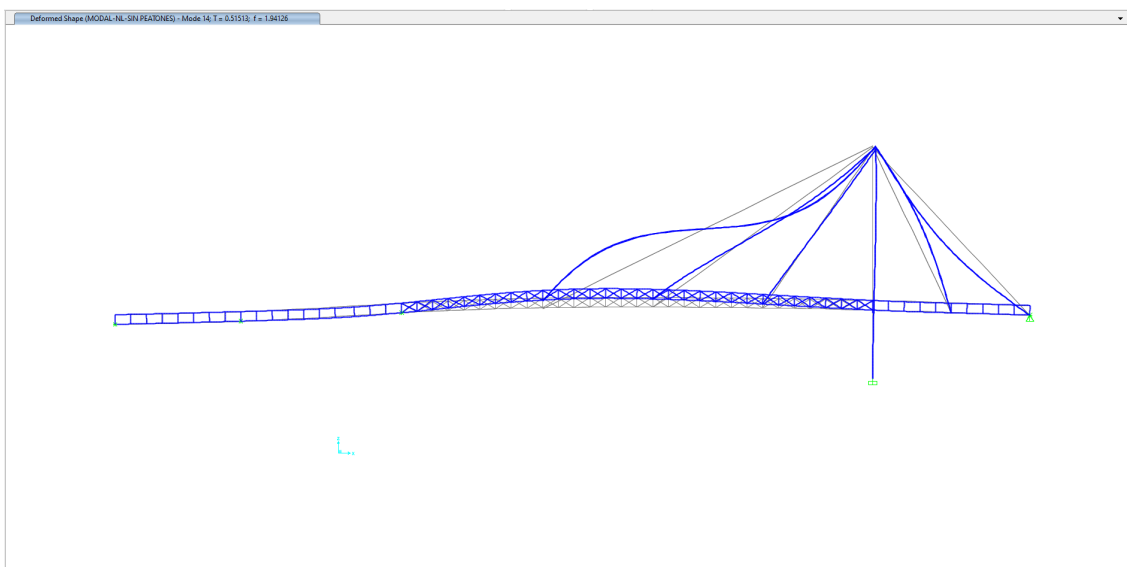


Imagen Modo 2 (cp) de la alternativa basada en el aumento de rigidez. (Fuente: elaboración propia).

Frecuencia (Hz)	1.78
Periodo (s)	0.562
	Rango 1

Tabla 25 Resumen de las frecuencias y periodos del Modo 2 (cp) de la alternativa basada en el aumento de rigidez. (Fuente: elaboración propia).

Podemos observar que la frecuencia ha aumentado, aunque no lo suficiente como para poder disminuir el factor  $\psi$ . De hecho, la situación ha empeorado al pasar al Rango 1 de la Tabla 24.

	Estado Actual			Aumento de rigidez		
		$f$ (Hz)	$\psi$		$f$ (Hz)	$\psi$
Modo 2 (cp)	Rango 2	1.64	0.91	Rango 1	1.78	1

Tabla 26 Comparación de los factores  $\psi$  entre el estado actual de la pasarela y la alternativa empleada. (Fuente: elaboración propia).

#### 9.2.2.2. Cálculo de la acción dinámica

En el apartado número 6: “Análisis dinámico de la estructura actual. Estado límite de servicio (ELS) de vibraciones” se han calculado previamente los siguientes valores necesarios para determinar el valor máximo de la acción vertical:

- Pasarela de clase II
- Densidad de peatones:  $d = 0.8$  peatones/m<sup>2</sup>



- Número de peatones involucrados:  $N = 390$  peatones
- Número de peatones equivalentes:  $N_e = 13.5$  peatones equivalentes

De la Tabla 12 se obtiene que se debe aplicar el caso de carga número 1 debido a que la pasarela es de clase II y la frecuencia del Modo 2 (cp) se encuentra dentro del rango 1.

Para este caso de carga, el valor máximo de la acción vertical presenta la siguiente expresión:

$$q_{v,m\acute{a}x} \left( \frac{N}{m^2} \right) = d \cdot 280 \cdot \frac{N_e}{N} \cdot \psi \quad [19]$$

Los resultados de aplicar la fórmula anterior del caso de carga 1 para el *Modo 2 (cp)* se reflejan en la siguiente tabla:

Modo de vibración	$f$ (Hz)	$\Psi$	$q_{v,m\acute{a}x}$ (N/m <sup>2</sup> )	$q_{v,m\acute{a}x}$ (kN/m)
Modo 2 (cp)	1.78	1.00	7.754	0.0504

Tabla 27 Resumen de las cargas obtenidas para los diferentes modos de vibración y suposiciones de masa.  
(Fuente: elaboración propia).

### 9.2.2.3. Introducción de la carga dinámica en el modelo

Los valores calculados anteriormente para los diferentes casos de carga corresponden únicamente al valor máximo. Realmente se trata de una carga dinámica con una frecuencia que debe coincidir con la frecuencia natural de vibración. Esto se consigue mediante un cálculo tipo “Time History” en el programa SAP2000.

Previamente se deben asignar unas cargas estáticas unitarias que generen una deformada similar al modo de pandeo como se puede apreciar en las siguientes imágenes:

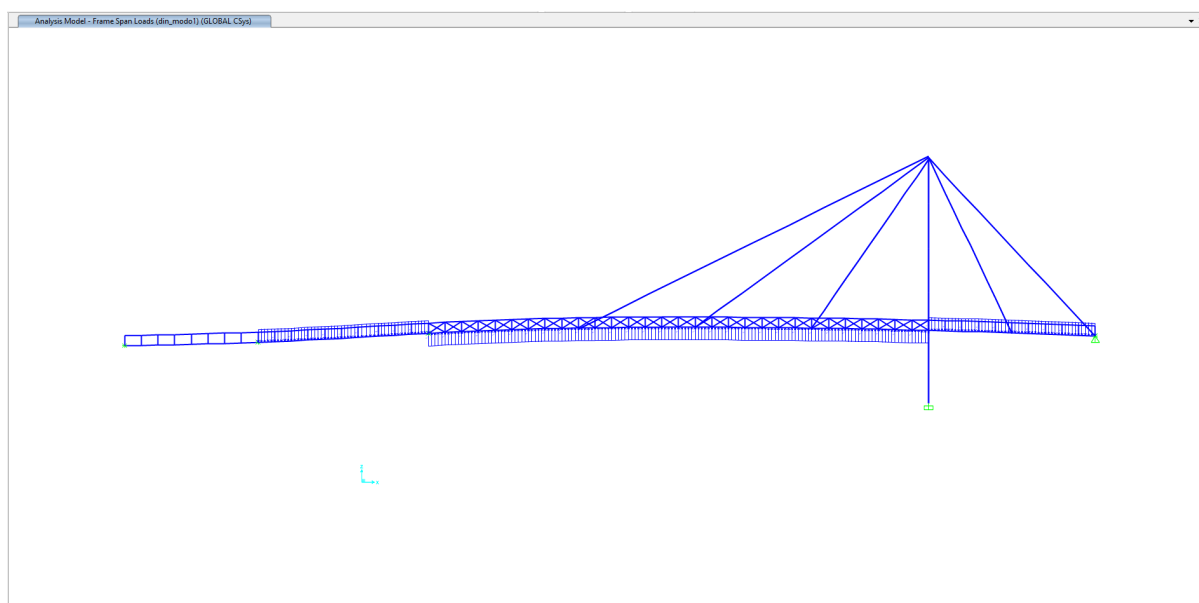


Imagen 54 Cargas unitarias introducidas en el modelo para excitar el Modo 2 de vibración. (Fuente: elaboración propia).

### 9.2.2.4. Resultados

A continuación, se muestra una gráfica que representa la serie temporal de aceleraciones de un punto en concreto del tablero en función del tiempo. El punto escogido<sup>7</sup> se encuentra entre el tirante T1 y T2, en el centro del vano largo. Se alcanza un valor máximo de  $2.76 \text{ m/s}^2$  tal y como puede observar:

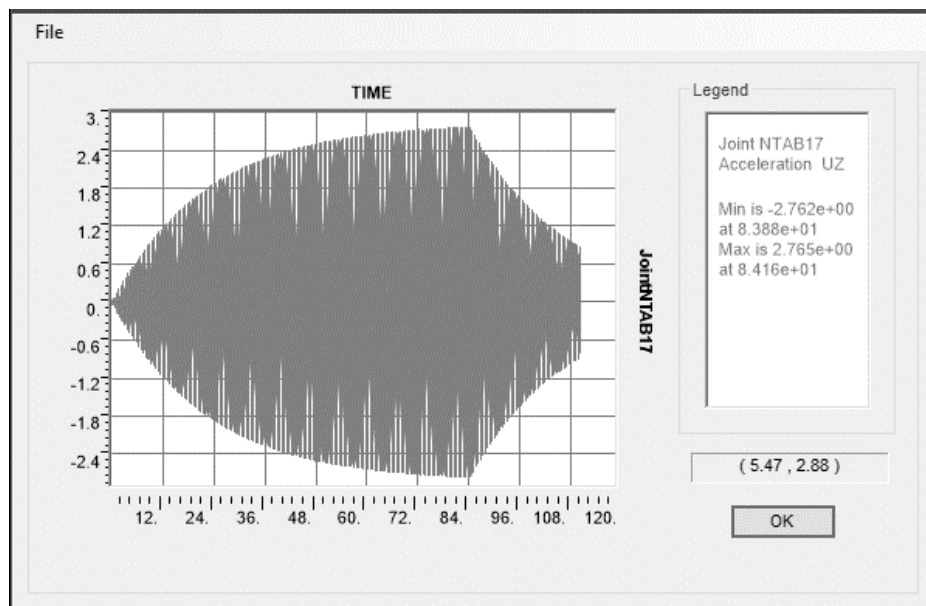


Gráfico 31 Aceleración ( $\text{m/s}^2$ ) en función del tiempo bajo carga dinámica asociada a Modo 2 (sp). (Fuente: elaboración propia).

Hay que destacar que la aceleración no se ha visto afectada por haber aumentado la rigidez del tablero. En el siguiente apartado se analiza el porqué.

### 9.2.2.5. Discusión de los resultados obtenidos

En este apartado se estudia el efecto que tiene variar la rigidez en un sistema de un único grado de libertad para dar explicación a los resultados obtenidos. Cabe destacar que el análisis de un sistema de un solo grado de libertad es una simplificación respecto a la estructura real, mucho más compleja.

Frente a una acción sinusoidal como la aplicada al modelo, la expresión de la aceleración es la siguiente:

$$\ddot{u}(t) = \omega^2 \cdot u(t) \quad [20]$$

donde  $\omega$  es la pulsación en ( $\text{rad/s}$ ) y  $u$  es el desplazamiento ( $m$ ) en función del tiempo. Expresado de otra forma:

$$a(t) = f^2 \cdot (2\pi)^2 \cdot u(t) \quad [21]$$

donde  $f$  es la frecuencia del sistema ( $1/s$ ). También se sabe que el desplazamiento máximo, es igual a (Chopra, 2017):

$$u_{max} = u_{st} \cdot R_d(f) \quad [22]$$

<sup>7</sup> El punto empleado es el NTAB17. Su localización se puede encontrar en el Documento N.º 3 "Anejo (I) Descripción de los modelos."

donde  $R_d(f)$  es el factor de respuesta dinámica. A continuación, se muestra una gráfica con el valor del factor  $R_d$  en función de la relación entre la frecuencia de la carga que excita el sistema ( $\omega$ ) y la frecuencia natural de la estructura ( $\omega_n$ ).

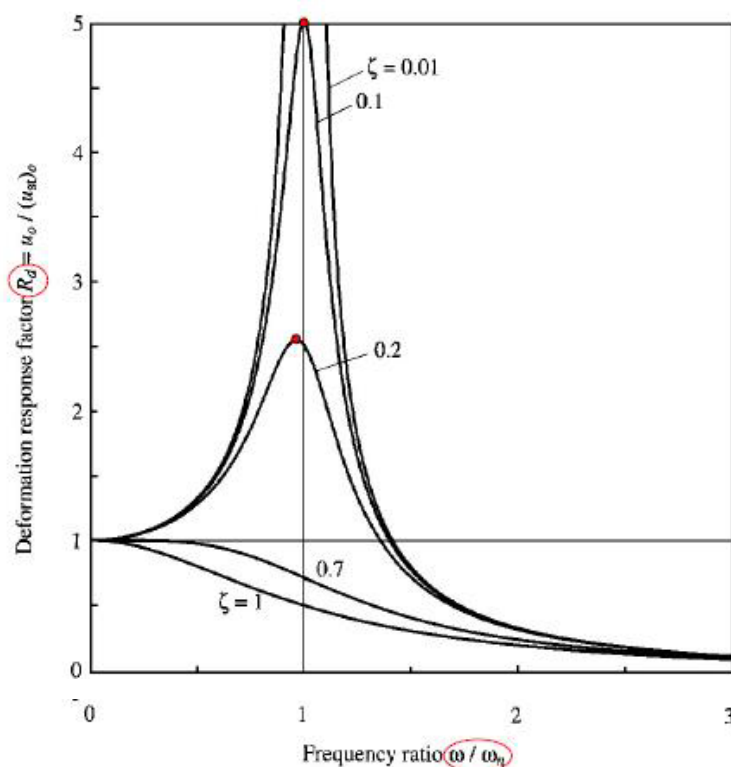


Gráfico 32 Valor del factor de respuesta dinámica. (Fuente: Chopra A.K, 2017)

En caso de que la estructura entre en resonancia ( $\omega/\omega_n = 1$ ), el valor del factor de respuesta dinámica vale  $R_d = 1/(2\xi)$ . Por otra parte, el desplazamiento estático máximo que sufre la estructura se puede expresar como cociente entre el valor de la carga máxima ( $P_0$ ) y la rigidez de la estructura ( $k$ ). Aplicando estos cambios, el desplazamiento máximo se puede expresar como:

$$u_{max} = \frac{u_{st}}{2\xi} = \frac{P_0}{k * 2\xi} \quad [23]$$

Con lo anterior, en caso de tratarse de una estructura simple de un grado de libertad se tiene que el desplazamiento  $u(t)$  es inversamente proporcional al aumento de rigidez. Introduciendo en [21] la expresión [23] del desplazamiento máximo se obtiene que la aceleración máxima es igual a:

$$a_{max} = \left( \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\frac{k}{m}} \right)^2 \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{P_0}{k * 2\xi} \quad [24]$$

En la anterior formulación podemos encontrar las siguientes variables independientes: rigidez ( $k$ ), masa total de la estructura ( $m$ ), amortiguación ( $\xi$ ) y la carga ( $P_0$ )

Se puede apreciar que cambiando el valor de la rigidez ( $k$ ) y manteniendo el resto de las propiedades iguales<sup>8</sup> no se produciría ningún cambio en el valor de la aceleración máxima. Esto sería lo equivalente a aumentar la rigidez empleando las barandillas en un sistema de 1 gdl y justifica el hecho de que esta alternativa no genere un cambio significativo en las aceleraciones.

### 9.2.3. Conclusiones

Se comprueba que el aumento de las frecuencias propias es bastante inferior que el esperado. Se mantienen las frecuencias en el rango de probabilidad máxima de acoplamiento con los peatones. Además, se ha demostrado que el aumento de rigidez por sí mismo no genera una disminución de las aceleraciones máximas, que son el valor de referencia para determinar el grado de confort de los usuarios. Se concluye, por tanto, que esta alternativa no es válida.

### 9.3. Incremento de masa. Aumento del espesor del pavimento

Actualmente existen algunos despegues en la capa de 1 cm de pavimento que dejan al aire libre la superficie metálica de la estructura. En estos huecos es más fácil que se acumule agua que hagan que se acelere el proceso de oxidación del tablero. Estos huecos pueden observarse en la Imagen 55.



Imagen 55 Huecos existentes en el pavimento. (Fuente: elaboración propia).

Se propone sustituirlo por un pavimento de hormigón ligeramente armado con lo que se conseguiría un objetivo doble:

- Adecuar la estructura actual al criterio de estado límite de servicio de vibraciones.
- Solucionar el problema de mantenimiento actual del pavimento.

<sup>8</sup>  $P_0$  se ha mantenido igual ya que el factor  $\psi$  se ha mantenido igual a la unidad con el cambio de frecuencias.

### 9.3.1. Razonamiento y cálculos previos

A diferencia de la alternativa anterior donde únicamente se tenía en cuenta el Modo 2 para analizar su validez, en este caso, al disminuir la frecuencia como consecuencia de aumentar la masa, se deberá comprobar que no se empeore la respuesta asociada al Modo 4.

Se observa que los modos más desfavorables para valorar el efecto de esta alternativa son el Modo 2 (sp) y el Modo 4 (cp) (ver Tabla 24).

De la ecuación [24] se puede suponer que, en este caso, al aumentar la masa de la estructura, sí que se va a ver afectada la aceleración máxima incluso sin variar la amplitud de la acción dinámica ( $P_0$ ).

Puesto que se desconoce el espesor de hormigón óptimo, se van a realizar iteraciones con diferentes espesores de pavimento. A continuación, se muestra una tabla en la que se indica la masa que supone añadir pavimentos de diferentes espesores. Se ha supuesto un peso específico del hormigón armado de  $25 \text{ kN/m}^3$ .

Espesor (cm)	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}$	$\text{kN}$	$tn_{\text{Totales}}$
5	1.25	7.5	1095	112
10	2.50	15.0	2190	223
15	3.75	22.5	3285	335

Tabla 28 Peso añadido a estructura en función del espesor de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

Para analizar en detalle el efecto de esta alternativa sobre las frecuencias naturales y aceleraciones de la estructura se ha realizado un modelo en SAP2000 denominado “Modelo global alternativa aumento de masa”.

### 9.3.2. Evaluación de la alternativa en SAP2000

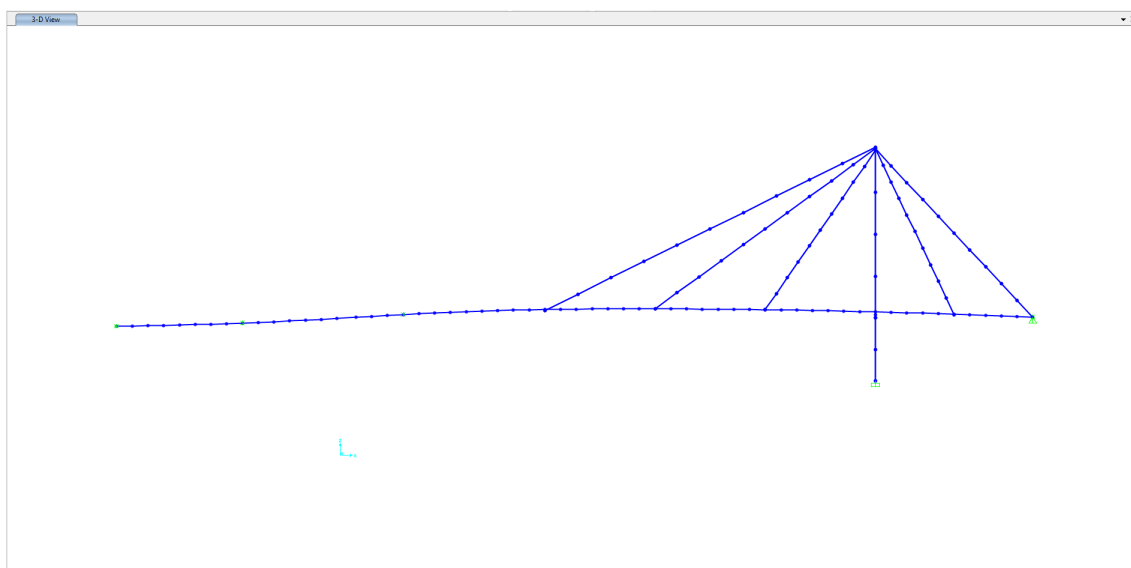


Imagen 56 Modelo en SAP2000 de la alternativa basada en el aumento de masa. (Fuente: elaboración propia).

### 9.3.2.1. Análisis de los modos de vibración de la alternativa

Siguiendo la misma forma de proceder que en análisis dinámico de la alternativa anterior (Apartado 9.2.2.1), se muestran las frecuencias y periodos tanto del Modo 2 (sp) como del Modo 4 (cp) en función del espesor de pavimento seleccionado.

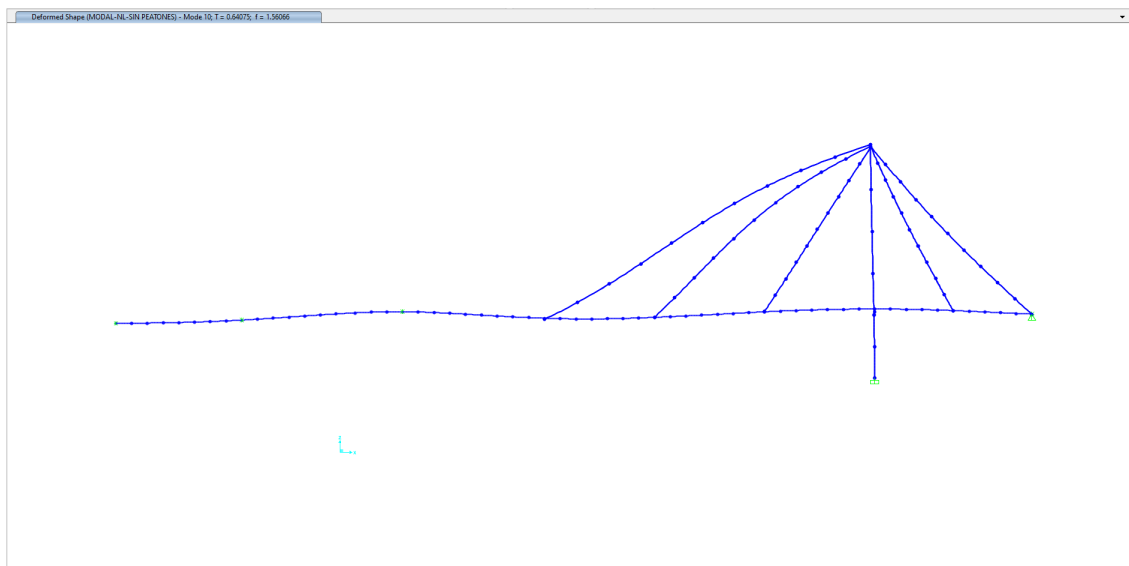


Imagen 57 Modo 2 (sp) de la alternativa basada en el aumento de masa. (Fuente: elaboración propia).

Espesor (cm)	$f$ (Hz)	$T$ (s)	
5	1.56	0.641	Rango 2
10	1.37	0.728	Rango 2
15	1.26	0.791	Rango 2

Tabla 29 Resumen de las frecuencias y periodos del Modo 2 (sp) de la alternativa basada en el aumento de masa. (Fuente: elaboración propia).

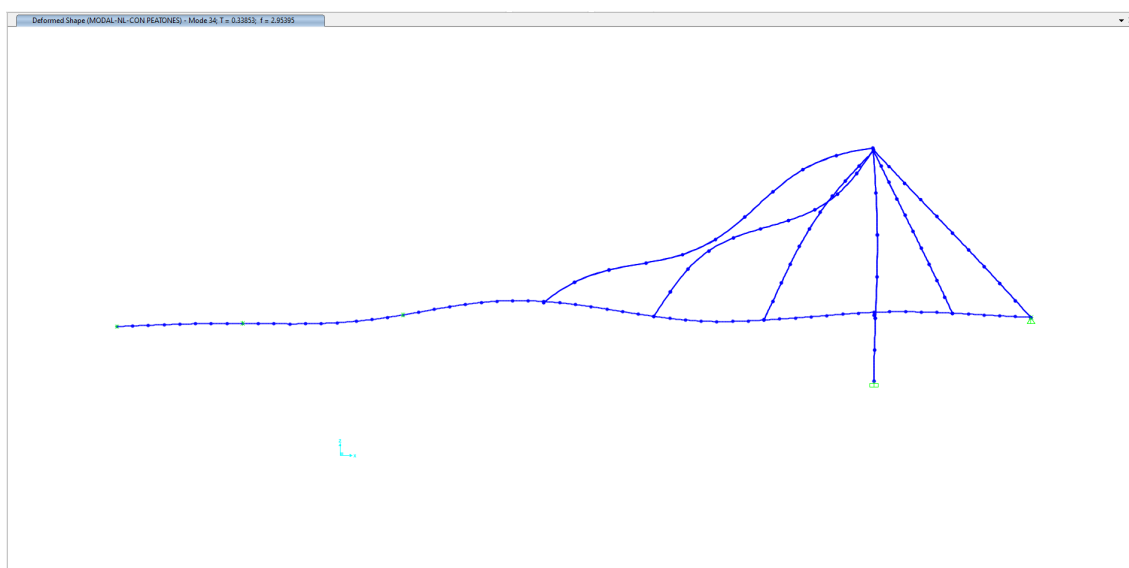


Imagen 58 Modo 4 (cp) de la alternativa basada en el aumento de masa. (Fuente: elaboración propia).

<i>Espesor (cm)</i>	<i>f (Hz)</i>	<i>T(s)</i>	
5	2.95	0.339	Rango 3
10	2.54	0.394	Rango 2
15	2.37	0.421	Rango 2

Tabla 30 Resumen de las frecuencias y periodos del Modo 4 (cp) de la alternativa basada en el aumento de masa. (Fuente: elaboración propia).

Se puede observar como la frecuencia disminuye a medida que vamos aumentando el espesor del pavimento.

A continuación, se muestra una tabla comparativa donde podemos observar la frecuencia y rango de frecuencias en el que se encuentra la pasarela en su estado actual y compararlo con los valores obtenidos anteriormente.

	Estado Actual			Aumento de rigidez	
		<i>f (Hz)</i>	$\psi$		<i>f (Hz)</i>
<i>Modo 2 (sp) – 5 cm</i>	Rango 1	1.81	1.00	Rango 2	1.56
<i>Modo 2 (sp) – 10 cm</i>				Rango 2	1.37
<i>Modo 2 (sp) – 15 cm</i>				Rango 2	1.26
<i>Modo 4 (cp) – 5 cm</i>	Rango 3	3.40	1.00	Rango 3	2.95
<i>Modo 4 (cp) – 10 cm</i>				Rango 2	2.54
<i>Modo 4 (cp) – 15 cm</i>				Rango 2	2.37

Tabla 31 Comparación de las frecuencias entre el estado actual de la pasarela y la alternativa empleada. (Fuente: elaboración propia).

### 9.3.2.2. Cálculo de la acción dinámica

A partir de los datos disponibles del cálculo de la acción dinámica de la alternativa anterior (apartado 9.2.2.2) y de la Tabla 12 se obtiene que se deben aplicar los siguientes casos de carga:

	Rango de frecuencia	Clase de la pasarela	Caso de carga
<i>Modo 2 (sp) – 5 cm</i>	Rango 2	II	Caso 1
<i>Modo 2 (sp) – 10 cm</i>	Rango 2		Caso 1
<i>Modo 2 (sp) – 15 cm</i>	Rango 2		Caso 1
<i>Modo 4 (cp) – 5 cm</i>	Rango 3	II	Caso 3
<i>Modo 4 (cp) – 10 cm</i>	Rango 2		Caso 1
<i>Modo 4 (cp) – 15 cm</i>	Rango 2		Caso 1

Tabla 32 Casos de carga a emplear para determinar la acción máxima vertical. (Fuente: elaboración propia).

La fórmula para obtener el valor máxima de la acción vertical para el caso de carga 1 [19] ya se ha empleado anteriormente en la solución anterior. En cambio, la formulación para obtener el valor de la acción para el caso 3 es la que se muestra a continuación:

$$q_{v,m\acute{a}x} \left( \frac{N}{m^2} \right) = d \cdot 70 \cdot \frac{Ne}{N} \cdot \psi \quad [25]$$

El caso de carga tipo 3 es similar al caso de carga tipo 1. La mayor diferencia consiste en el hecho de que las fuerzas aplicadas sobre el tablero son producidas por el segundo armónico del paso de los peatones. Esto se explica mejor en el apartado número 6.3.2: "Casos de carga tipo 3"

Del mismo modo que del Gráfico 30 se obtiene el factor  $\psi$  para un caso de carga tipo 1, del gráfico que se muestra a continuación se obtiene el valor del factor para el caso de carga tipo 3:

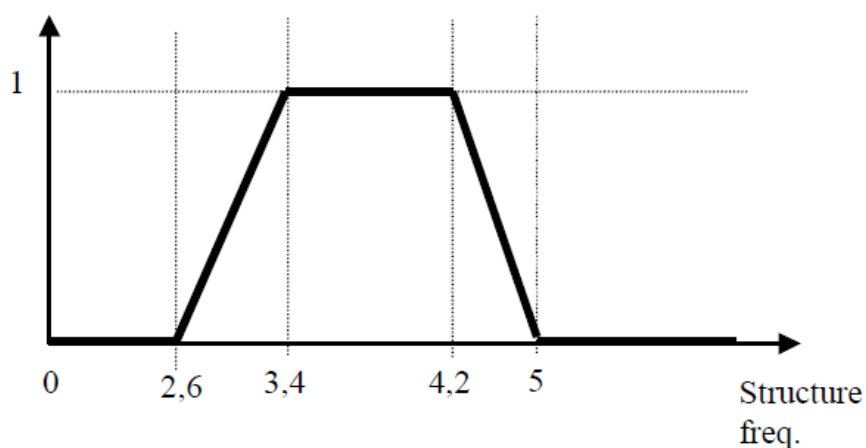


Gráfico 33 Factor  $\psi$  para las vibraciones verticales para el caso de carga 3. (Fuente: Sétra (2006)).

Los valores del factor  $\psi$ , así como los resultados de la acción vertical máxima según se aplique el caso de carga 1 o 3, se recogen a continuación:

Modo de vibración	$f$ (Hz)	$\psi$	$q_{v,m\acute{a}x}$ ( $N/m^2$ )	$q_{v,m\acute{a}x}$ ( $kN/m$ )
Modo 2 (sp) – 0 cm	1.81	1.00	7.75	0.0504
Modo 2 (sp) – 5 cm	1.56	0.80	6.20	0.0403
Modo 2 (sp) – 10 cm	1.37	0.53	4.11	0.0267
Modo 2 (sp) – 15 cm	1.26	0.37	2.87	0.0186
Modo 4 (cp) – 0 cm	3.40	1.00	1.94	0.0126
Modo 4 (cp) – 5 cm	2.95	0.44	0.85	0.0055
Modo 4 (cp) – 10 cm	2.54	0.12	0.93	0.0060
Modo 4 (cp) – 15 cm	2.37	0.46	3.57	0.0232

Tabla 33 Resumen de las cargas obtenidas para los diferentes modos de vibración y espesor de pavimento. (Fuente: elaboración propia).



### 9.3.2.3. Introducción de la carga dinámica en el modelo

Los valores calculados anteriormente para los diferentes casos de carga corresponden únicamente al valor máximo. Como ya se había comentado en el Apartado 9.2.2.3 , para llevar a cabo el cálculo tipo “Time History” se deben asignar previamente unas cargas estáticas unitarias que generen una deformada similar al modo de pandeo. En la imagen que se muestra a continuación se puede observar las cargas introducidas en el modelo para excitar el Modo 4 de vibración. En la Imagen 54 se puede observar las cargas introducidas en el modelo para excitar el Modo 2 de vibración.

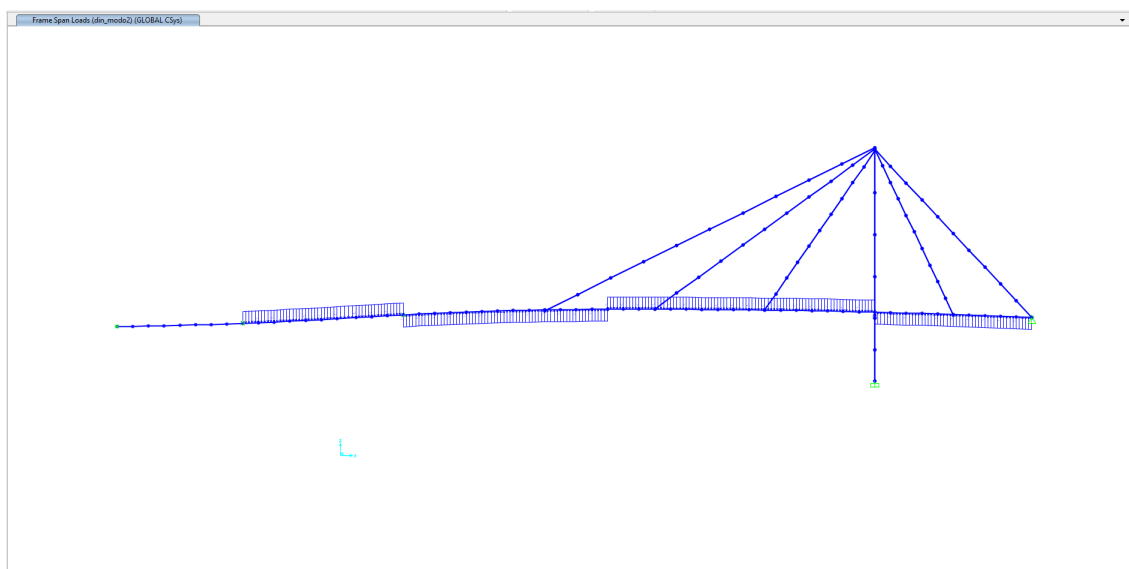


Imagen 59 Cargas unitarias introducidas en el modelo para excitar el Modo 4 de vibración. (Fuente: elaboración propia).

### 9.3.2.4. Resultados

En este subapartado se muestran unos gráficos donde se representan las series temporales de aceleración de un punto en concreto del tablero. El punto seleccionado para determinar la aceleración en el Modo 2 es el mismo que el empleado en la alternativa anterior mientras que el punto empleado para determinar la aceleración en el Modo 4<sup>9</sup> es un punto que se encuentra entre los tirantes T2 y T3.

<sup>9</sup> El punto empleado es el NTAB25. Su localización se puede encontrar en el Documento N.º 3 “Anejo (I) Descripción de los modelos.

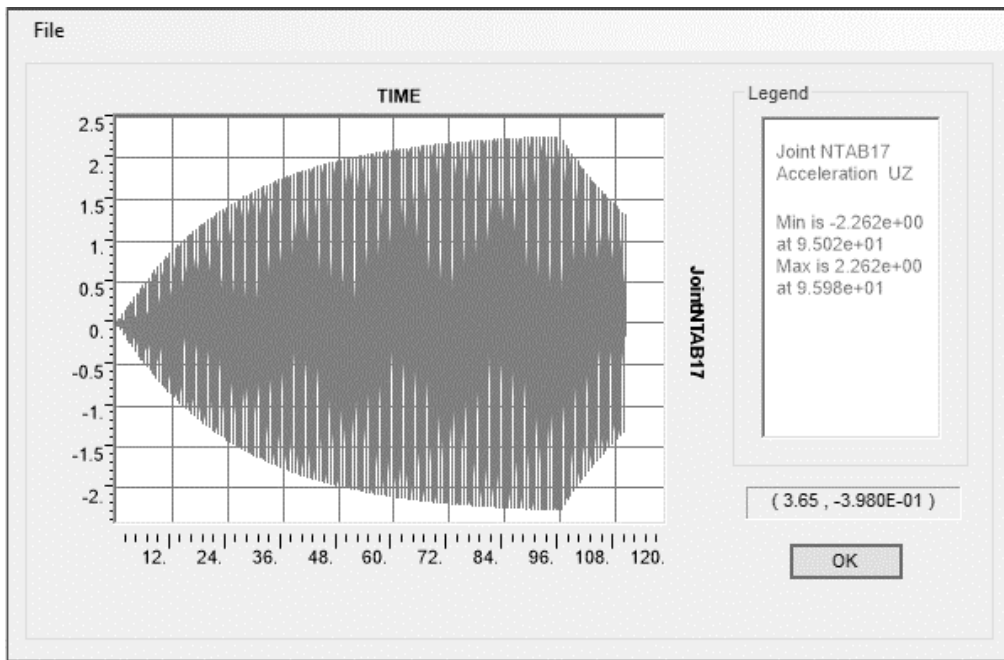


Gráfico 34 Aceleración ( $m/s^2$ ) en función del tiempo del Modo 2 (sp) – 5 cm de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

La aceleración máxima para el Modo 2 (sp) con un espesor de pavimento de 5 cm es de  $2.26 m/s^2$ .

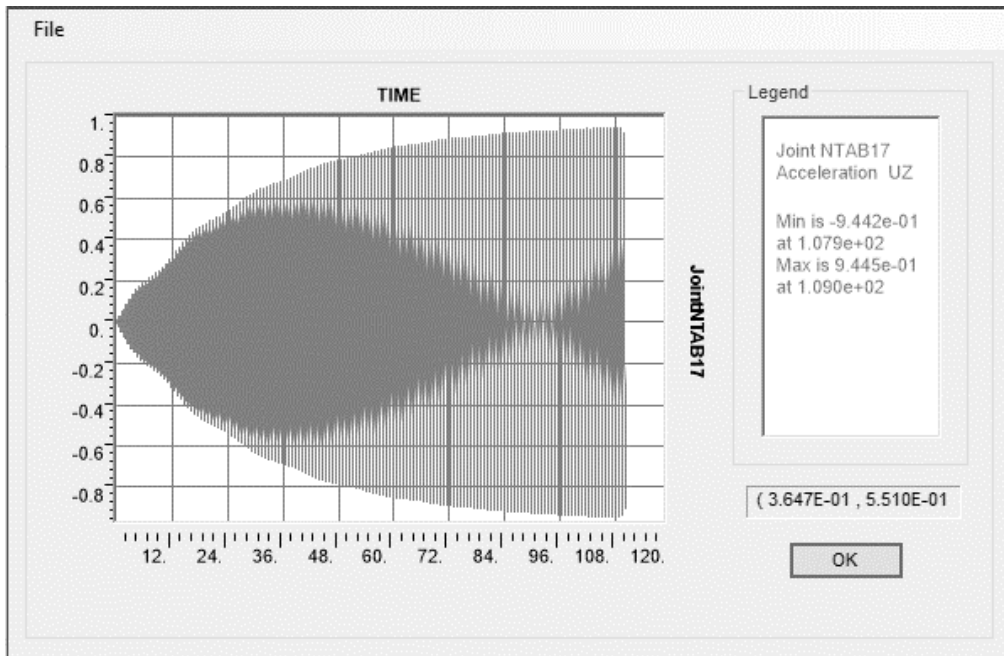


Gráfico 35 Aceleración ( $m/s^2$ ) en función del tiempo del Modo 2 (sp) – 10 cm de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

La aceleración máxima para el Modo 2 (sp) con un espesor de pavimento de 10 cm es de  $0.94 m/s^2$ .

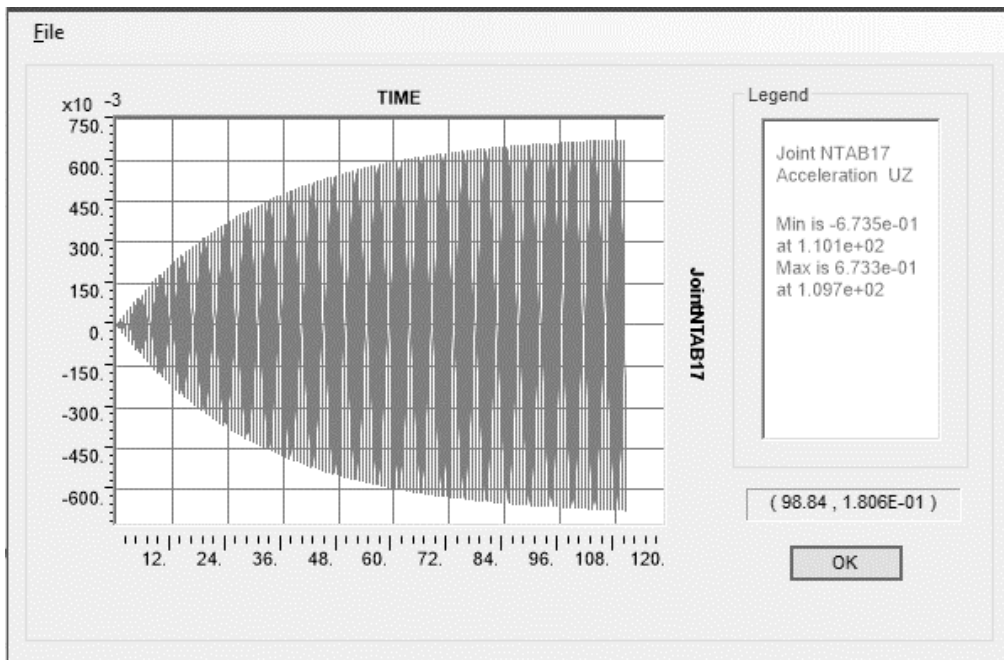


Gráfico 36 Aceleración ( $m/s^2$ ) en función del tiempo del Modo 2 (sp) – 15 cm de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

La aceleración máxima para el Modo 2 (sp) con un espesor de pavimento de 15 cm es de  $0.67 m/s^2$ .

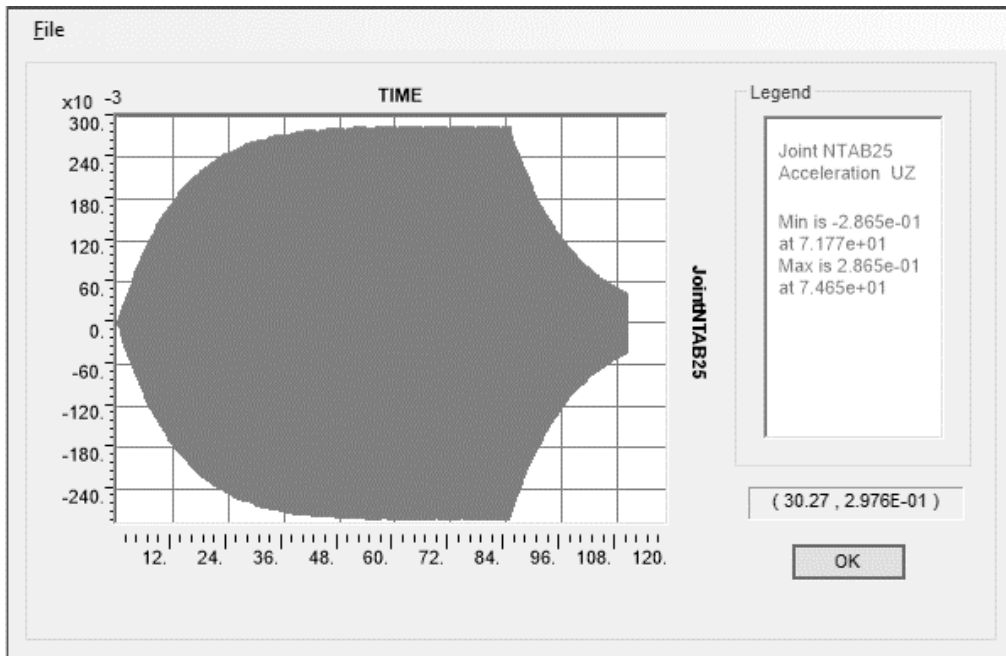


Gráfico 37 Aceleración ( $m/s^2$ ) en función del tiempo del Modo 4 (cp) – 5 cm de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

La aceleración máxima para el Modo 4 (cp) con un espesor de pavimento de 5 cm es de  $0.29 m/s^2$ .

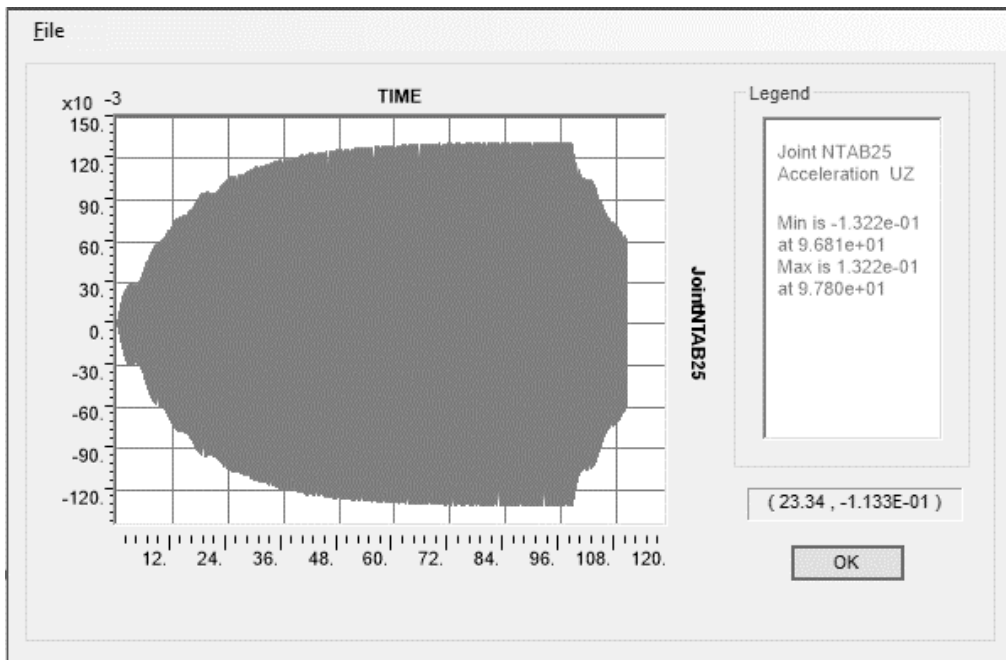


Gráfico 38 Aceleración (m/s<sup>2</sup>) en función del tiempo del Modo 4 (cp) – 10 cm de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

La aceleración máxima para el Modo 4 (cp) con un espesor de pavimento de 10 cm es de 0.13 m/s<sup>2</sup>.

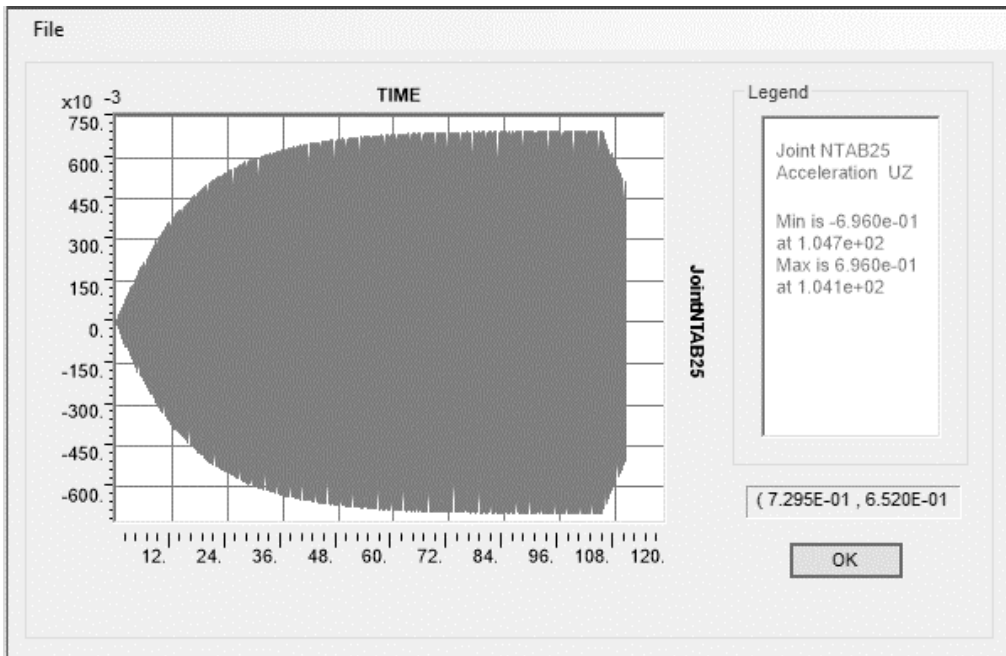


Gráfico 39 Aceleración (m/s<sup>2</sup>) en función del tiempo del Modo 4 (cp) – 15 cm de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

La aceleración máxima para el Modo 4 (cp) con un espesor de pavimento de 15 cm es de 0.70 m/s<sup>2</sup>.

Se muestra a continuación una tabla resumen con los resultados obtenidos y una representación gráfica de las mismas para poder analizar visualmente la efectividad de la alternativa.

	Estado actual		Aumento de masa	
	$f$ (Hz)	$a$ ( $\frac{m}{s^2}$ )	$f$ (Hz)	$a$ ( $\frac{m}{s^2}$ )
<i>Modo 2 (sp) – 5 cm</i>	1.81	3.15	1.56	2.26
<i>Modo 2 (sp) – 10 cm</i>			1.37	0.94
<i>Modo 2 (sp) – 15 cm</i>			1.26	0.67
<i>Modo 4 (cp) – 5 cm</i>	3.40	1.00	2.95	0.29
<i>Modo 4 (cp) – 10 cm</i>			2.54	0.13
<i>Modo 4 (cp) – 15 cm</i>			2.37	0.70

Tabla 34 Tabla resumen de los resultados obtenidos. (Fuente: elaboración propia).

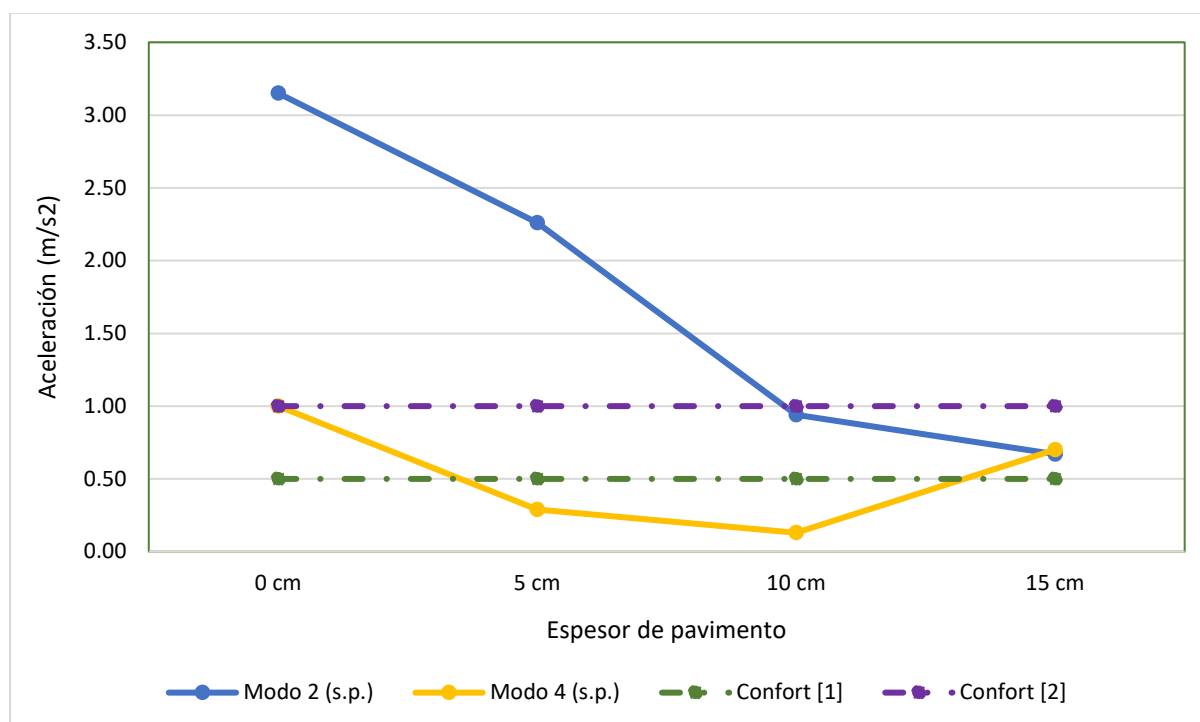


Gráfico 40 Aceleración percibida por los usuarios según el espesor de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

A la vista del gráfico anterior, la opción más eficiente a la hora de reducir las aceleraciones evitando añadir masa innecesaria es la de 10 cm de espesor. Se obtienen disminuyen las aceleraciones hasta unos valores de  $0.94 \text{ m/s}^2$  para el Modo 2 (cp) y  $0.13 \text{ m/s}^2$  para el Modo 4 (sp).

### 9.3.2.5. Discusión de los resultados

Para el Modo 2 (sp) la acción dinámica va disminuyendo de forma progresiva con el aumento de masa tal y como se había comentado anteriormente. Para el Modo 4 (cp) la acción dinámica presenta un primer tramo en el que decrece hasta  $0.85 \text{ N/m}^2$  para luego aumentar hasta  $3.57 \text{ N/m}^2$ . Esto se resume en el siguiente gráfico:

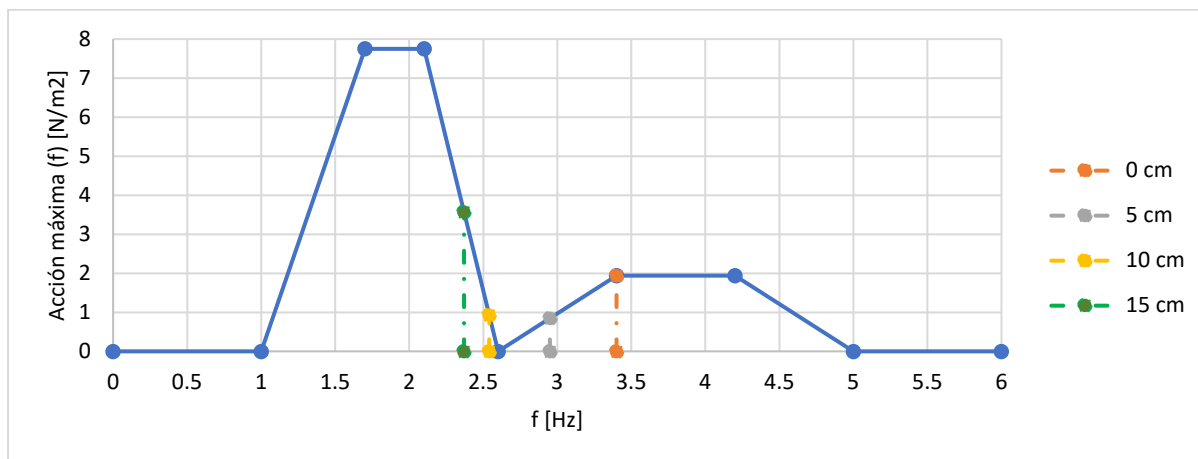


Gráfico 41 Variación de la amplitud de la acción dinámica asociada al Modo 4 (cp) en función del espesor añadido. (Fuente: elaboración propia).

### 9.3.3. Conclusiones

Se comprueba que tanto las frecuencias naturales de la estructura como las aceleraciones sufren una disminución significativa cuando se añaden 10 cm de espesor al pavimento. Dichas aceleraciones se reducen hasta  $0.94 \text{ m/s}^2$ , consiguiendo lo que en Sétra (2006) se denomina un nivel de confort medio. Se puede decir, por tanto, que esta alternativa sí que es válida para solventar el problema de estado límite de servicio de vibraciones, siempre y cuando la propiedad acepte dicho nivel de confort como admisible.

En caso de ser la alternativa más eficiente de todas las planteadas, se deberá recalcular la estructura y comprobar que la carga muerta añadida no pone en riesgo la integridad estructural. Además, el efecto permanente de la carga puede afectar a elementos sensibles como los tirantes, aumentando las fisuras en el mortero que recubre los cordones provocando problemas de corrosión y, por tanto, pérdida de tensión.

#### 9.4. Disposición de amortiguadores

En el estudio del arte realizado en el Apartado 8 se muestra la existencia de diversos dispositivos que permiten aumentar el amortiguamiento en las estructuras (amortiguador de masa sintonizada (TMD), amortiguador viscoso, amortiguador líquido sintonizado (TLD), etc.).

Sin embargo, se ha comprobado que, de todos ellos, el más utilizado para aumentar la amortiguación en pasarelas con problemas dinámicos son los amortiguadores de masa sintonizada (TMD) siendo una minoría los casos en los que se han empleado amortiguadores viscosos. Esto se debe a dos motivos: la mayor facilidad para instalar amortiguadores de masas sintonizada y el precio más económico de estos dispositivos.

En el caso concreto de la pasarela objeto de estudio, la instalación de amortiguadores viscosos para evitar los problemas dinámicos asociados a los Modos 2 y 4 supone una dificultad técnica adicional debido a la configuración del tablero. Su sección de doble cajón con almas llenas y de poco canto (menor de 1.25 m) supone un serio impedimento para la incorporación de estos dispositivos. Por esta razón, y porque los dispositivos de amortiguación viscosa tienen un coste superior a los amortiguadores de masa sintonizada, se descarta el uso de los primeros. Consecuentemente, para analizar la alternativa basada en el aumento del amortiguamiento únicamente se valorará el uso de amortiguadores de masa sintonizada, de aquí en adelante TMD.

Como se ha comentado anteriormente, esta es una alternativa que no busca modificar las frecuencias naturales de vibración de la estructura. El objetivo de un amortiguador de masa sintonizada es reducir el pico de resonancia como se muestra en el Gráfico 42.

##### 9.4.1.1. Análisis teórico del comportamiento de un TMD

Los amortiguadores de masa sintonizada funcionan generando una reacción que se opone al movimiento de la estructura original cuando dicho movimiento presenta una frecuencia similar a la del dispositivo instalado. Cuanta más masa de TMD se disponga, el efecto del dispositivo será mayor. La amplitud del desplazamiento estructural normalizado ( $R$ ) se puede calcular con la fórmula dada en "*Mechanical Vibrations*" (Den Hartog, 1985) en caso de simplificar el comportamiento de la estructura a la oscilación de un sistema de un solo grado de libertad<sup>10</sup>. A continuación, se muestra dicha fórmula:

$$R = \frac{u_1}{u_{st}} = \sqrt{1 + \frac{2}{\mu}} \quad [26]$$

donde  $u_{st}$  es el desplazamiento estático de la estructura y  $\mu$  es la relación entre la masa del amortiguador de masa sintonizada ( $m$ ) y la masa total de la estructura ( $M$ ).

$$\mu = \frac{m}{M} \quad [27]$$

A continuación, se muestra un gráfico donde se puede apreciar el efecto de un amortiguador de masa sintonizada en función del valor del parámetro  $\mu$  :

<sup>10</sup> Una simplificación adicional en estas fórmulas es que el oscilador principal presenta una amortiguación nula.

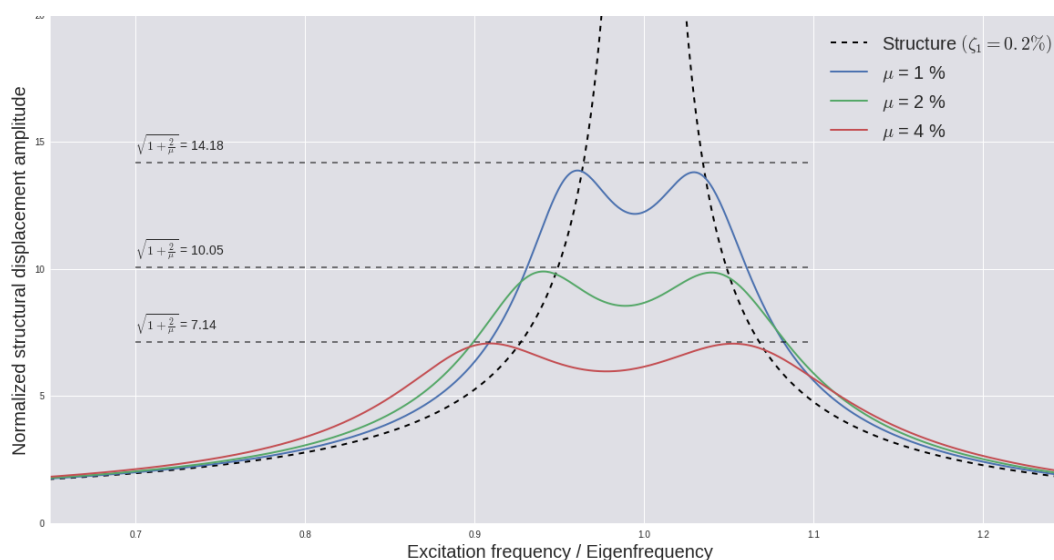


Gráfico 42 Efecto de incrementar la masa del TMD. (Fuente: <https://flow-engineering.com/tuned-mass-dampers/>).

El Gráfico 43 muestra la variación de la amplitud del desplazamiento normalizado ( $R$ ) en función de  $\rho$ , para un TMD con un valor específico de masa ( $\mu$ ), frecuencia ( $f_d$ ) y varios valores de amortiguamiento ( $\xi_d$ ). Donde  $\rho$  representa la relación entre la acción dinámica ( $\Omega$ ) y la frecuencia natural del sistema ( $\omega$ ).

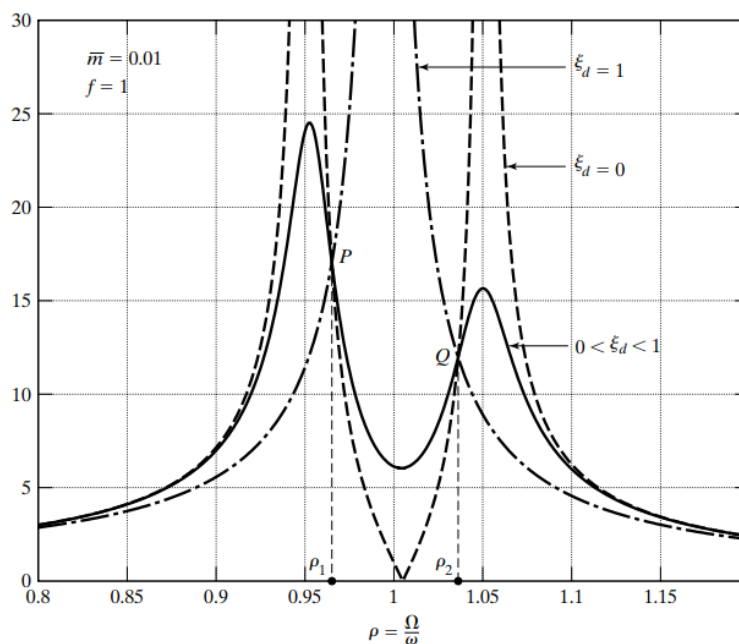


Gráfico 43 Representación de  $R$  respecto a  $\rho$  para varios valores de amortiguamiento. (Fuente: <https://engineering.purdue.edu/>)

Cuando la tasa de amortiguamiento del TMD y del oscilador principal son nulos, se forman dos picos con amplitud infinita situados uno a cada lado de  $\rho = 1$ . A medida que aumenta el amortiguamiento del TMD ( $\xi_d$ ), los picos se van acercando entre sí hasta juntarse en un único pico situado en  $\rho \approx 1$ .



Otra observación es que todas las curvas anteriores pasan por dos puntos,  $P$  y  $Q$ . Un diseño óptimo del amortiguador de masa sintonizada implica minimizar la amplitud máxima. Para ello se necesita que los factores de amplificación ( $R$ ) en  $P$  y  $Q$  sean iguales y esto se consigue mediante el valor óptimo de la frecuencia del TMD ( $f_{d,opt}$ ). Una frecuencia superior o inferior a la óptima generará una asimetría como se muestra en el siguiente gráfico:

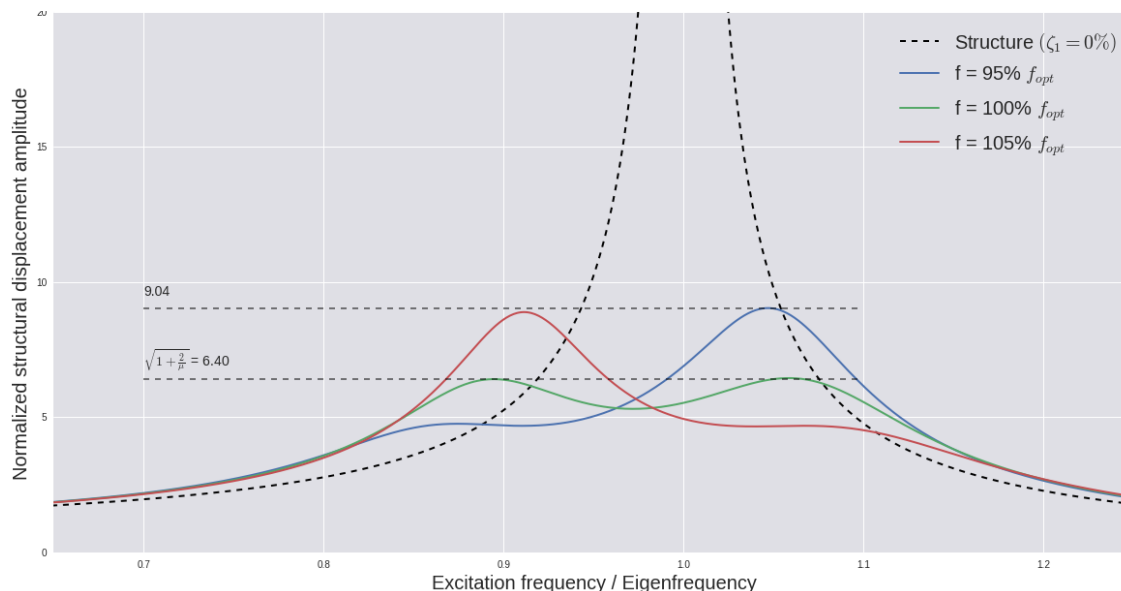


Gráfico 44 Efecto de cambiar la frecuencia del TMD. (Fuente: <https://flow-engineering.com/tuned-mass-dampers/>).

Una vez la respuesta es simétrica, aumentando el valor del amortiguamiento del TMD hasta un valor óptimo ( $\xi_{d,opt}$ ) se pueden disminuir las amplitudes de los picos. Sin embargo, un aumento adicional de  $\xi_d$  hace que estos se fusionen y la amplitud aumente más allá del valor óptimo.

No obstante, lo comentado anteriormente responde a un análisis teórico del comportamiento de los TMD basados en simplificaciones como la de considerar que el oscilador principal solo presenta un grado de libertad y su amortiguación es nula. En la práctica, que es mucho más compleja que la situación idealizada, alcanzar los valores óptimos no resulta sencillo por lo que se requiere cierto grado de calibración tras la instalación de los TMD.

#### 9.4.2. Cálculo de los valores óptimos del TMD

Según la formulación de Den Hartog (1985), aplicable a sistemas de un solo grado de libertad y con amortiguación propia baja, existen los siguientes valores óptimos:

$$f_{d,opt} = \frac{\sqrt{1 + \frac{\mu}{2}}}{1 + \mu} * f_n \quad [28]$$

$$\xi_{d,opt} = \sqrt{\frac{\mu * (1 + \frac{3\mu}{4})}{4 * (1 + \mu) * (1 + \frac{\mu}{2})}} \quad [29]$$

$$\rho_{1,2|opt} = \sqrt{\frac{\mu * (3 - \sqrt{0.5\mu})}{1 + \mu}} \quad [30]$$

$$R_{|opt} = \frac{1 + \mu}{\sqrt{0.5\mu}} \quad [31]$$

Para tratar de evitar realizar cambios muy significativos en la configuración del TMD una vez dispuesto en obra, se ha decidido realizar los cálculos de los valores óptimos considerando las frecuencias propias de la estructura con una nueva suposición de masa: “Masa de la estructura más la mitad de la masa de los peatones definida en Sétra (2006)”.

La pasarela actual posee las siguientes frecuencias naturales para la nueva hipótesis de masa.

	$F(Hz)$	$T(s)$
Modo 2	1.71	0.585
Modo 4	3.670	0.272

Tabla 35 Frecuencias naturales (Hz) y periodos de la estructura para la hipótesis de masa del tablero + 0.5 \*  $M_{peatones}$ . (Fuente: elaboración propia).

A continuación, se va a determinar la masa a disponer en los TMDs (obtención del coeficiente  $\mu$ ). Para ello, el primer paso es determinar las masas modales del Modo 2 y Modo 4:

- La masa modal del Modo 2 es un 11% de la masa total de la estructura<sup>11</sup> por lo que se obtienen una masa de  $M_{Modo2} = 65 \text{ tn}$ . Imponiendo un coeficiente  $\mu$  de un 1.5% se obtiene una masa de  $m_{d,2} = 750 \text{ kg}$ . Redondeando,  $m_{d,2} = 1000 \text{ kg}$ .
- La masa modal del Modo 4 es un 2% de la masa total de la estructura por lo que se obtienen una masa de  $M_{Modo4} = 12 \text{ tn}$ . Imponiendo un coeficiente  $\mu$  de un 3.0% se obtiene una masa de  $m_{d,4} = 360 \text{ kg}$ . Redondeando,  $m_{d,2} = 400 \text{ kg}$ .

Aplicando las fórmulas [27], [28] y [29] obtenemos los valores de los parámetros óptimos que definen los TMD tanto del Modo 2 como del Modo 4. Para determinar el coeficiente de amortiguamiento ( $c$ ) de los amortiguadores viscosos que conforman el TMD se aplica la siguiente fórmula:

$$\xi_d = \frac{c}{2mf_d} \quad [32]$$

Los resultados obtenidos son:

<sup>11</sup> La masa total de la estructura es igual a 581 tn.

	$\mu$	$m$ (kg)	$f_d$ (Hz) <sup>12</sup>	$\xi_d$	$k$ (kN/m)	$c$ (kN/(m/s))
TMD Tipo 1 – [Modo 2]	0.015	1000	1.69	0.041	18.8	0.146
TMD Tipo 2 – [Modo 4]	0.030	400	3.58	0.025	50.6	0.113

Tabla 36 Propiedades de los amortiguadores de masa sintonizada. (Fuente: elaboración propia).

Se dispondrán un total de 6 amortiguadores de masa para disminuir los efectos asociados al Modo 2. Cada uno de ellos tendrá una masa de 167 kilogramos. Del mismo modo, se colocarán 4 amortiguadores de masa para el Modo 4 de 100 kg cada uno de ellos.

La selección y dimensionamiento de los elementos que componen los amortiguadores de masa se determinan en el Apartado 10.1: “Diseño del TMD”.

La localización de los amortiguadores de masa, así como su montaje quedan definidos en los planos número 1 “Localización de los amortiguadores de masa sintonizada” y número 3 “Montaje del amortiguador de masa sintonizada”.

#### 9.4.3. Evaluación de la alternativa en SAP2000

A continuación, se muestra una imagen del modelo empleado para analizar la viabilidad de la alternativa propuesta, donde se pueden identificar en color azul los TMD tipo 1 y en color verde los TMD tipo 2.

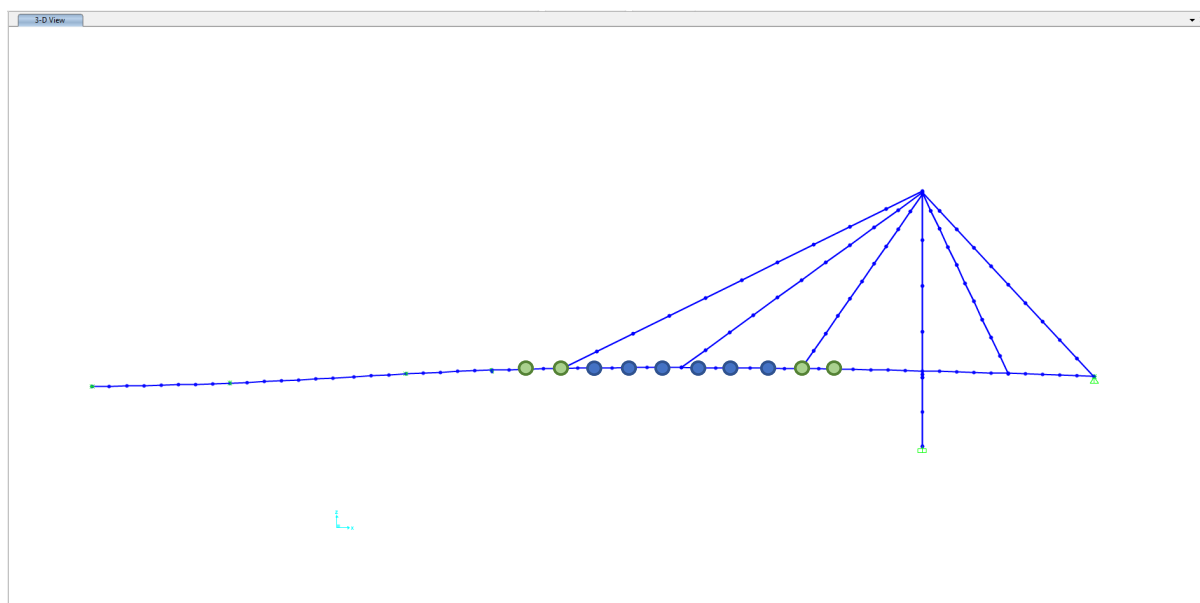


Imagen 60 Modelo en SAP2000 de la alternativa basada en la colocación de amortiguadores de masa sintonizada. (Fuente: elaboración propia).

<sup>12</sup> Es un parámetro característico de un amortiguador de masa determinado. Para determinarlo se emplea la masa del AMS (167 kg o 100 kg) y no la masa total añadida al modo de vibración correspondiente. Lo mismo ocurre con los valores de  $\xi_d$ ,  $k$  y  $c$ .

Siguiendo la misma forma de proceder que en análisis dinámico de las alternativas anteriores, se muestran las frecuencias y periodos tanto del Modo 2 como del Modo 4.

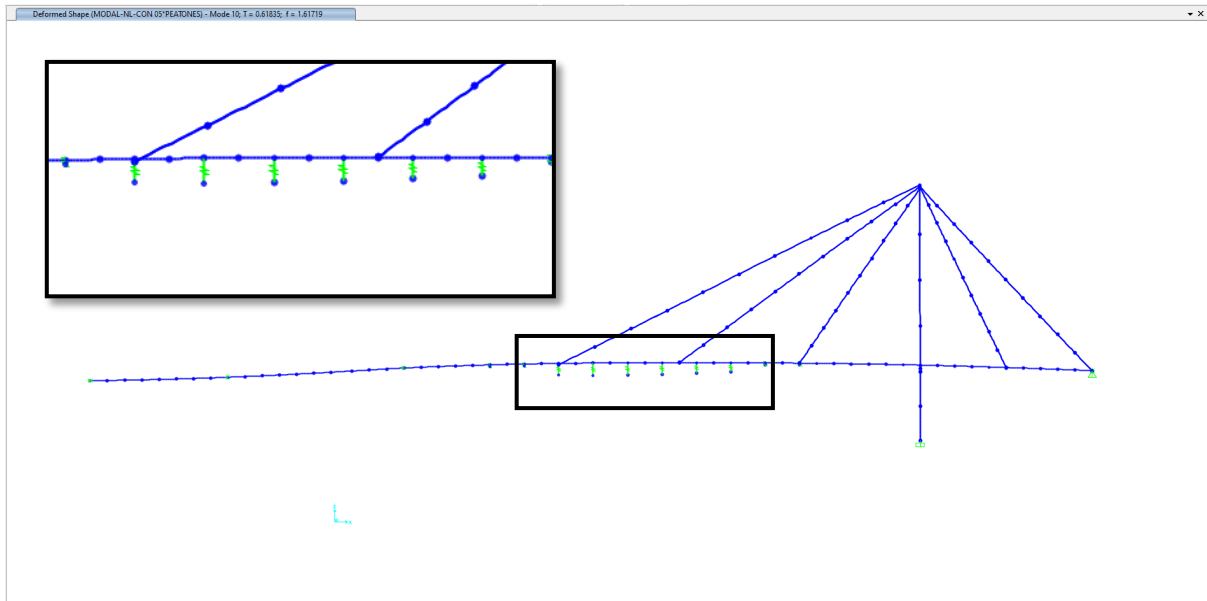


Imagen 61 Modo 2 de la alternativa basada en la colocación de amortiguadores de masa sintonizada. (Fuente: elaboración propia).

Frecuencia (Hz)	1.61
Periodo (s)	0.618
	Rango 2

Tabla 37 Resumen de las frecuencias y periodos del Modo 2 de la alternativa basada en la colocación de amortiguadores de masa sintonizada. (Fuente: elaboración propia).

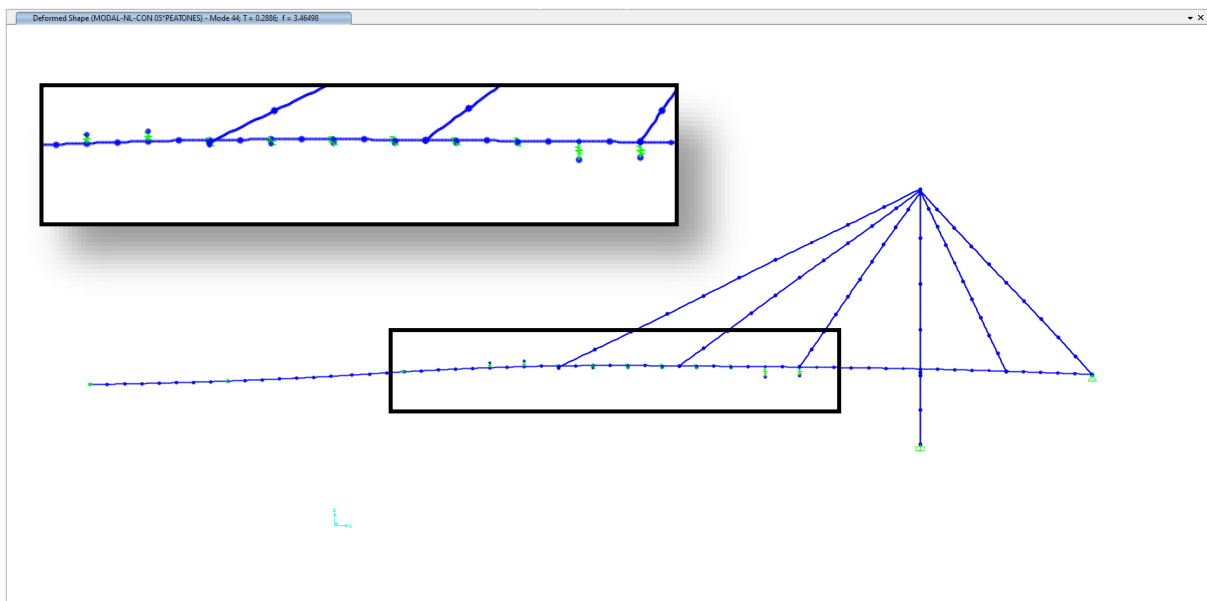


Imagen 62 Modo 4 de la alternativa basada en la colocación de amortiguadores de masa sintonizada. (Fuente: elaboración propia).

Frecuencia (Hz)	3.465
Periodo (s)	0.289
	Rango 3

Tabla 38 Resumen de las frecuencias y periodos del Modo 4 de la alternativa basada en la colocación de amortiguadores de masa sintonizada. (Fuente: elaboración propia).

Las frecuencias de los modos de vibración han disminuido un poco respecto de las frecuencias de la pasarela actual con la nueva hipótesis de masa (1.702 Hz y 3.580 Hz). Esto tiene sentido ya que la colocación de los amortiguadores de masa implica un aumento de la masa en 1400 kilogramos y, como ya se ha visto en el Apartado 9.3, un aumento de la masa de la estructura va asociado a una disminución de las frecuencias.

Otro aspecto para destacar de la Imagen 61 es que únicamente entran en funcionamiento los amortiguadores de masa sintonizada de tipo 1. Esto nos indica que los TMD tipo 1 han sido modelados correctamente. Lo mismo ocurre en la Imagen 62 donde los únicos amortiguadores de masa que vibran son los de tipo 2.

#### 9.4.3.1. Cálculo de la acción dinámica

A partir de los datos de la definición de los casos de carga de las alternativas anteriores y de la Tabla 12 se obtiene que se deben aplicar los siguientes casos de carga:

	Rango de frecuencia	Clase de la pasarela	Caso de carga
<i>Modo 2</i>	Rango 2	II	Caso 1
<i>Modo 4</i>	Rango 3		Caso 3

Tabla 39 Casos de carga a emplear para determinar la acción máxima vertical. (Fuente: elaboración propia).

La fórmula para obtener el valor máximo de la acción vertical para el caso de carga 1 [19] y caso de carga 3 [25] ya se han empleado en las alternativas anteriores.

Los valores del factor  $\psi$  así como los resultados de la acción vertical máxima según se aplique el caso de carga 1 o 3 se recoge a continuación:

Modo de vibración	$f$ (Hz)	$\psi$	$q_{v,máx}$ (N/m <sup>2</sup> )	$q_{v,máx}$ (kN/m)
<i>Modo 2</i>	1.610	0.87	6.76	0.0439
<i>Modo 4</i>	3.465	1.00	1.94	0.0126

Tabla 40 Resumen de las cargas obtenidas para los diferentes modos de vibración y espesor de pavimento. (Fuente: elaboración propia).

#### 9.4.3.2. Resultados

El sistema de TMD más estructura presenta un comportamiento singular cuando la frecuencia de la acción dinámica se aproxima a la frecuencia natural del sistema. Tal y como se observa en el Gráfico 42, cuando la acción dinámica coincide con la frecuencia del sistema se obtiene un mínimo relativo en

el valor de las aceleraciones. En cambio, para frecuencias ligeramente superiores o inferiores de la acción se producen máximos relativos.

La metodología desarrollada en Sétra (2006) se basa en asignar una carga equivalente con una frecuencia única, lo que viene a ser una función de densidad espectral con forma de delta de Dirac. Para poder representar el efecto que tienen los TMD instalados frente a un espectro amplio de acciones dinámicas, se ha generado un número significativo de éstas con la misma amplitud pero con ligeras desviaciones respecto a la frecuencia propia de la estructura.

A continuación, se muestra el valor de las aceleraciones máximas generadas por cada acción<sup>13</sup> en función de su frecuencia.

Estos valores se han obtenido en los puntos NTAB17 para el Modo 2 y NTAB25 para el Modo 4. En estos puntos se producen las aceleraciones máximas en cada modo. También se ha representado mediante una línea naranja la frontera que delimita el rango de confort máximo (aceleraciones menores de  $0.5 \text{ m/s}^2$ ).

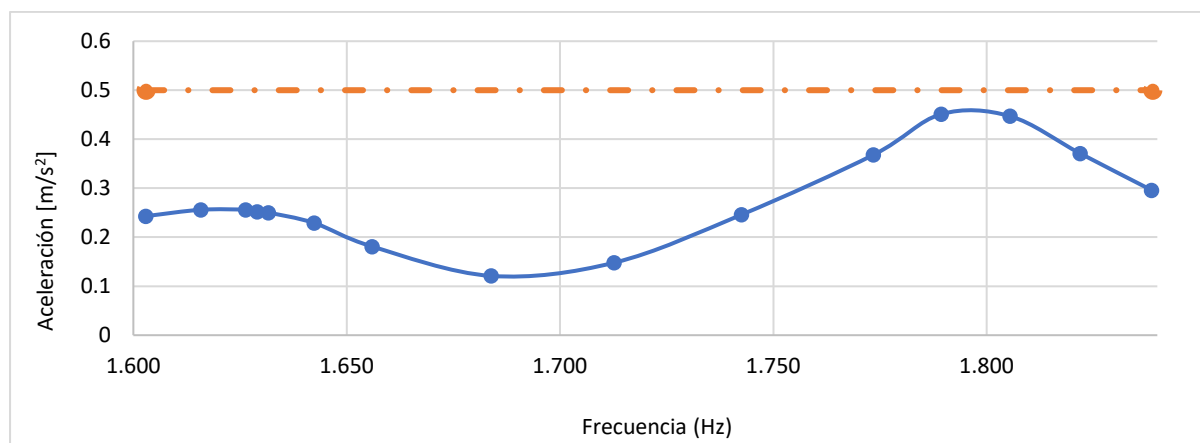


Gráfico 45 Aceleración en función de la frecuencia de la acción para el Modo 2. (Fuente: elaboración propia).

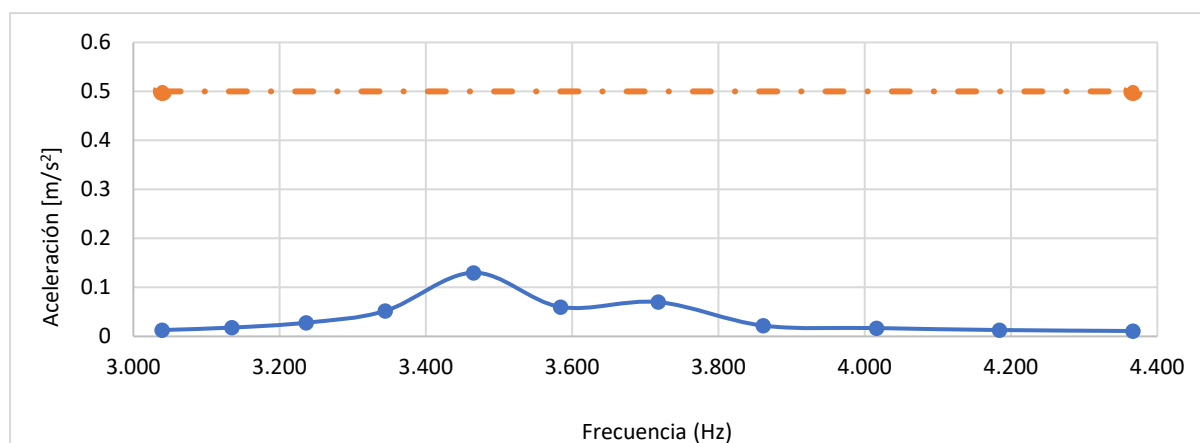


Gráfico 46 Aceleración en función de la frecuencia de la acción para el Modo 4. (Fuente: elaboración propia).

<sup>13</sup> Únicamente se ha representado la zona de interés de las aceleraciones. Esta es la correspondiente a la frecuencia natural de la estructura para el modo de vibración que estamos analizando más un pequeño rango a ambos lados capaces de albergar los máximos relativos.

Lo primero que observamos en los gráficos es que todos los valores de aceleración, para cualquiera de los dos modos, están por debajo de  $0.5 \text{ m/s}^2$ . Podemos afirmar, entonces, que los amortiguadores de masa sintonizada son una buena alternativa ya que resuelven por completo el problema de las vibraciones proporcionando tanto para el Modo 2 como para el Modo 4 un confort máximo a los usuarios.

También se puede destacar de los dos gráficos anteriores que la aceleración mínima se obtiene cuando la frecuencia de la acción dinámica es igual a la frecuencia del amortiguador de masa (1.69 Hz para el Modo 2 y 3.58 Hz para el Modo 4). Es ahí donde mayor cantidad de energía disipan los TMD.

Respecto a la forma de los gráficos, ambos son asimétricos. Como se ha comentado en la introducción de esta alternativa, esto se debe a que la frecuencia con la que se han diseñado los amortiguadores de masa sintonizada no es la óptima a pesar de haber empleado las fórmulas de Den Hartog (1985) para su obtención. Estas fórmulas son aplicables en sistemas de un solo grado de libertad con la amortiguación de la estructura original despreciable.

Los resultados obtenidos se toman como válidos para el alcance del estudio ya que se ha demostrado que colocando amortiguadores de masa sintonizada se puede resolver el problema dinámico.

#### 9.4.4. Conclusiones

La instalación de un total de 10 TMDs con las características descritas en los anteriores apartados permite reducir las vibraciones de la estructura hasta unos valores aceptables de aceleración cumpliéndose el ELS de vibraciones.

En caso de adoptarse esta solución, una vez instalados, se requeriría realizar ensayos dinámicos *in situ* haciendo pasar un número amplio de peatones por la pasarela. De esta forma se obtendría el espectro de respuesta de la estructura y se podría decidir modificar ligeramente características del TMD para adecuar la frecuencia del dispositivo a la frecuencia óptima (proceso de calibración).

### 9.5. Justificación de la solución adoptada

En este apartado se va a realizar una valoración de las alternativas estudiadas y resumir las razones que han llevado a establecer la solución óptima al problema de vibraciones de la pasarela.

La primera de las alternativas valorada ha sido aumentar la rigidez del tablero. La idea detrás de esta alternativa era aprovechar la existencia de una barandilla de acero tubular de gran sección y la necesidad de actuar sobre el mal estado de corrosión de algunas de sus lamas y montantes. Al incorporar estructuralmente la barandilla al tablero se consigue aumentar la rigidez a flexión del tablero a aproximadamente el doble que la actual sin prácticamente modificar la masa. Sin embargo, este aumento en la rigidez del tablero no se traduce en un aumento significativo de la frecuencia de vibración de la pasarela por lo que seguiría situada en valores de alta probabilidad de resonancia. Además, se ha demostrado que un aumento de la rigidez, manteniendo el reto de los parámetros dinámicos (masa, amortiguación, y valor de la carga máxima) no supone ninguna reducción en el valor de las aceleraciones. En resumidas cuentas, esta solución no permite mejorar el comportamiento dinámico de la pasarela y es, por tanto, descartada.

Una vez descartada la alternativa de aumentar la rigidez, quedan dos posibilidades: la alternativa de aumentar la masa del tablero mediante un pavimento de 10 cm de hormigón y la alternativa de instalar amortiguadores de masa sintonizada (TMD). Es por ello por lo que a continuación, se va a realizar un análisis pormenorizado de las ventajas e inconvenientes que presenta cada alternativa.

- Ventajas de la alternativa TMD:

- 1) Su eficacia a la hora de reducir las aceleraciones de la vibración no depende de la probabilidad de que la frecuencia del paso de los peatones se aproxime a la frecuencia natural de la estructura.
- 2) No implica ningún cambio significativo en las acciones permanentes que actúan sobre la pasarela.
- 3) No supone un cambio significativo de la frecuencia de vibración de la estructura. Para entender por qué esto supone una ventaja, consultar el subapartado 6.5.1 "*Efecto amortiguador de los tirantes*".

- Inconvenientes de la alternativa TMD:

- 1) Requeriría la realización de ensayos de carga para calibrar la frecuencia del TMD dado que las diferentes suposiciones de masa implican diferentes frecuencias de vibración de la estructura.
- 2) Su instalación bajo el tablero supone una dificultad en el proceso constructivo. Existen básicamente 2 posibles soluciones para la instalación del TMD: el uso de maquinaria con brazos desplegados y cesta situada sobre el tablero o el uso de grúas telescópicas situadas en el terreno natural bajo la pasarela. La solución de actuar desde el terreno bajo la pasarela presenta el inconveniente de la necesidad de ocupar temporalmente el cauce del río.
- 3) Requeriría incorporar el mantenimiento de los sistemas de amortiguación de masas sintonizadas al plan de mantenimiento de la estructura



- Ventajas de la alternativa basada en el aumento de masa de la estructura:
  - 1) Supone la solución con menor coste y mayor simplicidad en la construcción. Además, resultaría difícil que el coste de la solución presentase algún tipo de variación debido al reducido número de operaciones a realizar (tratar el pavimento actual para asegurar la adherencia, realizar un encofrado de los laterales, colocar armadura y juntas para controlar el efecto de la retracción, verter el hormigón con maquinaria ligera, vibrar y curar).
  - 2) Permite mejorar de forma indirecta la situación actual del pavimento.

- Inconvenientes de la alternativa basada en el aumento de masa de la estructura:

- 1) Implica un aumento significativo de la carga permanente sobre el tablero (entorno a un 87%). El aumento de la carga gravitatoria sobre el tablero presenta un efecto directo sobre el esfuerzo axial de los tirantes. A su vez, la apertura de fisura de una armadura en un elemento sometido a tracción simple guarda relación con el axil al que está sometido según la siguiente expresión:

$$w_k = \frac{\sigma_s - C}{E_s} \cdot s_{r,m\acute{a}x} > 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot s_{r,m\acute{a}x}$$

Donde:

- $w_k$  es la apertura de fisura.
- C es un coeficiente que depende de factores como la densidad de armado y la resistencia a tracción del mortero.
- $s_{r,m\acute{a}x}$  es la separación máxima de fisuras que depende de factores como el diámetro de la barra, la adherencia, la resistencia a tracción del mortero y el recubrimiento.
- $\sigma_s$  es la tensión del acero considerando una sección completamente fisurada.

Por tanto, es esperable que la apertura de fisuras en el mortero que recubre los cordones aumente en el mismo orden de magnitud que el aumento de cargas gravitatorias permanentes sobre el tablero. Dado que un aumento en la fisuración del mortero de protección podría desencadenar problemas de oxidación en los cables, y teniendo en cuenta que de las pocas alternativa viables en caso de oxidación en tirantes construidos con este método es la completa sustitución de los mismos, el aumento de la carga permanente sobre el tablero resulta altamente arriesgado. Esta forma de solventar el problema del Estado Límite de Servicio de vibraciones podría incurrir en problemas de mayor entidad sobre la estructura existente.

- 2) La eficacia de esta alternativa depende de que al cambiar la frecuencia de vibración de la pasarela realmente se consiga reducir la posibilidad de resonancia con el paso de los peatones.
- 3) No asegura una solución frente al posible problema de fatiga en los tirantes. Este problema es debido a que son similares alguna frecuencia propia de los tirantes y una frecuencia propia

de la estructura general. Al modificar la frecuencia propia de la estructura podría resultar un mayor acoplamiento de frecuencias aumentando la vibración forzada de los tirantes.

- 4) Al aumentar el espesor de pavimento se reduce la altura efectiva de las barandillas.

El conjunto de ventajas e inconvenientes se resume en la siguiente tabla comparativa para visibilizar mejor las diferencias:

Aspecto comparativo	Alternativa basada en la instalación de TMD	Alternativa basada en el aumento de la masa del tablero
Coste	Intermedio	Bajo
Dificultad de construcción	Intermedia	Baja
Eficacia frente al problema del ELS de vibraciones	Alta pero condicionada a la realización de ensayos de carga	Dependiente de la velocidad con la que caminen los peatones (frecuencia de la carga dinámica)
Eficacia frente al problema de fatiga generado por las vibraciones forzadas en los tirantes	Alta pero condicionada a la realización de ensayos de carga	Indeterminada. Podría empeorar la situación
¿Supone indirectamente una mejora del estado actual del pavimento?	No	Sí
¿Supone una disminución de la altura efectiva de la barandilla?	No	Sí
¿Puede presentar implicaciones en el mantenimiento de la estructura?	Sí, se debe incluir el mantenimiento de los TMDs en el plan de mantenimiento de la estructura	Sí, esta alternativa podría acelerar o iniciar problemas graves de corrosión en los tirantes

Tabla 41 Comparativa de ventajas e inconvenientes de las alternativa. (Fuente: elaboración propia).

Tras valorar los diferentes aspectos analizados se ha decidido que la alternativa basada en la instalación de TMDs es la solución escogida puesto que presenta una mayor seguridad en los resultados esperados y no puede implicar problemas derivados en el futuro. Todo ello compensa el hecho de que su coste y proceso constructivo sean más elevados.

## 10. Descripción de la solución [JLMG]

El proyecto definitivo debería presentar un cálculo específico de los componentes que conforman el amortiguador de masa sintonizada. Atendiendo al alcance de este estudio solo se calcularán los elementos principales que componen el dispositivo, esto es, las dimensiones de los muelles y planchas de acero. Además, se propondrá una forma de montaje.

Se deja para una hipotética redacción del proyecto constructivo la verificación a fatiga de los elementos del TMD, el diseño en detalle de las uniones de los muelles y el diseño definitivo de su configuración y montaje.

### 10.1. Diseño del TMD

#### 10.1.1. Diseño del TMD con frecuencia propia igual a 1.69 Hz

La masa que debe componer este TMD debe ser de 167 kg. Se propone la colocación de 24 planchas de acero de 300x300x10 mm. Considerando una densidad del acero de 7850 kg/m<sup>3</sup> se obtiene una masa de:

$$m = 0.3 \cdot 0.3 \cdot 0.01 \cdot 7850 \cdot 24 = 169 \text{ kg}$$

Sería recomendable que la última chapa se sustituyese por láminas más finas de acero para facilitar la calibración de la masa.

La rigidez del sistema debe ser  $k = 18.8 \text{ kN/m}$ . Dado que el TMD está pensado para incorporar cuatro resortes dispuestos en paralelo, la rigidez de cada resorte individualmente debe ser igual a la cuarta parte de la rigidez del sistema. Esto es:

$$k = \frac{18.8}{4} = 4.7 \text{ kN/m}$$

Para el cálculo y diseño del muelle necesario se ha recurrido a la calculadora de rigidez que facilita la página web de la empresa de fabricación industrial de muelles ACXES SPRINGS. El enlace a dicho directorio se puede encontrar en la bibliografía. (Acxes Spring, s.f.)

Los muelles que componen el TMD son usualmente muelles de compresión que, además, presentan unos bordes cerrados y planos para facilitar su anclaje. Dado que la altura total del bloque de las placas de acero es de 24 cm, se ha buscado que la longitud libre de los muelles sea superior a ese valor para mantener la holgura frente a las vibraciones verticales. Con una longitud libre sin carga de 320 mm se acortarían, una vez instaladas las placas, hasta una longitud de 232 mm, reduciéndose 88 mm su longitud.

Con un muelle de compresión de acero inoxidable AISI 316 con bordes cerrados y planos, de 320 mm de longitud libre sin carga, 19 pasos, diámetro del alambre de 6mm y diámetro exterior del muelle de 55.7 mm, se obtiene una rigidez de 4.68 kN/m.

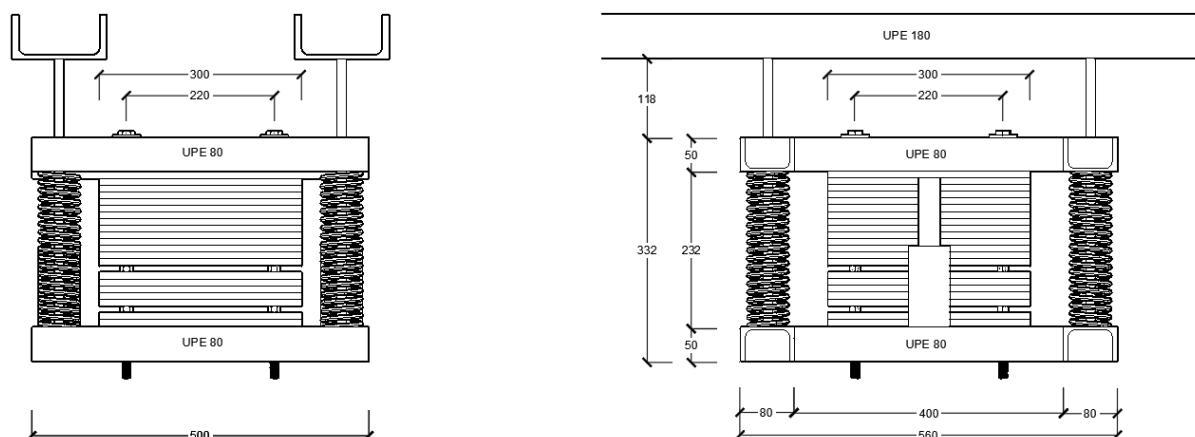


Imagen 63 Amortiguador de masa sintonizada tipo 1. (Fuente: elaboración propia).

El desplazamiento ( $d$ ) que alcanza la masa del TMD bajo la acción de los peatones se ha obtenido mediante el modelo de SAP2000. Se obtiene sumándole al desplazamiento producido por la masa del amortiguador de masa sintonizada ( $d_1$ ) el desplazamiento del tablero sobre el propio amortiguador ( $d_2$ ). Así:

$$d = d_1 + d_2 = 0.026 + 0.002 = \pm 0.030 \text{ m} = \pm 30 \text{ mm}$$

Se debe asegurar esa necesidad de desplazamiento. A continuación, se muestran las gráficas empleadas para la obtención de los desplazamientos mencionados.

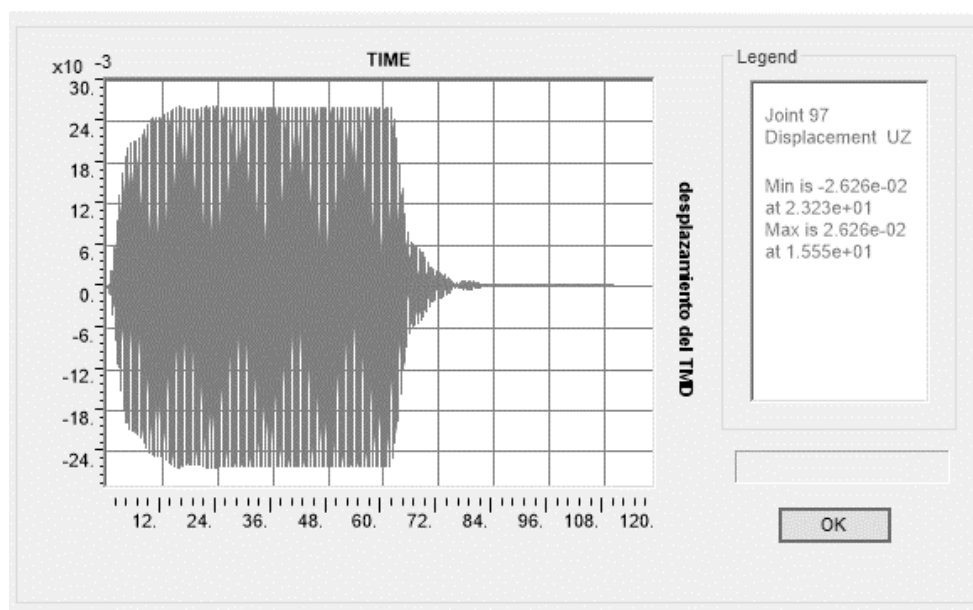


Gráfico 47 Desplazamiento, en metros, de la masa del TMD ajustado a 1.69 Hz en función del tiempo. (Fuente: elaboración propia).

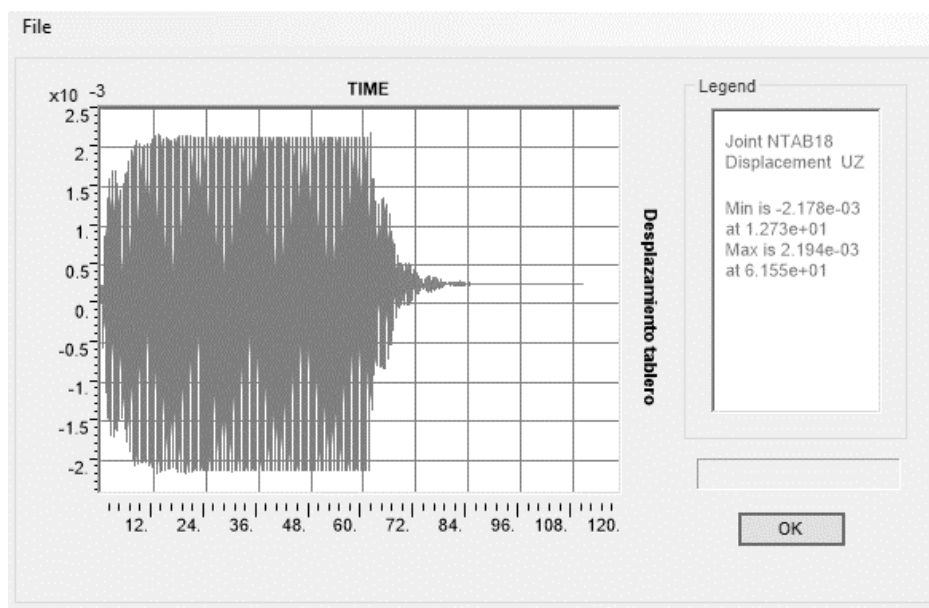


Gráfico 48 Desplazamiento, en metros, del tablero sobre TMD ajustado a 1.69 Hz en función del tiempo (m).  
(Fuente: elaboración propia).

### 10.1.2. Diseño del TMD con frecuencia propia igual a 3.58 Hz

A diferencia del apartado anterior, la masa que debe componer este TMD debe ser de 100 kg. Se propone la colocación de 15 planchas de acero con las mismas dimensiones que las planchas del TMD con frecuencia propia igual a 1.69 Hz. Así:

$$m = 0.3 \cdot 0.3 \cdot 0.01 \cdot 7850 \cdot 15 = 105.6 \text{ kg}$$

La rigidez del sistema debe ser  $k = 50.6 \text{ kN/m}$ . Dado que el TMD está pensado para incorporar seis resortes dispuestos en paralelo, la rigidez de cada resorte individualmente es igual a:

$$k = \frac{50.6}{6} = 8.43 \text{ kN/m}$$

Con un muelle de compresión de acero inoxidable AISI 316 con bordes cerrados y planos, de 170 mm de longitud libre sin carga, 12 pasos, diámetro del alambre de 5 mm y diámetro exterior del muelle de 41.7 mm, se obtiene una rigidez de 8,83 kN/m.

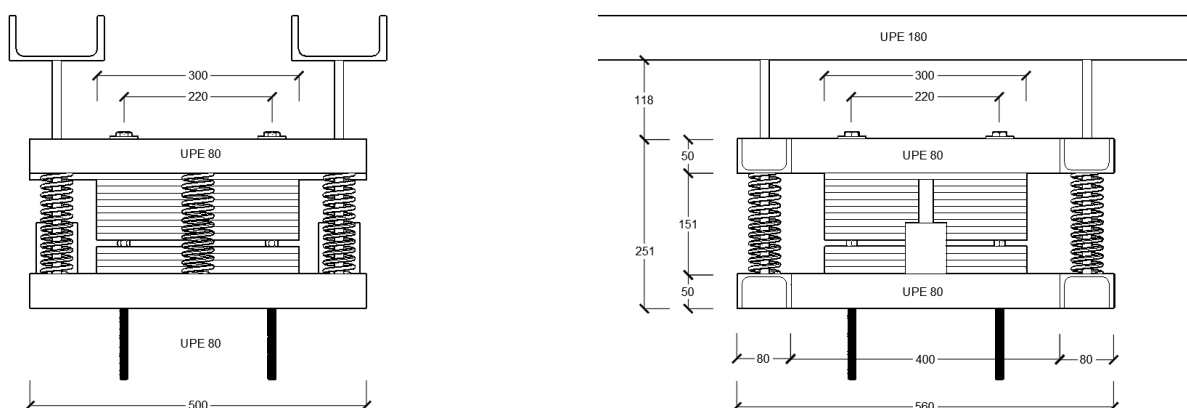


Imagen 64 Amortiguador de masa sintonizada tipo 2. (Fuente: elaboración propia).

Dado que el desvío con respecto a los valores originales de masa y rigidez es proporcional ( $8.83/8.43 = 1,05$  y  $105/100 = 1,05$ ) se debería de mantener la frecuencia de vibración objetivo de 3.58 Hz. Si no fuese el caso se deberá calibrar la masa del TMD usando las placas más finas reservadas para este fin.

El desplazamiento ( $d$ ) se obtiene del mismo modo que para el amortiguador de masa tipo 1. Así:

$$d = d_1 + d_2 = 0.0037 + 0.0003 = \pm 0.005 \text{ m} = \pm 5 \text{ mm}$$

Se debe asegurar esa necesidad de desplazamiento. A continuación, se muestran las gráficas empleadas para la obtención de los desplazamientos mencionados.

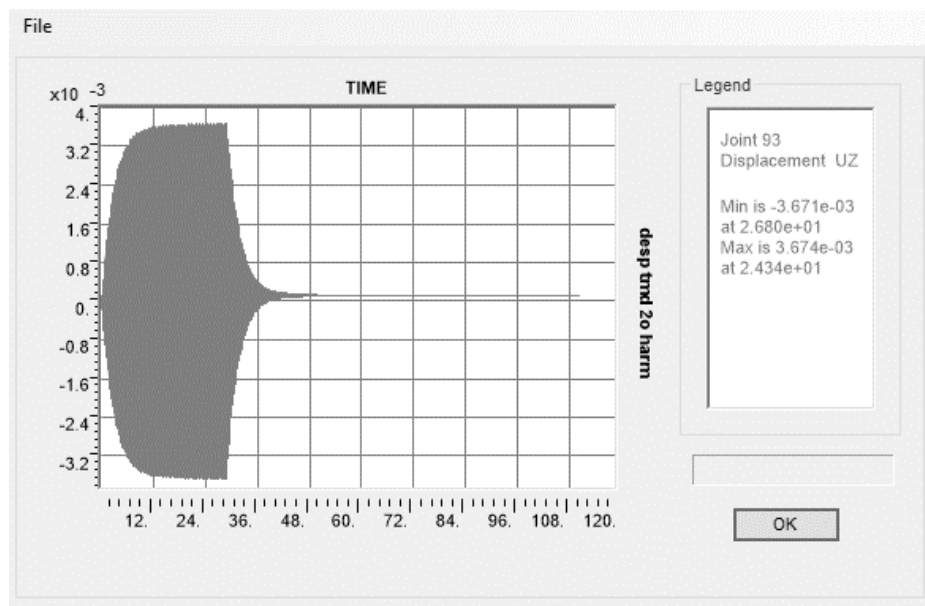


Gráfico 49 Desplazamiento, en metros, de la masa del TMD ajustado a 3.58 Hz en función del tiempo. (Fuente: elaboración propia).

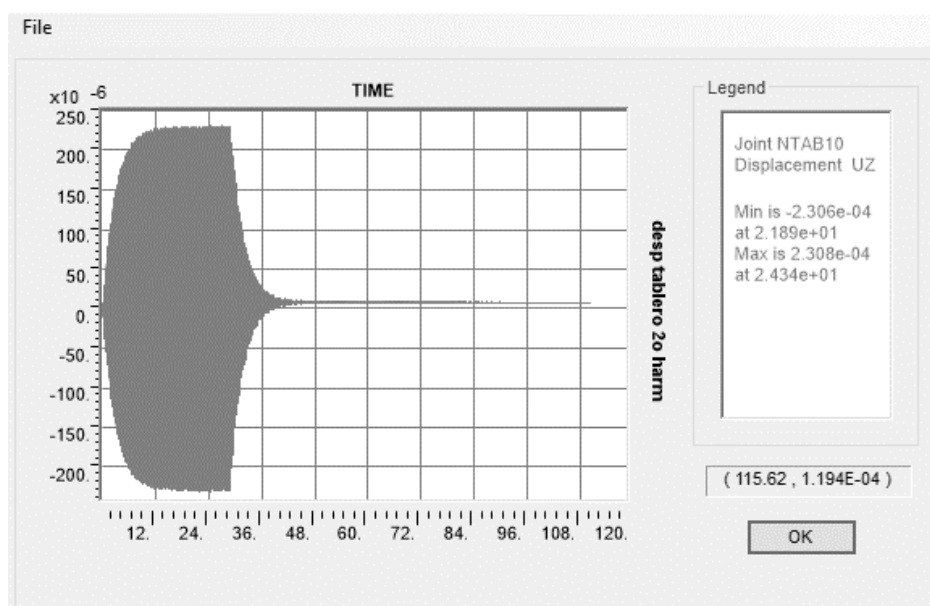


Gráfico 50 Desplazamiento, en metros, del tablero sobre TMD ajustado a 3.58 Hz en función del tiempo (m). (Fuente: elaboración propia).

El resultado de estos diseños se resume en las siguientes imágenes. Estas imágenes junto con los detalles de los muelles y su colocación respecto al tablero de la pasarela pueden encontrarse en formato A3 dentro del “Documento N.º 2: Planos e infografías”.

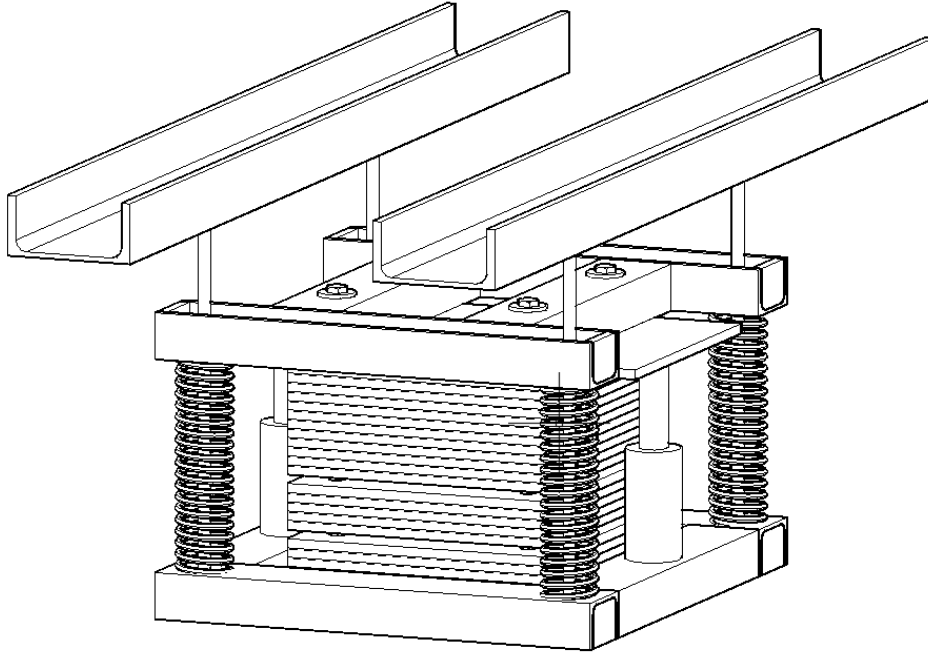


Imagen 65 Vista 3D del amortiguador de masa con frecuencia  $f=1.69$  Hz. (Fuente: elaboración propia).

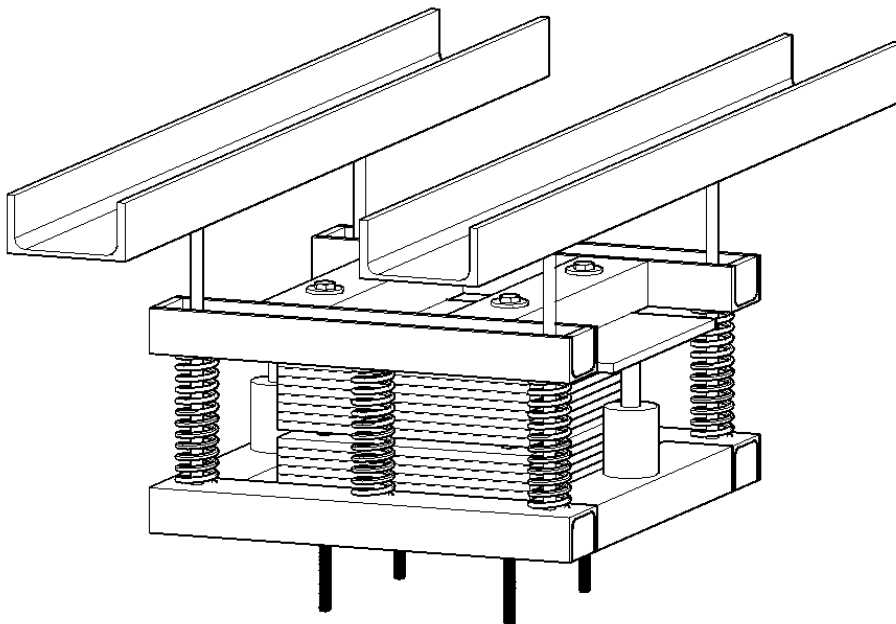


Imagen 66 Vista 3D del amortiguador de masa con frecuencia  $f=3.58$  Hz. (Fuente: elaboración propia).

## 10.2. Proceso constructivo

En este apartado vamos a comentar diferentes opciones que disponemos para materializar la solución adoptada. Esta solución consiste en colocar amortiguadores de masa sintonizada en la parte inferior del tablero. El diseño de estos dispositivos se encuentra en el apartado “10.1. Diseño del TMD”

### 10.2.1. Descripción del montaje del amortiguador de masa sintonizada

Una vez se haya podido acceder a la parte inferior del tablero, la instalación del amortiguador de masa sintonizada se realiza en tres fases. En cada una de las fases se va a definir la masa que se va a movilizar debido a las limitaciones de peso de los diferentes sistemas para trabajar en altura.

El amortiguador de masa sintonizada llegará a obra dividido en tres partes:

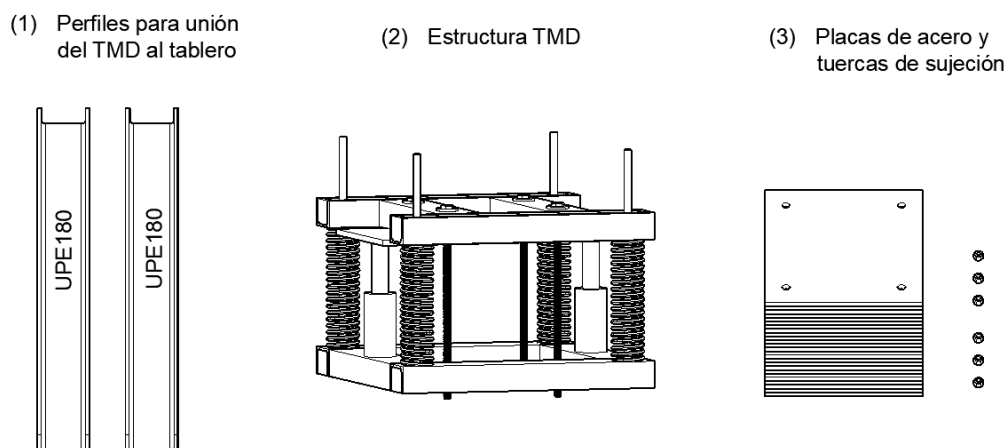


Imagen 67 División en partes del TMD para su montaje. (Fuente: elaboración propia).

#### 10.2.1.1 Fase 1

La primera fase del montaje consiste en soldar, a los perfiles IPE del tablero, los dos perfiles UPE 180 encargados de sostener la estructura del TMD. Los perfiles UPE180 de 2.5 metros se apoyarán en las alas inferiores de los perfiles IPE sobre los que descansarán para facilitar la realización de la soldadura.

Elemento	Longitud (m)	Cantidad	Peso Unitario (kg)	Peso Total (kg)
Perfil UPE 180	2.5	2	49.25	98.5
<b>Peso Total Fase 1</b>				<b>98.5</b>

Tabla 42 Masa total movilizada en la fase 1 del montaje. (Fuente: elaboración propia).



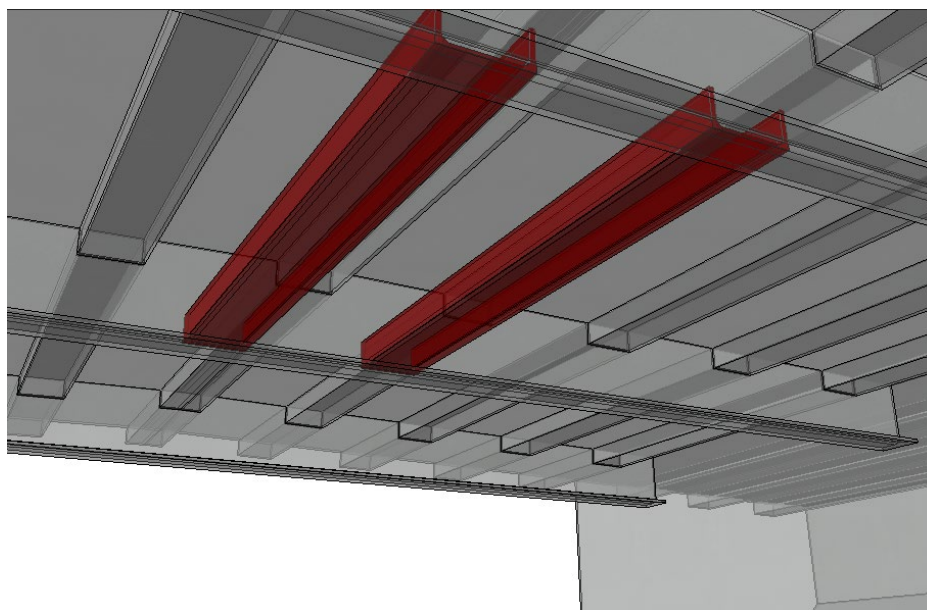


Imagen 68 Perfiles UPE180 apoyados en los perfil IPE del tablero [1]. (Fuente: elaboración propia).

#### 10.2.1.2. Fase 2

Una vez dispuestos y soldados los perfiles UPE 180 estamos en condiciones de colocar la estructura del amortiguador de masa encargada de contener la masa vibrante. Esta carcasa está compuesta por los perfiles UPE 80 que conforman el marco superior e inferior, los resortes de compresión, los amortiguadores viscosos, los pernos de sujeción de las placas que conforman la masa móvil y las barras de acero de 15 mm de diámetro. Estas barras de acero son las que se atornillarán a los perfil UPE 180 uniendo el marco inferior a los perfiles previamente soldados en el tablero.

Elemento	Longitud (m)	Cantidad	Peso Unitario (kg)	Peso Total (kg)
Perfil UPE 80	0.5	4	4.0	16.0
Perfil UPE 80	0.4	4	3.2	12.8
Rigidizadores	-	8	0.5	4.0
Resorte elástico	-	4	1.0	4.0
Barra acero ( $\varnothing = 15 \text{ mm}$ )	0.45	4	0.6	2.4
Pernos de sujeción	-	4	0.6	2.4
Amortiguador Viscoso	-	2	5	10
<b>Peso Total Fase 2</b>				<b>51.6</b>

Tabla 43 Masa total movilizada en la fase 2 del montaje. (Fuente: elaboración propia).

A continuación, se muestran dos imágenes aclarativas de la segunda fase del montaje del amortiguador de masa sintonizada. La primera de ellas aclara como es la unión entre los perfiles UPE180, soldados en la primera fase, y la estructura del TMD. La segunda imagen es una visualización 3D del tablero de la pasarela una vez se ha terminado la segunda fase de la instalación.

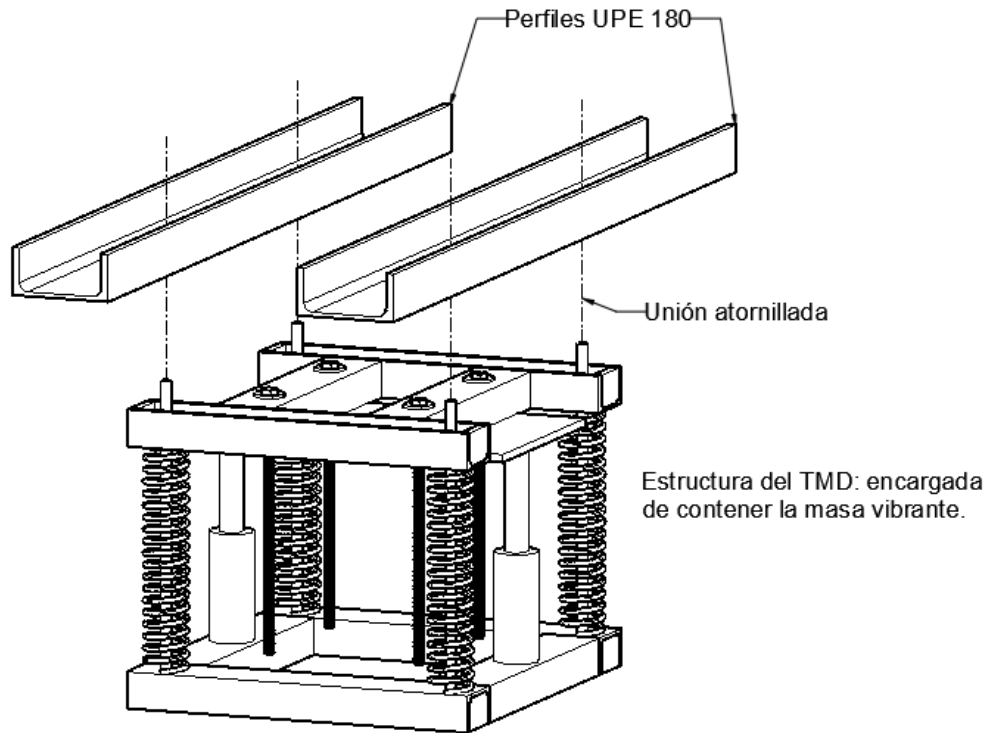


Imagen 69 Unión de la estructura del amortiguador de masas. (Fuente: elaboración propia).

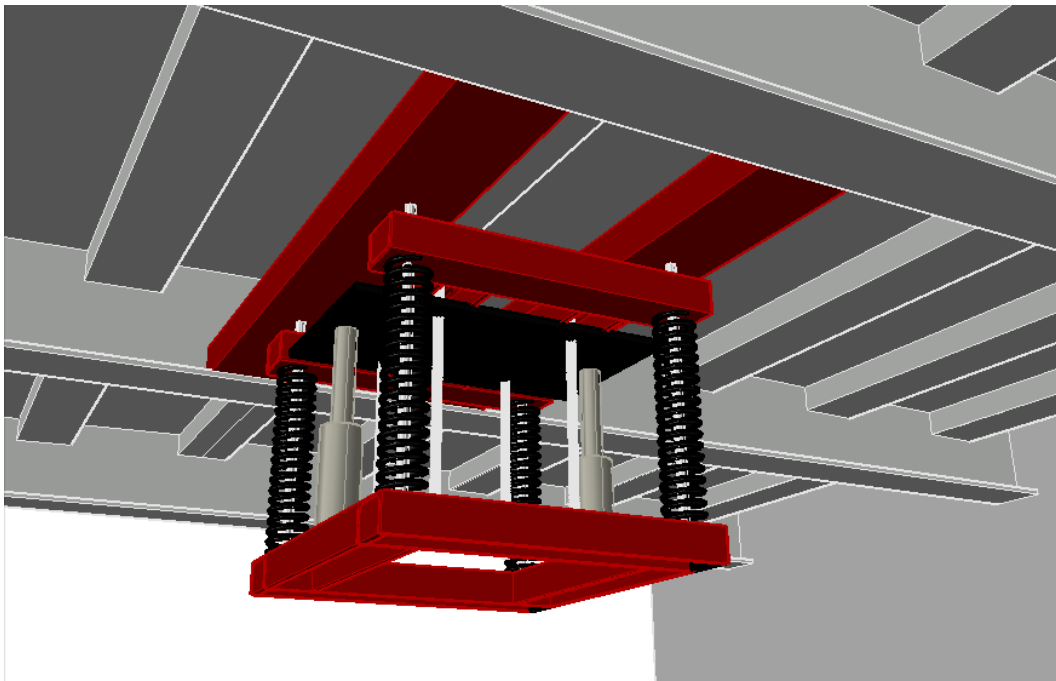


Imagen 70 Vista 3D del tablero al finalizar la fase 2 del montaje. (Fuente: elaboración propia).

### 10.2.1.3. Fase 3

La tercera y última fase consiste en la colocación de la masa vibrante. Para facilitar la manipulación de ésta, se ha dividido toda la masa en placas de  $0.3 \times 0.3 \times 0.01$  con un peso unitario de  $7.1 \text{ kg}$  cada una. El número de placas necesarias para cada tipo de amortiguador de masa diseñado se puede consultar en el documento n.º 2 “*Planos e infografías*”. Cada 5 o 10 placas, según considere el personal encargado de montar el amortiguador de masa sintonizada, se colocará una tuerca para que sostenga todas las placas dispuestas por encima. Esto facilitará tanto el montaje como el ajuste final del amortiguador de masa.

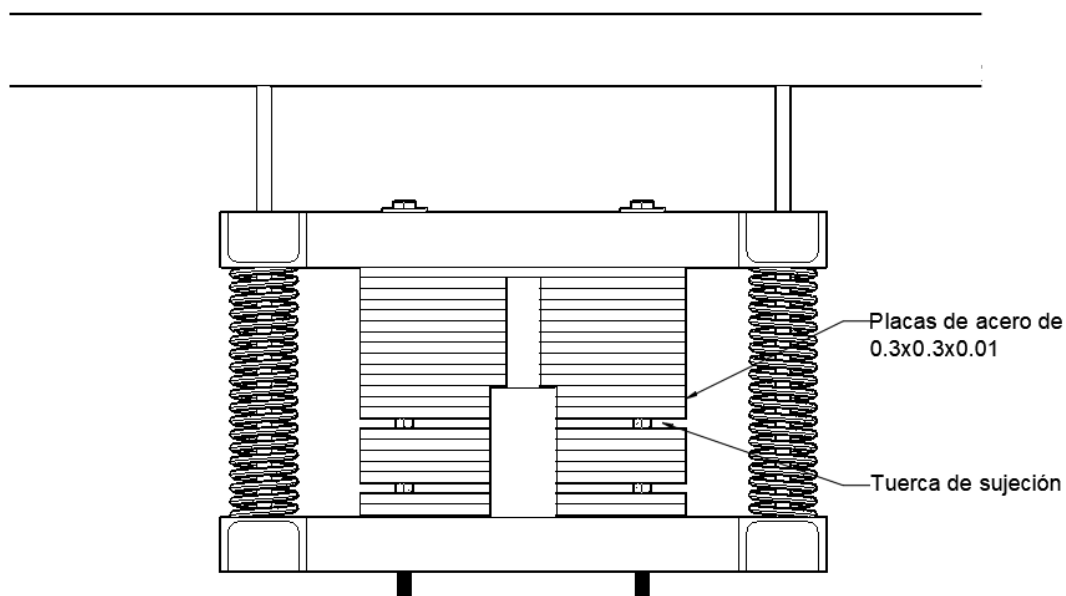


Imagen 71 Amortiguador de masa completamente montado. (Fuente: elaboración propia).

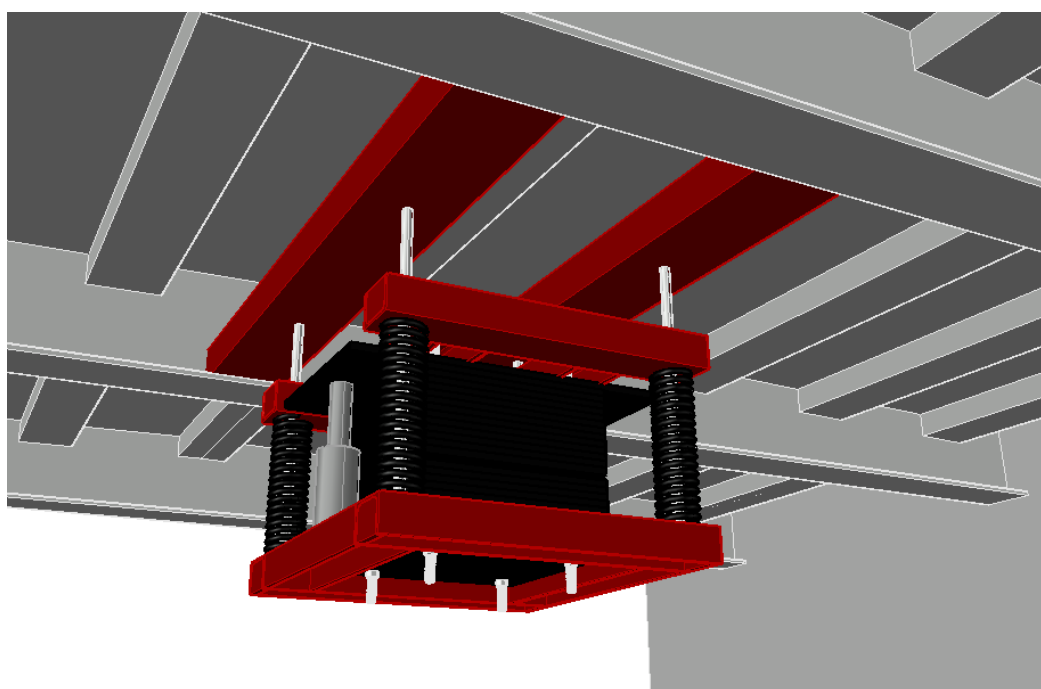


Imagen 72 Vista 3D del amortiguador de masa completamente montado. (Fuente: elaboración propia).

En los siguientes apartados se van a comentar las dos opciones que se han propuesto para llevar a cabo la instalación de los amortiguadores de masa sintonizada. En la primera de ellas (apartado 10.2.2) el montaje de estos dispositivos se realiza desde el propio tablero de la pasarela. En la segunda opción (apartado 10.2.3) la instalación de los amortiguadores de masa se realiza a través de un sistema de elevación desde el río.

### 10.2.2. Trabajos desde la pasarela

En este caso, la colocación de los amortiguadores de masa sintonizada se realiza empleando una plataforma elevadora sobre camión para trabajar en negativo<sup>14</sup>. Este tipo de maquinaria es específica para la realización de trabajos de inspección, mantenimiento y reparación de puentes. A continuación, se muestra una imagen de este tipo de sistemas de elevación.



Imagen 73 Tareas de inspección del puente de Sagasta, Logroño. (Fuente: Transgruma)

#### 10.2.2.1. Exigencias del sistema de elevación

La plataforma contará con una pasarela de longitud suficiente para cubrir la parte inferior del tablero y tendrá la altura necesaria para superar las barandillas de protección lateral que cubren la pasarela.

La pasarela estará montada en la parte inferior de una torre vertical. Estas torres verticales pueden permitir girar a la plataforma hasta 180° por debajo del puente (hasta 90° por la derecha y hasta 90° por la izquierda), pudiendo trabajar de forma transversal o longitudinal respecto al tablero de la pasarela.

Estas plataformas garantizaran un sistema seguro de acceso a diferentes estructuras de forma que el operario pueda acceder por la parte inferior de la estructura e instalar cómodamente el amortiguador de masa sintonizada.

A continuación, se incluye un esquema con el ejemplo de los requerimientos mínimos de la plataforma:

<sup>14</sup> El término “*en negativo*” significa que el operario se encuentra por debajo de la superficie por la que discurre el camión.

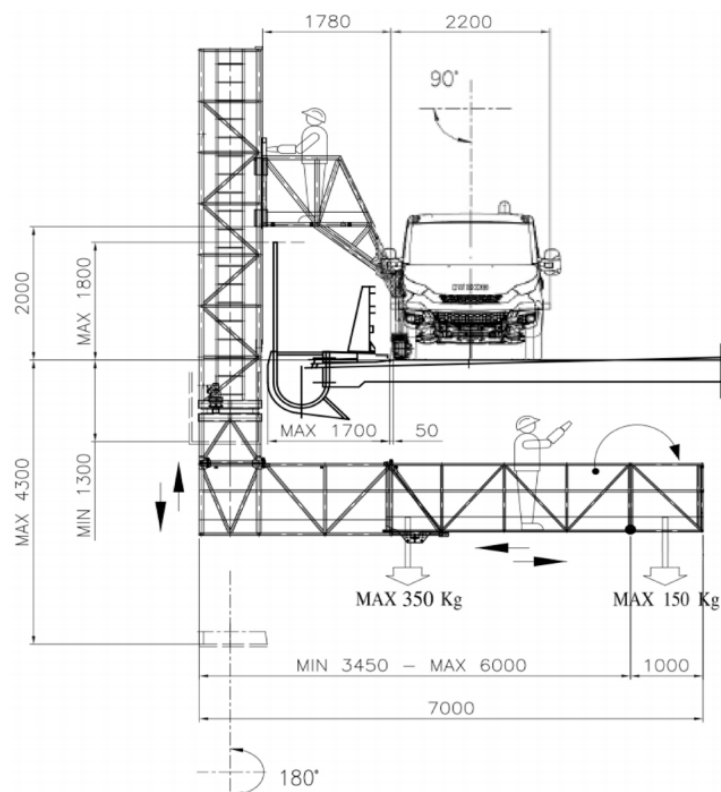


Imagen 74 Esquema del sistema de elevación. (Fuente: Transgruma).

### 10.2.2.2. Limitaciones

Las limitaciones para la aplicación de esta maquinaria que se han de tener en cuenta durante su uso son las siguientes:

- Es necesario cortar el paso a los peatones durante el periodo en el cual se lleven a cabo las labores de instalación de los amortiguadores de masa sintonizada con el fin de evitar situaciones de peligro y disminuir la sobrecarga de uso de la pasarela.
- La existencia de farolas y tirantes pueden suponer un obstáculo e impedir el extendido de la plataforma desde la posición prevista.

### 10.2.2.3. Comprobación estructural de la pasarela bajo la carga de la maquinaria

En este apartado se pretende analizar las tensiones que se producen en los cables y los efectos locales en las chapas que conforman el tablero. Todo esto debido al aumento de carga que supone el paso del camión por el tablero.

Para determinar el incremento de tensiones que se produce en los tirantes se ha empleado el modelo de SAP2000 ya existente de la pasarela actual denominado "*Modelo global estado actual*". En cambio, para analizar los efectos locales se ha creado un nuevo modelo que representa la chapa superior del tablero. Este modelo incorpora, además de la chapa, los rigidizadores longitudinales, transversales y su unión con las dos vigas cajón laterales.

- Efectos locales

Se pretende analizar las deformaciones y tensiones generadas por el camión en los siguientes elementos:

- Chapa superior del tablero
- Rigidizadores longitudinales
- Rigidizadores transversales

Se ha modelado un total de 12.5 metros de tablero para poder centrar el camión y analizar correctamente la distribución de las tensiones.

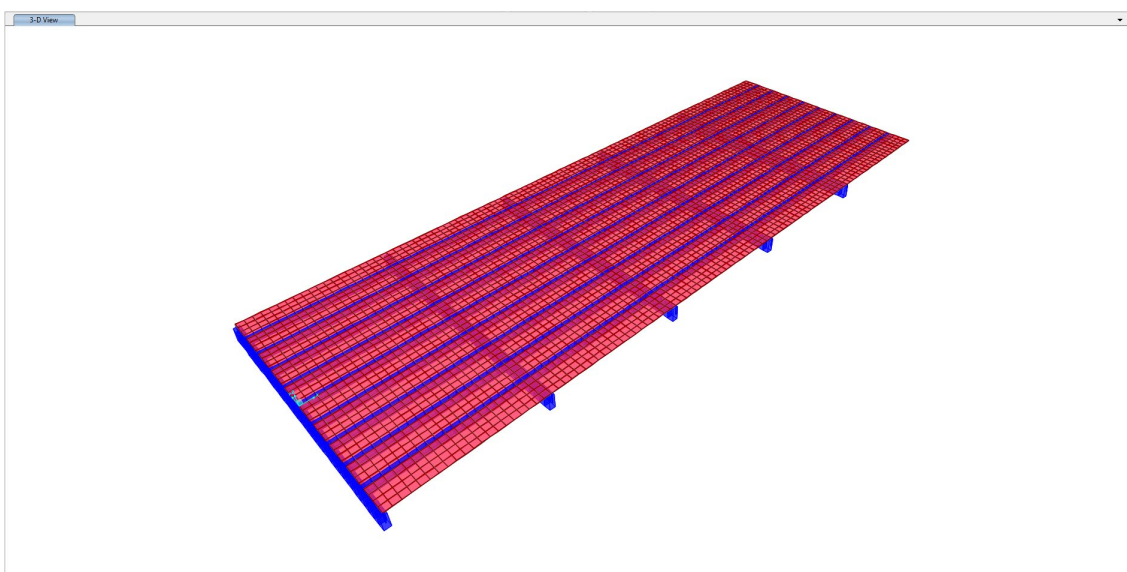


Imagen 75 Representación gráfica del modelo de la chapa superior del tablero. (Fuente: elaboración propia).

Para determinar las cargas que transmite el camión al tablero se ha empleado como ejemplo la ficha técnica de la empresa Transgruma, SL, la cual se dedica al alquiler de este tipo de maquinaria. De ella se obtienen las siguientes características:

- Masa total del camión: 5000 *kg*
- Distancia entre ejes: 4.35 *m*
- Anchura del vehículo: 2.20 *m*
- Presión de cada rueda: 70 *PSI* ; 5 *kg/cm<sup>2</sup>*

Suponiendo que las 5 toneladas se reparten proporcionalmente entre todas las ruedas, cada una de ellas se llevará una masa de 1250 *kg*. Como la presión a la que se hinchan los neumáticos es de aproximadamente 5 *kg/cm<sup>2</sup>*, la huella de cada neumático sobre el tablero será de:

$$A = \frac{1250 \text{ kg}}{5 \text{ kg/cm}^2} = 250 \text{ cm}^2$$

Esto equivale a una huella rectangular de  $5 \times 50 \text{ cm}$  (se ha supuesto que el ancho de dos ruedas adyacentes son  $50 \text{ cm}$ ). La forma alargada de esta huella permite modelar esta carga como una carga lineal sobre los elementos bidimensionales que conforman la chapa.

Una vez determinada el área sobre la que se aplica la presión ejercida por los neumáticos, se debe comprobar que los elementos no superan el límite elástico del acero (disminuido por el factor de seguridad del material). Puesto que las cargas introducidas son las características, se deben multiplicar las tensiones obtenidos en el modelo por el coeficiente de mayoración de carga variable ( $\gamma_Q = 1.5$ ) para realizar la comprobación de estado límite último.

Las fuerzas transmitidas por el camión se han colocado lo más cerca posible de la barandilla. Esta posición resulta la más desfavorable al posicionarse la acción de las ruedas opuestas en la zona central de la chapa. A continuación, se muestra una imagen con las tensiones y deformaciones obtenidas en la chapa del tablero:

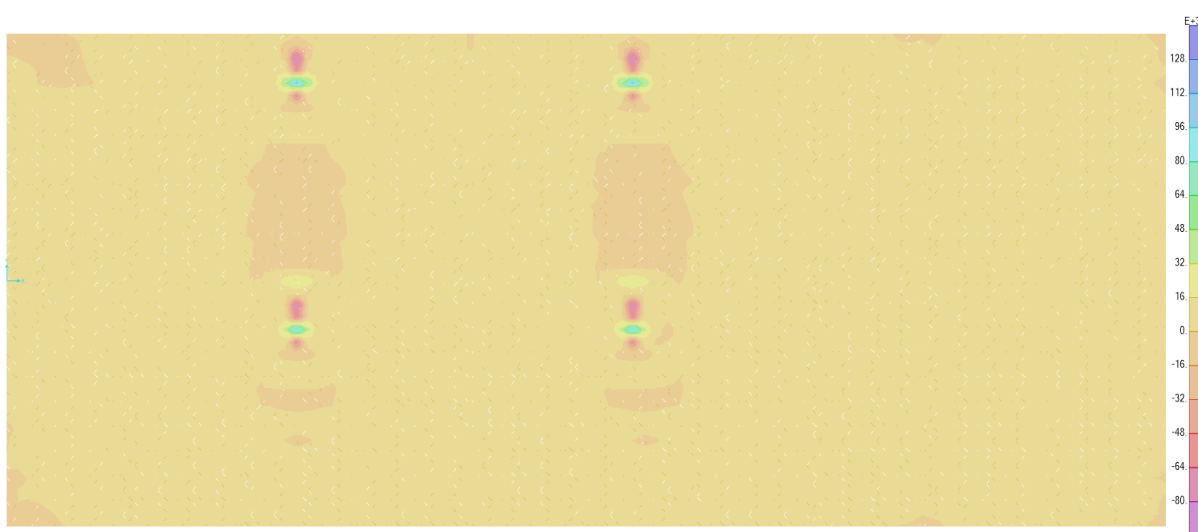


Imagen 76 Tensiones en la chapa superior del tablero, en kPa. (Fuente: elaboración propia).

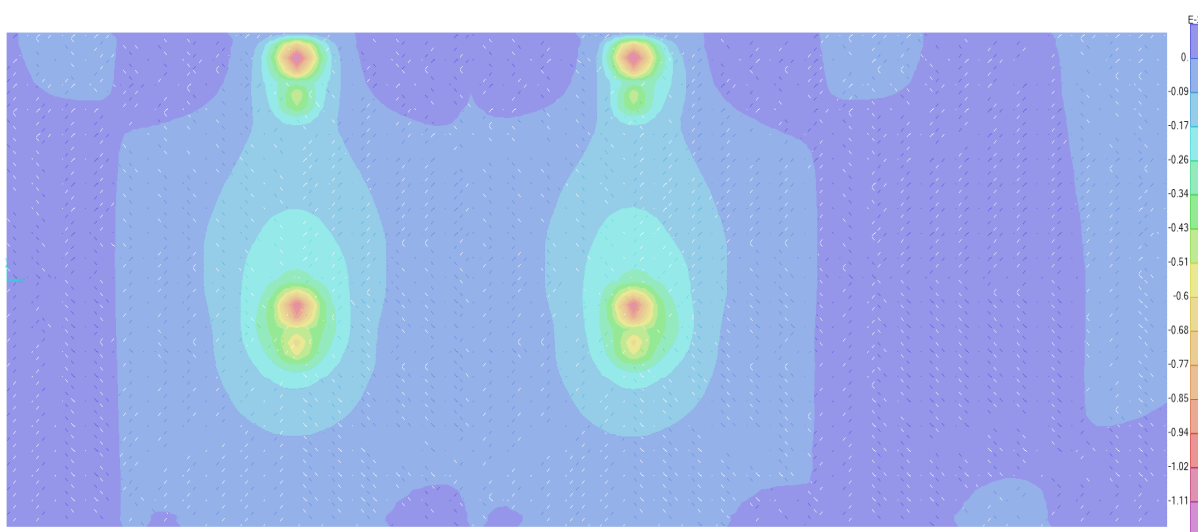


Imagen 77 Deformaciones  $U_z$  en la chapa superior del tablero, en metros. (Fuente: elaboración propia).

Se obtiene una tensión máxima de:

$$\sigma = 1.5 * 110 + 1.35 * 9.7^{15} = 179 \text{ MPa} < \frac{275}{1.05} = 262 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

La flecha máxima que se obtiene en la chapa es de 2 mm, lo que corresponde con una relación de  $f = L/3500$  por lo que se comprueba el estado límite de servicio de deformaciones.

A continuación, se analizan las tensiones en los rigidizadores. Para ello, se ha obtenido el momento flector y axil máximo y aplicado la formulación de Navier-Bernoulli.

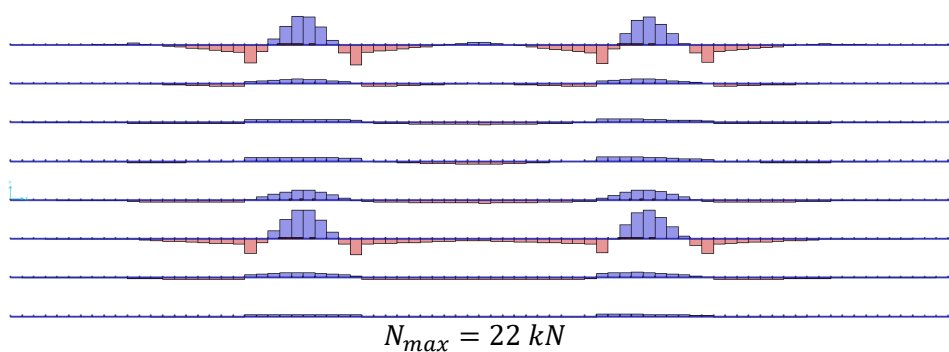


Imagen 78 Ley de axiles (kN) en un tramo del rigidizador longitudinal. (Fuente: elaboración propia).

$$\sigma = 1.5 * \frac{0.022}{0.0013} + 1.35 * 9.7 = 25.5 \text{ MPa} < \frac{275}{1.05} = 262 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

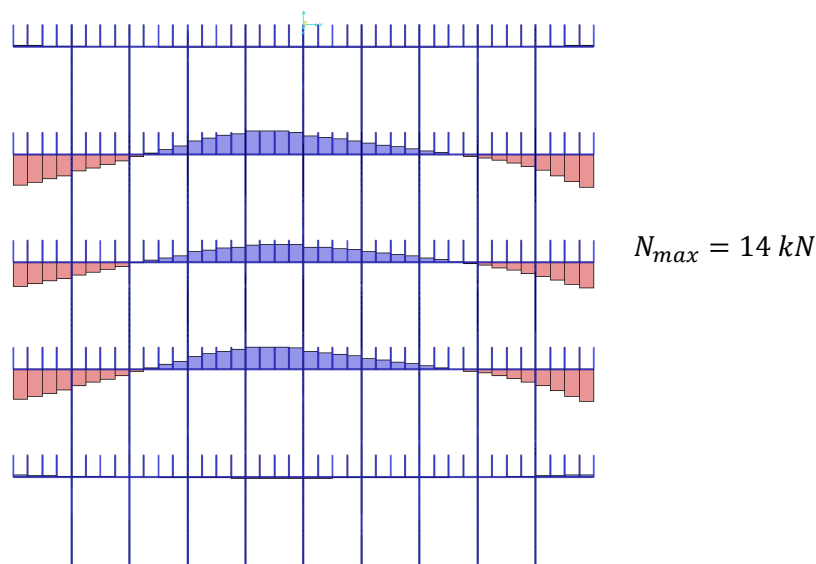


Imagen 79 Ley de axiles (kN) en el rigidizador transversal. (Fuente: elaboración propia).

$$\sigma = 1.5 * \frac{0.014}{0.003} = 7 \text{ MPa} < \frac{275}{1.05} = 262 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

<sup>15</sup> El valor de la tensión en la chapa debido a las acciones características permanentes es 9.7 MPa.



- Tensiones en los tirantes

Para verificar que los tirantes resisten, se ha empleado el modelo de SAP2000: “*Modelo global estado actual*”. En él se van a generar dos casos de carga. Uno que represente la pasarela uniformemente cargada por una sobrecarga de uso de  $1 \text{ kN/m}^2$  (inferior a la carga definida en la normativa IAP-11 ( $5 \text{ kN/m}^2$ )) y que podría ser la carga que se repite cada año durante las fiestas de “*La Fira*”. Otro caso que represente la masa puntual de 5000 kg del camión. Si los esfuerzos obtenidos en los tirantes para el segundo caso de carga son menores que para el caso de carga de la pasarela uniformemente cargada, podremos afirmar que los tirantes resisten el peso del camión.

La carga puntual del camión se aplicará en la sección de anclaje de los tirantes T1, T2 y T3. De este modo abarcamos prácticamente todo el vano principal (en él se encuentran la totalidad de los amortiguadores de masa sintonizada). Además, los esfuerzos que obtendremos en los tirantes serán máximos en el par de cables sobre los que se aplica la acción.

Caso	Axiles (kN)		
	T1	T2	T3
Peatones	46.9	90.8	55.9
Camión en anclaje T1	25.6	16.4	2.7
Camión en anclaje T2	5.4	34.3	14.2
Camión en anclaje T3	-3.6	10.0	29.8

Tabla 44 Comparación de axiles en los tirantes. (Fuente: elaboración propia).

Los axiles en los tirantes en cualquiera de los tres casos planteados son menores que los generados por la sobrecarga de uso habitual. Además, las tensiones en la chapa del tablero no superan el límite elástico del acero. Con todo esto se puede confirmar la viabilidad estructural de esta solución.

### 10.2.3. Trabajos desde el cauce del río

En este caso, la colocación de los amortiguadores de masa sintonizada se realiza desde una plataforma elevadora situada en el cauce del río.

En este apartado del estudio se pretende establecer los siguientes aspectos:

- Determinación del tipo de plataforma elevadora
- Definición de los accesos de la maquinaria al cauce del río
- Definición de la superficie sobre la que se desplazará la maquinaria
- Afección al río y normativa

#### 10.2.3.1. Selección de la maquinaria necesaria

A la hora de determinar qué maquinaria de elevación es útil para llevar a cabo la tarea que se presenta, lo primero que se debe conocer es la altura a la que se quiere realizar dichas operaciones. Así pues, la altura de trabajo que debería de alcanzar la maquinaria se encuentran entorno a los 18 metros tal y como se puede observar en la siguiente imagen en alzado de la pasarela.

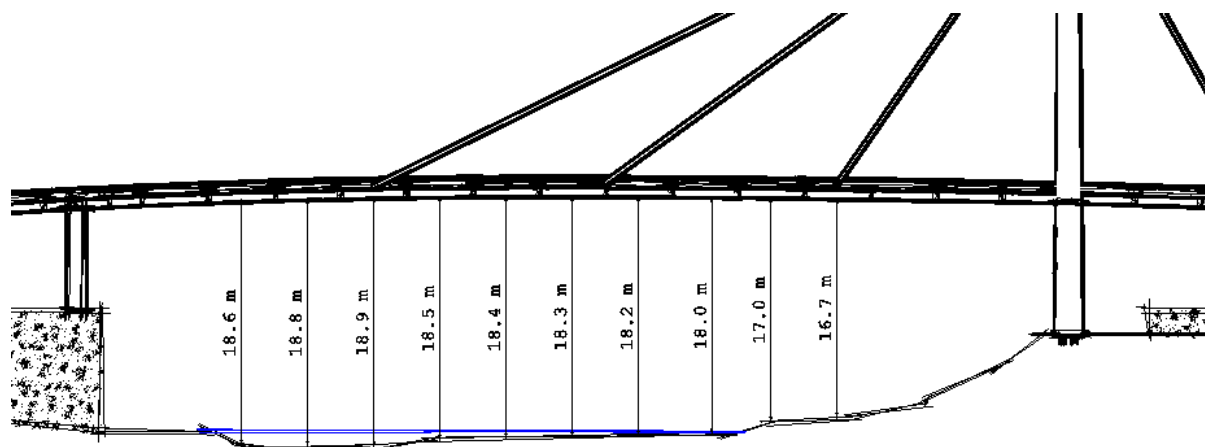


Imagen 80 Alturas de trabajo de la plataforma elevadora. (Fuente: elaboración propia).

Para abordar la tarea de elevar a los operarios y el amortiguador de masa sintonizada hasta una altura de 18 metros en condiciones de seguridad, se propone una plataforma de tijera diésel. Éstas proporcionan un mayor espacio y capacidad de elevación que otros sistemas de elevación como puede ser una cesta elevadora de brazo telescópico o una cesta elevadora de brazo articulado. A continuación, se muestra una imagen de este tipo de maquinaria:



Imagen 81 Plataforma elevadora de tijera. (Fuente: Wikipedia).

#### 10.2.3.2. Acceso de la maquinaria al cauce del río

Después de realizar varias visitas a la pasarela objeto de estudio, se concluyó que la mejor opción para que la maquinaria pudiera acceder al cauce del río es a través de unos caminos existentes. El estado actual de estos caminos, tal y como se puede observar en las siguientes imágenes, no favorece las operaciones mencionadas. Es por esto por lo que previamente habría que realizar operaciones de desbroce y, en caso de ser necesario, obras auxiliares para que la maquinaria pudiera acceder en condiciones de seguridad.



Imagen 82 Camino de acceso al cauce del río [1]. (Fuente: elaboración propia).



Imagen 83 Camino de acceso al cauce del río [2]. (Fuente: elaboración propia).



Imagen 84 Cauce del río. (Fuente: elaboración propia).

### 10.2.3.3. Construcción de la explanada bajo el vano principal

Una vez se ha accedido al cauce del río, la cuestión es proveer a la plataforma de elevación de una explanación provisional, lo suficientemente resistente, para que la maquinaria pueda desplazarse sin producirse vuelcos, hundimientos u cualquier otro tipo de accidentes.

Un aspecto muy importante a la hora de realizar este tipo de actuaciones en el cauce de un río es afectar lo mínimo posible al flujo de agua con el fin de evitar daños en el ecosistema aguas debajo de la actuación o que se acumule el agua aguas arriba de la actuación (efecto presa).

Se ha valorado la necesidad de colocar una obra de drenaje transversal para cumplir el anterior objetivo. Se ha recurrido a los datos de una estación de aforamiento situada a la altura de Villalonga. Dichos datos se pueden consultar en el anuario de aforos en la página web del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX. (Centro de estudios y experimentación de obras públicas, s.f.)

Aunque los datos de caudal obtenidos no pertenecen al río en su paso por Gandía, se han considerado válidos para la actuación objeto de estudio. Esto se debe a que el municipio de Villalonga se encuentra muy próximo al de Gandía. Además, puesto que ambos municipios se encuentran aguas abajo del embalse de Beniarrés, el caudal que porta el río en su paso por Villalonga y Gandía será muy similar ya que dependerá del agua soltada por la presa. Por todo esto, se considera correcto extrapolar los datos de la estación de aforo. A continuación, se muestra una imagen con la situación de los dos municipios y del embalse.

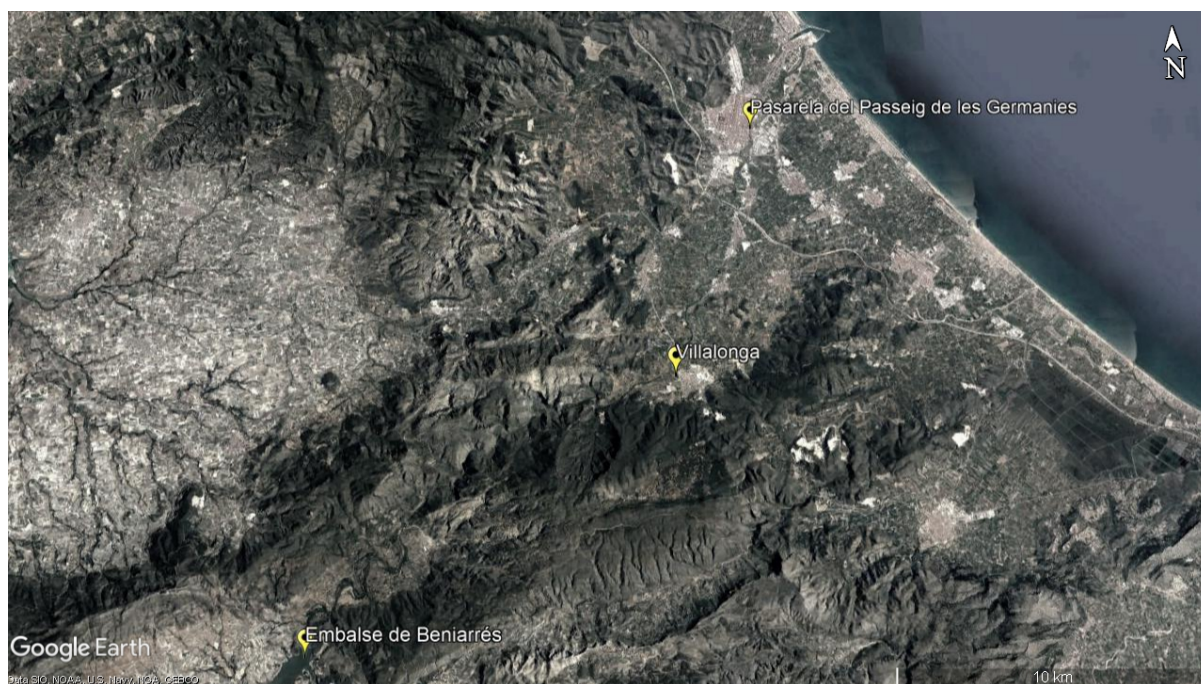


Imagen 85 Situación de la estación de aforo. (Fuente: Google earth).

A continuación, se muestra una tabla con los caudales máximos medios mensuales en  $m^3/s$  desde el año hidrológico 2010-2011 hasta el año hidrológico 2016-2017 recogidos por la estación de aforo 8071: “Río Serpis en Villalonga”. Hay que destacar que se han eliminado los años hidrológicos 2013-2014 y 2014-2015 por no existir datos en algunos de los meses.

Año	2010-11	2011-12	2012-13	2015-16	2016-17	Medio
Ene	0.70	13.60	0.80	0.70	110.90	25.34
Feb	0.70	4.90	2.20	2.40	6.30	3.30
Mar	3.00	8.00	4.40	0.00	40.50	11.18
Abr	1.90	2.50	38.40	0.00	3.10	9.18
May	2.20	1.10	7.90	0.00	2.80	2.80
Jun	1.50	0.90	1.00	0.90	3.60	1.58
Jul	1.90	1.10	1.70	1.00	3.80	1.90
Ago	1.50	0.90	1.90	0.90	3.70	1.78
Sep	1.40	1.30	3.10	0.60	3.30	1.94
Oct	4.60	2.50	0.90	0.40	0.30	1.74
Nov	1.00	26.40	30.30	0.60	0.30	11.72
Dic	0.80	3.60	1.10	0.40	46.30	10.44

Tabla 45 Caudal máximo medio mensual río Serpis. (Fuente: CEDEX)

Sombreado de color amarillo en la tabla anterior se puede observar un valor muy superior a todos los demás en el mismo mes del resto de años. Después de consultar diferentes fuentes, se ha comprobado que dicho pico en los caudales se produjo a causa de fuertes lluvias en la zona (Saforguía, 2016).

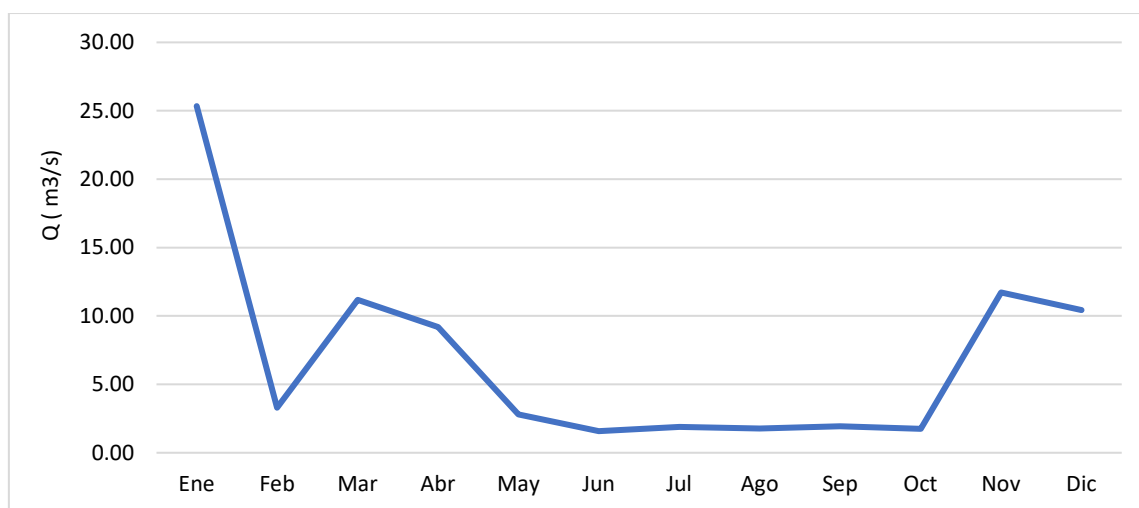


Gráfico 51 Caudal máximo medio mensual río Serpis. (Fuente: elaboración propia).

Del siguiente gráfico se llega a la conclusión de que los mejores meses para llevar a cabo la actuación son junio, julio, agosto y septiembre ya que es cuando el caudal regular del río es menor. El caudal que se debería emplear para diseñar la obra de drenaje transversal sería de aproximadamente  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  en caso de realizarla en los meses mencionados. El valor del caudal de diseño proporcionado es una simple estimación y su función es tener una idea del orden de magnitud de éste en caso de realizar un proyecto posterior.

Para la ejecución de la obra de drenaje transversal se ha decidido emplear piezas de hormigón armado cuadradas y prefabricadas también llamadas “alcantarillas tipo cajón”. Las dimensiones de estos elementos prefabricados deberán ser las suficientes para que el conducto no entre en carga y, además, que proporcionen el ancho suficiente en planta para que el sistema de elevación pueda maniobrar en condiciones de seguridad.

Suponiendo bloques de 1x1x1 metros y con la finalidad de:

- Mantener en la medida de lo posible la sección de agua existente,
- No cambiar el régimen hidráulico y,
- Que los rellenos no actúen como una presa.

Se colocarán 5 piezas prefabricadas en la dirección longitudinal de la pasarela.

Así mismo, para que la plataforma elevadora se pueda desplazar por todo el ancho de la pasarela, se dispondrán 6 piezas prefabricadas en la dirección perpendicular al eje longitudinal de la pasarela. Esto hace un total de 30 piezas prefabricadas.

A continuación, se muestra una imagen de este tipo de elementos:



Imagen 86 Alcantarillas tipo cajón. (Fuente: <https://hopreconsrl.com/>)

Una vez dispuestos estos elementos se realizará el relleno de tierras para formar la explanada sobre la que se desplazará la plataforma. Los rellenos constarán de:

- Base constituida con tierra procedente de préstamos y compactada en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor mediante rodillo vibrante y,
- Firme de 30 cm de espesor formado por zahorra natural compactada.

A continuación, se muestra una imagen donde se puede observar a grandes rasgos la solución propuesta en este apartado.

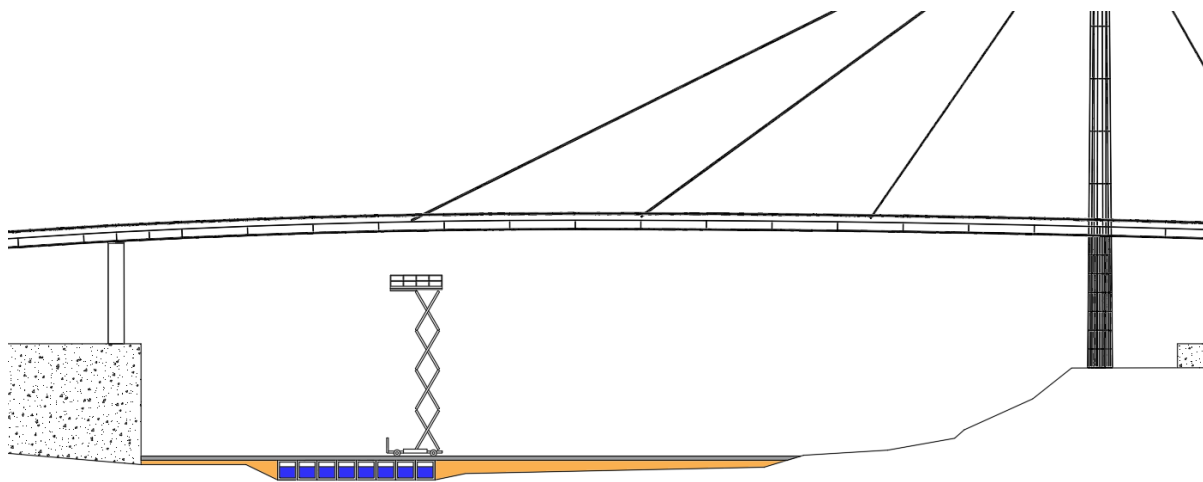


Imagen 87 Rellenos de tierra y cajones prefabricados. (Fuente: elaboración propia).

*\*La imagen anterior no es una representación real del proceso constructivo. Es tan solo una representación para ayudar a comprender lo descrito anteriormente.*

Una vez terminadas las operaciones de montaje de los amortiguadores de masa sintonizada habrá que reacondicionar de nuevo la zona. Esto se consigue retirando todo el material aportado al cauce del río y realizando un proceso de revegetación (aporte de tierra vegetal y plantación de vegetación) de la zona donde se ha actuado.

#### 10.2.3.4. Normativa

La actuación descrita no está sujeta a la Evaluación de Impacto Ambiental ni ordinaria ni simplificada porque ni la ocupación temporal de un cauce ni la adecuación de un acceso para realizar obras de mantenimiento en una infraestructura están recogidas como actividades sujetas a EIA en los Anejos I y II de la Ley 21/2013, del 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Tampoco están recogidas estas actividades en el Anejo de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de la Generalitat Valenciana, de Impacto Ambiental y se ha comprobado que la actuación no se desarrollaría en zona perteneciente a la Red Natura 2000.

Sí que se requeriría la autorización de obras por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar ya que se ocuparía temporalmente el cauce y se realizarían labores de movimientos de tierra en el Dominio Público Hidráulico.

#### 10.2.4. Conclusiones

Existen dos opciones viables para la instalación de los amortiguadores de masa sintoniza. A continuación, se muestra una tabla comparativa con las ventajas y desventaja de cada una de ella:

Trabajos desde la pasarela		Trabajos desde el cauce del río	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Proceso menos costoso	Las farolas y los tirantes pueden dificultar las maniobras	En ningún caso se corta el paso a los peatones	Se necesita el permiso de la confederación hidrográfica del Júcar
No se realizan obras en dominio público hidráulico	Se corta el paso a los peatones	-	Proceso más costoso

La valoración económica de ambas alternativas del proceso constructivo quedan reflejadas en el Apartado 11 de esta memoria. El precio aproximado de actuar desde la pasarela asciende a 78.000 € mientras que si se actúa desde el cauce del río sería 92.000 €. La solución final al proceso constructivo quedaría en manos del contratista.



## 11. Valoración económica [JLMG]

En este apartado se pretende realizar la valoración económica de cada uno de los procesos constructivos propuestos. Gran parte de los precios unitarios empleados se han obtenido del banco de precios de Cype (Cype, s.f.) a excepción del precio unitario del amortiguador de masa sintonizada y la plataforma elevadora sobre camión para trabajar en negativo. Para la obtención del coste del TMD, se contactó con la empresa *Maurer*, la cual posee una amplia experiencia en el diseño y fabricación de este tipo de dispositivos. Por otra parte, para la obtención del coste diario del alquiler de la plataforma elevadora sobre camión se contactó con la empresa *Transgruma, S.L.*

A continuación, se muestra la valoración económica de cada una de las dos opciones de proceso constructivo propuestas para la colocación de los amortiguadores de masa sintonizada.

### 11.1. Trabajos desde la pasarela

<b>Capítulo N.º 1 Instalación TMD</b>					
<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
<b>1.1</b>	<b>Ud</b>	Alquiler diario de plataforma elevadora sobre camión para trabajar en negativo.			
		Total Ud :	10,000	760,00	<b>3.800,00</b>
<b>1.2</b>	<b>Ud</b>	Amortiguador de masa sintonizada (TMD) con frecuencia propia entre 1.50 y 4.00 hertzios, formado por planchas metálicas, estructura de acero, amortiguadores viscosos y muelles de compresión de acero inoxidable. Incluso montaje in situ y calibración.			
		Total Ud :	10,000	5.000,00	<b>50.000,00</b>
<b>Parcial N.º 1 Instalación TMD:</b>					<b>53.800,00</b>

### Resumen del Presupuesto

<b>1 Instalación TMD.</b>	<b>53.800,00</b>
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>53.800,00</b>
13% de gastos generales	6.994,00
6% de beneficio industrial	3.228,00
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)</b>	<b>64.022,00</b>
21% IVA	13.444,62
<b>Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)</b>	<b>77.466,62</b>

**Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de SETENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS.**

## 11.2. Trabajos desde el cauce del río

<b>Capítulo N.º 1 Trabajos Previos</b>						
<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>	
<b>1.1</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para el trabajo: arbustos, pequeñas plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión.				
			Total m <sup>2</sup> :	300,000	2,03	<b>609,00</b>
<b>1.2</b>	<b>M</b>	Canal formado por piezas prefabricadas de hormigón de sección cuadrada, de 100x100x100 cm, unidas mediante junta machihembrada. Incluso su posterior retirada.				
			Total m :	30	62,13	<b>1.863,90</b>
<b>1.3</b>	<b>M<sup>3</sup></b>	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con tierra de préstamo, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 90% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501.				
			Total m <sup>3</sup> :	155,400	8,34	<b>1.296,04</b>
<b>1.4</b>	<b>M<sup>3</sup></b>	Firme de 30 cm realizado mediante relleno a cielo abierto, con zahorra natural caliza, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 90% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501.				
			Total m <sup>3</sup> :	89,400	23,44	<b>2.095,54</b>
<b>Parcial N.º 1 Trabajos Previos:</b>					<b>5.864,48</b>	

<b>Capítulo N.º 2 Instalación TMD</b>						
<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>	
<b>2.1</b>	<b>Ud</b>	Alquiler diario de plataforma elevadora de tijera, motor diésel, de 20 m de altura máxima de trabajo.				
			Total Ud :	5,000	146,14	<b>730,70</b>
<b>2.2</b>	<b>Ud</b>	Amortiguador de masa sintonizada (TMD) con frecuencia propia entre 1.50 y 4.00 hertzios, formado por planchas metálicas, estructura de acero, amortiguadores viscosos y muelles de compresión de acero inoxidable. Incluso montaje in situ y calibración.				
			Total Ud :	10,000	5.000,00	<b>50.000,00</b>
<b>Parcial N.º 2 Instalación TMD:</b>					<b>50.730,70</b>	

**Capítulo N.º 3 Restauración Ambiental**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	M <sup>3</sup>	Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.			
		Total m <sup>3</sup> :	244,800	3,44	<b>842,11</b>
3.2	M <sup>3</sup>	Transporte de tierras con camión de 8 t de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra.			
		Total m <sup>3</sup> :	244,800	9,74	<b>2.384,35</b>
3.3	M <sup>3</sup>	Aporte de tierra vegetal cribada, suministrada a granel y extendida con medios mecánicos, mediante miniretroexcavadora, en capas de espesor uniforme.			
		Total m <sup>3</sup> :	75,000	37,15	<b>2.786,25</b>
3.4	M <sup>2</sup>	Revegetación			
		Total m <sup>2</sup> :	300,000	3,50	<b>1.050,00</b>
<b>Parcial N.º 3 Restauración Ambiental:</b>					<b>7.062,71</b>

**Resumen del Presupuesto**

<b>1 Trabajos Previos .</b>	<b>5.864,48</b>
<b>2 Instalación TMD .</b>	<b>50.730,70</b>
<b>3 Restauración Ambiental .</b>	<b>7.062,71</b>
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>63.657,89</b>
13% de gastos generales	8.275,53
6% de beneficio industrial	3.819,47
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)</b>	<b>75.752,89</b>
21% IVA	15.908,16
<b>Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)</b>	<b>91.661,05</b>

**Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de NOVENTA Y UN MIL SEISCIENTOS SESENTA Y UN EUROS CON CINCO CÉNTIMOS.**

## 12. Conclusiones del estudio [JLMG y CPF]

Los ensayos dinámicos realizados in situ sobre la pasarela del Passeig de les Germanies han aportado una base sólida sobre la cual modelizar la estructura y describir en detalle su comportamiento dinámico. Por ejemplo, a partir de los cálculos dinámicos que tienen en cuenta la no linealidad geométrica de los tirantes se ha podido detectar la importancia que estos elementos tienen sobre el comportamiento dinámico de la estructura general. Cuando la frecuencia de vibración propia de la estructura resulta similar a alguna de las primeras frecuencias naturales de los tirantes, éstos actúan de forma similar a un amortiguador de masas sintonizado, amortiguando el movimiento general de la estructura. Sin embargo, este comportamiento tiene como contrapartida que los tirantes se ven sometidos a una vibración forzada que no había sido considerada en su diseño.

Respecto a la comprobación de ELS de vibraciones, existen dos modos de vibración vertical de la estructura con frecuencias de 1.80 y 3.77 Hz que son excitados por el paso de los peatones. Estas frecuencias descienden hasta 1.64 y 3.40 Hz cuando la densidad de peatones es la máxima que permite el paso normal al caminar. Se ha comprobado mediante el cálculo dinámico definido en Sétra (2006) que las aceleraciones producidas por la excitación de estos modos superan el umbral de confort, especialmente las asociadas al primero de los modos de vibración vertical ( $3.15 \text{ m/s}^2$ ).

Respecto a la comprobación del Estado Límite Último de fatiga, se ha recurrido a los métodos generales de cálculo recogidos en las normativas EAE y Eurocódigo 2, utilizando las carreras de tensiones resultantes de la aplicación de las cargas dinámicas definidas en Sétra (2006). A partir de una suposición de ciclos de carga basada en la información disponible del uso de la pasarela se ha obtenido el daño ( $D_d$ ) acumulado durante los 32 años de servicio. Cuando se combinan las variaciones de axiles con las rotaciones que se producen junto a los anclajes debidos a las vibraciones forzadas en los tirantes se obtienen carreras de tensiones superiores al valor de resistencia a la fatiga recogido en la curva S-N para el número de ciclos definido (principalmente en los tirantes de retenida T5). El hecho de que las vibraciones generadas por los peatones puedan causar daños de fatiga en elementos tan sensibles como los anclajes de los tirantes supone una justificación adicional de la necesidad de corregir el comportamiento dinámico de la estructura.

Los resultados del cálculo de fatiga parten de un gran número de incertidumbres (valor real de los esfuerzos generados por la acción dinámica, del número de ciclos, de la curva S-N, etc.) por lo que se requiere un estudio más detallado que queda fuera del alcance de este trabajo. Independientemente de la incertidumbre del cálculo, el orden de magnitud del daño acumulado ( $D_d$ ) contrasta con el contenido de la norma IAP-11. En esta norma, de referencia para el cálculo de acciones en puentes y pasarelas, no se describe ninguna acción ni método específico para calcular el efecto que el paso de peatones puede causar en la fatiga y esto podría conducir a la conclusión errónea de que las vibraciones generadas en las pasarelas no implican una carrera de tensiones significativa.

Por último, se ha comprobado que los saltos que parte de los peatones realizan durante la celebración de conciertos junto a la pasarela, analizados como una acción accidental, no parecen suponer un riesgo para la seguridad de la estructura. No obstante, se recomienda evitar este tipo de situaciones mientras no se haya corregido el comportamiento dinámico de la pasarela o se haya estudiado con más detalle el problema de fatiga y el estado de conservación de los tirantes.

En el estudio de soluciones se han valorado las alternativas basadas en aumentar la masa, aumentar la rigidez y aumentar la amortiguación de la estructura.

Se puede conseguir un aumento de la rigidez a flexión en un 110% incorporando la barandilla a la estructura del tablero (soldando las juntas existentes y mejorando su unión con el tablero). Sin embargo, este aumento de rigidez no es suficiente para desplazar las frecuencias naturales de la estructura fuera del rango crítico de resonancia.

El aumento de masa del tablero mediante el incremento del espesor de pavimento en 10 cm consigue desplazar la frecuencia de vibración de la estructura hasta valores con menor probabilidad de resonancia. Aplicando las acciones definidas en Sétra (2006) se obtienen aceleraciones dentro de un rango aceptable, pero no óptimo ( $0.95 \text{ m/s}^2$ ). La masa añadida supone un aumento considerable de las cargas permanentes, entorno a un 80%, lo que podría desencadenar problemas de corrosión en los tirantes si las fisuras en el material de protección de los cordones aumentasen. La aparición de problemas de corrosión en tirantes como los de esta pasarela tiene un tratamiento muy costoso que suele acabar suponiendo la completa sustitución de los tirantes afectados. Dado que la alternativa basada en el aumento de masa incurre en este riesgo, no se recomienda su aplicación.

La solución propuesta consiste en la instalación de 6 TMDs de 167 kg de masa, cada uno sintonizado con el Modo 2 de vibración, y 4 TMDs de 100 kg sintonizados con el Modo 4. Se consigue reducir la aceleración máxima por debajo del umbral de los  $0.5 \text{ m/s}^2$  (máximo nivel de confort) por lo que se cumpliría el ELS de vibraciones y se frenaría el posible desarrollo de los daños por fatiga.

Se han evaluado diversos procesos constructivos para la instalación de los amortiguadores TMD. Una de las alternativas del proceso de construcción es usar una máquina especializada que trabaje desde la pasarela. Se ha comprobado que las cargas que generarían su peso serían soportadas por la estructura y no se producirían daños a nivel local en la chapa del tablero. La otra alternativa sería utilizar una plataforma elevadora desde el cauce. En este caso, se requeriría acondicionar el terreno bajo la pasarela e instalar elementos de drenaje transversal para no impedir la circulación del río Serpis. El coste aproximado de las obras si se utilizase el primer método sería aproximadamente 77,000 € y 92,000€ si se emplease el segundo.

Las actuaciones que se recomienda acometer basadas en los resultados y conclusiones de este estudio serían las siguientes:

- 1) Realizar una campaña de auscultación de la pasarela bajo el paso de un gran número de peatones (aproximadamente una densidad de entre  $0.8$  y  $1.0$  peatones/ $\text{m}^2$ ) para obtener un mayor conocimiento de la acción dinámica real y la respuesta de la estructura. Las mediciones que se deberían registrar serían: la frecuencia de vibración fundamental para la hipótesis de puente cargado, las aceleraciones máximas registradas en el tablero y las rotaciones de los tirantes en su zona de anclaje.
- 2) Actuar sobre el comportamiento dinámico de la pasarela mediante una solución como la propuesta en este estudio.
- 3) Aprovechar los medios utilizados en la instalación de los amortiguadores de masas sintonizadas (TMD) bajo el tablero, en caso de que se aplique la solución descrita en este estudio, para acceder a las zonas de anclaje de los tirantes con el tablero, y realizar actividades de auscultación que determinen el estado de éstos (oxidación, fatiga, estado del recubrimiento, etc.)
- 4) Desarrollar un estudio que complemente el cálculo de fatiga realizado en este estudio y que utilice los datos de la auscultación de los tirantes comentada en el punto 3) y la medición comportamiento dinámico real de la pasarela cuando se somete al paso de un gran número de peatones, comentada en el punto 1).

### 13. Referencias [JLMG y CPF]

- ACHE. (2007). *Recomendaciones y manuales técnicos. Manual de tirantes*.
- Acxes Spring. (s.f.). *Acxes Spring*. Recuperado el 7 de Julio de 2020, de <https://www.acxesspring.com/spring-calculator.html>
- C. Cremona. (2003). *Dynamic investigations of the Solferino footbridge*.
- Centro de estudios y experimentación de obras públicas. (s.f.). *CEDEX*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de <https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos.asp?indroea=8071>
- Chopra, A. (2017). *Dynamics of structures: Theory and applications to Earthquake Engineering*. Hoboken, NJ: Pearson Education Inc.
- CSi Spain. (4 de Mayo de 2016). *CSi Spain*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de <https://www.csiespana.com/noticia/79/dispositivos-de-amortiguamiento-viscoso-san-bernardino-justice-center#>
- Cype. (s.f.). *Banco de precios*. Recuperado el 29 de Agosto de 2020, de <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>
- Den Hartog, J. P. (1985). *Mechanical vibrations*. New York: Dover Publications Inc.
- E. Caetano. (2007). Implementation of passive devices for vibration control at Coimbra footbridge. Coimbra.
- Guindo, L. M. (Septiembre de 2015). Comportamiento dinámico de pasarelas peatonales. Madrid, Comunidad de Madrid, España.
- Joerg Habenberger. (10 de Febrero de 2011). Development and application of tuned mass dampers to a historic pedestrian bridge in Switzerland.
- Las Provincias. (30 de Marzo de 2017). *Las Provincias*. Recuperado el 21 de Julio de 2020, de <https://www.lasprovincias.es/safor/201703/30/gandia-amplia-parque-fira-0170330004704-v.html?ref=https:%2F%2Fwww.lasprovincias.es%2Fsafor%2F201703%2F30%2Fgandia-amplia-parque-fira-20170330004704-v.html>
- Lázaro, C., Domingo, A., & Palacios, F. (2011). Dynamic Behaviour of the Steel Structure for a 130 m Tall Observation Tower.
- Marqués, A. (2011). *Propuesta técnica para la realización de inspección principal e inspección especial en la pasarela peatonal atirantada sobre el río Serpis, junto a la plaza del Tirant, en la población de Gandía, (Valencia)*. Gandía: GIA, S.L.
- Maurer S.L. (s.f.). *Maurer*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de <https://www.maurer.eu/>
- Montanaro, M. I. (30 de Julio de 2001). Sistemas de control de vibraciones en estructuras de gran altura. *Vibration control system in very high structures*. Argentina.
- P. Dallard et al. (20 de Noviembre de 2001). The London Millennium Footbridge. Reino Unido.
- Saforguía. (20 de Diciembre de 2016). *Saforguía*. Recuperado el 28 de Agosto de 2020, de <https://saforguia.com/art/44618/el-temporal-de-levante-deja-lluvias-de-record-y-desborda-la-gallinera-el-serpis-y-el-vaca>

Sétra (Service d'Études techniques des routes et autoroutes). (2006). *Passerelles piétonnes - Évaluation du comportement vibratoire sous l'action des piétons*.

Transgruma, S. (s.f.). *Transgruma, S.L.* Recuperado el 29 de Agosto de 2020, de <https://transgruma.com/fichas-tecnicas-maquinaria/pemp-n/ficha-tecnica-pemp-n-70.pdf>

University of New South Wales. (s.f.). *Strings, standing waves and harmonics*. Recuperado el 24 de Junio de 2020, de <http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/strings.html>





# DOCUMENTO N.º 2

## PLANOS E INFOGRAFÍAS

José Luis Mocholí Garrido

**TÍTULO DE PLANOS**

**Nº DE HOJAS**

- 1. Localización de los amortiguadores de masa sintonizada.....1
- 2. Definición de los amortiguadores de masa sintonizada.....2
- 3. Montaje del amortiguador de masa sintonizada.....1



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**TÍTULO:**

"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA PASARELA DEL  
'PASSEIG DE LES GERMANIES', SOBRE EL RÍO SERPIS, EN GANDIA  
(VALENCIA)"

**AUTORES:**

Mocholí Garrido, José Luis

Pérez Fuentes, Carlos

**TÍTULO DEL PLANO:**

ÍNDICE DE PLANOS

**ESCALA:**

-

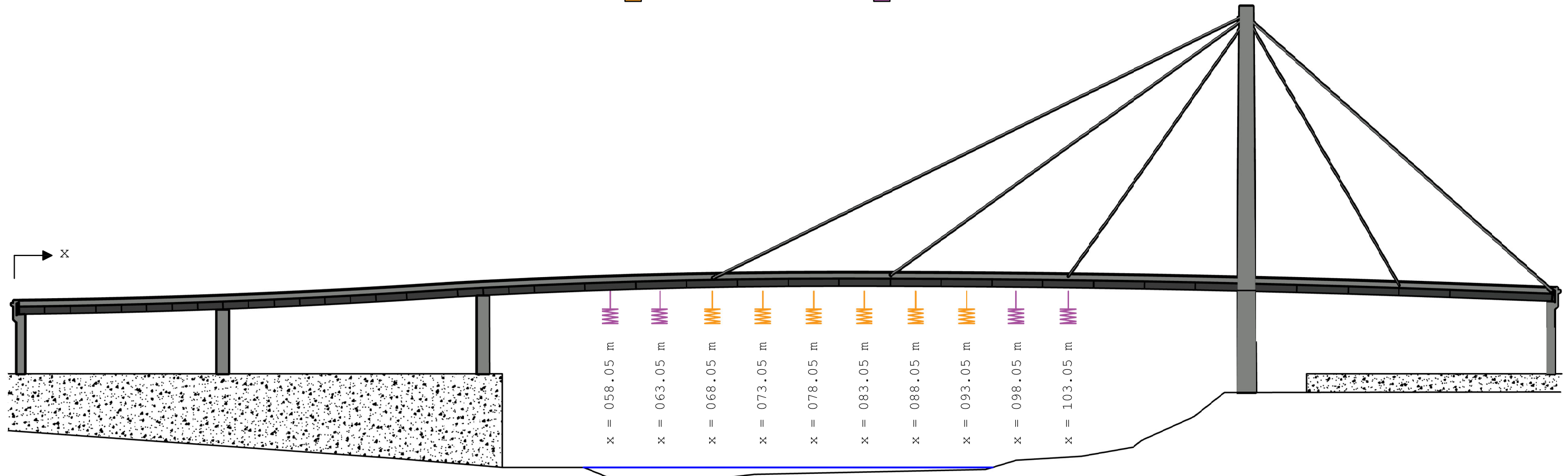
**FECHA:**

Agosto 2020

**Nº DE PLANO:**

0

■ TMD Tipo 1 (f=1.69Hz)    
 ■ TMD Tipo 2 (f=3.58Hz)



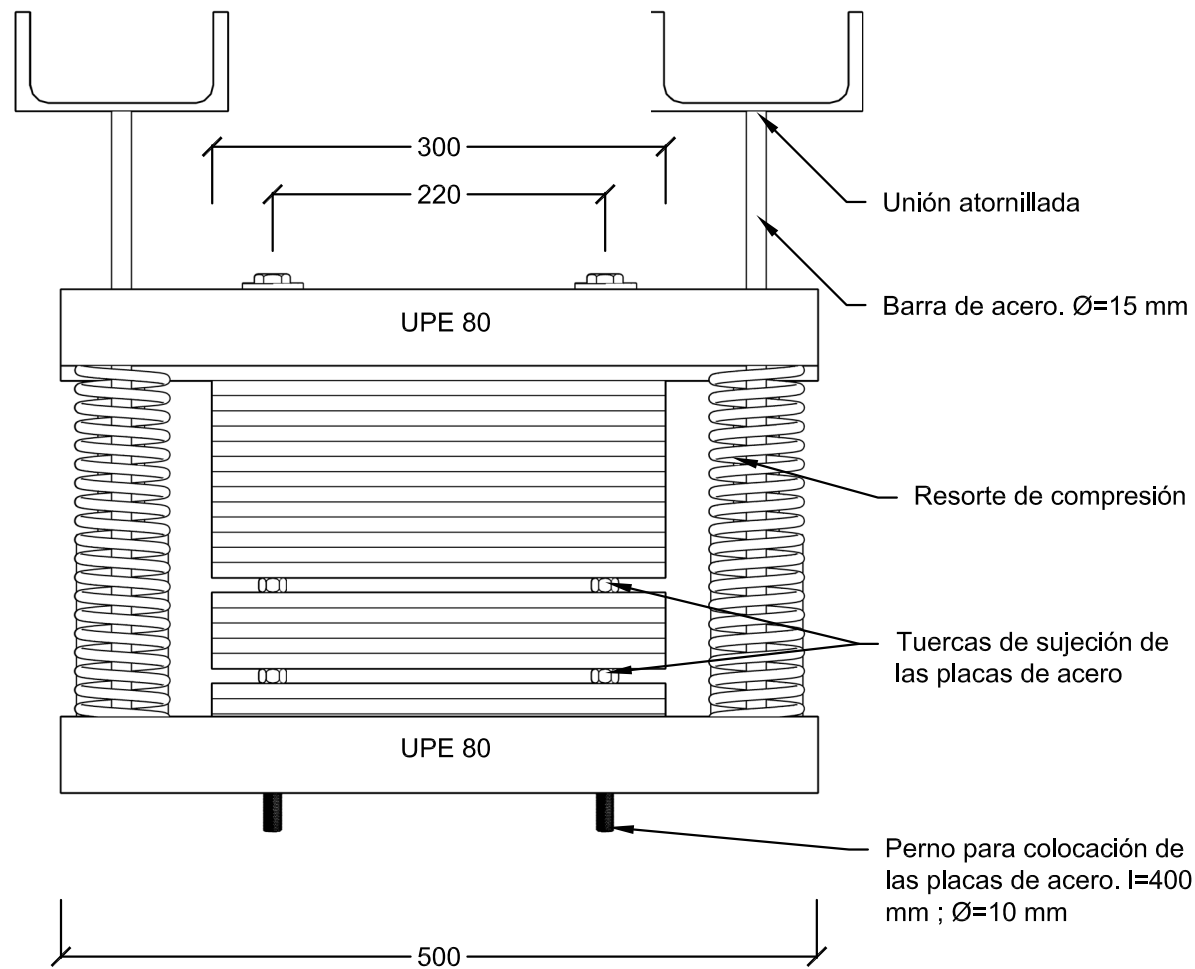
**Notas**

- (1) La masa definitiva del TMD se ajustará tras la calibración del mismo mediante la realización de ensayos in situ.
- (2) La definición completa del amortiguador de masa tipo 1 se puede consultar en el plano n.º 2.1: "Definición amortiguador de masa sintonizada: TMD Tipo 1 (f=1.69 Hz).
- (3) La definición completa del amortiguador de masa tipo 2 se puede consultar en el plano n.º 2.2: "Definición amortiguador de masa sintonizada: TMD Tipo 2 (f=3.58 Hz).

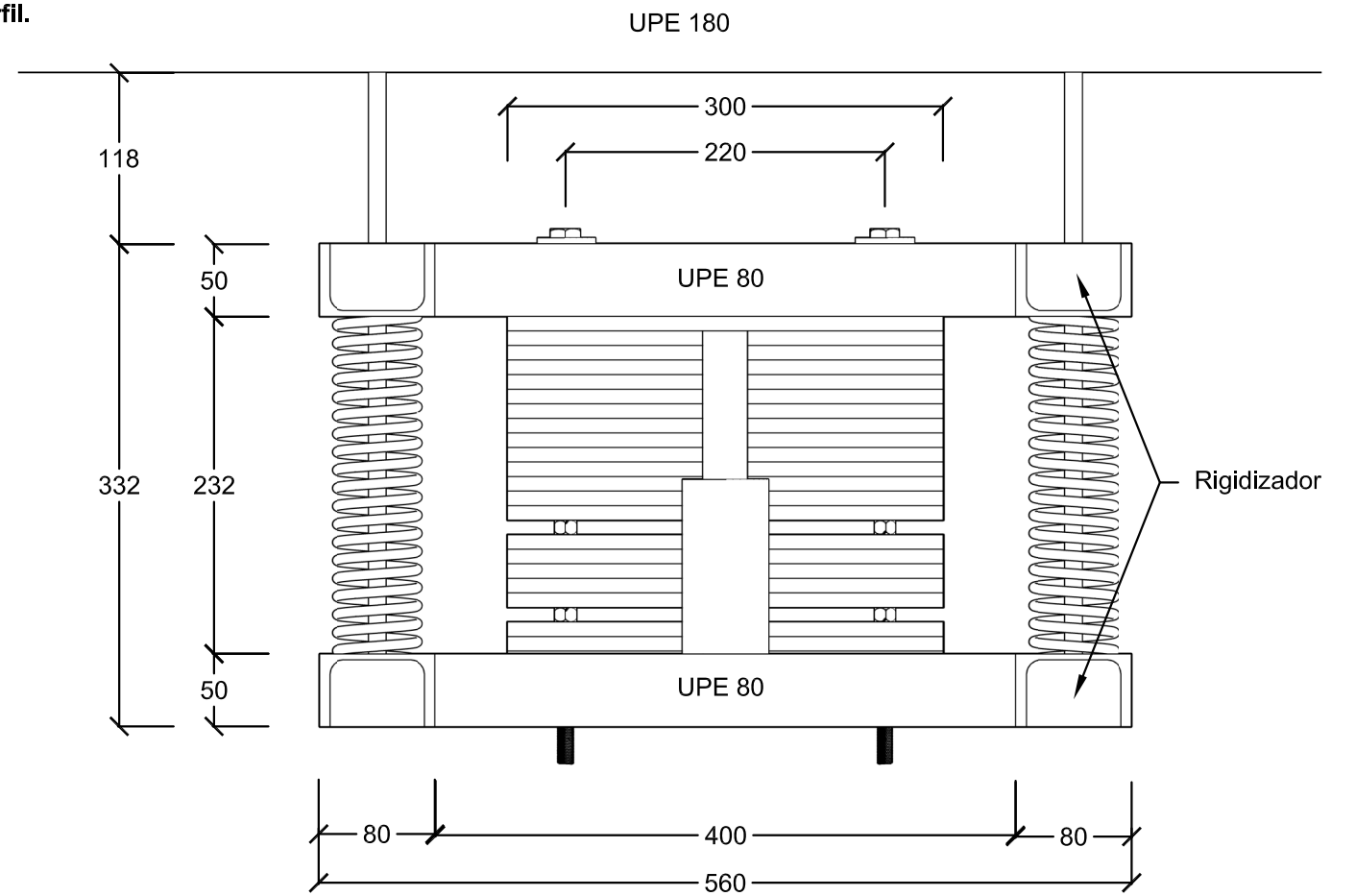
TMD Tipo 1 (f=1.69 Hz)	
Masa móvil (kg)	167
Rigidez del sistema (kN/m)	18.8
Dimensiones plancha (m)	0.3x0.3x0.01
Densidad del acero (kg/m3)	7850
Número de planchas	24
Material del resorte	AISI 316
Número de resortes	4
Disposición resortes	Paralelo
Rigidez de cada resorte (kN/m)	4.7
Longitud resorte libre (mm)	320
Longitud resorte cargado (mm)	232
Número de pasos	19
Diámetro del alambre (mm)	6
Diámetro exterior del resorte (mm)	55.7
Coef. de amortiguamiento (kN·/(m/s))	0.075

TMD Tipo 2 (f=3.58 Hz)	
Masa móvil (kg)	100
Rigidez del sistema (kN/m)	50.6
Dimensiones plancha (m)	0.3x0.3x0.01
Densidad del acero (kg/m3)	7850
Número de planchas	15
Material del resorte	AISI 316
Número de resortes	6
Disposición resortes	Paralelo
Rigidez de cada resorte (kN/m)	8.83
Longitud resorte libre (mm)	170
Longitud resorte cargado (mm)	151
Número de pasos	12
Diámetro del alambre (mm)	5
Diámetro exterior del resorte (mm)	41.7
Coef. de amortiguamiento (kN·/(m/s))	0.06

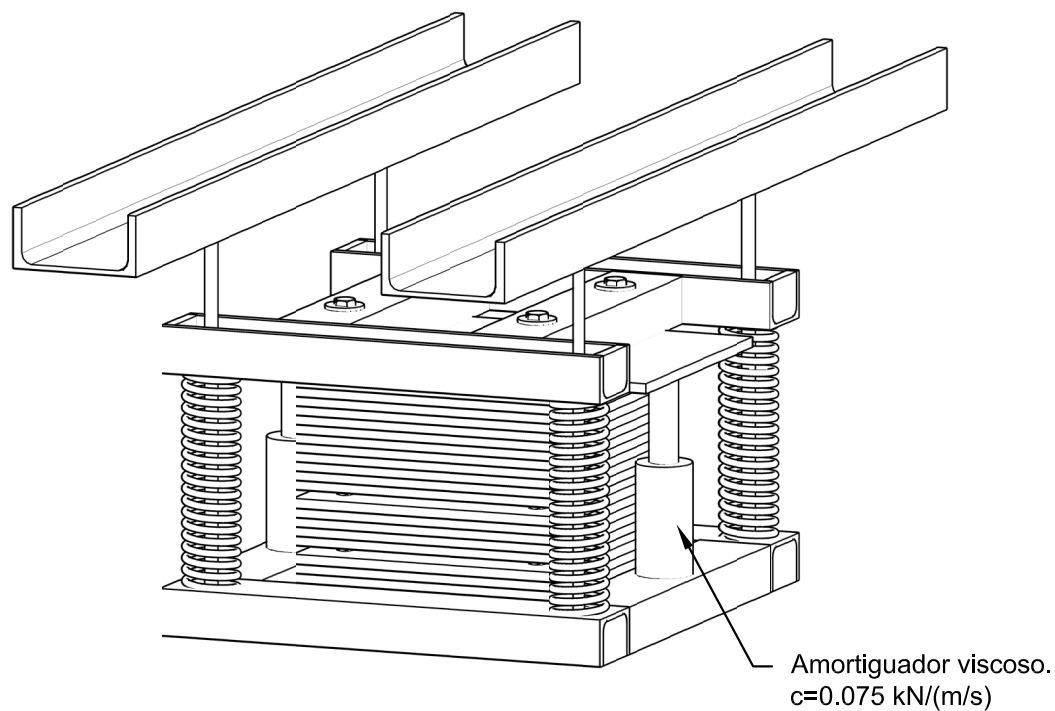
**Vista Alzado.**  
Escala 1:5



**Vista Perfil.**  
Escala 1:5



**Vista 3D.**  
Escala 1:8



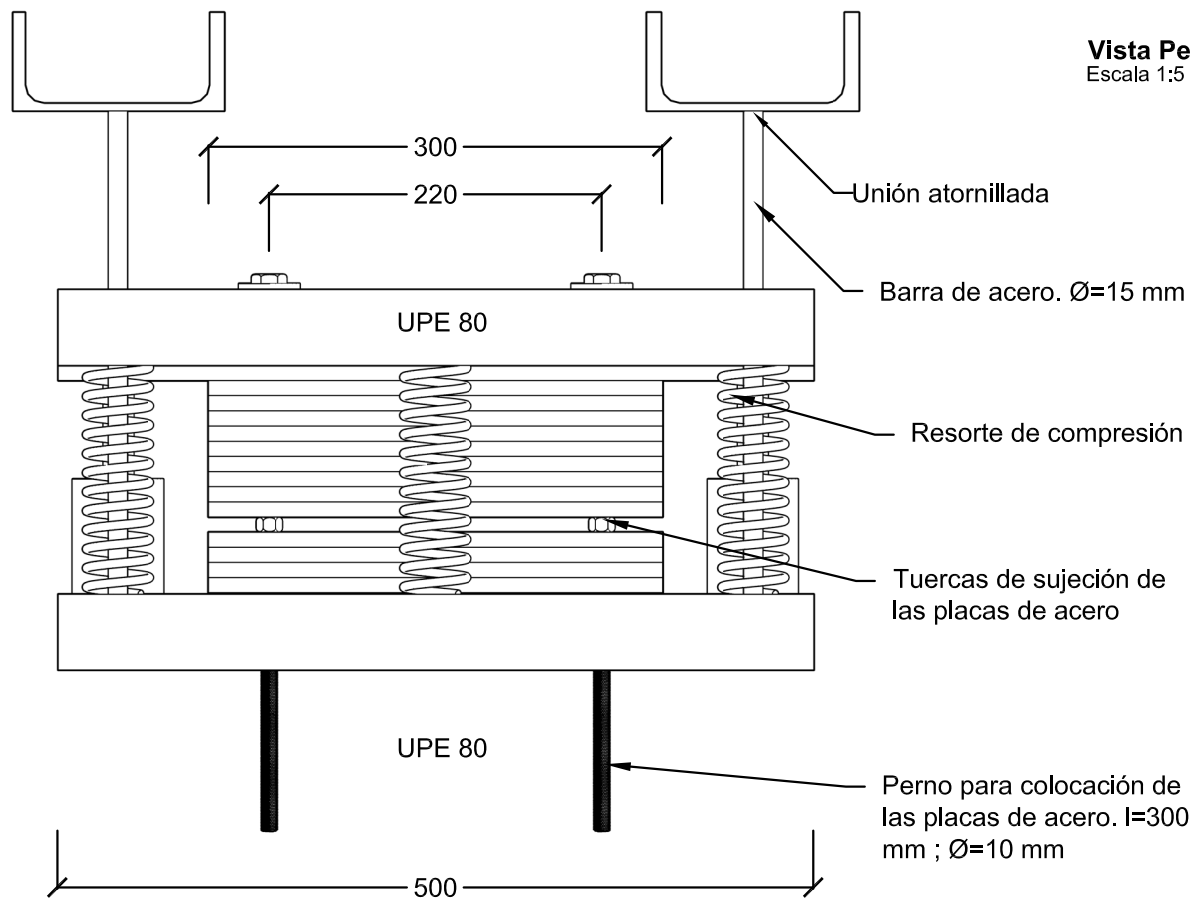
<b>TMD Tipo 1 (f=1.69 Hz)</b>	
Masa móvil (kg)	167
Rigidez del sistema (kN/m)	18.8
Dimensiones plancha (m)	0.3x0.3x0.01
Densidad del acero (kg/m <sup>3</sup> )	7850
Número de planchas	24
Material del resorte	AISI 316
Número de resortes	4
Disposición resortes	Paralelo
Rigidez de cada resorte (kN/m)	4.7
Longitud resorte libre (mm)	320
Longitud resorte cargado (mm)	232
Número de pasos	19
Diámetro del alambre (mm)	6
Diámetro exterior del resorte (mm)	55.7
Coef. de amortiguamiento (kN·/(m/s))	0.075

**Notas**

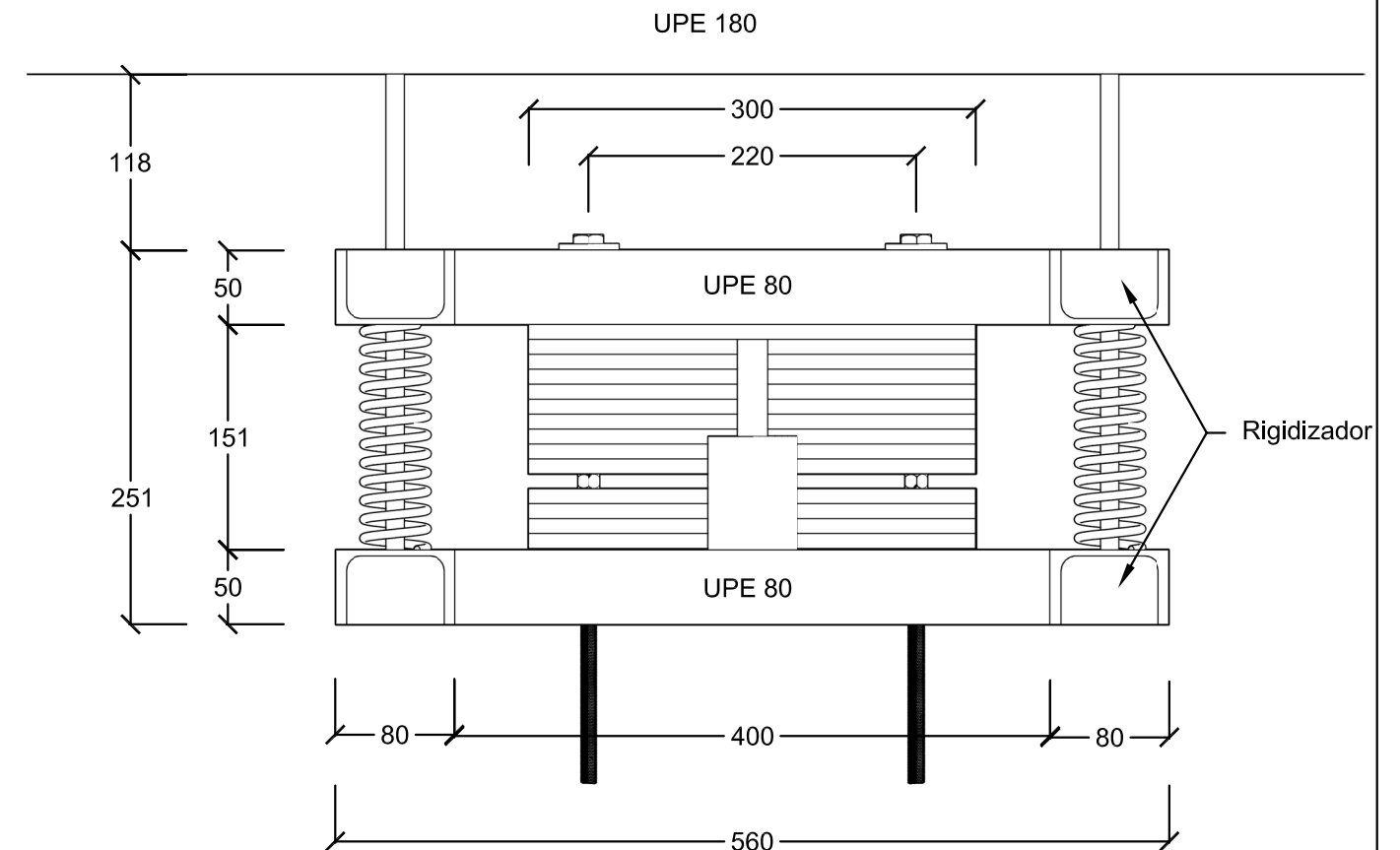
- (1) El marco inferior se unirá a los perfiles UPE180 a través de las barras de acero de 15 mm de diámetro. Una vez instalado el amortiguador de masa, el marco inferior mantendrá una posición fija respecto al tablero.
- (2) En el marco superior se cuelgan las placas de acero que se mantendrán fijas respecto a este marco. El conjunto del marco superior y las planchas forman la masa móvil. Su movimiento se ve condicionado por los resortes de compresión y los amortiguadores viscosos.
- (3) Las tuercas representadas en el plano sirven para sujetar las placas de acero durante el montaje. Puesto que las placas se introducen por el interior del marco inferior, estas tuercas hacen que el operario pueda fijar un número determinado de placas y proseguir con el montaje sin tener que soportar el peso de parte de la masa móvil.
- (4) El montaje del amortiguador de masa sintonizada se puede analizar en detalle en el plano n.º 3: "Montaje del amortiguador de masa sintonizada".



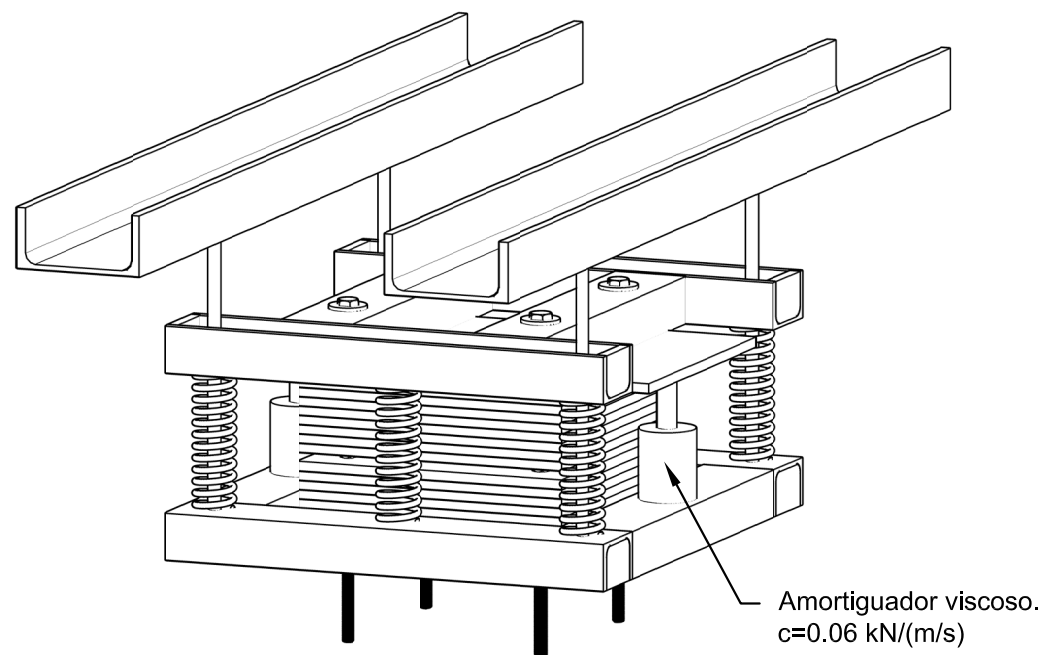
**Vista Alzado.**  
Escala 1:5



**Vista Perfil.**  
Escala 1:5



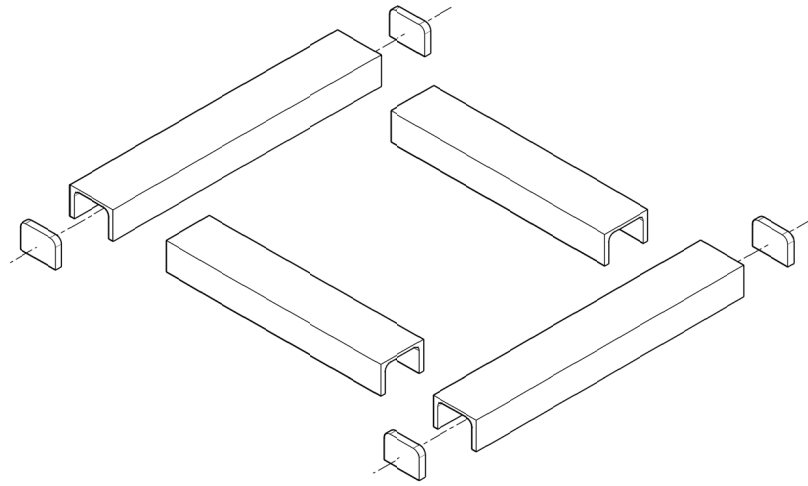
**Vista 3D.**  
Escala 1:8



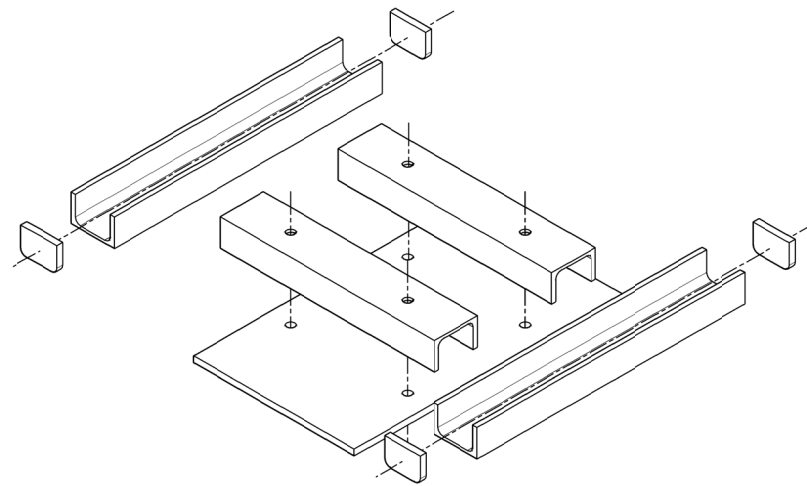
<b>TMD Tipo 2 (f=3.58 Hz)</b>	
Masa móvil (kg)	100
Rigidez del sistema (kN/m)	50.6
Dimensiones plancha (m)	0.3x0.3x0.01
Densidad del acero (kg/m <sup>3</sup> )	7850
Número de planchas	15
Material del resorte	AISI 316
Número de resortes	6
Disposición resortes	Paralelo
Rigidez de cada resorte (kN/m)	8.83
Longitud resorte libre (mm)	170
Longitud resorte cargado (mm)	151
Número de pasos	12
Diámetro del alambre (mm)	5
Diámetro exterior del resorte (mm)	41.7
Coef. de amortiguamiento (kN·/(m/s))	0.06

**Notas**

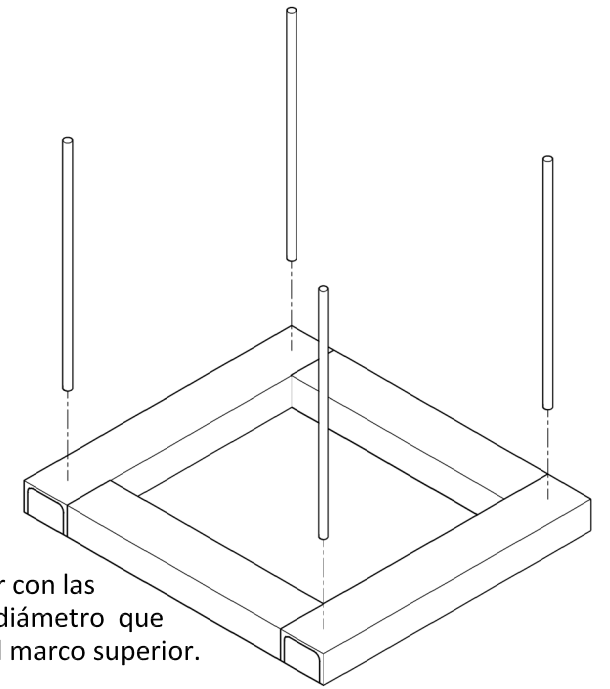
- (1) El marco inferior se unirá a los perfiles UPE180 a través de las barras de acero de 15 mm de diámetro. Una vez instalado el amortiguador de masa, el marco inferior mantendrá una posición fija respecto al tablero.
- (2) En el marco superior se cuelgan las placas de acero que se mantendrán fijas respecto a este marco. El conjunto del marco superior y las planchas forman la masa móvil. Su movimiento se ve condicionado por los resortes de compresión y los amortiguadores viscosos.
- (3) Las tuercas representadas en el plano sirven para sujetar las placas de acero durante el montaje. Puesto que las placas se introducen por el interior del marco inferior, estas tuercas hacen que el operario pueda fijar un número determinado de placas y proseguir con el montaje sin tener que soportar el peso de parte de la masa móvil.
- (4) El montaje del amortiguador de masa sintonizada se puede analizar en detalle en el plano n.º 3: "Montaje del amortiguador de masa sintonizada".



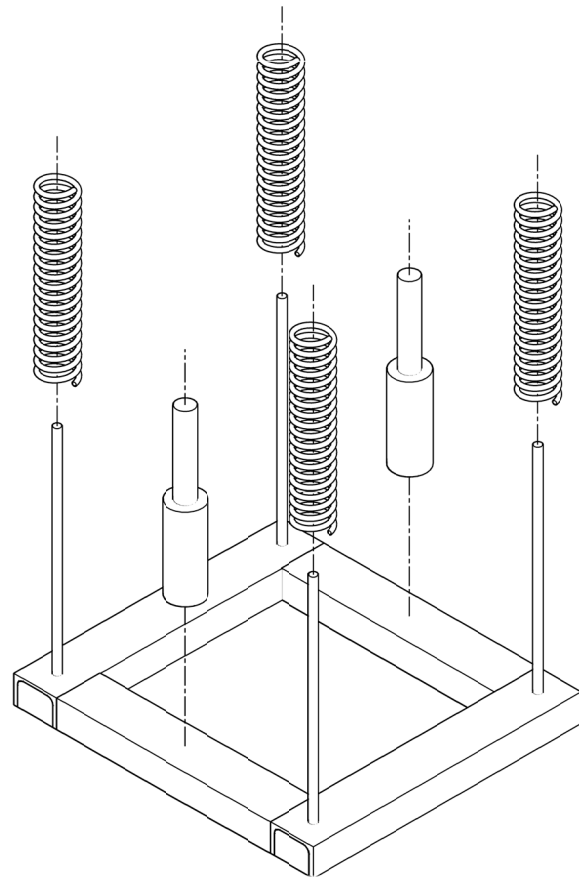
(1) Formación del marco inferior mediante unión soldada. Se dispondrán de rigidizadores en la uniones para impedir que las alas del perfil puedan deformarse.



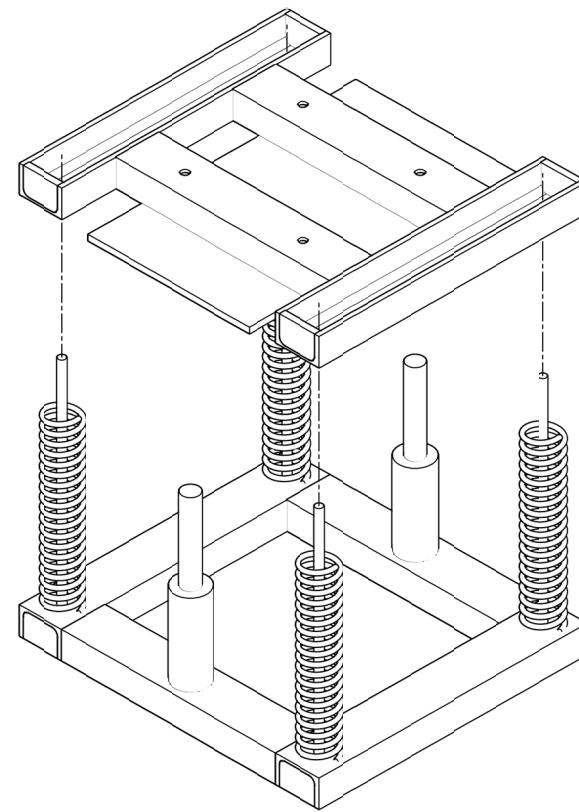
(2) Formación del marco superior mediante unión soldada. Se dispondrán rigidizadores del mismo modo que en el marco inferior. El marco superior lleva soldado además, una placa rectangular de acero de 500x300x10 mm para unirlo con el amortiguador viscoso.



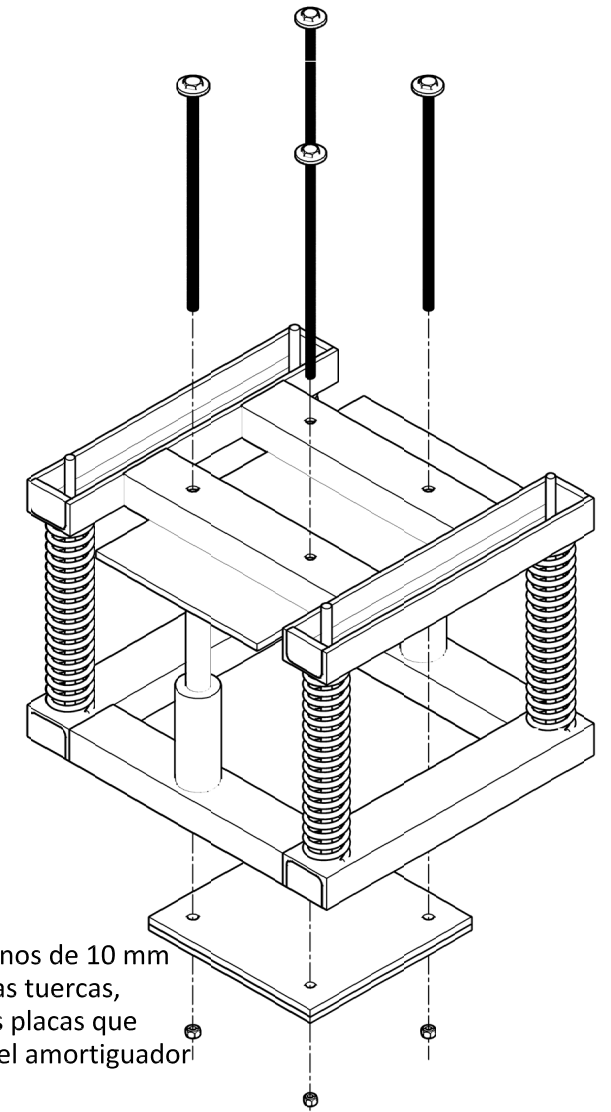
(3) Unión del marco inferior con las barras de acero de 15 mm de diámetro que servirán de guía al movim. del marco superior. Esta unión será atornillada.



(4) Colocación de los resortes de compresión sobre las barras de acero anteriormente colocadas y de los amortiguadores viscosos. Se colocarán 4 o 6 resortes de compresión según el amortiguador sea del tipo 1 o tipo 2 respectivamente.



(5) Colocación del marco superior. Unión tanto de los resortes de compresión a los perfiles UPE80 del marco superior como de los amortiguadores viscosos a la placa de acero del marco superior.



(6) Colocación de los pernos de 10 mm de diámetro que junto a las tuercas, servirán de sujeción de las placas que conforma la masa móvil del amortiguador de masa sintonizada.

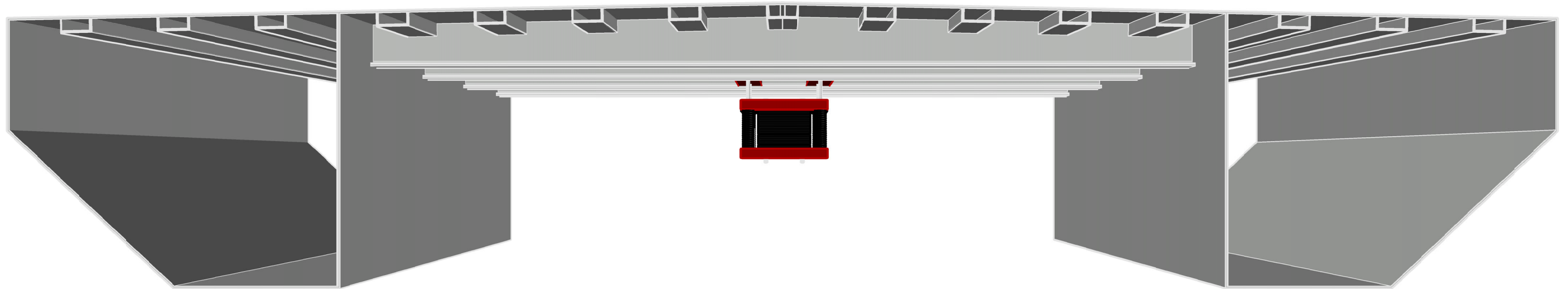


**TÍTULO DE INFOGRAFÍA**

**Nº DE HOJAS**

- 1. Vista lateral del amortiguador de masa sintonizada.....1
- 2. Vista frontal del amortiguador de masa sintonizada.....1
- 3. Vista inferior del amortiguador de masa sintonizada.....1





**Notas**

(1) Los colores no representan la realidad. Se emplean estos colores para ayudar a resaltar el amortiguador de masa sintonizada del tablero de la pasarela.

**Leyenda**

- Elementos de la estructura original.
- Elementos que conforman el amortiguador de masa sintonizada.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**TÍTULO:**

"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA PASARELA DEL 'PASSEIG DE LES GERMANIES', SOBRE EL RÍO SERPIS, EN GANDIA (VALENCIA)"

**TÍTULO DE LA INFOGRAFÍA:**

VISTA LATERAL DEL AMORTIGUADOR DE MASA SINTONIZADA

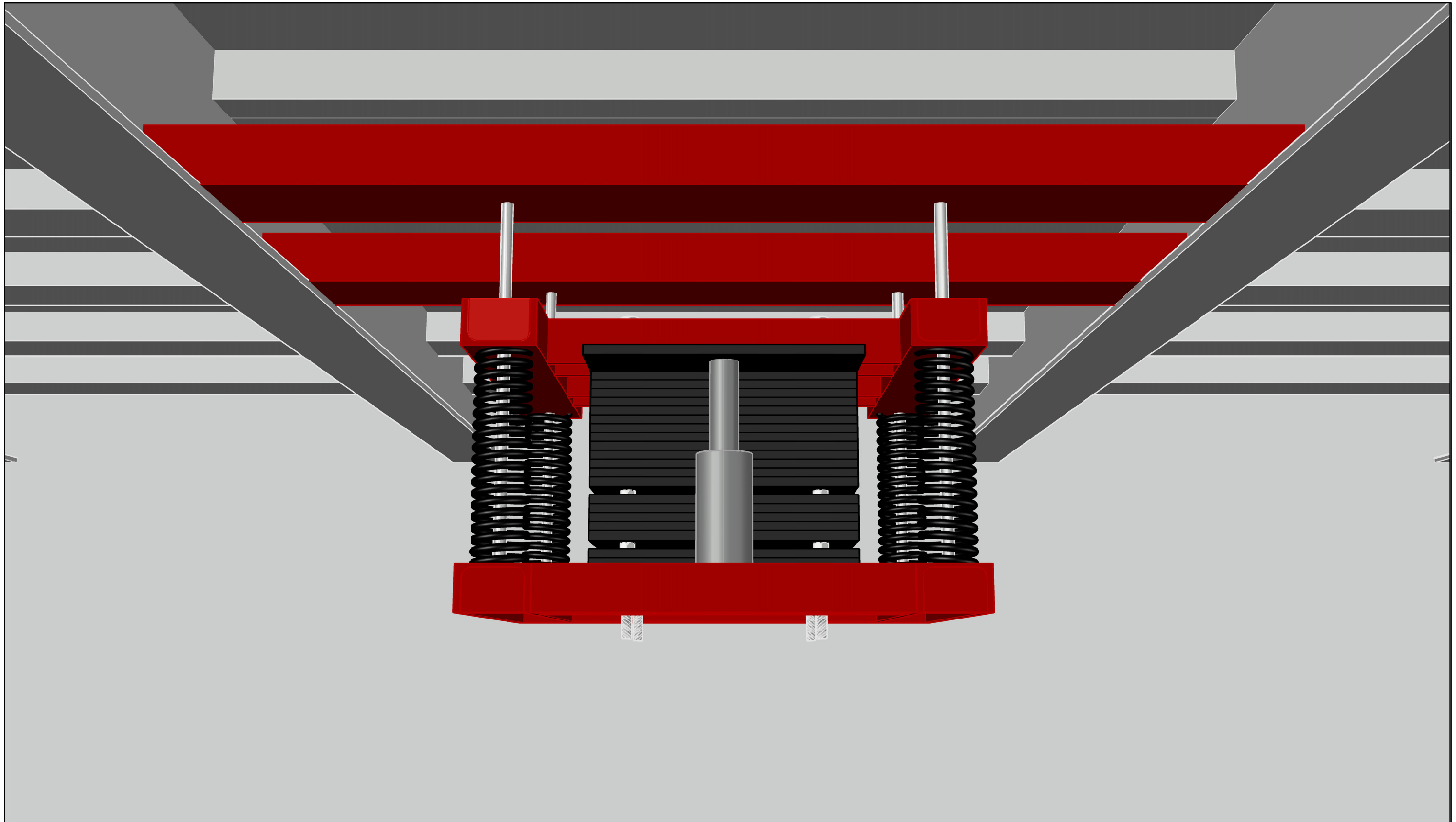
**FECHA:**

Agosto 2020

**Nº DE INFOGRAFÍA:**

1





**Notas**

(1) Los colores no representan la realidad. Se emplean estos colores para ayudar a resaltar el amortiguador de masa sintonizada del tablero de la pasarela.

(2) El amortiguador de masa sintonizada se une al tablero soldando los perfiles UPE180 del dispositivo a las alas del perfil IPE que rigidiza transversalmente la chapa superior del tablero.

**Leyenda**

- Elementos de la estructura original.
- Elementos que conforman el amortiguador de masa sintonizada.



**TÍTULO:**

"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA PASARELA DEL 'PASSEIG DE LES GERMANIES', SOBRE EL RÍO SERPIS, EN GANDIA (VALENCIA)"

**TÍTULO DE LA INFOGRAFÍA:**

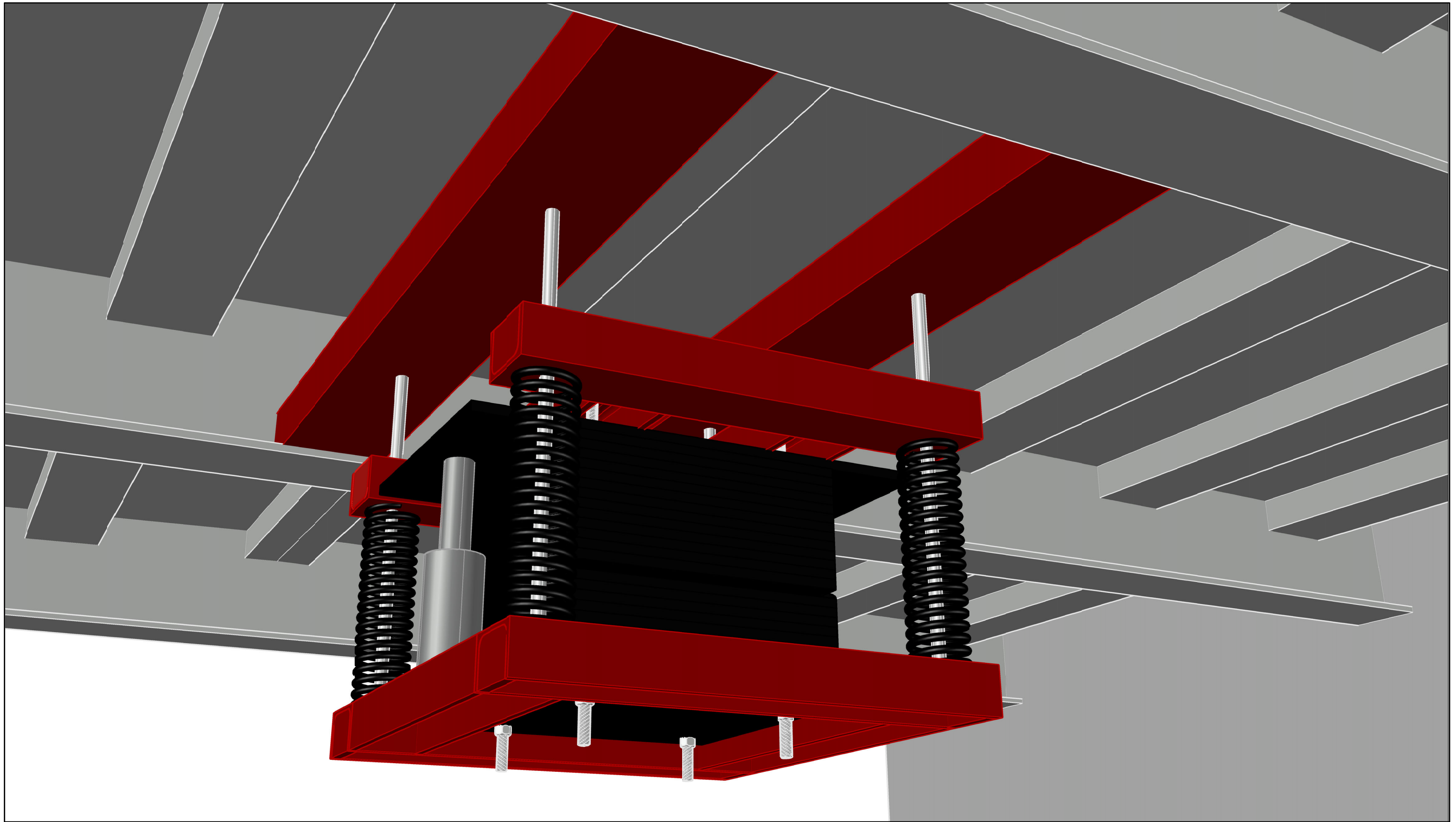
VISTA FRONTAL DEL AMORTIGUADOR DE MASA SINTONIZADA

**FECHA:**

Agosto 2020

**Nº DE INFOGRAFÍA:**

2



**Notas**

(1) Los colores no representan la realidad. Se emplean estos colores para ayudar a resaltar el amortiguador de masa sintonizada del tablero de la pasarela.

**Leyenda**

- Elementos de la estructura original.
- Elementos que conforman el amortiguador de masa sintonizada.



**TÍTULO:**

"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA PASARELA DEL 'PASSEIG DE LES GERMANIES', SOBRE EL RÍO SERPIS, EN GANDIA (VALENCIA)"

**TÍTULO DE LA INFOGRAFÍA:**

VISTA INFERIOR DEL AMORTIGUADOR DE MASA SINTONIZADA

**FECHA:**

Agosto 2020

**Nº DE INFOGRAFÍA:**

3

## DOCUMENTO N.º 3

# ANEJO (I): DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS

José Luis Mocholí Garrido

Carlos Pérez Fuentes

## CONTENIDO

1.	Introducción.....	3
2.	Herramientas de modelización.....	4
3.	Modelo global estado actual.....	5
3.1.	Materiales.....	5
3.2.	Geometría.....	6
3.3.	Elementos finitos y propiedades mecánicas.....	14
3.3.1.	Tablero.....	14
3.3.2.	Pilono.....	15
3.3.3.	Riostra del pilono.....	16
3.3.4.	Cables de los tirantes.....	17
3.3.5.	Viga rígida sin peso.....	17
3.4.	Acciones.....	18
3.4.1.	Cargas gravitatorias.....	18
3.4.2.	Tesado de tirantes.....	25
3.4.3.	Acción dinámica de peatones.....	27
4.	Modelo global alternativa barandillas.....	28
4.1.	Geometría.....	28
4.2.	Elementos finitos y propiedades mecánicas.....	28
4.3.	Acciones.....	29
5.	Modelo global alternativa aumento de masa.....	30
5.1.	Acciones.....	30
6.	Modelo global solución TMD.....	31
6.1.	Geometría.....	31
6.2.	Elementos finitos y propiedades mecánicas.....	31
6.3.	Acciones.....	32
7.	Modelo local tablero.....	33
7.1.	Materiales.....	33
7.2.	Geometría.....	33
7.3.	Elementos finitos y propiedades mecánicas.....	41
7.4.	Acciones.....	42
7.5.	Resultados.....	45

## 1. Introducción

En el presente anejo se describen los modelos estructurales utilizados para el desarrollo del estudio. Además del carácter descriptivo, este anejo presenta una intención justificativa relacionada con aspectos que requieren mayor atención como, por ejemplo, la discretización de elementos, la obtención de propiedades seccionales y otros.

Son cinco los modelos descritos en este anejo, todos ellos realizados en el programa informático SAP2000. A continuación, se muestra una breve descripción de estos:

- *Modelo global estado actual.* Se trata de un modelo tridimensional de la pasarela en su estado actual. Se utilizan elementos finitos unidimensionales para representar el tablero, el pilono y los tirantes. Se ha utilizado, en general, para comprender el comportamiento dinámico de la estructura y, en particular, para realizar las comprobaciones de ELS de vibraciones, ELU de fatiga y ELU accidental. Incorpora en su definición los resultados tanto del trabajo de calibración realizado con ensayos in situ como los resultados obtenidos del *Modelo local del tablero*.
- *Modelo global alternativa barandillas.* Se trata de un modelo tridimensional de la pasarela similar al modelo denominado *Modelo global estado actual*, pero incluyendo ciertas modificaciones que permiten analizar la alternativa basada en el aumento de la rigidez del tablero mediante la incorporación estructural de las barandillas. Se ha utilizado para el estudio de soluciones de los problemas de vibración de la pasarela.
- *Modelo global alternativa aumento masa.* Al igual que el anterior modelo se trata de una modificación del *Modelo global estado actual*, esta vez con el objetivo de valorar la alternativa basada en el aumento de la masa en el tablero mediante el incremento del espesor del pavimento. De la misma forma que el anterior, se ha utilizado para el estudio de soluciones de los problemas de vibración.
- *Modelo global solución TMD.* Se trata de un modelo tridimensional de la pasarela similar al modelo denominado *Modelo global estado actual* al cual se le ha añadido un conjunto de elementos que simulan la instalación de amortiguadores de masa sintonizada (TMD). Se ha utilizado para evaluar la alternativa basada en la instalación de TMD en el estudio de soluciones y, posteriormente, dado que se trata de la alternativa escogida, definir en detalle la solución.
- *Modelo local tablero.* Se trata de un modelo tridimensional que representa una porción de 37.5m del tablero en su estado actual. A diferencia de los anteriores, éste es un modelo local. Está conformado por elementos finitos bidimensionales que representan la chapa plegada y elementos finitos unidimensionales que representan los elementos rigidizadores longitudinales y la triangulación de la parte inferior del tablero. Se ha utilizado para definir con precisión las propiedades mecánicas del tablero actual y poder incorporar dichos valores en el *modelo global estado actual*.

Se puede realizar la siguiente distinción respecto a la autoría de los modelos:

- El *Modelo global estado actual* ha sido generado por la colaboración de ambos autores del estudio, Carlos Pérez y José Luis Mocholí.
- El *Modelo global alternativa barandillas*, el *Modelo global alternativa aumento masa* y el *Modelo global solución TMD* han sido generados por el autor de este estudio José Luis Mocholí partiendo del *Modelo global estado actual*.
- El *Modelo local tablero* ha sido generado por el autor de este estudio Carlos Pérez.

Para asegurar la claridad de este anejo se ha decidido no incluir la descripción de las versiones previas de los modelos globales de la pasarela. Dichas versiones fueron realizadas antes del trabajo de calibración, que permitió identificar que la geometría real del vano central de la estructura difería considerablemente de la geometría del proyecto original que se había tomado como referencia. Este hecho queda reflejado en el apartado 5. *Calibración. Objetivos, resultados y discusión* durante el cual, en ciertos momentos, se hace referencia a los resultados de las versiones previas.

El presente anejo está compuesto por el actual apartado introductorio, un apartado sobre las herramientas utilizadas y un conjunto de cinco apartados por cada uno de los modelos.

## 2. Herramientas de modelización

La herramienta de modelización principal ha sido el programa informático SAP2000 versión 21 de la compañía estadounidense *Computers and Structures Inc. (CSI)*, especializada en software estructural e ingeniería sísmica fundada en 1975. (Referencia: *Computers and Structures, Inc. (2011). «Computers and Structures, Inc. official website»*).

Respecto al programa SAP2000, utilizado para la modelización en este estudio cabe destacar la siguiente lista de características:

- SAP2000 es un programa de elementos finitos con interfaz gráfico 3D. Dichos elementos finitos pueden tratarse tanto de elementos unidimensionales como bidimensionales.
- Permite realizar tanto cálculos estáticos lineales como cálculos estáticos no lineales mediante el método P-delta.
- Permite realizar un análisis modal mediante el método de los vectores y valores propios (*Eigenvectors* y *Eigenvalues*) para determinar las frecuencias y modos propios de vibración considerando. En este análisis se puede incluir la matriz de rigidez de los elementos resultante de la última iteración del cálculo P-delta bajo un caso de carga determinado.
- Permite calcular la respuesta de la estructura frente a una acción dependiente del tiempo (*Time history*) mediante el procedimiento de la descomposición modal o mediante una integración directa de la ecuación de movimiento.
- Incluye elementos similares a los muelles, pero caracterizados por constantes de rigidez y amortiguamiento.

Otras herramientas utilizadas para el desarrollo de los modelos han sido la hoja de cálculo de Excel el y programa de representación gráfica de AutoCAD. Mediante AutoCAD se ha podido importar la geometría de los elementos mientras y, mediante Excel, se han podido editar los datos de entrada de los modelos eludiendo la interfaz gráfica de SAP2000. El acceso a los datos de entrada desde Excel permite solventar algunos déficits de interactividad usuario-SAP2000 relacionados con la repetición

de constricciones (*Constraints*) entre elementos. Este problema se presentó en mayor medida en el *modelo local tablero* por la unión entre los elementos de la chapa y los rigidizadores longitudinales.

La herramienta Excel también permite trabajar con los datos de salida exportados directamente desde el modelo en SAP2000.

### 3. Modelo global estado actual

#### 3.1. Materiales

Los materiales que componen el modelo son los siguientes:

- **Acero S275:** Es el material del que está compuesto el elemento tablero en el modelo. En la realidad el material con el que se construyó el tablero es un acero a-42 b. Esta denominación corresponde a la antigua norma NBE EA-95 e indica que la resistencia a tracción garantizada es  $42 \text{ kp/mm}^2$  (420 MPa). El límite elástico de este material para chapas de espesor inferior a 16mm es  $f_{yk}=260 \text{ MPa}$  por lo que el material comercial definido en las normativas actuales más parecido resulta ser un acero S275. A continuación, se enumeran sus características:

- *Módulo de elasticidad  $E = 210 \text{ GPa}$*
- *Límite elástico  $f_{yk} = 260 \text{ MPa}$*
- *Límite de resistencia  $f_u = 420 \text{ MPa}$*
- *Coefficiente de Poisson  $\nu = 0.3$*
- *Coefficiente de expansión térmica  $\alpha = 1.17 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$*
- *Peso específico  $\gamma = 0 \text{ kN/m}^3$  <sup>(1)</sup>*
- *Densidad  $\rho = 0 \text{ kg/m}^3$  <sup>(1)</sup>*

<sup>(1)</sup> La atribución de una densidad y un peso específico nulo al material se explica por el hecho de que el peso propio del tablero se ha asignado al modelo a través de una carga gravitatoria repartida sobre los elementos lineales que conforman el tablero. Igualmente, la masa asociada a este material, necesaria para el cálculo dinámico, se define a partir de la carga gravitatoria asignada. Esta forma de proceder no es arbitraria, responde a la necesidad de variar la propiedad mecánica del área del elemento tablero sin que afecte a la masa total de la estructura. El área del tablero en el modelo puede variar dependiendo de si se considera o no la sección reducida por clase 4, la reducción por arrastre de cortante en las alas o la aportación de rigidez a axil por parte de la estructura triangulada de la parte inferior del tablero.

- **Acero de pretensar Y1670:** Es el material del cual están compuestos los elementos de los tirantes en el modelo. En la realidad el material que compone los cables de los tirantes es un acero de pretensar AH 1670 R2. El número 1670 hace referencia a que presenta una carga máxima unitaria de  $f_{m\acute{a}x}=1670 \text{ MPa}$ . La nomenclatura comercial actual de un material con características similares sería Y1670. A continuación, se enumeran sus características:

- *Módulo de elasticidad  $E = 195 \text{ GPa}$*
- *Límite elástico  $f_{yk} = 1417 \text{ MPa}$*
- *Carga máxima unitaria  $f_{m\acute{a}x} = 1670 \text{ MPa}$*

- *Coefficiente de Poisson*  $\nu = 0.3$
- *Coefficiente de expansión térmica*  $\alpha = 1.17 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- *Peso específico*  $\gamma = 0 \text{ kN/m}^3$  <sup>(2)</sup>
- *Densidad*  $\rho = 0 \text{ kg/m}^3$  <sup>(2)</sup>

<sup>(2)</sup>Se ha decidido incorporar la masa y el peso de los cables junto a los de los otros materiales que conforman los tirantes (recubrimiento de mortero y vaina de polietileno) como una única carga gravitatoria distribuida a lo largo de cada uno de estos elementos.

- Hormigón armado C35/45: Es el material del cual están compuestos los elementos del pilono. La nomenclatura en el proyecto original de este material es H-350. A continuación, se enumeran sus características:

- *Módulo de elasticidad*  $E_{cm} = 34 \text{ GPa}$
- *Límite elástico*  $f_{yk} = 35 \text{ MPa}$
- *Coefficiente de Poisson*  $\nu = 0.2$
- *Coefficiente de expansión térmica*  $\alpha = 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- *Peso específico*  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- *Densidad*  $\rho = 2550 \text{ kg/m}^3$

- Rígido sin peso: Es el material del cual están compuestos los dos elementos auxiliares que materializan el apoyo del tablero sobre el pilono. Las características que presenta son las de un elemento auxiliar del cual se pretende que, como su nombre indica, sea muy rígido y no tenga masa:

- *Módulo de elasticidad*  $E_{cm} = 2 \cdot 10^4 \text{ GPa}$
- *Coefficiente de Poisson*  $\nu = 0.3$
- *Coefficiente de expansión térmica*  $\alpha = 1.17 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- *Peso específico*  $\gamma = 0 \text{ kN/m}^3$
- *Densidad*  $\rho = 0 \text{ kg/m}^3$

### 3.2. Geometría

En este apartado se presenta el esquema estructural del modelo, la posición de los puntos que los conforman y la conectividad entre los puntos para la formación de los elementos tipo barras.

La denominación de los nudos es la siguiente:

- Tablero: NTABXX. El punto inicial del tablero es NTAB-15 y el punto final NTAB47. Se produce un salto en la denominación entre NTAB-1 y NTAB2 pero no se trata de ningún tipo de discontinuidad estructural en el tablero. El origen del eje X se encuentra entre los dos últimos nudos mencionados.



- Pilono: NPXXI o NPXXD dependiendo si ocupa la posición norte (I) o la posición sur (D). Los puntos extremos del pilono son NP01 y NP07.
- Tirantes: NPDXXI o NPDXXD dependiendo si ocupa la posición norte (I) o la posición sur (D). Solo se han definido los puntos extremos (anclaje) de los tirantes puesto que los puntos intermedios se forman por subdivisión.

Las condiciones de contorno quedan reflejadas en el esquema estructural, pero se resumen a continuación:

- Base del pilono: todos los desplazamientos y giros restringidos.
- Apoyo del tablero sobre pilas y estribo izquierdo: desplazamientos verticales y transversales y giros de torsión restringidos.
- Anclaje del tirante 5 en el estribo derecho (NPD09I y NPD09D): todos los desplazamientos restringidos.
- Apoyo del tablero sobre el estribo derecho: todos los desplazamientos y el giro de torsión impedidos.

A continuación, se muestran las tablas con las coordenadas de los nudos:

COORDENADAS PUNTOS PILONO			
DENOMINACIÓN	X(m)	Y(m)	Z(m)
NP01D	85	-3.75	11.8
NP01I	85	3.75	11.8
NP02D	85	-3.75	16.8
NP02I	85	3.75	16.8
NP03D	85	-3.75	21.8
NP03I	85	3.75	21.8
NP04D	85	-4.05	28.45
NP04I	85	4.05	28.45
NP05D	85	-4.05	35.1
NP05I	85	4.05	35.1
NP06D	85	-4.05	41.75
NP06I	85	4.05	41.75
NP07D	85	-4.05	48.4
NP07I	85	4.05	48.4
NP03DBIS	85	-4.05	21.8
NP03IBIS	85	4.05	21.8

Tabla 1 Coordenadas de los nudos del pilono. (Fuente: elaboración propia).

COORDENADAS PUNTOS TABLERO			
DENOMINACIÓN	X(m)	Y(m)	Z(m)
NTAB-15	-35.55	0	20.5046
NTAB-14	-33.05	0	20.53834
NTAB-13	-30.55	0	20.58022
NTAB-12	-28.05	0	20.63023
NTAB-11	-25.55	0	20.68836
NTAB-10	-23.05	0	20.75463
NTAB-9	-20.55	0	20.82903
NTAB-8	-18.05	0	20.91156
NTAB-7	-15.55	0	21.00223
NTAB-6	-13.05	0	21.10102
NTAB-5	-10.55	0	21.20794
NTAB-4	-8.05	0	21.323
NTAB-3	-5.55	0	21.44619
NTAB-2	-3.05	0	21.5775
NTAB-1	-0.55	0	21.71695
NTAB2	2.5	0	21.897
NTAB3	5	0	22.0545
NTAB4	7.5	0	22.212
NTAB5	10	0	22.351
NTAB6	12.5	0	22.47
NTAB7	15	0	22.59
NTAB8	17.5	0	22.692
NTAB9	20	0	22.794
NTAB10	22.5	0	22.8775
NTAB11	25	0	22.961
NTAB12	27.5	0	23.0255
NTAB13	30	0	23.09
NTAB14	32.5	0	23.1365
NTAB15	35	0	23.183
NTAB16	37.5	0	23.2105
NTAB17	40	0	23.238
NTAB18	42.5	0	23.2475
NTAB19	45	0	23.257
NTAB20	47.5	0	23.253
NTAB21	50	0	23.249
NTAB22	52.5	0	23.2375
NTAB23	55	0	23.226
NTAB24	57.5	0	23.207
NTAB25	60	0	23.188
NTAB26	62.5	0	23.1615
NTAB27	65	0	23.135
NTAB28	67.5	0	23.1005
NTAB29	70	0	23.066
NTAB30	72.5	0	23.024

NTAB31	75	0	22.982
NTAB32	77.5	0	22.932
NTAB33	80	0	22.882
NTAB34	82.5	0	22.8245
NTAB35	85	0	22.767
NTAB36	87.5	0	22.702
NTAB37	90	0	22.637
NTAB38	92.5	0	22.5645
NTAB39	95	0	22.492
NTAB40	97.5	0	22.4115
NTAB41	100	0	22.331
NTAB42	102.5	0	22.243
NTAB43	105	0	22.155
NTAB44	107.5	0	22.0595
NTAB45	110	0	21.964
NTAB46	112.5	0	21.864
NTAB47	115	0	21.764

Tabla 2 Coordenadas de los nudos del tablero. (Fuente: elaboración propia).

COORDENADAS PUNTOS TIRANTES			
DENOMINACIÓN	X(m)	Y(m)	Z(m)
NPD01D	32.5	-4.05	22.984
NPD01I	32.5	4.05	22.984
NPD02D	85	-4.05	48.9
NPD02I	85	4.05	48.9
NPD03D	50	-4.05	23.28
NPD03I	50	4.05	23.28
NPD04D	85	-4.05	48.65
NPD04I	85	4.05	48.65
NPD05D	67.5	-4.05	23.158
NPD05I	67.5	4.05	23.158
NPD07D	100	-4.05	22.354
NPD07I	100	4.05	22.354
NPD09D	115	-4.05	21.714
NPD09I	115	4.05	21.714

Tabla 3 Coordenadas de los nudos del tablero. (Fuente: elaboración propia).

COORDENADAS PUNTOS AUXILIARES DEL APOYO TABLERO-PILONO			
DENOMINACIÓN	X(m)	Y(m)	Z(M)
1	85	-3	22.267
2	85	3	22.267

Tabla 4 Coordenadas de los nudos del tablero. (Fuente: elaboración propia).

Los tirantes quedan definidos por la unión de dos puntos tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tirante	Punto anclaje en tablero	Punto anclaje en pilono
Tirante 1 Norte	NPD01I	NPD02I
Tirante 1 Sur	NPD01D	NPD02D
Tirante 2 Norte	NPD03I	NPD04I
Tirante 2 Sur	NPD03D	NPD04D
Tirante 3 Norte	NPD05I	NP07I
Tirante 3 Sur	NPD05D	NP07D
Tirante 4 Norte	NPD07I	NPD04I
Tirante 4 Sur	NPD07D	NPD04D
Tirante 5 Norte	NPD09I	NPD04I
Tirante 5 Sur	NPD09D	NPD04D

Tabla 5 Conectividad de los nudos de los tirantes. (Fuente: elaboración propia)

Cada uno de los elementos que conforman los tirantes son subdivididos en 10 partes. La generación de puntos intermedios es esencial si se pretende incluir la vibración propia de los tirantes en el análisis global dinámico de la estructura. Esto se debe al proceso de discretización y concentración de las masas (*lumped masses*) en los puntos inicial y final de cada barra.

Los anclajes tirante-tablero se materializan mediante nudos de dimensiones finitas tal y como se indica en la siguiente tabla:

Nudo de dimensión finita	Puntos que lo conforman		
PEND_1	NPD01I	NTAB14	NPD01D
PEND_2	NPD03I	NTAB21	NPD03D
PEND_3	NPD05I	NTAB28	NPD05D
PEND_4	NPD07I	NTAB41	NPD07D

Tabla 6 Nudos de dimensión finita. (Fuente: elaboración propia)

Otros nudos de dimensión finita son:

- Macizo de anclaje norte (NPD02I; NPD04I; NP07I)
- Macizo de anclaje sur (NPD02D; NPD04D; NP07D)
- Macizos de anclaje para modelar la discontinuidad de la directriz del pilono NP03I con NP03IBIS y NP03D con NP03DBIS.

Por último, para modelizar el apoyo con neopreno que se produce entre el tablero y el pilono se ha unido el punto NTAB35 del tablero con los puntos 1 y 2 para generar una barra rígida auxiliar sin peso. Este apoyo debe transmitir las fuerzas verticales y horizontales transversales desde el tablero al pilono. Sin embargo, las fuerzas horizontales longitudinales no deben de poder transmitirse para poder modelar correctamente el comportamiento a axil del tablero (los tirantes generan una fuerza de componente horizontal longitudinal sobre el tablero y la reacción a dichas fuerzas la ofrece el estribo derecho). Para solventar estas restricciones tan concretas se ha usado la herramienta "Equal"

de SAP2000 con el fin de igualar los desplazamientos transversales y verticales entre el punto NP03I y 2 en el lado norte y entre NP03D y 1 en el lado sur.

A continuación, se muestran los esquemas estructurales del pilono (YZ) y del alzado (XZ):

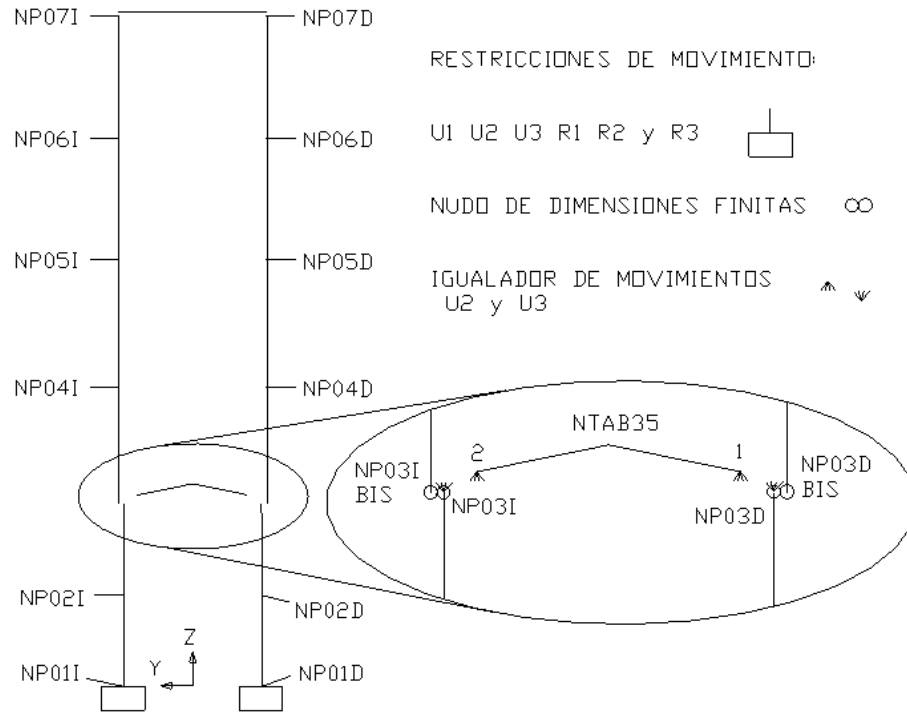
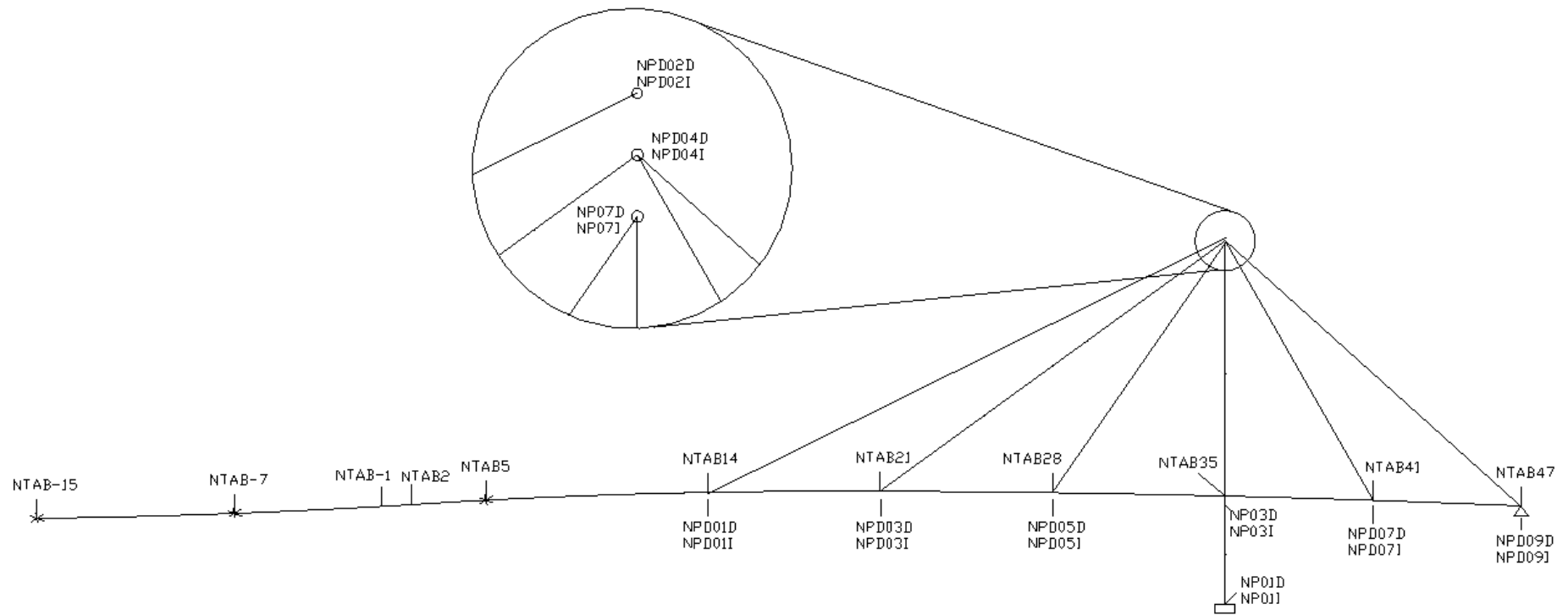


Imagen 1 Esquema estructural del pilono y su unión con el tablero. (Fuente: elaboración propia).



Condiciones de cantarno,  
movimientos restringidos:





- U1 U2 U3 R1 R2 y R3 
- U2 U3 y R1 
- U1 U2 y U3  (NPD09D)  
(NPD09I)
- U1 U2 U3 y R1  (NTAB47)

Imagen 2 Esquema estructural del alzado de la pasarela. (Fuente: elaboración propia)

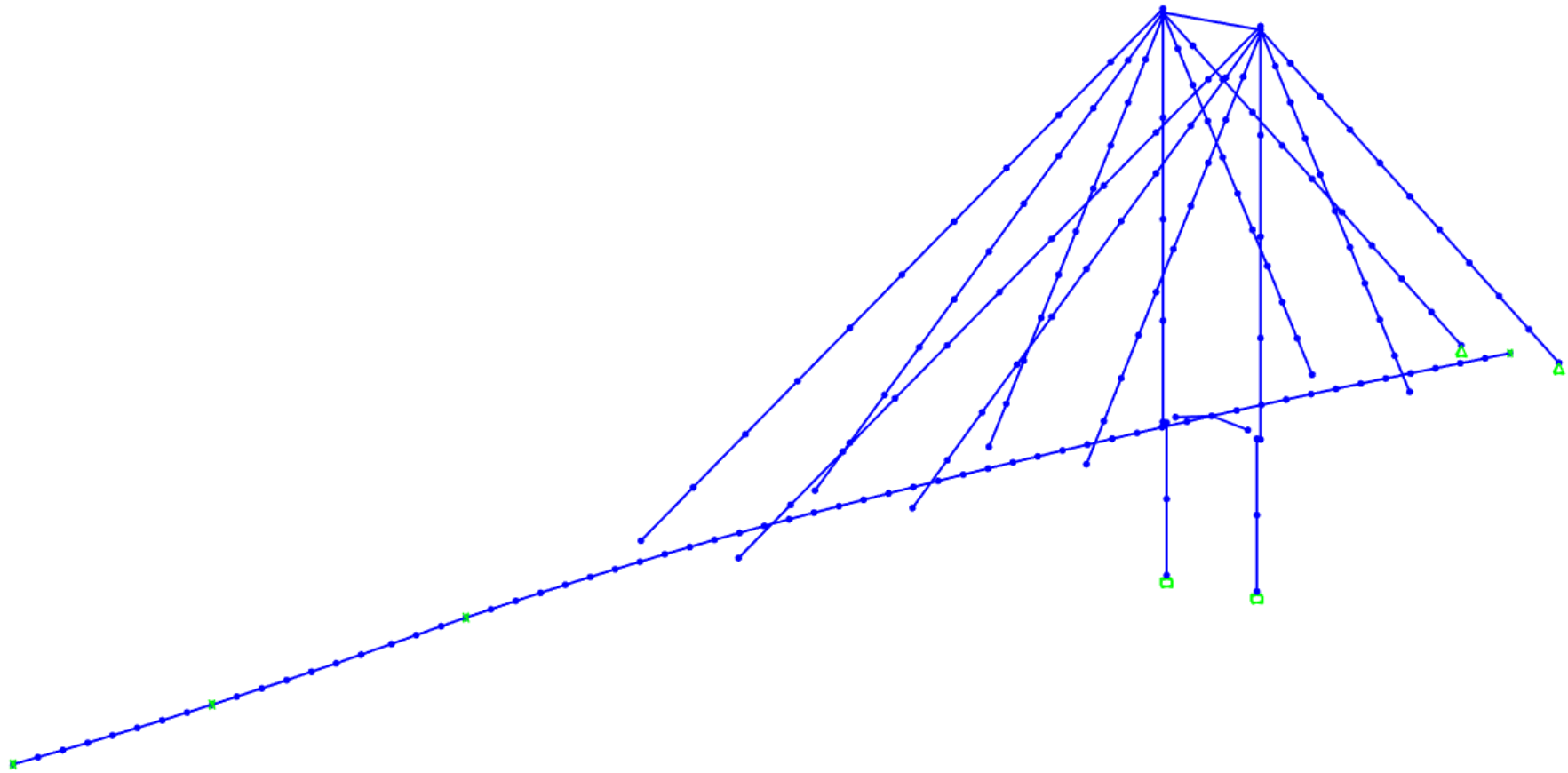


Imagen 3 Vista 3D de la geometría del modelo a través de la interfaz gráfica de SAP2000. (Fuente: elaboración propia)

### 3.3. Elementos finitos y propiedades mecánicas

#### 3.3.1. Tablero

Los comentarios al art. 18.2.2EAE-12 permiten considerar la sección bruta en el análisis estructural global cuando las condiciones de abolladura solo afecten a los paneles de alma o cuando supongan que el área reducida de los paneles comprimidos represente, al menos, la mitad de su área total. Se ha comprobado que el área reducida de los paneles comprimidos supera la mitad de su área total por lo que se aceptaría el uso de la sección bruta para el análisis.

No obstante, para la realización de este estudio no solo se requiere que una normativa acepte unas características mecánicas u otras para la definición del modelo si no que es necesario que las características mecánicas que introduzcamos en el modelo reflejen de la forma más fiel posible la respuesta mecánica de la estructura para la situación que se está analizando. De la rigidez real del tablero dependerá la frecuencia de vibración de la pasarela. Es por ello por lo que debe cuestionarse qué sección (y las propiedades mecánicas derivadas de la misma) puede representar de forma más precisa las vibraciones inducidas por los peatones.

Por ejemplo, dado que la carrera de tensiones generadas por las vibraciones en el cálculo del Estado Límite de Servicio es bastante reducida, del orden del 10% del límite elástico, y dado que las tensiones medias bajo las cargas estáticas asociadas a este análisis presentan un alto margen resistente, no parece apropiado considerar los efectos de abolladura en la determinación de la rigidez del tablero. Incluso si se diese el caso de que la sección efectiva fuese inferior al 50% de la sección bruta, para el análisis dinámico en el ELS de vibraciones seguiría siendo más realista el uso de la sección bruta.

Respecto al otro factor reductor de la sección, esto es, el efecto de arrastre de cortante en las alas, cabe destacar que, analizando el modo de vibración que más condiciona el comportamiento dinámico, se aprecia que la semionda ocupa la totalidad del vano principal. Con una separación tan alta de los puntos de inflexión de la deformada el efecto del arrastre por cortante en la chapa superior es casi inapreciable.

Para la obtención de las propiedades mecánicas del tablero se ha desarrollado un modelo local de lámina plegada de un tramo del tablero incluyendo los rigidizadores y la triangulación inferior. Este modelo se ha denominado *Modelo local tablero* y tanto su descripción y como el proceso de obtención de los resultados se encuentran en el apartado 7 del presente anejo. Así pues, las propiedades mecánicas del tablero para analizar la respuesta frente a vibraciones inducidas por peatones son las siguientes:

Características mecánicas tablero	
Área (m <sup>2</sup> )	0.142
Inercia según eje Y (m <sup>4</sup> )	0.032
Inercia según eje Z (m <sup>4</sup> )	0.772
Módulo de torsión (m <sup>4</sup> )	0.0505
Elemento finito utilizado	Navier-Bernoulli

Tabla 7 Propiedades mecánicas del tablero y tipo de elemento finito. (Fuente: elaboración propia).



## 3.3.2. Pilono

El elemento pilono presenta dos tramos de sección variable: entre la cimentación (sección -2) y el apoyo del tablero (sección -0) y entre el apoyo del tablero (sección +0) y la zona de anclaje de tirantes (sección 4). Para modelizar las características de estas secciones variables se ha decidido definir un total de 8 secciones a diferente altura y aprovechar estas secciones y la opción que presenta SAP2000 para generar las propiedades de elementos no prismáticos.

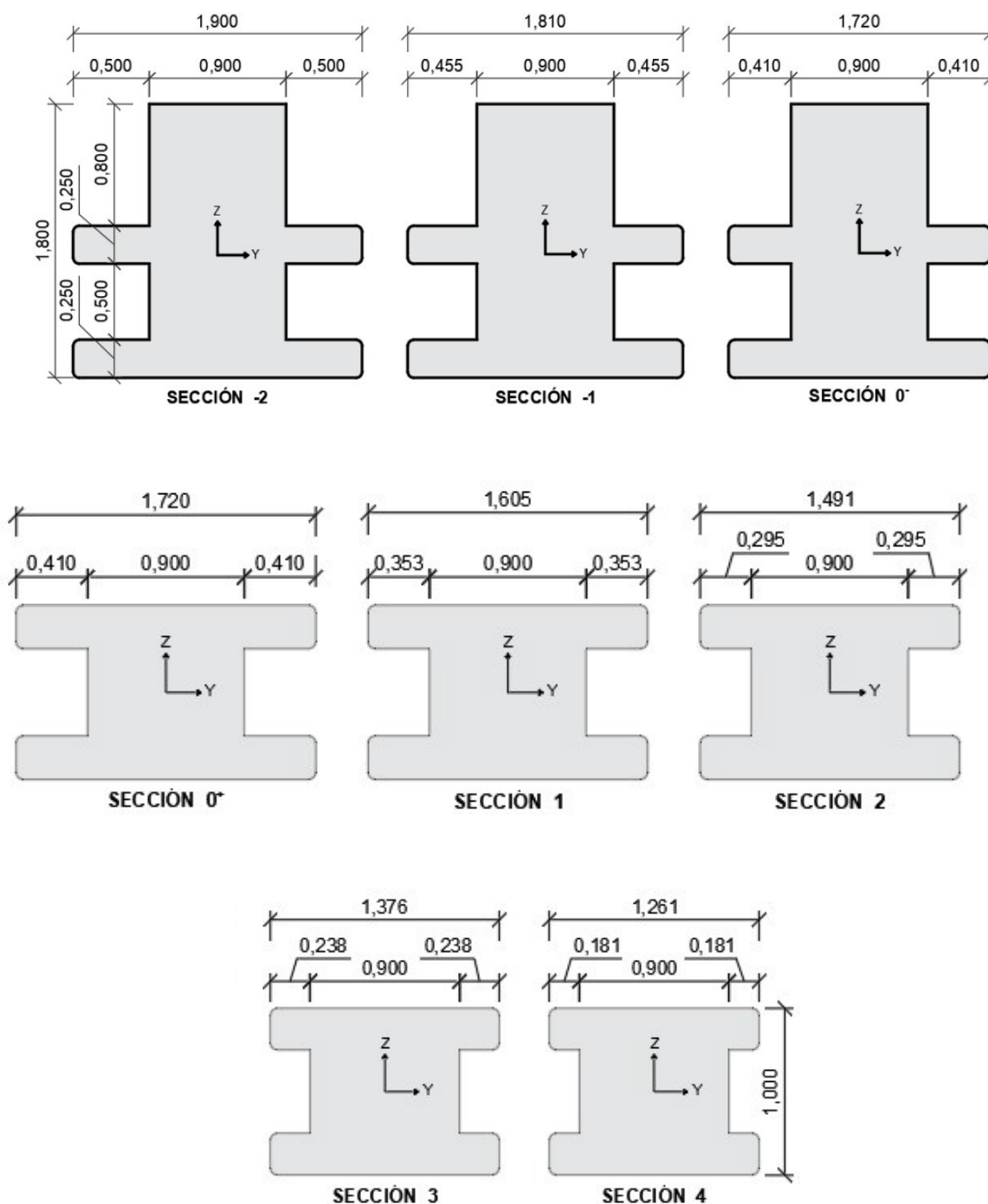


Imagen 4 Secciones transversales del pilono. (Fuente: elaboración propia)

Características mecánicas de las secciones del pilono							
Sección	Código	X (m)	Z (m)	A (m <sup>2</sup> )	I <sub>Y</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>Z</sub> (m <sup>4</sup> )	J (m <sup>4</sup> )
-2	SEC_PIL_(-2)	85.00	11.80	2.11	0.57	0.36	0.13
-1	SEC_PIL_(-1)	85.00	16.80	2.07	0.55	0.32	0.13
0 <sup>-</sup>	SEC_PIL_(-0)	85.00	21.80	2.07	0.54	0.28	0.13
0 <sup>+</sup>	SEC_PIL_(+0)	85.00	21.80	1.30	0.13	0.24	0.13
1	SEC_PIL_(1)	85.00	28.45	1.24	0.12	0.20	0.13
2	SEC_PIL_(2)	85.00	35.10	1.19	0.11	0.16	0.13
3	SEC_PIL_(3)	85.00	41.75	1.13	0.10	0.13	0.13
4	SEC_PIL_(4)	85.00	48.40	1.07	0.10	0.11	0.13

Tabla 8 Características mecánicas de las secciones del pilono. (Fuente: elaboración propia)

El material asociado a cada sección es hormigón C35/40 y no se asigna área de cortante por lo que el elemento finito utilizado es de Navier-Bernoulli.

Definición de tramos no prismáticos					
Tramo	Sección inicial	Sección final	Variación del área	Variación inercia I <sub>y</sub>	Variación inercia I <sub>z</sub>
PIL(1)	SEC_PIL_(-2)	SEC_PIL_(-1)	Lineal	Lineal	Lineal
PIL(2)	SEC_PIL_(-1)	SEC_PIL_(-0)	Lineal	Lineal	Lineal
PIL(3)	SEC_PIL_(+0)	SEC_PIL_(1)	Lineal	Lineal	Lineal
PIL(4)	SEC_PIL_(1)	SEC_PIL_(2)	Lineal	Lineal	Lineal
PIL(5)	SEC_PIL_(2)	SEC_PIL_(3)	Lineal	Lineal	Lineal
PIL(6)	SEC_PIL_(3)	SEC_PIL_(4)	Lineal	Lineal	Lineal

Tabla 9 Tramos no prismáticos del pilono. (Fuente: elaboración propia)

### 3.3.3. Riostra del pilono

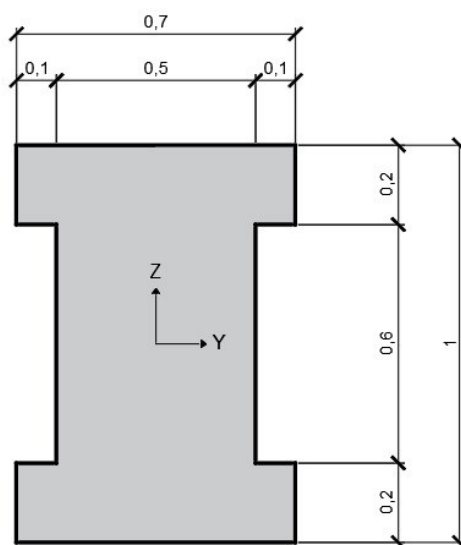


Tabla 10 Sección transversal de riostra. (Fuente: elaboración propia)

Características mecánicas riostra del pilono	
Área (m <sup>2</sup> )	0.58
Inercia en Y (m <sup>4</sup> )	0.42389
Inercia en Z (m <sup>4</sup> )	2.4641
Módulo de torsión (m <sup>4</sup> )	0.017
Material	Hormigón C35/40
Elemento finito utilizado	Navier-Bernoulli

Tabla 11 Características mecánicas de la riostra. (Fuente: elaboración propia)

### 3.3.4. Cables de los tirantes

Características mecánicas de los cables de los tirantes						
Identificador	Nº de cordones	Área cordón (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )	I <sub>Y</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>Z</sub> (m <sup>4</sup> )	
T1	PEND_1	28	0.00015	0.0042	1E-6	1E-6
T2	PEND_2	18	0.00015	0.0027	1E-6	1E-6
T3	PEND_3	12	0.00015	0.0018	1E-6	1E-6
T4	PEND_4	7	0.00015	0.00105	1E-6	1E-6
T5	PEND_5	47	0.00015	0.00705	1E-6	1E-6

Tabla 12 Características mecánicas de la sección de los tirantes. (Fuente: elaboración propia)

El material asociado a cada sección es acero Y1670 y no se asigna área de cortante por lo que el elemento finito utilizado es de Navier-Bernoulli.

### 3.3.5. Viga rígida sin peso

Esta sección se aplica al elemento auxiliar creado para materializar el apoyo del tablero sobre el pilono.

Características mecánicas de la viga rígida sin peso	
Área (m <sup>2</sup> )	1
Inercia en Y (m <sup>4</sup> )	1
Inercia en Z (m <sup>4</sup> )	1
Área de cortante en Y (m <sup>2</sup> )	1
Área de cortante en Y (m <sup>2</sup> )	1
Módulo de torsión (m <sup>4</sup> )	1
Material	RÍGIDO SIN PESO
Elemento finito utilizado	Timoshenko

Tabla 13 Características mecánicas de las vigas rígidas sin peso. (Fuente: elaboración propia)

### 3.4. Acciones

Para el análisis utilizado en este estudio solo se requiere considerar las siguientes cargas en el modelo:

- Cargas gravitatorias
  - Peso propio
  - Cargas muertas
  - Peso de los peatones
- Tesado de los cables
- Acción dinámica de peatones

El conjunto de las cargas gravitatorias permite la definición de la masa de la estructura, valor necesario para la realización de los cálculos dinámicos. En función de la presencia o no de peatones se han definido dos casos diferentes de masa: “con peatones” y “sin peatones”.

#### 3.4.1. Cargas gravitatorias

##### 3.4.1.1. *Peso propio*

- Tirantes

Para el cálculo del peso propio de los tirantes se han considerado las siguientes densidades de los materiales que lo conforman:

- *Acero de los cables de alta resistencia:  $\rho_{sy} = 7850 \text{ kg/m}^3$*
- *Mortero/lechada de relleno:  $\rho_m = 2300 \text{ kg/m}^3$*
- *Material polietileno PE50A de la vaina:  $\rho_{PVC} = 953 \text{ kg/m}^3$*

El área y número de cordones que conforman cada tirante están recogidos en los planos del proyecto original de la pasarela y son los siguientes:

$$\text{Acordón} = 1.5 \text{ cm}^2$$

Tirante	T1	T2	T3	T4	T5
N.º cordones	28	18	12	7	47

Tabla 14 Número de cordones en los tirantes. (Fuente: elaboración propia)

Tras identificar in situ el diámetro y el espesor de la vaina de polietileno se ha podido resumir en la siguiente tabla el cálculo de la masa lineal de cada uno de los tirantes:

	T1	T2	T3	T4	T5
Diámetro exterior (cm)	12.5	12.5	7.5	7.5	18

Espesor PE (cm)	0.74	0.74	0.45	0.45	1.07
Diámetro interior (cm)	11.76	11.76	7.05	7.05	16.93
Área cable (cm <sup>2</sup> )	42	27	18	10.5	70.5
Área lechada (cm <sup>2</sup> )	66.62	81.62	21.04	28.54	154.61
Área PE (cm <sup>2</sup> )	14.10	14.10	5.14	5.14	29.35
Masa lineal total (kg/m)	49.64	41.31	19.46	15.30	93.70
Peso lineal (kN/m)	0.49	0.41	0.19	0.15	0.92

Tabla 15 Obtención de masa y peso de los tirantes. (Fuente: elaboración propia)

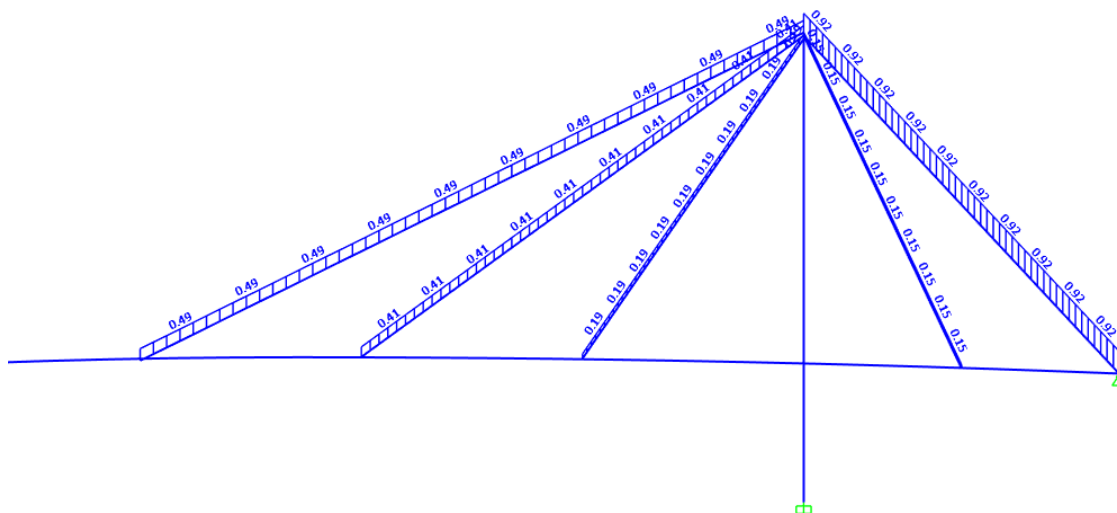


Imagen 5 Asignación de cargas gravitatorias a los tirantes. (Fuente: elaboración propia)

#### ▪ Tablero

El peso propio del tablero se puede subdividir en tres partes: El peso propio asociado a elementos que presentan una continuidad longitudinal en la sección bruta; el peso propio de elementos que, aunque no presentan una continuidad longitudinal, su peso puede considerarse uniformemente distribuido en la longitud del tablero y, por último, el peso propio de elementos que se concentran en secciones determinadas del tablero y deben modelizarse como pesos puntuales.

- Peso propio asociado a elementos que presentan una continuidad longitudinal en la sección bruta:

$$A = 0.142 \text{ m}^2 \quad \rho = 77 \text{ kN/m}^3 \rightarrow q_{pp\_sección\ bruta} = 0.142 \cdot 77 = 10.88 \text{ kN/m}$$

- Peso propio de elementos que, aunque no presentan una continuidad longitudinal, su peso puede considerarse uniformemente distribuido en la longitud del tablero:

$$\text{Rigidizadores transversales de las secciones cerradas: } 0.0037 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$\text{Rigidizador transversal formado por viga IPE 270 recortada: } 0.0087 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$\text{Triangulación inferior (vigas L100x10 y cartelas): } 0.0086 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$q_{pp\_otros\_elementos} = (0.0037 + 0.0087 + 0.0086) \cdot 77 = 1.60 \text{ kN/m}$$

Sumando las dos anteriores cargas distribuidas se obtiene:

$$q_{pp_{\text{tablero}}} = 10.88 + 1.60 = 12.48 \text{ kN/m}$$

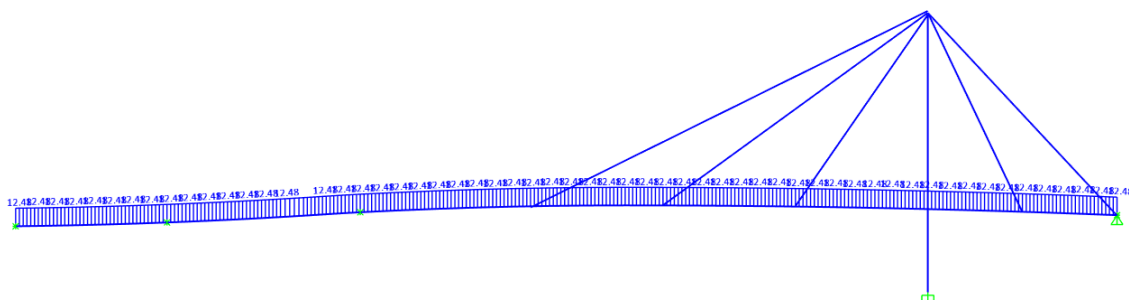


Imagen 6 Asignación de peso propio distribuido en el tablero. (Fuente: elaboración propia)

- Peso propio de elementos que se concentran en secciones determinadas del tablero:

$$\text{Sección apoyo de pilono y pilas: } Q_{PP_{\text{Tablero-apoyo-pilono}}} = 5.07 \text{ kN}$$

$$\text{Sección anclaje de tirantes: } Q_{PP_{\text{Tablero-anclaje-tirantes}}} = 5.02 \text{ kN}$$

$$\text{Sección apoyo estribo izquierdo: } Q_{PP_{\text{Tablero-apoyo-Estribo-Izquierdo}}} = 5.53 \text{ kN}$$

$$\text{Sección apoyo estribo derecho: } Q_{PP_{\text{Tablero-apoyo-Estribo-Derecho}}} = 17.2 \text{ kN}$$

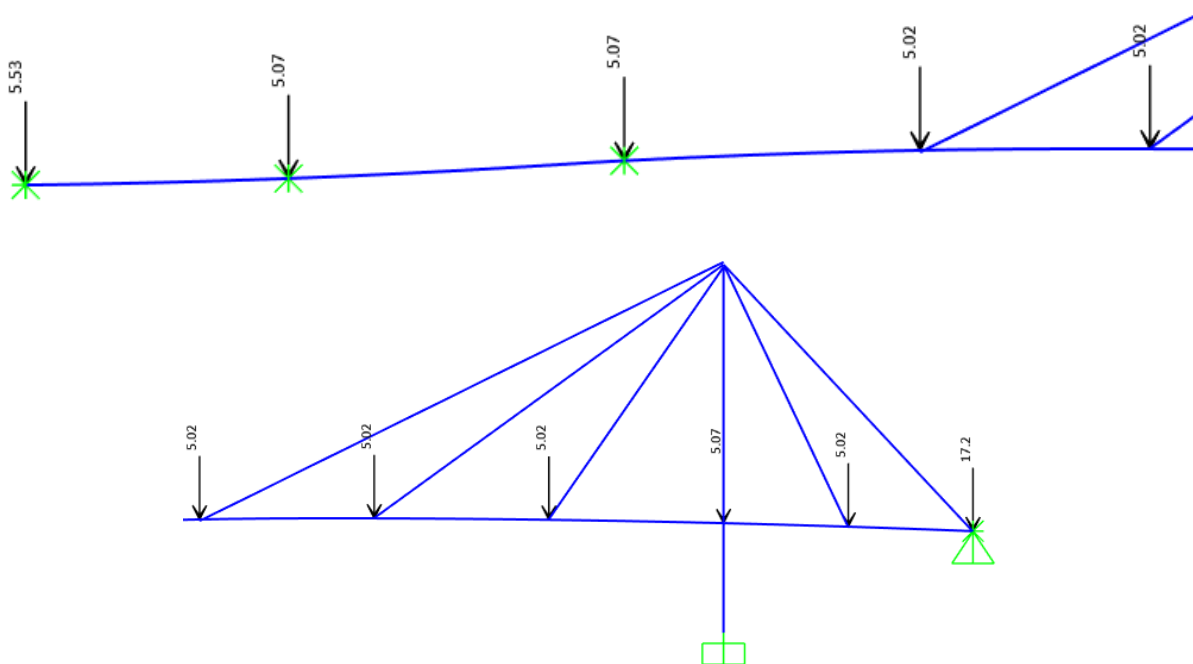


Imagen 7 Asignación de peso propio concentrado en el tablero. (Fuente: elaboración propia)

- Pilono y riostra

De entre todos los elementos del modelo, los únicos que aprovechan la asignación automática de peso propio que realiza el programa SAP2000 (*Load patern: DEAD*) resultan ser el pilono y la riostra. Sin embargo, estos elementos presentan ciertos volúmenes no asociados a los elementos lineales incluidos en el modelo. Es por ello por lo que para completar el peso propio del pilono se requiere incluir cargas puntuales equivalentes en ciertas alturas del pilono. Estas cargas puntuales se describen a continuación.

MACIZO DE ANCLAJE	
Área	1.261 m <sup>2</sup>
Longitud	1.3 m
Densidad	25 kN/m <sup>3</sup>
Peso	41.0 kN

Tabla 16 Cálculo del peso puntual en el macizo de anclaje (Fuente: elaboración propia)

El peso propio que se debe incluir como carga puntual en el punto medio del anclaje de los tirantes es **41 kN**.

PESO EXTRA PILONO APOYO DEL TABLERO	
Área	0.86375 m <sup>2</sup>
Anchura	0.9 m
Densidad	25 kN/m <sup>3</sup>
P.P.	19.4 kN

Tabla 17 Cálculo del peso puntual en el pilono a la altura del tablero. (Fuente: elaboración propia)

El peso total que se debe incluir en el pilono a la altura del tablero es de **19.40 kN**.

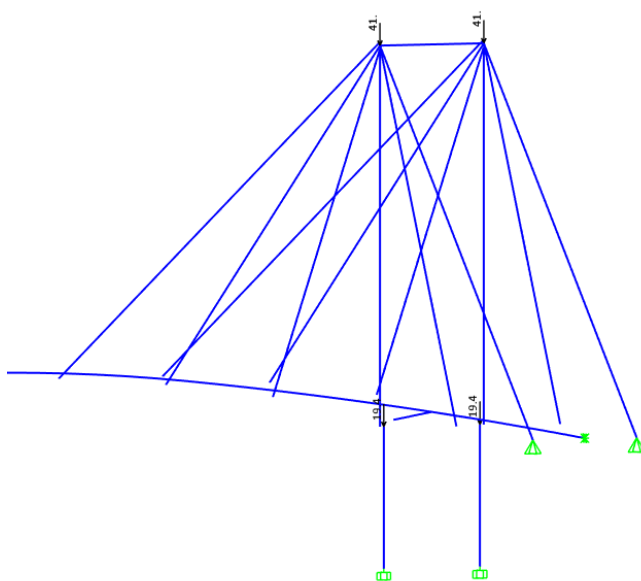


Tabla 18 Asignación de pesos puntuales en el pilono. (Fuente: elaboración propia)

### 3.4.1.2. Cargas muertas

Los elementos que conforman las cargas muertas en la pasarela son:

- El pavimento
- Las barandillas
- Las impostas
- La instalación de conductos bajo tablero
- Farolas

Gran parte de las mediciones se han realizado *in situ*, aunque algunos elementos como los de la instalación de conductos bajo tablero o el farol de las farolas se han debido de estimar por la imposibilidad de acceder a ellos o de obtener información detallada.

- Pavimento espesor de 1cm, anchura de 6,5m y peso específico de 25kN.



Imagen 8 estado del pavimento. (Fuente: elaboración propia)

$$q_{\text{Pavimento}} = 25 \cdot 6,5 \cdot 0,01 = 1,63 \text{ kN/m}$$

- Barandilla. Lamas de 150x1000x4 mm<sup>2</sup> dispuestas cada 12,5 cm más barandilla tubular de diámetro exterior 40cm y espesor de 8mm. Acero de peso específico del acero  $\gamma_s=77,1 \text{ kN/m}^3$

$$q_{\text{Lamas}} = 2 \cdot (0,15 \cdot 1 \cdot 0,004 \cdot 77,1) / 0,125 = 0,74 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{Tubular}} = 2 \cdot 0,4 \cdot \pi \cdot 0,008 \cdot 77,1 = 1,55 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{Barandillas}} = 0,74 + 1,55 = 2,29 \text{ kN/m}$$



- Imposta. Formada por un perfil UPN125 por donde circulan los cables de iluminación.



Imagen 9 Imposta y barandilla. (Fuente: elaboración propia)

$$q_{Imposta} = 2 \cdot 0,00204 \cdot 77,1 = 0,31 \text{ kN/m}$$

- Instalación de conductos bajo tablero.



Imagen 10 Instalación de conductos y servicios bajo el tablero. (Fuente: elaboración propia)

*Peso estimado del conjunto de 30 kg/m*

$$q_{Conductos} = 0,3 \text{ kN/m}$$

- Farolas

Las farolas están colocadas a cada lado cada 12,75 m. Presentan un mástil de 4m de altura con sección tubular de 15cm de diámetro y 5mm de espesor, una ménsula de 1,5 m de sección cuadrada 100x100x4 y un farol de peso estimado 50 kg.



Imagen 11 Farola sobre el tablero. (Fuente: elaboración propia)

$$\text{Peso mástil} = 77,1 \cdot 4 \cdot 0,15 \cdot \pi \cdot 0,005 = 0,727 \text{ kN}$$

$$\text{Peso ménsula} = 77,1 \cdot 1,5 \cdot 0,4 \cdot 0,004 = 0,185 \text{ kN}$$

$$\text{Peso farol} = 0,5 \text{ kN}$$

$$\text{Peso total farola} = 0,4 + 0,185 + 0,727 = 1,41 \text{ kN}$$

$$q_{\text{farolas}} = 1,41 \cdot 2/12,75 = 0,22 \text{ kN/m}$$

.....

$$q_{CM} = q_{\text{Pavimento}} + q_{\text{Barandillas}} + q_{\text{Imposta}} + q_{\text{Conductos}} + q_{\text{farolas}}$$

$$= 1,63 + 2,29 + 0,31 + 0,3 + 0,22 = 4,75 \text{ kN/m}$$

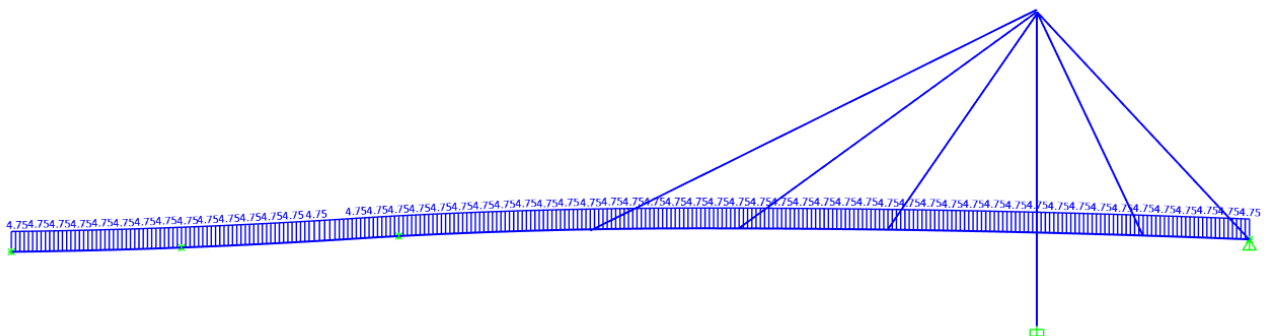


Imagen 12 Asignación de carga muerta sobre el tablero. (Fuente: elaboración propia)

### 3.4.1.3. Peatonos

La carga de peatonos definida en Sétra (2006) es una carga distribuida sobre la superficie del tablero igual a  $0.7\text{kN/m}^2$ . Considerando una anchura útil de  $6.5\text{m}$  se obtiene una carga lineal distribuida de

$$q_{\text{Peatonos}} = 0.7 \cdot 6.5 = 4.55 \text{ kN/m}$$

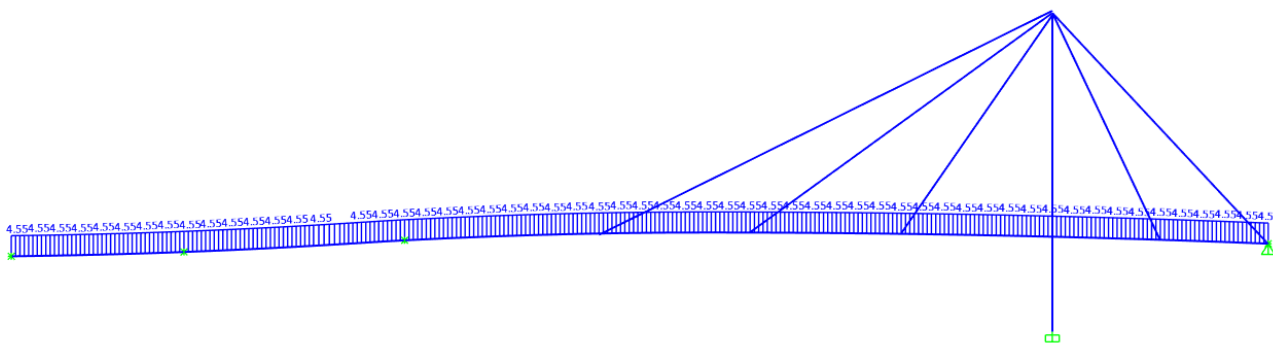


Imagen 13 Asignación de carga estática de peatonos. (Fuente: elaboración propia)

### 3.4.2. Tesado de tirantes

A partir del trabajo de calibración llevado a cabo se ha podido determinar la fuerza de tracción a la que deben encontrarse cada uno de los tirantes para simular su comportamiento al de una cuerda vibrante con las mismas frecuencias propias que las registradas *in situ*.

Usando los datos del acelerómetro se pudo obtener la respuesta vibratoria de cada cable en el dominio de la frecuencia. De esta forma, analizando los picos de la gráfica se pudo determinar la frecuencia natural de vibración de cada cable. Conociendo la masa lineal del cable su longitud y la frecuencia de vibración se puede obtener la tensión a la que se encuentra. Este proceso se ha desarrollado en el apartado 5 de la memoria del estudio.

La fuerza obtenida en cada cable (asociado a un estado de carga sin peatonos) no se puede introducir directamente en el modelo puesto que no se trata de una carga externa. Para solventar el problema de asignar a cada cable en el modelo el esfuerzo axial al que debe encontrarse, se ha requerido el uso de unas cargas térmicas auxiliares denominadas *Temp1*, *Temp2*, *Temp3*, *Temp4* y *Temp5*. La carga o acción térmica auxiliar *Temp1* supone un aumento térmico de  $100^\circ\text{C}$  en los elementos que conforman los tirantes T1 (norte y sur); La carga o acción térmica auxiliar *Temp2* supone un aumento térmico de  $100^\circ\text{C}$  en los elementos que conforman los tirantes T2 (norte y sur), y así sucesivamente.

Seguidamente, se registra el esfuerzo axial a la que está sometida cada uno de los tirantes bajo 6 cargas diferentes. La primera de ellas es la combinación de acciones de todas las cargas gravitatorias permanentes. Las cinco restantes son cada una de las acciones térmicas (*Temp1*, *Temp2*, *Temp3*, *Temp4* y *Temp5*). Al realizar este análisis se obtienen los axiles  $N_{ij}$ , siendo  $i$  el número del tirante al que se evalúa el valor del axil ( $T_i$ ) y siendo  $j$  el número del tirante sobre el que se aplica la acción de incremento de temperatura (*Tempj*). Además, se obtienen los axiles  $N_{i-Perm}$  que son los axiles de cada tirante  $T_i$  cuando la estructura se somete al conjunto de cargas gravitatorias permanentes. Con estos valores se puede obtener un sistema de ecuaciones lineales con el fin de obtener los coeficientes  $\alpha_j$  que determinan por cuánto hay que multiplicar cada una de las acciones térmicas *Tempj* para obtener las fuerzas en los tirantes deseadas.

$$\left. \begin{aligned} N1_{perm} + N11 \cdot \alpha1 + N12 \cdot \alpha2 + N13 \cdot \alpha3 + N14 \cdot \alpha4 + N15 \cdot \alpha5 &= N1_{deseada} \\ N2_{perm} + N21 \cdot \alpha1 + N22 \cdot \alpha2 + N23 \cdot \alpha3 + N24 \cdot \alpha4 + N25 \cdot \alpha5 &= N2_{deseada} \\ N3_{perm} + N31 \cdot \alpha1 + N32 \cdot \alpha2 + N33 \cdot \alpha3 + N34 \cdot \alpha4 + N35 \cdot \alpha5 &= N3_{deseada} \\ N4_{perm} + N41 \cdot \alpha1 + N42 \cdot \alpha2 + N43 \cdot \alpha3 + N44 \cdot \alpha4 + N45 \cdot \alpha5 &= N4_{deseada} \\ N5_{perm} + N51 \cdot \alpha1 + N52 \cdot \alpha2 + N53 \cdot \alpha3 + N54 \cdot \alpha4 + N55 \cdot \alpha5 &= N5_{deseada} \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} 148 + (-484) \cdot \alpha1 + 165 \cdot \alpha2 + 10.2 \cdot \alpha3 + (-12.9) \cdot \alpha4 + (-211) \cdot \alpha5 &= 690 \text{ KN} \\ 283 + 223 \cdot \alpha1 + (-279) \cdot \alpha2 + 98.4 \cdot \alpha3 + (-.3) \cdot \alpha4 + 4 \cdot \alpha5 &= 435 \text{ KN} \\ 168 + 19.4 \cdot \alpha1 + 138 \cdot \alpha2 + (-165) \cdot \alpha3 + (-19.6) \cdot \alpha4 + 18 \cdot \alpha5 &= 340 \text{ KN} \\ 69.5 + (-25) \cdot \alpha1 + (-3.2) \cdot \alpha2 + (-19.9) \cdot \alpha3 + (-179) \cdot \alpha4 + 111 \cdot \alpha5 &= 207 \text{ KN} \\ 554 + (-306.7) \cdot \alpha1 + 4.3 \cdot \alpha2 + 7.7 \cdot \alpha3 + 84 \cdot \alpha4 + (-355) \cdot \alpha5 &= 1660 \text{ KN} \end{aligned} \right\}$$

$\alpha1$	1.328817
$\alpha2$	0.190182
$\alpha3$	-0.81031
$\alpha4$	-4.12576
$\alpha5$	-5.25503

Tabla 19 Coeficientes requeridos para generar la acción de tesado en un cálculo dinámico. (Fuente: elaboración propia)

Por último, se debe crear una combinación de acciones de la siguiente forma:

$$G = PP + CM - 3.69 * Temp1 - 5.60 * Temp2 - 6.18 * Temp3 + 0.998 * Temp4 + 1.035 - Temp5$$

y comprobar que se han alcanzado los axiles calculados durante la calibración en cada uno de los tirantes.

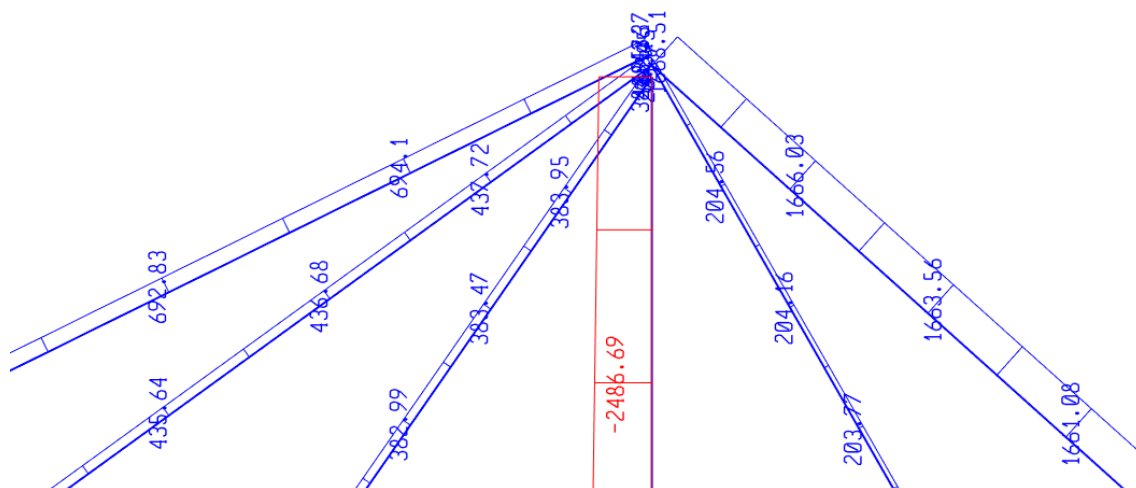


Tabla 20 Axiles en los tirantes bajo cargas permanentes, incluido el tesado. (Fuente: elaboración propia)

Cuando el análisis que se quiere realizar es un cálculo estático de esfuerzos, los axiles obtenidos anteriormente no son válidos (ver subapartado 5.4.1 y 5.5 de la memoria del estudio) puesto que no se trata de los axiles reales en los tirantes. Para el caso de un cálculo estático de esfuerzos se deben recalcular los coeficientes  $\alpha$  de una forma similar, pero forzando a que los desplazamientos totales de la estructura frente a cargas permanentes en las secciones de anclaje sean  $u_3=0.001$  m.

De esta forma se obtienen los siguientes coeficientes  $\alpha$ :

$\alpha_1$	-0.4678
$\alpha_2$	-0.4717
$\alpha_3$	-0.5807
$\alpha_4$	-0.8375
$\alpha_5$	-0.5282

Tabla 21 Coeficientes requeridos para generar la acción de tesado en un cálculo estático de esfuerzos. (Fuente: elaboración propia)

### 3.4.3. Acción dinámica de peatones

La determinación de la acción dinámica de los peatones forma parte esencial de los análisis dinámicos realizados en este estudio. Por esta razón la descripción y obtención de la acción dinámica siguiendo la metodología recogida en Sétra (2006), así como su implementación en el modelo, forma parte del contenido propio de la memoria del estudio.

## 4. Modelo global alternativa barandillas

En este apartado únicamente se describen las modificaciones realizadas con respecto al *modelo global estado actual* para la generación del *modelo global alternativa barandillas*.

### 4.1. Geometría

Se han añadido una sucesión de elementos lineales que representan las barandillas a 1.528 m de distancia respecto a los elementos que conforman el tablero. Además de la barandilla, se han modelado unos perfiles laminados HE 180 A dispuestos cada 2.5 m que representan los montantes con los que se materializaría la unión entre la barandilla y el tablero. Por último, se han añadido unas diagonales en el vano principal para generar una unión más rígida entre el conjunto tablero-barandilla dado que es el tramo que más se deforma frente a la acción dinámica.

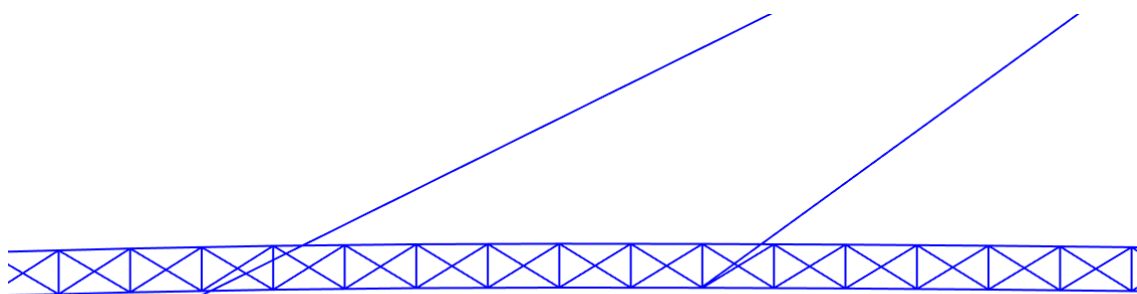


Imagen 14 detalle del modelo global alternativa barandilla en la interfaz gráfica de SAP2000. (Fuente: elaboración propia)

### 4.2. Elementos finitos y propiedades mecánicas

A continuación, se resumen las propiedades de cada uno de los elementos añadidos:

- Barandilla
  - Sección tubular de 40 cm de diámetro y 7 mm de espesor.
  - Material: Acero S275
- Montantes
  - Sección HE 180 A.
  - Material: Acero S275
- Diagonales
  - Cable de 4 cm de espesor.
  - Material: Acero S275.

Las propiedades mecánicas de los anteriores elementos se multiplican por dos para tener en cuenta que los elementos añadidos son dobles (el tablero dispone de dos barandillas. Una a cada lado).

#### 4.3. Acciones

A los elementos añadidos no se les ha asignado ninguna carga adicional ya que el peso de las barandillas ya estaba contemplado como carga muerta en el modelo "Pasarela Actual. Sdb".

Puesto que para realizar un análisis del tipo "Time History" en Sap2000 hay que definir una función del tipo coseno que represente la carga de los peatones con el mismo periodo que el natural de la estructura. Estas funciones y el valor máximo de la carga dinámica varían debido a que al cambiar la rigidez de la estructura se modifica la frecuencia natural de la estructura. Estos valores se determinan en el subapartado 9.2.3. "*Análisis dinámico de la solución*" de la memoria.

## 5. Modelo global alternativa aumento de masa

En este apartado únicamente se describen las modificaciones realizadas con respecto al *modelo global estado actual* para la generación del *modelo global alternativa aumento masa*.

Para la realización de este documento no se ha requerido modificar los materiales, tampoco la geometría o las propiedades mecánicas de las secciones.

### 5.1. Acciones

Se ha modificado la acción de la carga muerta aplicada sobre el tablero añadiendo valores diferentes para poder analizar tres espesores de pavimento diferentes: 5cm, 10cm y 15cm.

Espesor de pavimento añadido (cm)	Carga muerta adicional (kN/m)
5	7.5
10	15
15	25.5

Tabla 22 Carga muerta adicional debida al aumento de espesor en el pavimento. (Fuente: elaboración propia)

Al igual que en el anterior modelo, se debe realizar un análisis del tipo “Time History” en Sap2000, para el cual hay que calibrar de nuevo el periodo en las funciones que definen la carga dinámica y el valor de la amplitud máxima. Estos valores se obtienen en el subapartado 9.3.3. “Análisis dinámico de la solución” de la memoria.



## 6. Modelo global solución TMD

En este apartado únicamente se describen las modificaciones realizadas con respecto al *modelo global estado actual* para la generación del *modelo global solución TMD*.

### 6.1. Geometría

Se añaden unos nudos debajo de ciertos nudos del tablero con una separación de 20cm que representan la posición de los diferentes TMD. La posición en el eje X de estos puntos añadidos es la equivalente a la de los nudos NTAB10, NTAB12, NTAB14, NTAB16, NTAB18, NTAB20, NTAB22, NTAB24, NTAB26 y NTAB28.

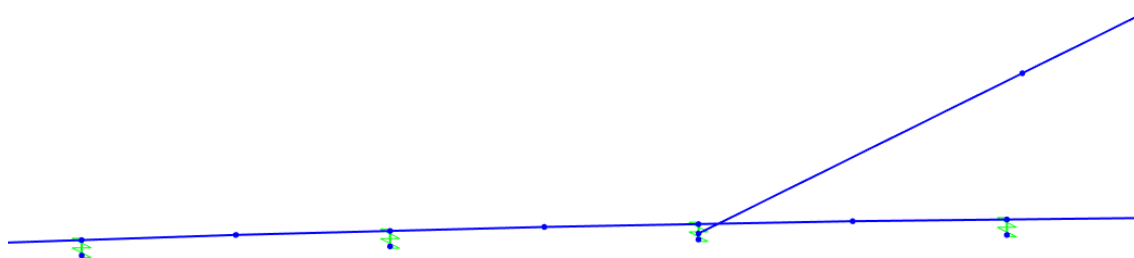


Imagen 15 detalle del modelo global solución TMD en la interfaz gráfica de SAP2000. (Fuente: elaboración propia)

### 6.2. Elementos finitos y propiedades mecánicas

Se han generado dos tipos de elementos Link para unir los nudos del tablero con los puntos del TMD.

- Link f=1.69 Hz

Representa un elemento similar a un muelle con una rigidez  $k = 18.83 \text{ kN/m}$  y un coeficiente de amortiguación viscosa  $c = 0.146 \text{ kN/(m/s)}$ .

Las uniones *Link* con estas propiedades unen los puntos de los TMD con los nodos del tablero NTAB14, NTAB16, NTAB18, NTAB20, NTAB22 y NTAB24.

- Link f=3.58 Hz

También representa un elemento similar a un muelle, pero con una rigidez  $k=50.6 \text{ kN/m}$  y un coeficiente de amortiguación viscosa  $c = 0.113 \text{ kN/(m/s)}$ .

Las uniones *Link* con estas propiedades unen los puntos de los TMD con los nodos del tablero NTAB10, NTAB12, NTAB26, NTAB28.

### 6.3. Acciones

Se han añadido masas puntuales en los puntos que conforman los TMD. Una masa de  $100\text{ kg}$  en los TMD unidos mediante el tipo *link*  $f = 3.58\text{ Hz}$  y una masa de  $167\text{ kg}$  para los unidos mediante *link*  $f = 1.69\text{ Hz}$ .

Respecto a las acciones dinámicas, se ha tenido que adecuar sus valores a los relacionados con los modos de vibración resultantes de la suposición de masa intermedia. Además, se han generado un gran número de modificaciones en las frecuencias de la acción dinámica para obtener el espectro de respuesta de la pasarela cuando el periodo de la acción de los peatones se aproxima al de la estructura.

## 7. Modelo local tablero

### 7.1. Materiales

El único material presente en este modelo es el Acero S275. En la realidad el material con el que se construyó el tablero es un acero a-42b tal y como ya se ha comentado en el subapartado 3.1 del presente anejo. A continuación, se enumeran sus características:

- *Módulo de elasticidad*  $E = 210 \text{ GPa}$
- *Límite elástico*  $f_{yk} = 260 \text{ MPa}$
- *Límite de resistencia*  $f_u = 420 \text{ MPa}$
- *Coefficiente de Poisson*  $\nu = 0.3$
- *Módulo de rigidez transversal*  $G = 85 \text{ MPa}$
- *Coefficiente de expansión térmica*  $\alpha = 1.17 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- *Peso específico*  $\gamma = 0 \text{ kN/m}^3$  <sup>(3)</sup>
- *Densidad*  $\rho = 0 \text{ kg/m}^3$  <sup>(3)</sup>

<sup>(3)</sup>Dado que este modelo local tiene como objetivo la obtención de las propiedades mecánicas del tablero no se requiere procesar ninguna carga de peso propio. Por este motivo se ha decidido mantener como nulas las propiedades de densidad y peso específico.

### 7.2. Geometría

Se trata de un modelo tridimensional que representa una sección de tablero con una longitud de 37.5 metros. Está formado por un total de 9457 nodos que se dividen en las siguientes categorías: nodos que conforman la lámina plegada del tablero, nodos que representan el centro de gravedad de los rigidizadores longitudinales y nodos que permiten definir la triangulación inferior.

- **Nodos que definen la lámina plegada.** La nomenclatura de estos puntos varía desde “1” hasta “6413”. Están agrupados en secciones transversales tal y como se muestra en la siguiente imagen:

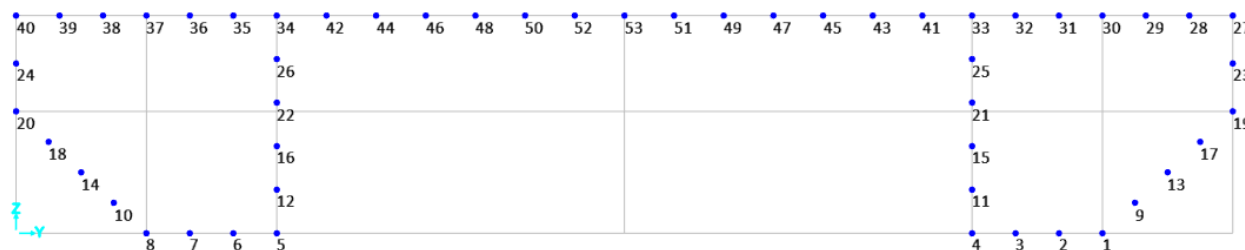


Imagen 16 Identificación de los nodos en la sección X=0. (Fuente: elaboración propia)

La anterior imagen representa los nodos de la sección inicial ( $X = 0$ ). Todas las secciones transversales presentan 53 nodos y la separación entre secciones transversales es de  $0.4167 \text{ m}$ . Para identificar cualquiera de los nodos de la lámina plegada hay que hallar el número de su equivalente en la sección inicial ( $X=0$ ) y sumarle  $n$  veces 53, donde  $n$  es el número de la sección transversal ( $n = 0$  para la sección inicial).

Por ejemplo, un nodo situado con las mismas coordenadas YZ que el punto 22 pero en la tercera sección del modelo ( $X = 1.25 \text{ m}$ ) tendrá como nombre el resultado de hacer la siguiente operación:

$$22 + 3 \cdot 53 = 181.$$

La última sección ocupa el puesto  $n = 120$  ( $X = 37.5 \text{ m}$ ). Puede comprobarse que la identificación de los puntos de esta sección se corresponde con la mostrada en la siguiente imagen:

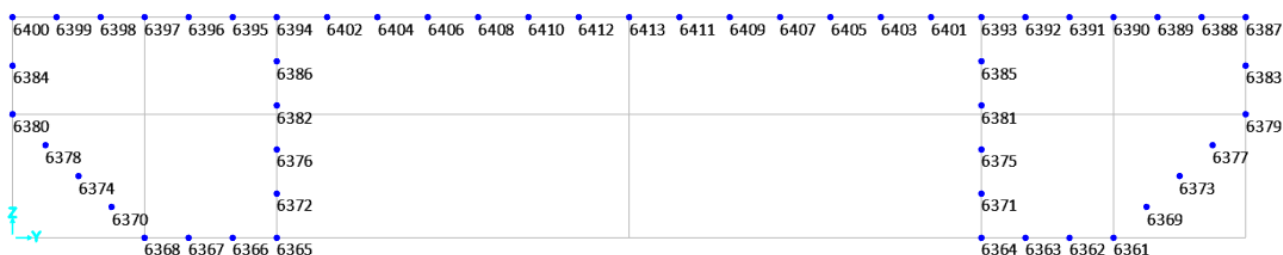


Imagen 17 Identificación de los nodos en la sección  $X=37.5 \text{ m}$ . (Fuente: elaboración propia)

Para terminar de definir la posición de los nodos que conforman la lámina plegada se transcribe a continuación la tabla con las coordenadas YZ de los puntos de la sección inicial ( $X = 0$ ).

Coordenadas YZ de los nodos de la sección inicial		
Identificación del punto	Y(m)	Z(m)
1	6.25	0
2	6	0
3	5.75	0
4	5.5	0
5	1.5	0
6	1.25	0
7	1	0
8	0.75	0
9	6.4375	0.175
10	0.5625	0.175
11	5.5	0.25
12	1.5	0.25
13	6.625	0.35
14	0.375	0.35
15	5.5	0.5
16	1.5	0.5
17	6.8125	0.525
18	0.1875	0.525

19	7	0.7
20	0	0.7
21	5.5	0.75
22	1.5	0.75
23	7	0.975
24	0	0.975
25	5.5	1
26	1.5	1
27	7	1.25
28	6.75	1.25
29	6.5	1.25
30	6.25	1.25
31	6	1.25
32	5.75	1.25
33	5.5	1.25
34	1.5	1.25
35	1.25	1.25
36	1	1.25
37	0.75	1.25
38	0.5	1.25
39	0.25	1.25
40	0	1.25
41	5.21429	1.25
42	1.78571	1.25
43	4.92857	1.25
44	2.07143	1.25
45	4.64286	1.25
46	2.35714	1.25
47	4.35714	1.25
48	2.64286	1.25
49	4.07143	1.25
50	2.92857	1.25
51	3.78571	1.25
52	3.21429	1.25
53	3.5	1.25

Tabla 23 Coordenadas YZ de los nodos de la sección inicial. (Fuente: elaboración propia)

- Puntos que representan el centro de gravedad de rigidizadores longitudinales.

La identificación de estos puntos se asocia con la identificación del punto de la lámina adyacente con el cual el rigidizador se considera unido. Esta identificación se realiza simplemente sumando 10000 a la cifra que identifica el punto de la lámina. Por ejemplo, el centro de gravedad el rigidizador que está soldado junto al punto 7 recibe la identificación de 10007.

Los puntos de los rigidizadores presentes en la sección inicial (y por tanto extrapolable al resto de secciones) son: 10002; 10007; 10009; 10010; 10014; 10015; 10016; 10017; 10025; 10026; 10028;

10030; 10032; 10035; 10037; 10039; 10043; 10044; 10045; 10046; 10047; 10048; 10049; 10050 y 10053.

La unión entre los puntos que representan el centro de gravedad de los rigidizadores longitudinales y los puntos adyacentes de la lámina plegada se realiza mediante nudos de dimensión finita.

Dado que la asignación de nudos de dimensión finita no se replica cuando se utiliza la opción *replicate* de SAP2000 v21 deben asignarse individualmente cada uno de los más de 3000 nudos de dimensión finita para incorporar los rigidizadores al modelo. Para realizar esta tarea de una forma eficiente se decidió generar el modelo desde Excel, lo que justifica el uso meticuloso de una identificación racional de los puntos del modelo.

Una solución alternativa para evitar el elevado trabajo en la generación del modelo hubiese sido emplear barras rígidas sin masa para materializar los diferentes nudos de dimensión finita. Esta solución sí permite el uso del comando *replicate* para generar el modelo a partir de un par de secciones iniciales.

Basado en la experiencia de este trabajo se recomienda para casos similares aplicar la solución alternativa explicada anteriormente.

- Nodos que permiten definir la triangulación inferior. Se requiere definir unos nodos adicionales para la generación de las barras que conforman la triangulación inferior.

Las coordenadas de estos nodos adicionales son las siguientes:

Coordenadas de los nodos adicionales para definir triangulación inferior			
Identificación del punto	X(m)	Y(m)	Z(m)
6414	2.5	3.5	0
6415	0	3.5	0
6416	5	3.5	0
6417	7.5	3.5	0
6418	10	3.5	0
6419	12.5	3.5	0
6420	15	3.5	0
6421	17.5	3.5	0
6422	20	3.5	0
6423	22.5	3.5	0
6424	25	3.5	0
6425	27.5	3.5	0
6426	30	3.5	0
6427	32.5	3.5	0
6428	35	3.5	0
6429	37.5	3.5	0

Tabla 24 coordenada de los nodos adicionales para definir la triangulación inferior. (Fuente: elaboración propia)

Las barras que conforman la triangulación presentan la siguiente conectividad entre nudos:

Conectividad de los nodos de la triangulación inferior			
Nombre de la barra	Punto inicial	Punto final	Longitud (m)
1	429	6414	2
2	6414	428	2
3	4	6415	2
4	6415	5	2
5	428	6415	3.20156212
6	429	6415	3.20156212
7	852	6414	3.20156212
8	853	6414	3.20156212
9	852	6416	2
10	6416	853	2
11	1276	6416	3.20156212
12	1276	6417	2
13	6417	1277	2
14	1277	6416	3.20156212
15	1700	6417	3.20156212
16	1701	6417	3.20156212
17	1700	6418	2
18	6418	1701	2
19	2124	6418	3.20156212
20	2124	6419	2
21	6419	2125	2
22	2125	6418	3.20156212
23	6419	2548	3.20156212
24	2548	6420	2
25	6420	2549	2
26	2549	6419	3.20156212
27	6420	2972	3.20156212
28	2972	6421	2
29	6421	2973	2
30	2973	6420	3.20156212
31	6421	3396	3.20156212
33	3397	6421	3.20156212
34	6422	3820	3.20156212
36	3821	6422	3.20156212
37	6423	4244	3.20156212
39	4245	6423	3.20156212
40	6424	4668	3.20156212
42	4669	6424	3.20156212
43	6425	5092	3.20156212
45	5093	6425	3.20156212
46	6426	5516	3.20156212

47	5516	6427	2
48	6427	5517	2
49	5517	6426	3.20156212
50	6427	5940	3.20156212
52	5941	6427	3.20156212
53	6428	6364	3.20156212
55	6365	6428	3.20156212
56	3396	6422	2
57	6422	3397	2
58	3820	6423	2
59	6423	3821	2
60	4244	6424	2
61	6424	4245	2
62	4668	6425	2
63	6425	4669	2
64	5092	6426	2
65	6426	5093	2
66	5940	6428	2
67	6428	5941	2
68	6364	6429	2
69	6429	6365	2

Tabla 25 Conectividad de los nodos de la triangulación inferior. (Fuente: elaboración propia)

La condición de contorno de todos los puntos que conforman las secciones final e inicial del modelo es la de punto fijo (todos los desplazamientos impedidos y todos los giros permitidos).

Se ha generado una coacción a la deformación de la sección transversal en una sección intermedia mediante la opción de diafragma del programa SAP2000. Este diafragma refleja la existencia de las triangulaciones transversales situadas en las secciones de anclaje y que impiden la distorsión de la sección.

En las siguientes páginas se pueden observar imágenes del modelo completo en tres dimensiones.



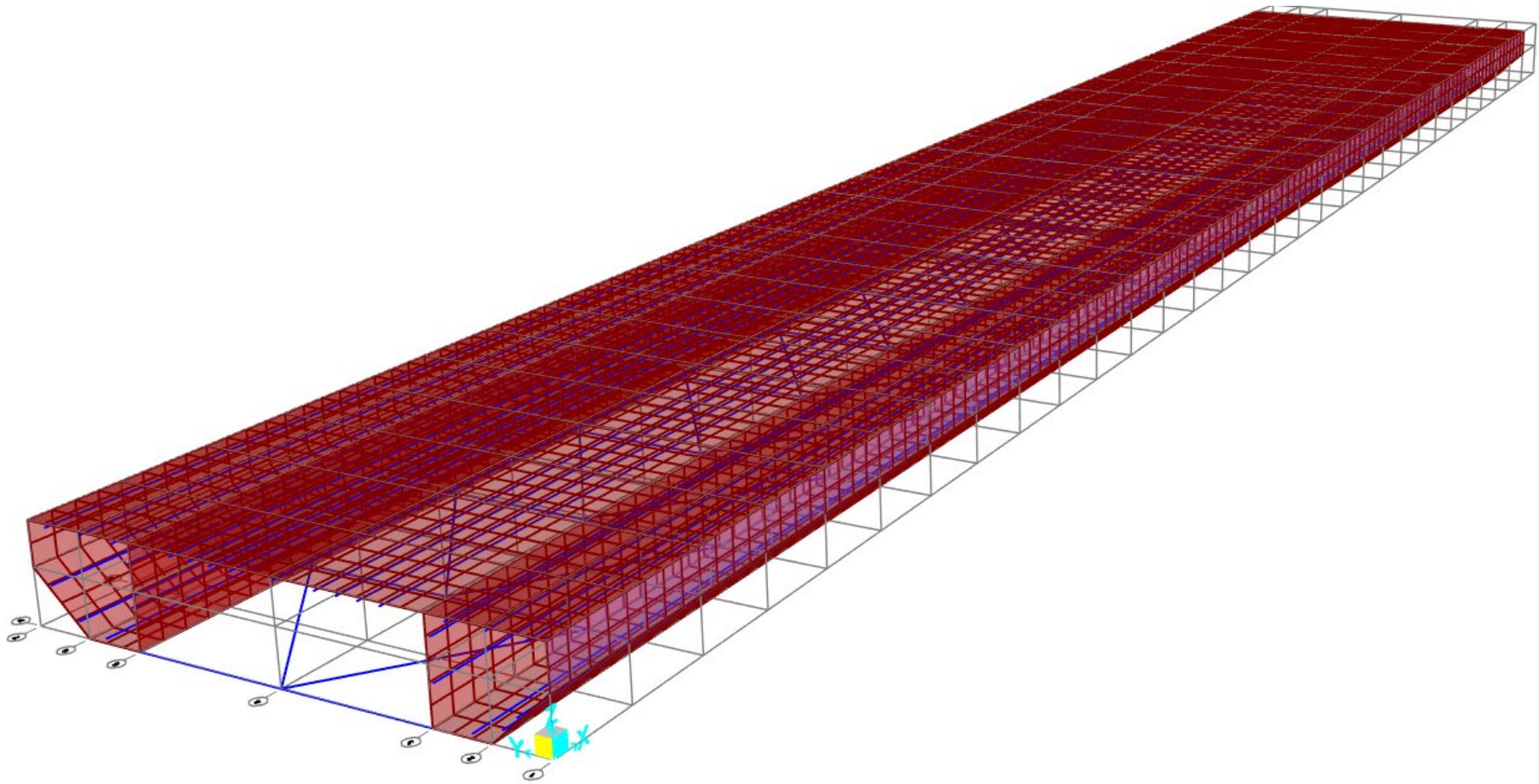


Imagen 18 Vista superior del modelo en la interfaz gráfica de SAP2000. (Fuente: elaboración propia)

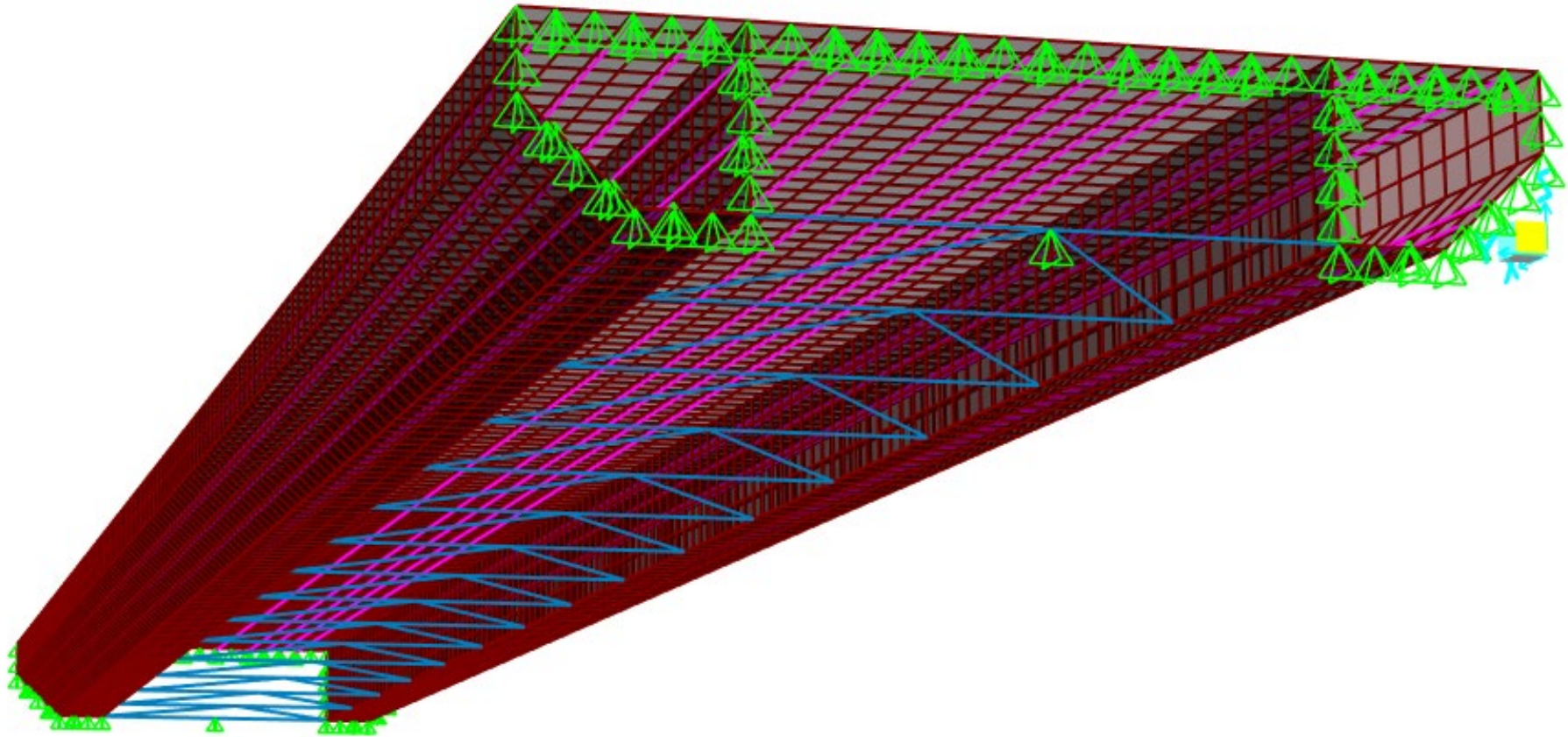


Imagen 19 Vista inferior del modelo en la interfaz gráfica de SAP2000. (Fuente: elaboración propia)

### 7.3. Elementos finitos y propiedades mecánicas

Los tres tipos de elementos viga en el modelo son los perfiles L 100x10 de la triangulación inferior, los perfiles UF 70X140X5 que rigidizan las láminas horizontales y las chapas de sección rectangular 100x8 que rigidizan las láminas verticales o inclinadas. A continuación, se describen las propiedades mecánicas y los tipos de elemento finito que conforman estos elementos:

Características mecánicas de la sección L 100x10	
Área (m <sup>2</sup> )	0.00192
Inercia en Y (m <sup>4</sup> )	1.77 E-6
Inercia en Z (m <sup>4</sup> )	1.77E-6
Módulo de torsión (m <sup>4</sup> )	6.33E-8
Material	S275
Elemento finito utilizado	Navier-Bernoulli

Tabla 26 Características mecánicas de la sección L 100x10. (Fuente: elaboración propia)

Características mecánicas de la sección UF 70x140x5	
Área (m <sup>2</sup> )	0.0013
Inercia en Y (m <sup>4</sup> )	6.20E-7
Inercia en Z (m <sup>4</sup> )	6.0E-6
Módulo de torsión (m <sup>4</sup> )	4.57E-6
Material	S275
Elemento finito utilizado	Navier-Bernoulli

Tabla 27 Características mecánicas de la sección UF 70x140x5. (Fuente: elaboración propia)

Se deben disponer los ejes locales de las barras UF 70x140x5 de forma que el eje Y sea horizontal.

Características mecánicas de la sección rectangular 100x8	
Área (m <sup>2</sup> )	0.0008
Inercia en Y (m <sup>4</sup> )	6.70E-7
Inercia en Z (m <sup>4</sup> )	4.3E-9
Módulo de torsión (m <sup>4</sup> )	1E-9
Material	S275
Elemento finito utilizado	Navier-Bernoulli

Tabla 28 Características mecánicas de la sección rectangular 100x8. (Fuente: elaboración propia)

Se deben disponer los ejes locales de las barras de sección rectangular 100x8 de forma que el eje fuerte de inercia (Y) esté paralelo al plano de la chapa que rigidiza.

Los elementos bidimensionales que conforman la lámina plegada permiten analizar su comportamiento membrana y de placa (elemento *Shell* de SAP2000). Se ha asignado un espesor de 0.008m tanto para su comportamiento de membrana como de placa y un material S275.

Se ha escogido que los elementos finitos que conforman la lámina plegada sean los asociados a la hipótesis de Love-Kirchoff que desprecia la deformación por cortante. En SAP2000 este tipo de elemento finito se escoge como *Shell-Thin*.

#### 7.4. Acciones

En este modelo las únicas acciones consideradas son los desplazamientos impuestos de los puntos que conforman la sección dorsal y frontal.

- U1

Para la obtención del área equivalente y la posición del centro de gravedad de la sección se ha aplicado un desplazamiento unitario en los puntos de la cara dorsal en dirección X. El desplazamiento impuesto es  $U1=-1m$ .

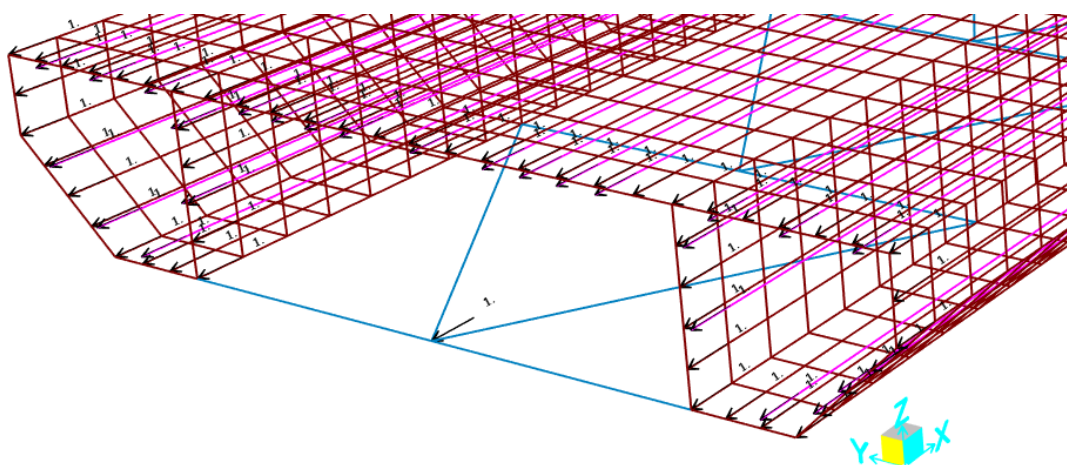


Imagen 20 Desplazamiento impuesto  $U1=-1m$ . (Fuente: elaboración propia)

- U2

Para la obtención del área de cortante en dirección Y y la cota Z del centro de esfuerzos cortantes se ha aplicado un desplazamiento unitario en los puntos de la cara dorsal en dirección Y. El desplazamiento impuesto es  $U2=1m$ .

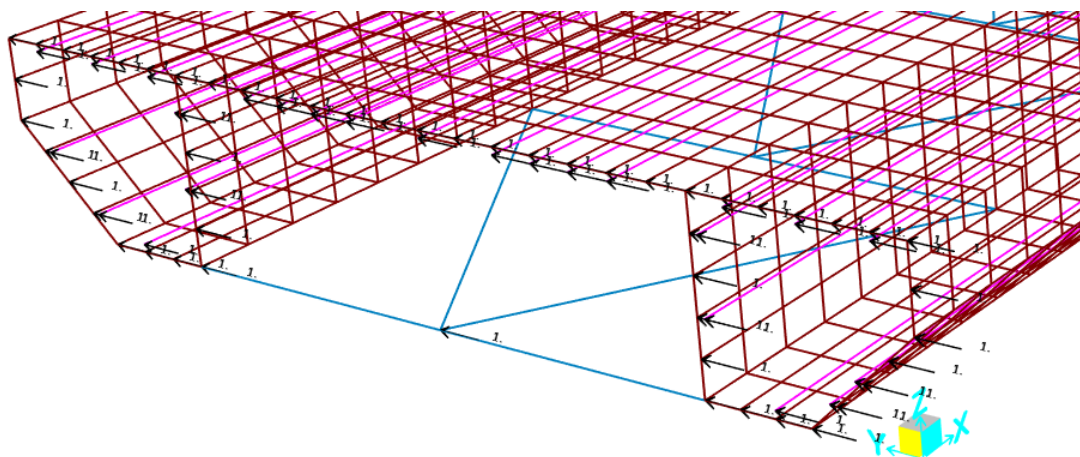


Imagen 21 Desplazamiento impuesto  $U2=1m$ . (Fuente: elaboración propia)

- U3

Para la obtención del área de cortante en dirección Z se ha aplicado un desplazamiento unitario en los puntos de la cara dorsal en dirección Z. El desplazamiento impuesto es  $U3=1\text{m}$ .

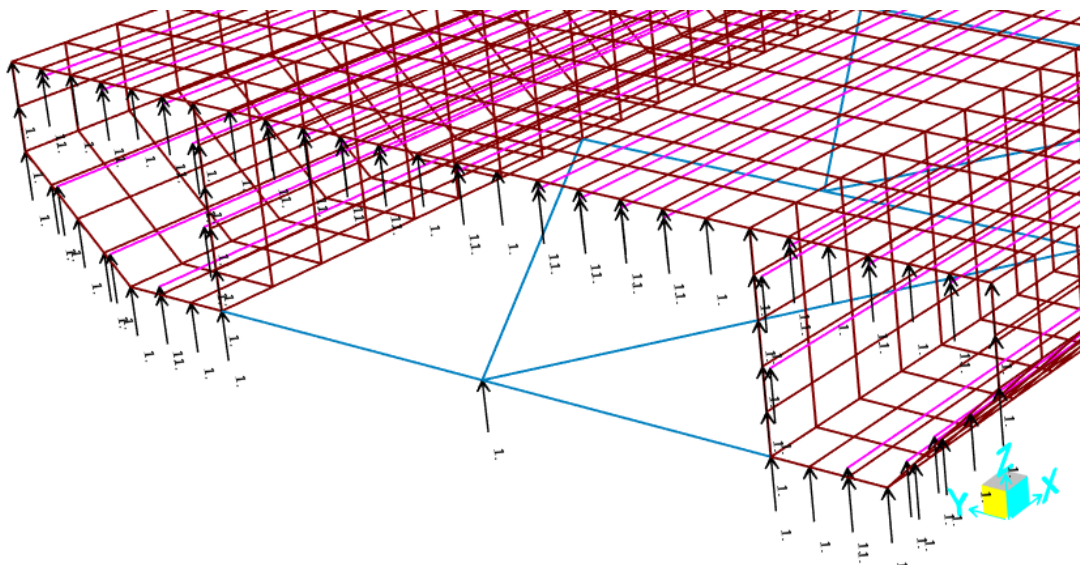


Imagen 22 Desplazamiento impuesto  $U3=1\text{m}$ . (Fuente: elaboración propia)

- R2

Para obtener la inercia a flexión según el eje Y se han impuesto desplazamientos a los nudos de la sección dorsal y frontal en la dirección del eje X con el fin de generar giros de sólido rígido en dichas secciones. Los giros de la sección dorsal y frontal tienen sentidos opuestos y se realizan teniendo en cuenta la posición del centro de gravedad.

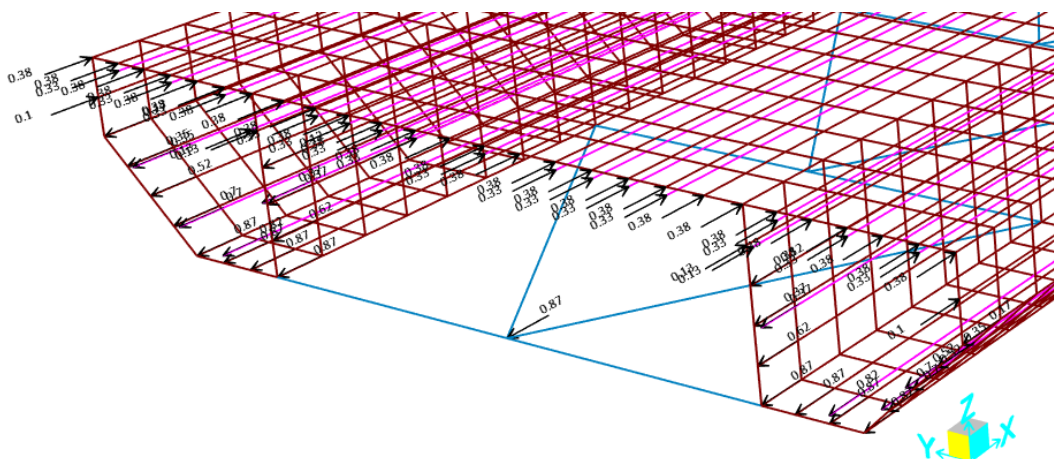


Imagen 23 Desplazamiento impuesto  $R2=\pi/4$  rad. (Fuente: elaboración propia)

Los desplazamientos impuestos en los puntos superiores de la cara dorsal son  $U1=0.38\text{m}$  mientras que los desplazamientos impuestos en los puntos inferiores son  $U1=-0.87\text{m}$ . Los desplazamientos de los

puntos con alturas intermedias pueden obtenerse mediante relaciones lineales. En la sección frontal los signos de los desplazamientos son los contrarios.

Supone un giro de  $\pi/4$  radianes según el eje Y.

- R2

Para obtener la inercia a flexión según el eje Z se han impuesto desplazamientos a los nudos de la sección dorsal y frontal en la dirección del eje X con el fin de generar giros de sólido rígido en dichas secciones. Los giros de la sección dorsal y frontal tienen sentidos opuestos y se realizan teniendo en cuenta la posición del centro de gravedad.

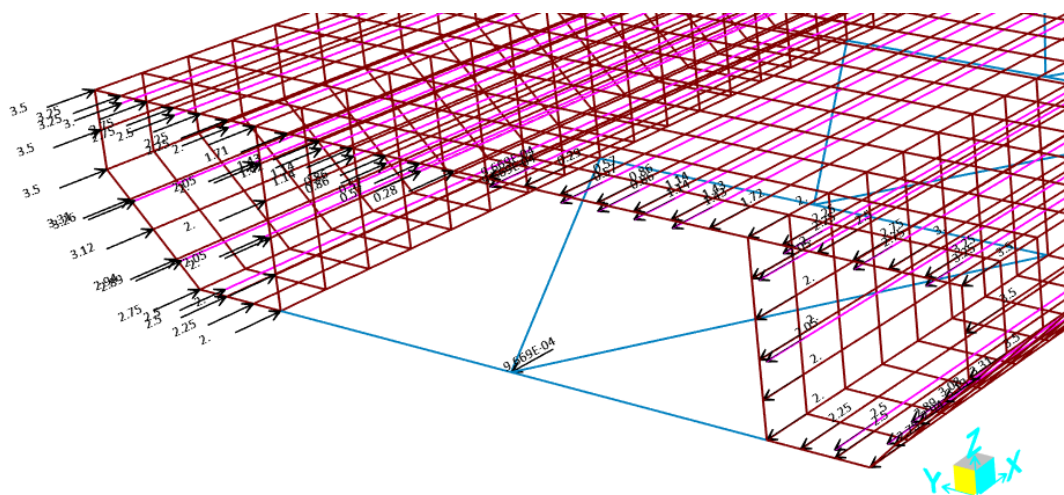


Imagen 24 Desplazamiento impuesto R3= $-\pi/4$  rad. (Fuente: elaboración propia)

Los desplazamientos impuestos en los puntos  $Y=7\text{m}$  de la cara dorsal son  $U1=3.5\text{m}$  mientras que los desplazamientos impuestos en los puntos  $Y=0\text{m}$  son  $U1=-3.5\text{m}$ . Los desplazamientos de los puntos intermedios pueden obtenerse mediante relaciones lineales. En la sección frontal los signos de los desplazamientos son los contrarios.

Supone un giro de  $\pi/4$  radianes según el eje Z.

- R1

Para obtener el módulo de torsión se ha impuesto un giro en la cara dorsal de 0.1 radianes alrededor del centro de esfuerzos cortantes. Este giro se ha materializado mediante desplazamientos transversales (en dirección Y y Z) de los puntos que conforman la sección.

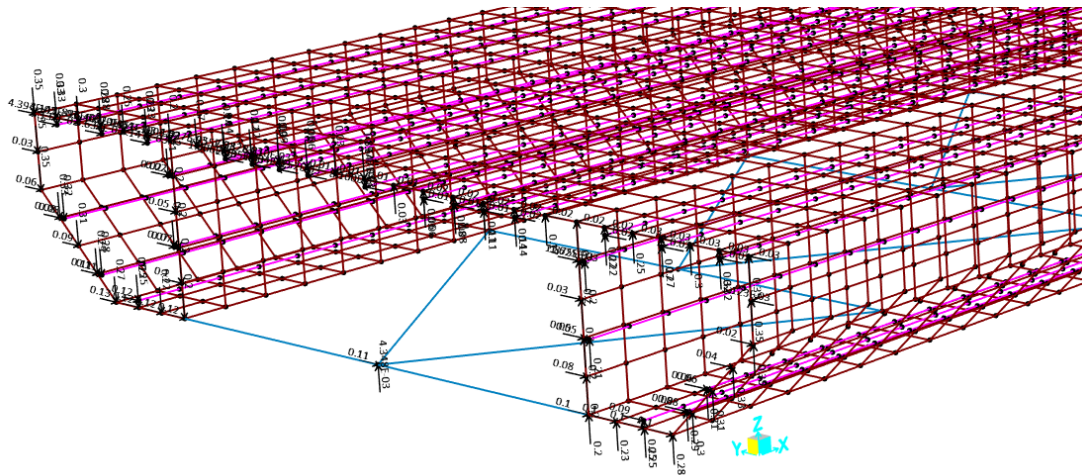


Imagen 25 Desplazamiento impuesto  $R1=0.1$  rad. (Fuente: elaboración propia)

Para la obtención de los valores de desplazamiento de cada punto se han obtenido los vectores de posición de los puntos. A dichos vectores se les ha aplicado la transformación mediante una matriz de giro para obtener las nuevas posiciones de los puntos una vez la sección ha girado 0.1 radianes. Por último, se han obtenido los desplazamientos como una resta de los vectores finales e iniciales. Este proceso se ha realizado mediante la herramienta Excel.

## 7.5. Resultados

Para en análisis de los resultados de este modelo también se ha recurrido a la herramienta Excel. Interesa conocer el valor de las reacciones de cada punto que conforma la cara dorsal del modelo. Una vez recopilado el valor de las reacciones en cada punto se realiza la integración a nivel seccional de todas las fuerzas para obtener el valor de los esfuerzos de reacción de la barra equivalente.

Por último, se aplican las ecuaciones de rigidez de una barra que permiten relacionar los esfuerzos y los desplazamientos en los extremos mediante las propiedades mecánicas de la viga. Parte de estas ecuaciones son las que conforman la matriz de rigidez de una viga.

### ▪ Obtención del área.

Para obtener el área y la posición del centro de gravedad se han usado los resultados de la acción U1. Las reacciones en los puntos de la cara dorsal se muestran en la siguiente tabla:

Punto	Rx (kN)	Y(m)	Z(m)	M(Z=0)	M(Y=0)
1	-13405	6.25	0	0	-83783
2	-10819	6	0	0	-64912
3	-10223	5.75	0	0	-58783
4	-11983	5.5	0	0	-65907
5	-11987	1.5	0	0	-17981
6	-10223	1.25	0	0	-12778
7	-10827	1	0	0	-10827
8	-13434	0.75	0	0	-10076
9	-11235	6.4375	0.175	-1966	-72325

10	-11276	0.5625	0.175	-1973	-6343
11	-9965	5.5	0.25	-2491	-54807
12	-9966	1.5	0.25	-2491	-14949
13	-10748	6.625	0.35	-3762	-71206
14	-16008	0.375	0.35	-5603	-6003
15	-9761	5.5	0.5	-4881	-53686
16	-9762	1.5	0.5	-4881	-14643
17	-10734	6.8125	0.525	-5635	-73126
19	-13073	7	0.7	-9151	-91513
20	-18454	0	0.7	-12918	0
21	-9917	5.5	0.75	-7438	-54543
22	-9917	1.5	0.75	-7438	-14876
23	-13168	7	0.975	-12839	-92174
24	-13105	0	0.975	-12778	0
25	-9935	5.5	1	-9935	-54642
26	-9936	1.5	1	-9936	-14903
27	-17089	7	1.25	-21362	-119626
28	-12615	6.75	1.25	-15769	-85154
29	-11536	6.5	1.25	-14420	-74983
30	-11307	6.25	1.25	-14134	-70668
31	-11154	6	1.25	-13942	-66922
32	-11318	5.75	1.25	-14147	-65078
33	-18221	5.5	1.25	-22777	-100217
34	-18221	1.5	1.25	-22777	-27332
35	-11317	1.25	1.25	-14147	-14147
36	-11154	1	1.25	-13942	-11154
37	-11308	0.75	1.25	-14134	-8481
38	-11538	0.5	1.25	-14422	-5769
39	-12624	0.25	1.25	-15781	-3156
40	-17108	0	1.25	-21385	0
41	-12684	5.21429	1.25	-15856	-66140
42	-12682	1.78571	1.25	-15853	-22647
43	-12488	4.92857	1.25	-15610	-61550
44	-12479	2.07143	1.25	-15598	-25849
45	-12357	4.64286	1.25	-15446	-57371
46	-12359	2.35714	1.25	-15449	-29133
47	-12297	4.35714	1.25	-15371	-53581
48	-12298	2.64286	1.25	-15373	-32503
49	-12253	4.07143	1.25	-15316	-49886
50	-12253	2.92857	1.25	-15316	-35884
51	-12276	3.78571	1.25	-15345	-46474
52	-12276	3.21429	1.25	-15345	-39460
53	-12231	3.5	1.25	-15289	-42808
6415	-7779	3.5	0	0	-27225
10002	-6519	6	0.05	-326	-39115
10007	-6516	1	0.05	-326	-6516



10009	-4209	6.3875	0.175	-737	-26885
10010	-4205	0.6125	0.175	-736	-2576
10014	-4321	0.425	0.35	-1512	-1836
10015	-4187	5.55	0.5	-2093	-23237
10016	-4188	1.45	0.5	-2094	-6073
10017	-4268	6.7625	0.525	-2241	-28864
10025	-4312	5.55	1	-4312	-23929
10026	-4311	1.45	1	-4311	-6251
10028	-7524	6.75	1.2	-9029	-50787
10030	-6955	6.25	1.2	-8346	-43468
10032	-6645	5.75	1.2	-7974	-38208
10035	-6645	1.25	1.2	-7974	-8307
10037	-6954	0.75	1.2	-8345	-5215
10039	-7517	0.25	1.2	-9020	-1879
10043	-6825	4.92	1.2	-8190	-33579
10044	-6847	2.07	1.2	-8217	-14174
10045	-6869	4.64	1.2	-8243	-31871
10046	-6861	2.36	1.2	-8234	-16193
10047	-6866	4.36	1.2	-8240	-29937
10048	-6864	2.64	1.2	-8237	-18120
10049	-6840	4.07	1.2	-8208	-27840
10050	-6839	2.93	1.2	-8207	-20038
10053	-6839	3.5	1.2	-8207	-23936

Tabla 29 Reacciones en los nodos de la cara dorsal frente a desplazamiento impuesto U1. (Fuente: elaboración propia)

El sumatorio de las fuerzas de reacción de todos los puntos resulta en los siguientes valores:

- Axil:  $N=796000$  kN
- Momento flector según el eje  $Y=0$ :  $M_{Z=0}=-693778$  kN·m
- Momento flector según el eje  $Z=0$ :  $M_{Y=0}=-2787000$  kN·m

Para obtener el área equivalente se aplica la fórmula de la rigidez a axil de una viga.

$$N = \frac{EA\delta}{L}$$

$$A = \frac{NL}{E\delta}$$

$$A = \frac{796000 \cdot 37.5}{210 \cdot 10^6 \cdot 1} = 0.142 \text{ m}^2$$

Ahora, para encontrar el centro de gravedad se debe tener en cuenta que frente a una deformación de elongación uniforme en la sección se debería registrar momentos nulos. Por ello, el centro de

gravedad será el punto donde el conjunto de las fuerzas de reacción registradas genere un momento nulo.

$$Y_{cdg} = \frac{M_{y=0}}{N}$$

$$Y_{cdg} = \frac{2787000}{796000} = 3.50 \text{ m}$$

$$Z_{cdg} = \frac{M_{z=0}}{N}$$

$$Z_{cdg} = \frac{693800}{796000} = 0.872 \text{ m}$$

▪ Obtención de la inercia según eje Y.

Para obtener la inercia según el eje Y se han usado los resultados de la acción R2. Las reacciones en los puntos de la cara dorsal y el momento que generan respecto al eje Y que pasa por el centro de gravedad se muestran en la siguiente tabla:

Punto	Rx (kN)	Y(m)	Z(m)	My (kNm)
1	-22060	6.25	0	19227
2	-18336	6	0	15981
3	-17477	5.75	0	15233
4	-18613	5.5	0	16222
5	-18621	1.5	0	16229
6	-17478	1.25	0	15233
7	-18348	1	0	15992
8	-22074	0.75	0	19239
9	-15619	6.4375	0.175	10880
10	-15678	0.5625	0.175	10921
11	-11936	5.5	0.25	7419
12	-11937	1.5	0.25	7419
13	-11350	6.625	0.35	5920
14	-15183	0.375	0.35	7919
15	-6968	5.5	0.5	2589
16	-6969	1.5	0.5	2589
17	-7618	6.8125	0.525	2640
19	-4309	7	0.7	739
20	-8070	0	0.7	1385
21	-2248	5.5	0.75	273
22	-2248	1.5	0.75	273
23	3526	7	0.975	365
24	3604	0	0.975	373
25	2494	5.5	1	320
26	2493	1.5	1	320

27	11599	7	1.25	4389
28	9471	6.75	1.25	3584
29	8696	6.5	1.25	3291
30	8445	6.25	1.25	3196
31	8347	6	1.25	3159
32	8189	5.75	1.25	3099
33	11713	5.5	1.25	4433
34	11713	1.5	1.25	4433
35	8189	1.25	1.25	3099
36	8347	1	1.25	3159
37	8445	0.75	1.25	3196
38	8693	0.5	1.25	3290
39	9462	0.25	1.25	3581
40	11582	0	1.25	4383
41	9301	5.21429	1.25	3520
42	9300	1.78571	1.25	3519
43	9363	4.92857	1.25	3543
44	9361	2.07143	1.25	3543
45	9366	4.64286	1.25	3544
46	9365	2.35714	1.25	3544
47	9330	4.35714	1.25	3531
48	9331	2.64286	1.25	3531
49	9301	4.07143	1.25	3520
50	9301	2.92857	1.25	3520
51	9282	3.78571	1.25	3513
52	9283	3.21429	1.25	3513
53	9270	3.5	1.25	3508
6415	-13507	3.5	0	11772
10002	-11037	6	0.05	9067
10007	-11035	1	0.05	9066
10009	-5864	6.3875	0.175	4085
10010	-5885	0.6125	0.175	4100
10014	-4315	0.425	0.35	2251
10015	-2912	5.55	0.5	1082
10016	-2915	1.45	0.5	1083
10017	-2785	6.7625	0.525	965
10025	1143	5.55	1	147
10026	1141	1.45	1	147
10028	4932	6.75	1.2	1620
10030	4514	6.25	1.2	1483
10032	4428	5.75	1.2	1454
10035	4429	1.25	1.2	1455
10037	4517	0.75	1.2	1483
10039	4935	0.25	1.2	1621
10043	4382	4.92	1.2	1439
10044	4392	2.07	1.2	1443

10045	4412	4.64	1.2	1449
10046	4409	2.36	1.2	1448
10047	4421	4.36	1.2	1452
10048	4420	2.64	1.2	1452
10049	4414	4.07	1.2	1450
10050	4413	2.93	1.2	1449
10053	4411	3.5	1.2	1449

Tabla 30 Reacciones en los nodos de la cara dorsal frente a desplazamiento impuesto R2. (Fuente: elaboración propia)

El sumatorio de los momentos flectores aporta el siguiente valor:

$$M_Y = 357800 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

A continuación, se muestra la fórmula que relaciona la aplicación de momentos flectores en los extremos con los giros en una viga articulada.

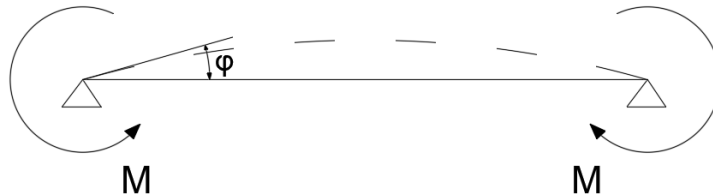


Imagen 26 Esquema auxiliar de la fórmula inferior. (Fuente: elaboración propia)

$$\varphi = \frac{L \cdot M}{2 \cdot E \cdot I}$$

Despejando de la ecuación se obtiene:

$$I = \frac{L \cdot M}{2 \cdot E \cdot \varphi}$$

La acción R2 supone un giro de 1 radián por lo que sustituyendo los valores se obtiene:

$$I_Y = \frac{37.5 \cdot 357800}{2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1} = 0.0319 \text{ m}^4$$

- Obtención de la inercia según eje Z.

Para obtener la inercia según el eje Z se han usado los resultados de la acción R3. Las reacciones en los puntos de la cara dorsal y el momento que generan respecto al eje Z que pasa por el centro de gravedad se muestran en la siguiente tabla:

Punto	Rx (kN)	Y(m)	Z(m)	Mz (kNm)
1	72414	6.25	0	199069
2	54062	6	0	135103
3	48365	5.75	0	108775
4	53252	5.5	0	106453
5	-53317	1.5	0	106687
6	-48422	1.25	0	108997
7	-54136	1	0	135393
8	-72660	0.75	0	199884
9	64803	6.4375	0.175	190296
10	-65046	0.5625	0.175	191136
11	42325	5.5	0.25	84609
12	-42371	1.5	0.25	84783
13	67107	6.625	0.35	209645
14	-102583	0.375	0.35	320670
15	40679	5.5	0.5	81319
16	-40721	1.5	0.5	81481
17	71755	6.8125	0.525	237619
19	90674	7	0.7	317271
20	-126705	0	0.7	443589
21	40306	5.5	0.75	80574
22	-40346	1.5	0.75	80731
23	84993	7	0.975	297393
24	-84608	0	0.975	296209
25	39947	5.5	1	79855
26	-39985	1.5	1	80008
27	99007	7	1.25	346427
28	72800	6.75	1.25	236531
29	64470	6.5	1.25	193348
30	58522	6.25	1.25	160878
31	53463	6	1.25	133606
32	48400	5.75	1.25	108853
33	70498	5.5	1.25	140927
34	-70566	1.5	1.25	141201
35	-48442	1.25	1.25	109041
36	-53508	1	1.25	133822
37	-58568	0.75	1.25	161120
38	-64530	0.5	1.25	193652
39	-72890	0.25	1.25	236963
40	-99202	0	1.25	347302

41	42120	5.21429	1.25	72166
42	-42174	1.78571	1.25	72339
43	34750	4.92857	1.25	49609
44	-34805	2.07143	1.25	49755
45	27703	4.64286	1.25	31634
46	-27753	2.35714	1.25	31745
47	20715	4.35714	1.25	17735
48	-20759	2.64286	1.25	17813
49	13654	4.07143	1.25	7789
50	-13700	2.92857	1.25	7842
51	6881	3.78571	1.25	1959
52	-6928	3.21429	1.25	1986
53	-23	3.5	1.25	0
6415	-14	3.5	0	0
10002	34270	6	0.05	85641
10007	-34267	1	0.05	85701
10009	24530	6.3875	0.175	70807
10010	-24628	0.6125	0.175	71136
10014	-25998	0.425	0.35	79968
10015	17322	5.55	0.5	35493
10016	-17339	1.45	0.5	35562
10017	27523	6.7625	0.525	89768
10025	16947	5.55	1	34726
10026	-16965	1.45	1	34794
10028	46151	6.75	1.2	149947
10030	37880	6.25	1.2	104132
10032	30078	5.75	1.2	67647
10035	-30102	1.25	1.2	67759
10037	-37901	0.75	1.2	104265
10039	-46162	0.25	1.2	150072
10043	18932	4.92	1.2	26865
10044	-19071	2.07	1.2	27289
10045	15495	4.64	1.2	17649
10046	-15530	2.36	1.2	17719
10047	11868	4.36	1.2	10195
10048	-11896	2.64	1.2	10242
10049	8121	4.07	1.2	4621
10050	-8147	2.93	1.2	4652
10053	-13	3.5	1.2	0

Tabla 31 Reacciones en los nodos de la cara dorsal frente a desplazamiento impuesto R3. (Fuente: elaboración propia)

El sumatorio de los momentos flectores aporta el siguiente valor:

$$M_z = 8650000 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

La fórmula que describe la relación entre la rigidez el momento flector en los extremos y los giros en los extremos es la misma que la utilizada para el cálculo de la inercia según el eje Y

$$I = \frac{L \cdot M}{2 \cdot E \cdot \varphi}$$

La acción R3 supone un giro de 1 radián por lo que sustituyendo los valores se obtiene:

$$I_z = \frac{37.5 \cdot 8650000}{2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1} = 0.772 \text{ m}^4$$

▪ Obtención de la posición del centro de esfuerzos cortantes (CEC)

Se sabe que el centro de esfuerzos cortantes (CEC) de la sección se encuentra en el eje Y=3.5m dado que se trata de una sección simétrica respecto a dicho eje. Sin embargo, se desconoce la posición Z del CEC. Para obtener dicha posición, se analizan los resultados del caso de carga U2. Las fuerzas de reacción (normales y tangenciales) de los puntos que conforman la sección, además del momento flector Mz que genera cada fuerza normal y del momento torsor respecto a la basa de la sección (Z=0) que genera cada fuerza tangencial, se recogen en la siguiente tabla:

Punto	Rx (kN)	Ry (kN)	Y(m)	Z(m)	Mz (kNm)	Mt(Z=0) (kN)
1	-4773	259	6.25	0	13122	0
2	-3202	387	6	0	8001	0
3	-2453	203	5.75	0	5517	0
4	-2328	-161	5.5	0	4653	0
5	2332	-162	1.5	0	4667	0
6	2458	203	1.25	0	5532	0
7	3209	386	1	0	8024	0
8	4794	249	0.75	0	13189	0
9	-4187	-149	6.4375	0.175	12296	-26
10	4195	-172	0.5625	0.175	12326	-30
11	-1852	0	5.5	0.25	3703	0
12	1855	0	1.5	0.25	3713	0
13	-4288	51	6.625	0.35	13395	18
14	6603	261	0.375	0.35	20641	91
15	-1862	0	5.5	0.5	3721	0
16	1864	0	1.5	0.5	3730	0
17	-4663	281	6.8125	0.525	15442	148
18	0	0	0.1875	0.525	0	0
19	-6143	651	7	0.7	21494	455
20	8495	749	0	0.7	29739	524
21	-1902	0	5.5	0.75	3802	0
22	1904	0	1.5	0.75	3810	0
23	-5943	1	7	0.975	20793	1

24	5914	1	0	0.975	20704	1
25	-1909	0	5.5	1	3816	0
26	1911	0	1.5	1	3824	0
27	-7294	1394	7	1.25	25520	1742
28	-5049	1189	6.75	1.25	16406	1486
29	-4176	1021	6.5	1.25	12524	1276
30	-3620	875	6.25	1.25	9950	1094
31	-3142	782	6	1.25	7853	978
32	-2638	724	5.75	1.25	5933	905
33	-3407	798	5.5	1.25	6810	998
34	3410	798	1.5	1.25	6823	997
35	2641	724	1.25	1.25	5945	904
36	3146	782	1	1.25	7868	977
37	3624	874	0.75	1.25	9970	1093
38	4183	1020	0.5	1.25	12552	1275
39	5060	1187	0.25	1.25	16449	1484
40	7313	1395	0	1.25	25603	1744
41	-2191	879	5.21429	1.25	3754	1099
42	2192	878	1.78571	1.25	3760	1098
43	-1864	806	4.92857	1.25	2662	1008
44	1865	806	2.07143	1.25	2666	1008
45	-1483	760	4.64286	1.25	1694	950
46	1485	761	2.35714	1.25	1698	951
47	-1045	751	4.35714	1.25	895	938
48	1049	751	2.64286	1.25	900	938
49	-691	780	4.07143	1.25	394	976
50	694	780	2.92857	1.25	397	976
51	-323	798	3.78571	1.25	92	997
52	326	798	3.21429	1.25	93	997
53	2	795	3.5	1.25	0	994
6415	1	842	3.5	0	0	0
10002	-1925	18	6	0.05	4810	1
10007	1923	19	1	0.05	4808	1
10009	-1507	3	6.3875	0.175	4350	1
10010	1513	3	0.6125	0.175	4371	1
10014	1621	2	0.425	0.35	4987	1
10015	-882	-1	5.55	0.5	1807	-1
10016	883	-1	1.45	0.5	1812	-1
10017	-1756	6	6.7625	0.525	5727	3
10025	-916	-2	5.55	1	1876	-2
10026	916	-2	1.45	1	1879	-2
10028	-3092	25	6.75	1.2	10045	30
10030	-2312	29	6.25	1.2	6355	35
10032	-1685	21	5.75	1.2	3789	25
10035	1687	21	1.25	1.2	3798	25
10037	2314	29	0.75	1.2	6366	35



10039	3094	25	0.25	1.2	10057	30
10043	-969	66	4.92	1.2	1375	79
10044	996	65	2.07	1.2	1425	78
10045	-820	68	4.64	1.2	934	81
10046	818	68	2.36	1.2	934	82
10047	-656	63	4.36	1.2	563	75
10048	656	63	2.64	1.2	565	76
10049	-451	43	4.07	1.2	257	52
10050	452	43	2.93	1.2	258	52
10053	1	22	3.5	1.2	0	26

Tabla 32 Reacciones en los nodos de la cara dorsal frente a desplazamiento impuesto U2. (Fuente: elaboración propia)

El sumatorio de las diferentes reacciones en cada punto generan:

$$M_z = 532000 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_y = 28475 \text{ kN}$$

$$M_t (Z = 0) = 31845 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

El centro de esfuerzos cortantes será el punto de la sección donde la integración de los momentos flectores en este caso de carga de un resultado nulo.

$$Z_{CEC} = \frac{M_t(Z=0)}{V_y} = \frac{31845}{28475} = 1.12\text{m}$$

▪ Obtención del módulo de torsión J

Para obtener el módulo de torsión primero se deben obtener las reacciones transversales de cada punto de la sección bajo los desplazamientos impuestos del caso de carga R1 y el momento de torsión que generan en el centro de esfuerzos cortantes. Estos datos se recogen en la siguiente tabla:

Punto	Ry (kN)	Rz (kN)	Y(m)	Z(m)	Mt (kNm)
1	-415.3	574.0	6.25	0	1121.3
2	-485.9	0.7	6	0	-541.7
3	-123.2	0.0	5.75	0	-137.8
4	-1205.2	1164.4	5.5	0	995.6
5	937.3	931.6	1.5	0	-803.5
6	-390.3	-0.5	1.25	0	-435.3
7	-59.3	0.8	1	0	-68.3
8	-89.5	781.7	0.75	0	-2240.2
9	72.7	69.0	6.4375	0.175	272.2
10	-526.3	492.4	0.5625	0.175	-1936.7
11	0.0	787.2	5.5	0.25	1584.3
12	-0.4	330.5	1.5	0.25	-657.2
13	-215.0	-201.8	6.625	0.35	-798.3

14	-95.1	88.2	0.375	0.35	-347.7
15	-0.2	428.1	5.5	0.5	861.4
16	0.3	-0.9	1.5	0.5	2.0
17	-537.3	-502.1	6.8125	0.525	-1988.1
18	0.0	0.0	0.1875	0.525	0.0
19	-867.6	-205.9	7	0.7	-1086.1
20	643.5	345.0	0	0.7	-934.0
21	-0.2	23.8	5.5	0.75	47.8
22	0.2	-386.1	1.5	0.75	767.5
23	-0.8	-319.1	7	0.975	-1120.8
24	0.6	328.1	0	0.975	-1144.1
25	0.0	-349.2	5.5	1	-702.7
26	0.0	-750.4	1.5	1	1491.6
27	-1104.2	-902.0	7	1.25	-3022.8
28	-855.3	-0.3	6.75	1.25	111.7
29	-786.5	-0.2	6.5	1.25	103.1
30	-665.3	-0.2	6.25	1.25	87.0
31	-550.3	0.1	6	1.25	72.7
32	-498.2	-0.2	5.75	1.25	65.2
33	-478.6	-979.3	5.5	1.25	-1907.7
34	867.1	-1177.3	1.5	1.25	2225.7
35	1065.3	-0.2	1.25	1.25	-139.9
36	1129.6	0.1	1	1.25	-149.0
37	1246.6	-0.2	0.75	1.25	-163.6
38	1371.3	-0.2	0.5	1.25	-180.2
39	1438.1	-0.3	0.25	1.25	-188.4
40	1396.0	-584.9	0	1.25	1856.0
41	-455.5	-0.3	5.21429	1.25	59.5
42	664.1	-0.2	1.78571	1.25	-87.2
43	-369.6	-0.1	4.92857	1.25	48.6
44	566.9	0.0	2.07143	1.25	-74.7
45	-267.5	0.0	4.64286	1.25	35.2
46	469.4	0.0	2.35714	1.25	-61.8
47	-177.3	-0.1	4.35714	1.25	23.3
48	378.3	-0.1	2.64286	1.25	-49.8
49	-91.3	-0.1	4.07143	1.25	12.0
50	286.5	-0.1	2.92857	1.25	-37.7
51	3.5	-0.1	3.78571	1.25	-0.5
52	195.6	-0.1	3.21429	1.25	-25.7
53	95.1	-0.1	3.5	1.25	-12.5
6415	-1496.1	-0.2	3.5	0	-1673.0
10002	-39.8	9.5	6	0.05	-18.7
10007	42.0	7.2	1	0.05	27.1
10009	-4.1	0.2	6.3875	0.175	-3.4
10010	2.8	0.2	0.6125	0.175	2.0
10014	1.8	0.2	0.425	0.35	0.9

10015	2.7	0.1	5.55	0.5	1.8
10016	-1.8	0.0	1.45	0.5	-1.1
10017	-5.1	0.0	6.7625	0.525	-3.2
10025	0.3	0.0	5.55	1	-0.1
10026	-0.2	-0.1	1.45	1	0.1
10028	-28.3	9.0	6.75	1.2	31.7
10030	-50.8	-1.3	6.25	1.2	0.5
10032	-44.2	-1.7	5.75	1.2	-0.3
10035	58.1	-2.0	1.25	1.2	-0.2
10037	59.5	-1.5	0.75	1.2	-0.7
10039	37.4	8.7	0.25	1.2	-31.3
10043	-41.9	-2.3	4.92	1.2	0.1
10044	34.2	-1.1	2.07	1.2	-1.2
10045	-32.9	-1.0	4.64	1.2	1.5
10046	20.9	-0.8	2.36	1.2	-0.9
10047	-24.7	-1.1	4.36	1.2	1.1
10048	12.0	-1.1	2.64	1.2	0.0
10049	-16.9	-0.7	4.07	1.2	1.0
10050	4.4	-1.6	2.93	1.2	0.5
10053	-6.0	-1.4	3.5	1.2	0.5

Tabla 33 Reacciones en los nodos de la cara dorsal frente a desplazamiento impuesto R1. (Fuente: elaboración propia)

El sumatorio de los momentos torsores que generan las reacciones de cada punto da como resultado un momento torsor  $Mt = -10870 \text{ kN} \cdot \text{m}$

La ecuación de una viga de longitud L sometida a la acción de un torsor M en el extremo es:

$$\theta = \frac{LM}{GJ}$$

Donde:

- J es el módulo de torsión
- $\theta$  es el giro de torsión de la sección frontal con respecto a la dorsal
- G es el módulo de rigidez transversal
- Despejando la ecuación se obtiene:

$$J = \frac{LM}{G\theta}$$

Teniendo en cuenta que el giro impuesto es de 0.1 radianes y que el módulo de rigidez transversal del material en el modelo es  $G=80.7 \cdot 10^6 \text{ KPa}$  se obtiene:

$$J = \frac{37.5 \cdot 10870}{80.7 \cdot 10^6 \cdot 0.1} = 0.0505 \text{ m}^4$$

A modo de recopilación de las propiedades seccionales del tablero obtenidas de los resultados del *modelo local tablero* se muestra la siguiente tabla:

Características mecánicas tablero	
Área (m <sup>2</sup> )	0.142
Inercia según eje Y (m <sup>4</sup> )	0.032
Inercia según eje Z (m <sup>4</sup> )	0.772
Módulo de torsión (m <sup>4</sup> )	0.0505

Tabla 34 Resumen de propiedades mecánicas. (Fuente: elaboración propia).

## DOCUMENTO N.º 4

### ANEJO (II): ANEJO FOTOGRÁFICO

José Luis Mocholí Garrido

Carlos Pérez Fuentes

## INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se muestra una selección de las fotografías obtenidas de las visitas a la pasarela del Passeig de les Germanies que se realizaron durante la redacción del estudio con el objetivo de completar las fuentes de información y realizar los ensayos dinámicos de la estructura.

En este documento cada una de las 15 fotografías tiene asignada la fecha en la que se realizó y una breve explicación de la imagen (dónde fue tomada, lo que se puede ver en ella, etc.)

FOTOGRAFÍA N.º 1

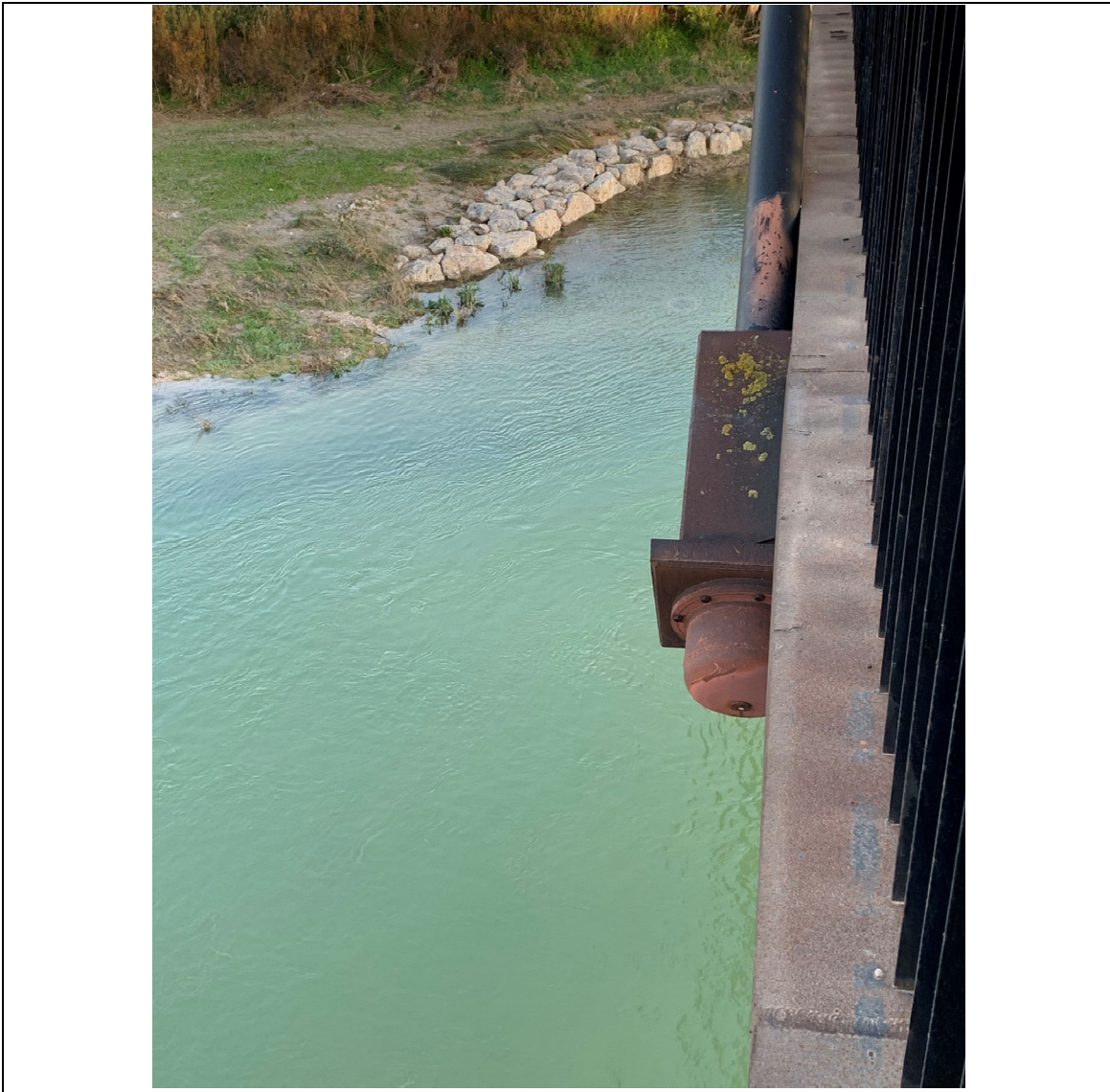


*Fecha de realización:* 27/01/2020

*Descripción:*

En la imagen aparece el macizo de anclaje situado en la parte superior de la columna norte del pilono. No se aprecia a simple vista ninguna patología significativa en esta zona.

FOTOGRAFÍA N.º 2



*Fecha de realización:* 27/01/2020

*Descripción:*

Imagen del anclaje del tirante T1 norte. Parece que la tapa del anclaje podría desatornillarse para su inspección.



FOTOGRAFÍA N.º 3



*Fecha de realización:* 27/01/2020

*Descripción:*

Esta imagen muestra el estado de corrosión en el que se encuentran algunas lamas y montantes que sustentan la barandilla.

También puede apreciarse en la parte inferior de la imagen que, en algunos tramos, el pavimento no llega hasta el tope metálico situado junto a las lamas de la barandilla con lo que se deja parte de la chapa de acero estructural a la vista. Para mayor detalle de esto último observar fotografía nº15

FOTOGRAFÍA N.º 4



*Fecha de realización:* 27/01/2020

*Descripción:*

Instalación para la conducción de servicios realizada en el interior del tablero en el lado sur de su sección transversal.

FOTOGRAFÍA N.º 5



*Fecha de realización:* 27/01/2020

*Descripción:*

Vista del interior del tablero realizada desde el apoyo izquierdo.

FOTOGRAFÍA N.º 6



*Fecha de realización:* 27/01/2020

*Descripción:*

En la imagen aparece el anclaje del tirante T1 sur situado en el lateral del tablero. El interior de la caja prismática de acero soldado que conforma el anclaje está relleno de mortero.

FOTOGRAFÍA N.º 7



*Fecha de realización:* 27/01/2020

*Descripción:*

Imagen de la ménsula corta que sirve como apoyo del tablero sobre el pilono. Se puede apreciar que parte de la armadura pasiva del hormigón ha perdido el recubrimiento.

FOTOGRAFÍA N.º 8



*Fecha de realización:* 09/06/2020

*Descripción:*

Vista de la pasarela desde el apoyo izquierdo del vano principal.

En la parte superior izquierda de la imagen puede observarse claramente una de las juntas que presentan las barandillas. Estas juntas se sitúan cada 12.5 metros aproximadamente.

También se aprecian algunos signos de oxidación como las manchas de oxido presentes en la pila de la izquierda.

FOTOGRAFÍA N.º 9



*Fecha de realización:* 16/06/2020

*Descripción:*

Imagen tomada desde el vano principal en dirección norte (aguas abajo).

Puede observarse cómo en el lado izquierdo del cauce se encuentra el casco urbano de Gandía y al lado derecho parte de la zona verde del parque de Ausiàs March.

FOTOGRAFÍA N.º 10



*Fecha de realización:* 16/06/2020

*Descripción:*

Imagen tomada desde el vano principal en dirección sur (aguas arriba).

En la zona inferior de la imagen puede apreciarse cómo la sección del río se ensancha bajo la pasarela dando lugar a una zona de remanso con poco calado donde proliferan especies vegetales acuáticas.



FOTOGRAFÍA N.º 11



*Fecha de realización:* 16/06/2020

*Descripción:*

Imagen obtenida desde el vano derecho de la pasarela (lado del parque Ausiàs March) mirando en dirección sur (aguas arriba). Se pueden observar el Puente Viejo de Oliva (peatonal) y el puente de la calle Tetuán.

En el centro de la imagen se puede observar la rampa de acceso al cauce con la vegetación que actualmente la ocupa y su escollera de protección

FOTOGRAFÍA N.º 12



*Fecha de realización:* 16/06/2020

*Descripción:*

Imagen tomada desde el camino que cruza por debajo del vano derecho (lado del parque de Ausiàs March y aparcamiento de la Fira). Puede apreciarse la existencia de un muro de contención de tierras en el lado del casco urbano que impide acceder a la zona de ribera oeste sin atravesar el cauce.

## FOTOGRAFÍA N.º 13



*Fecha de realización:* 09/07/2020

*Descripción:*

Se muestra la inscripción realizada en la vaina del tirante T5 sur (Resiplast PE50A180x10.7 PNO.6UNE53131). Esta inscripción indica que es una vaina de polietileno PE50A con un diámetro exterior de 180mm y un espesor de 10.7mm.

Casi todos los tirantes presentan una inscripción similar en algún punto próximo a la altura del ojo humano. Estos datos han facilitado el cálculo de la masa de cada tirante.

FOTOGRAFÍA N.º 14



*Fecha de realización:* 09/07/2020

*Descripción:*

Vista del alzado de la pasarela obtenida desde el Puente Viejo de Oliva, situado al sur, 150m aguas arriba del río Serpis.

La fotografía muestra el nivel del río el día que se realizó y los dos vanos atirantados de la pasarela. Se ha pretendido que la dirección de la fotografía sea perpendicular al plano de la pasarela para reducir la distorsión debida a la perspectiva.

FOTOGRAFÍA N.º 15



*Fecha de realización:* 9/07/2020

*Descripción:*

Esta imagen muestra la irregularidad que presentan los bordes del pavimento en algunos tramos de la pasarela y que dejan al descubierto parte de la chapa superior del tablero.

# DOCUMENTO N.º 5

## ANEJO (III): CALIBRACIÓN

Carlos Pérez Fuentes

## CONTENIDO

1. Introducción.....	3
2. Gráficas de las series temporales de aceleraciones .....	4
2.1. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el punto A del tablero.....	4
2.2. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el punto B del tablero.....	4
2.3. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T1 norte .....	5
2.4. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T1 sur .....	5
2.5. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T2 norte .....	6
2.6. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T2 sur .....	6
2.7. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T3 sur .....	7
2.8. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T4 sur .....	7
2.9. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T5 sur .....	8
3. Series temporales de aceleraciones. Datos numéricos. ....	9

## 1. Introducción

Se recogen en este anejo las gráficas de las series temporales de las aceleraciones registradas mediante el acelerómetro durante la campaña realizada para calibrar la estructura. Estas series temporales han sido las utilizadas para obtener las gráficas de aceleraciones en el dominio de la frecuencia en los puntos definidos en el apartado 5. *Calibración. Métodos resultados y discusión* de la memoria del estudio. Consecuentemente, en este anejo se muestran las gráficas de las series temporales registradas en:

- Tablero en el punto A
- Tablero en el punto B
- T1 norte y T1 sur
- T2 norte y T2 sur
- T3, T4 y T5 (sur)

Todas las series temporales que se muestran en este documento tienen una duración de 10.24 segundos lo que supone conjuntos de 2048 datos por cada serie.

Para completar la información relacionada con los datos registrados también se dispone en el presente anejo de las series temporales de aceleraciones en forma de tabla numérica de los tirantes del plano sur y de los puntos A y B del tablero.



## 2. Gráficas de las series temporales de aceleraciones

### 2.1. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el punto A del tablero

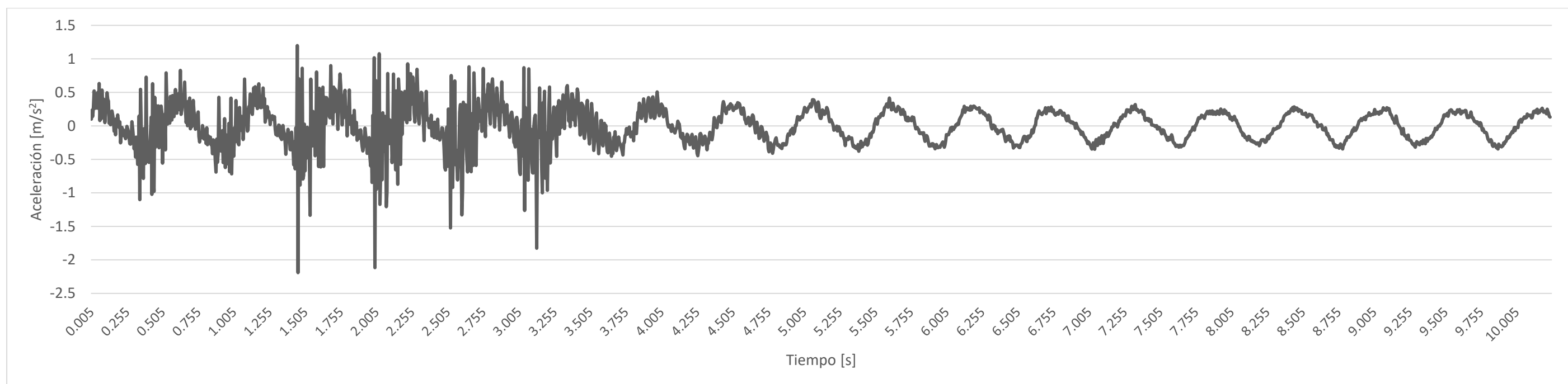


Gráfico 1 Aceleración vertical en el tablero en el punto A ( $m/s^2$ ). (Fuente: Elaboración propia).

### 2.2. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el punto B del tablero

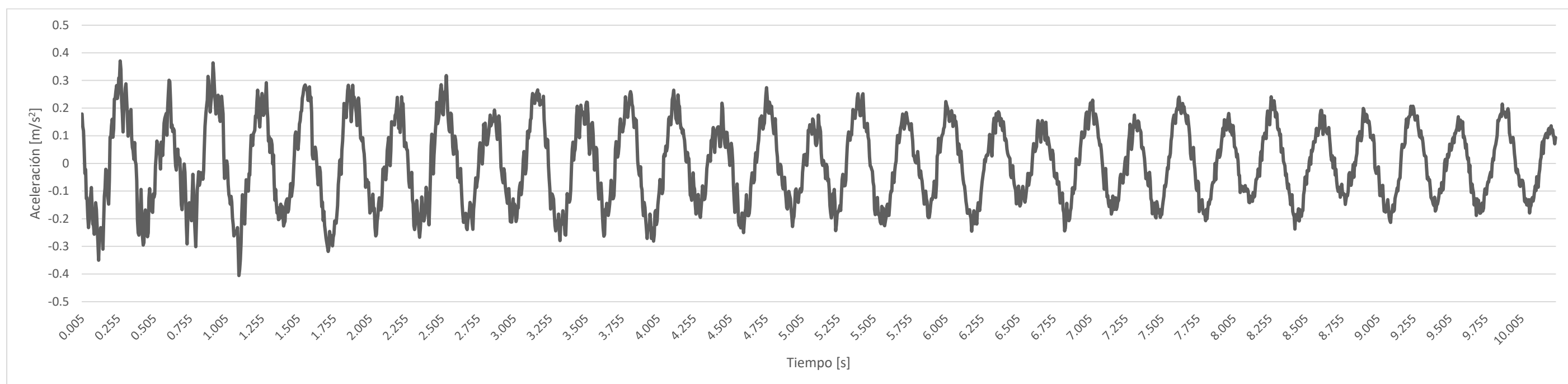
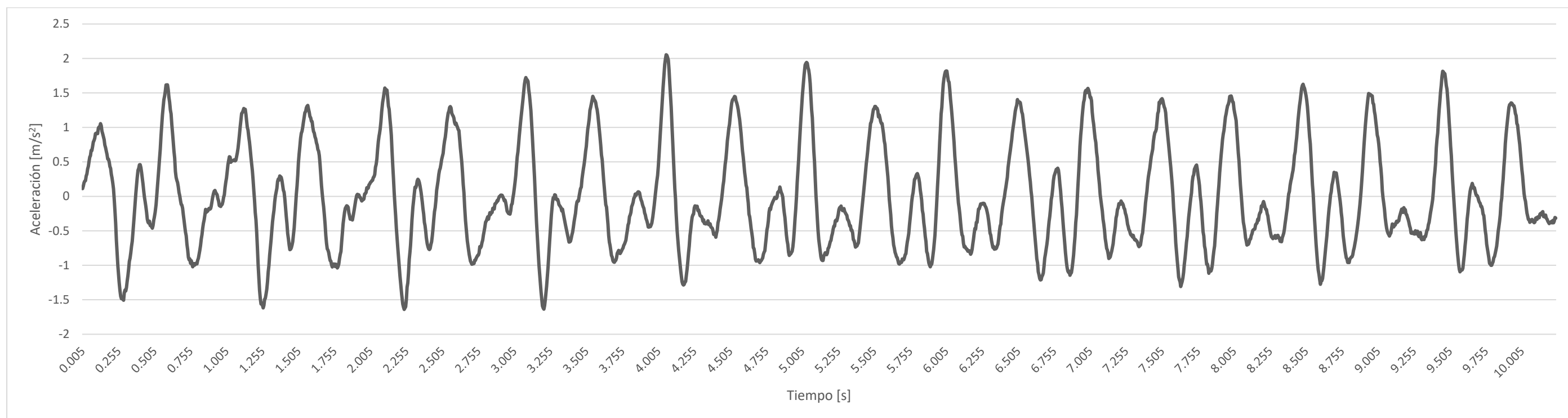
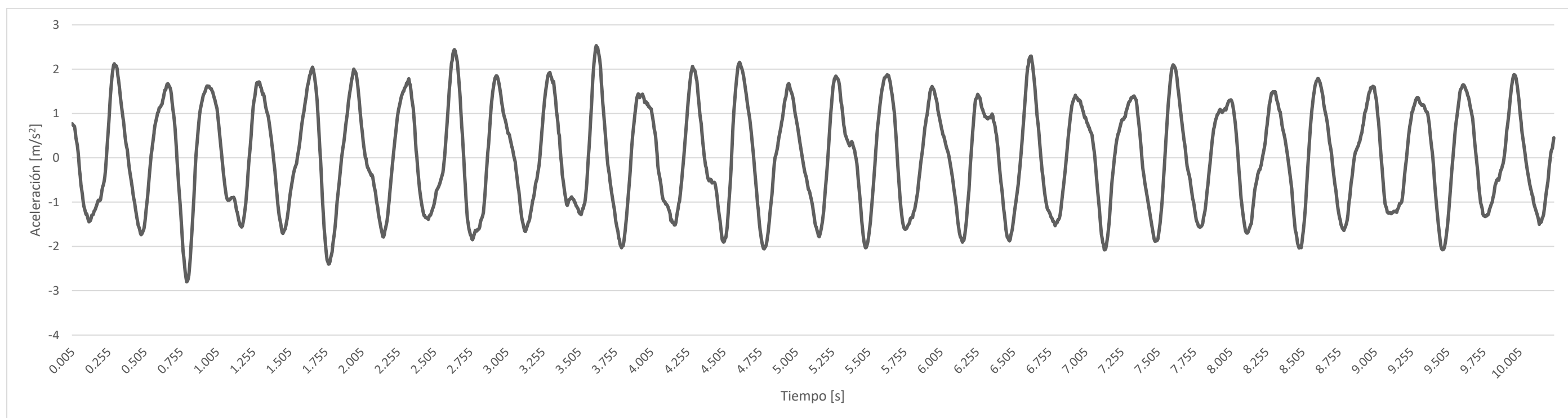


Gráfico 2 Aceleración vertical en el tablero en el punto B ( $m/s^2$ ). (Fuente: Elaboración propia).

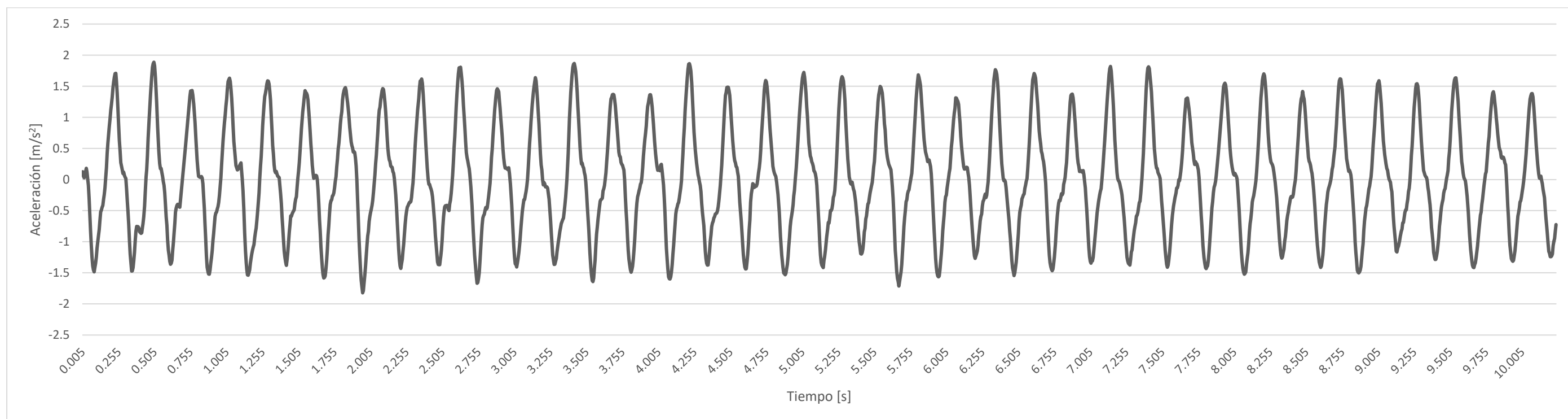
## 2.3. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T1 norte

Gráfico 3 Aceleración en tirante T1 Norte ( $m/s^2$ ). (Fuente: Elaboración propia).

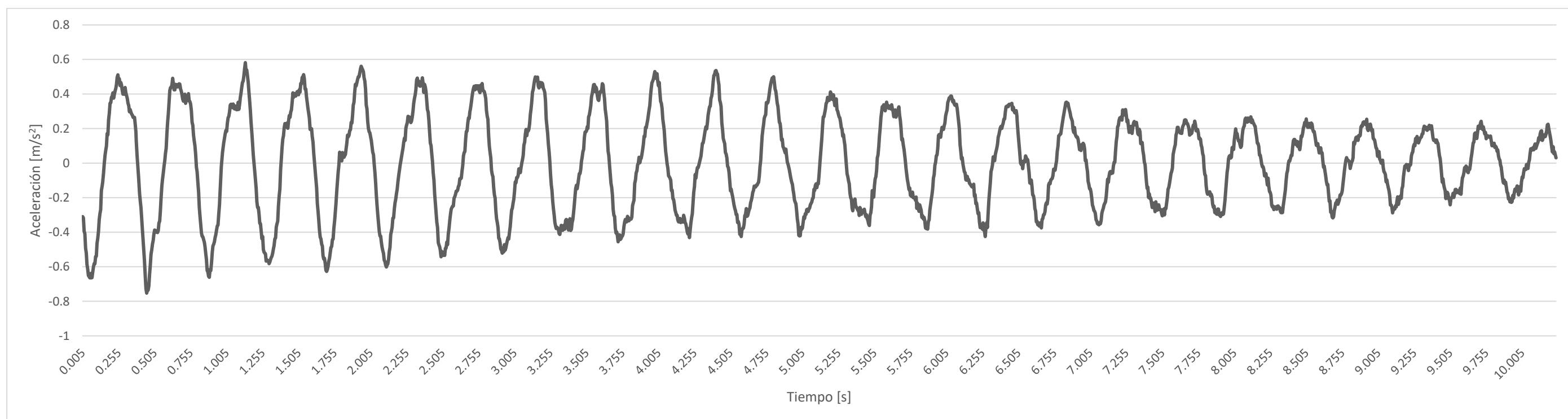
## 2.4. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T1 sur

Gráfico 4 Aceleración en tirante T1 Sur ( $m/s^2$ ). (Fuente: Elaboración propia).

## 2.5. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T2 norte

Gráfico 5 Aceleración en tirante T2 Norte ( $m/s^2$ ). (Fuente: Elaboración propia).

## 2.6. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T2 sur

Gráfico 6 Aceleración en tirante T2 Sur ( $m/s^2$ ). (Fuente: Elaboración propia).

## 2.7. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T3 sur

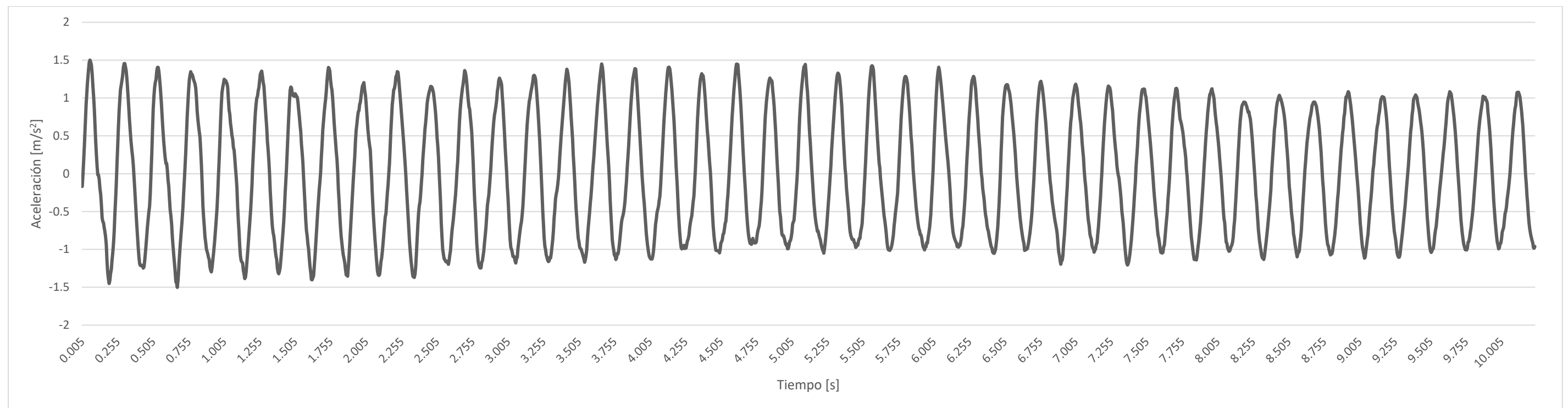


Gráfico 7 Serie temporal de aceleraciones en el tirante T3 Sur. (Fuente: Elaboración propia).

## 2.8. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T4 sur

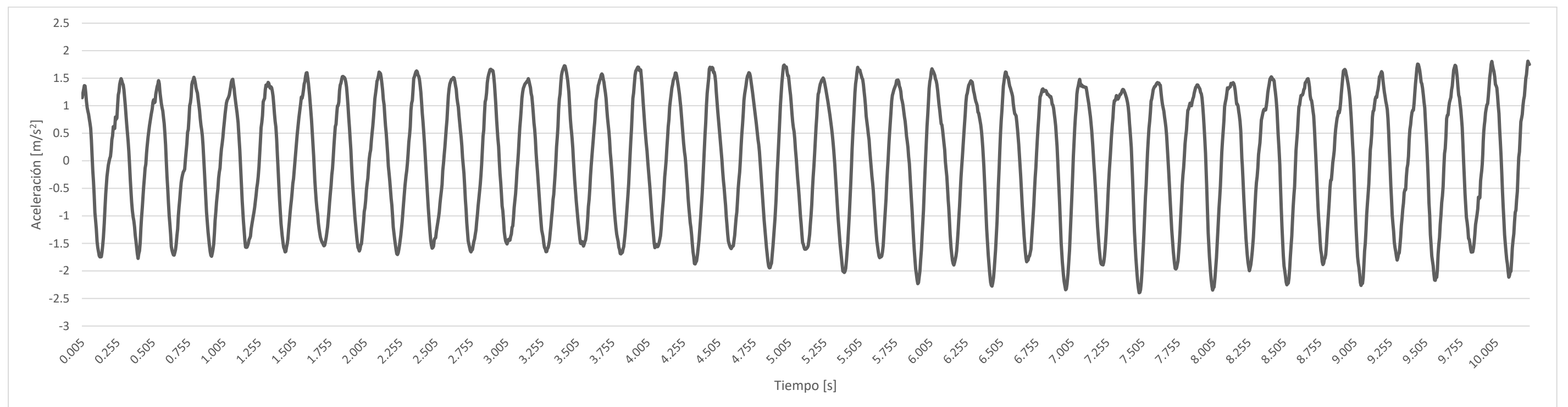


Gráfico 8 Serie temporal de aceleraciones en el tirante T4 Sur. (Fuente: Elaboración propia).

## 2.9. Gráfica de la serie temporal de aceleraciones en el tirante T5 sur

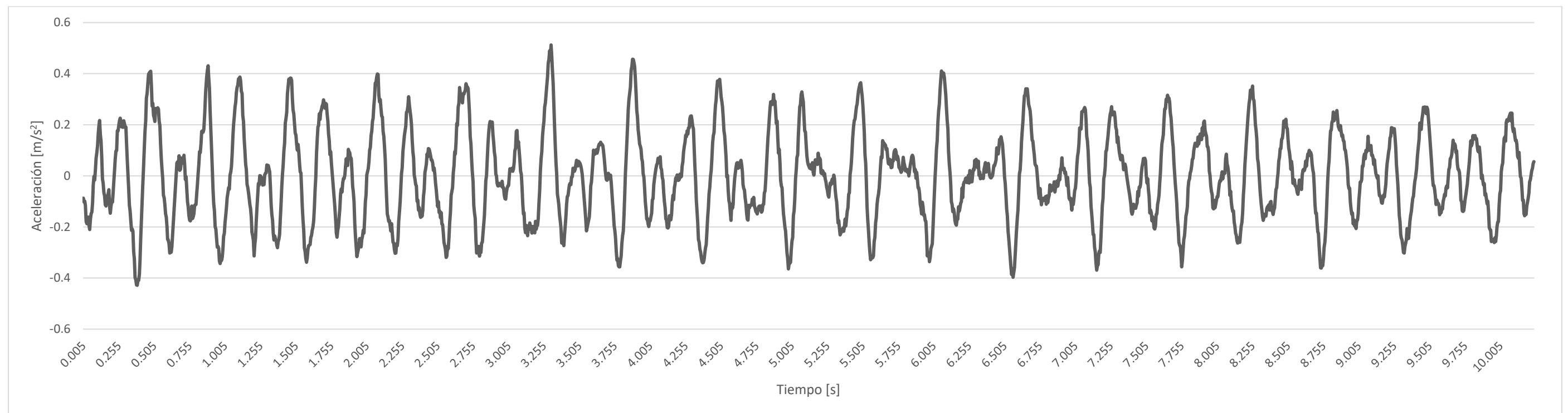


Gráfico 9 Serie temporal de aceleraciones en el tirante T5 Sur. (Fuente: Elaboración propia).

## 3. Series temporales de aceleraciones. Datos numéricos.

Punto A tablero		Punto B tablero		Tirante T1 sur		Tirante T2 sur		Tirante T3 sur		Tirante T4 sur		Tirante T5 sur	
t(s)	a (m/s <sup>2</sup> )	t(s)	a (m/s <sup>2</sup> )	t(s)	a (m/s <sup>2</sup> )	t(s)	a (m/s <sup>2</sup> )	t(s)	a (m/s <sup>2</sup> )	t(s)	a (m/s <sup>2</sup> )	t(s)	a (m/s <sup>2</sup> )
0.005	0.101	0.005	0.179	0.005	0.766	0.005	-0.310	0.005	-0.169	0.005	1.147	0.005	-0.087
0.01	0.233	0.01	0.134	0.01	0.736	0.01	-0.318	0.01	-0.022	0.01	1.228	0.01	-0.102
0.015	0.141	0.015	0.118	0.015	0.725	0.015	-0.394	0.015	0.150	0.015	1.293	0.015	-0.099
0.02	0.282	0.02	0.049	0.02	0.709	0.02	-0.408	0.02	0.371	0.02	1.365	0.02	-0.117
0.025	0.521	0.025	-0.036	0.025	0.605	0.025	-0.493	0.025	0.594	0.025	1.359	0.025	-0.178
0.03	0.261	0.03	-0.022	0.03	0.451	0.03	-0.521	0.03	0.821	0.03	1.234	0.03	-0.187
0.035	0.299	0.035	-0.127	0.035	0.366	0.035	-0.585	0.035	0.982	0.035	1.080	0.035	-0.178
0.04	0.336	0.04	-0.124	0.04	0.275	0.04	-0.612	0.04	1.162	0.04	0.969	0.04	-0.161
0.045	0.265	0.045	-0.190	0.045	0.135	0.045	-0.650	0.045	1.258	0.045	0.902	0.045	-0.194
0.05	0.499	0.05	-0.232	0.05	-0.052	0.05	-0.657	0.05	1.365	0.05	0.847	0.05	-0.210
0.055	0.262	0.055	-0.201	0.055	-0.282	0.055	-0.664	0.055	1.474	0.055	0.762	0.055	-0.169
0.06	0.632	0.06	-0.185	0.06	-0.415	0.06	-0.639	0.06	1.501	0.06	0.682	0.06	-0.148
0.065	0.080	0.065	-0.118	0.065	-0.615	0.065	-0.664	0.065	1.471	0.065	0.590	0.065	-0.142
0.07	0.342	0.07	-0.087	0.07	-0.716	0.07	-0.663	0.07	1.428	0.07	0.379	0.07	-0.107
0.075	0.108	0.075	-0.158	0.075	-0.832	0.075	-0.631	0.075	1.317	0.075	0.094	0.075	-0.034
0.08	0.535	0.08	-0.219	0.08	-0.978	0.08	-0.601	0.08	1.163	0.08	-0.181	0.08	-0.002
0.085	0.295	0.085	-0.224	0.085	-1.092	0.085	-0.582	0.085	1.028	0.085	-0.379	0.085	-0.016
0.09	0.401	0.09	-0.256	0.09	-1.150	0.09	-0.583	0.09	0.864	0.09	-0.631	0.09	0.024
0.095	0.362	0.095	-0.210	0.095	-1.213	0.095	-0.541	0.095	0.647	0.095	-0.939	0.095	0.070
0.1	0.049	0.1	-0.142	0.1	-1.277	0.1	-0.539	0.1	0.427	0.1	-1.083	0.1	0.091
0.105	0.225	0.105	-0.166	0.105	-1.266	0.105	-0.463	0.105	0.254	0.105	-1.234	0.105	0.118
0.11	0.310	0.11	-0.232	0.11	-1.329	0.11	-0.435	0.11	0.099	0.11	-1.469	0.11	0.166
0.115	0.494	0.115	-0.285	0.115	-1.403	0.115	-0.394	0.115	-0.015	0.115	-1.577	0.115	0.195
0.12	0.395	0.12	-0.350	0.12	-1.445	0.12	-0.327	0.12	-0.017	0.12	-1.649	0.12	0.217
0.125	0.369	0.125	-0.270	0.125	-1.432	0.125	-0.292	0.125	-0.075	0.125	-1.723	0.125	0.164
0.13	0.041	0.13	-0.256	0.13	-1.419	0.13	-0.270	0.13	-0.192	0.13	-1.745	0.13	0.136
0.135	0.074	0.135	-0.232	0.135	-1.363	0.135	-0.159	0.135	-0.276	0.135	-1.738	0.135	0.073
0.14	0.016	0.14	-0.259	0.14	-1.294	0.14	-0.134	0.14	-0.414	0.14	-1.742	0.14	-0.011
0.145	0.105	0.145	-0.243	0.145	-1.287	0.145	-0.106	0.145	-0.582	0.145	-1.657	0.145	-0.029
0.15	0.222	0.15	-0.310	0.15	-1.279	0.15	-0.049	0.15	-0.631	0.15	-1.532	0.15	-0.065
0.155	0.162	0.155	-0.213	0.155	-1.208	0.155	-0.007	0.155	-0.649	0.155	-1.393	0.155	-0.078
0.16	0.091	0.16	-0.119	0.16	-1.188	0.16	0.043	0.16	-0.716	0.16	-1.167	0.16	-0.113
0.165	-0.079	0.165	-0.089	0.165	-1.153	0.165	0.073	0.165	-0.771	0.165	-0.910	0.165	-0.118
0.17	0.068	0.17	-0.021	0.17	-1.101	0.17	0.099	0.17	-0.835	0.17	-0.678	0.17	-0.094
0.175	-0.133	0.175	-0.027	0.175	-1.055	0.175	0.171	0.175	-0.959	0.175	-0.472	0.175	-0.079
0.18	0.104	0.18	-0.098	0.18	-0.999	0.18	0.164	0.18	-1.149	0.18	-0.289	0.18	-0.070
0.185	0.083	0.185	-0.124	0.185	-0.958	0.185	0.251	0.185	-1.311	0.185	-0.183	0.185	-0.054
0.19	0.164	0.19	-0.147	0.19	-0.969	0.19	0.290	0.19	-1.393	0.19	-0.076	0.19	-0.119
0.195	0.067	0.195	-0.062	0.195	-0.971	0.195	0.346	0.195	-1.451	0.195	-0.015	0.195	-0.146
0.2	-0.023	0.2	0.095	0.2	-0.945	0.2	0.350	0.2	-1.411	0.2	0.043	0.2	-0.119

0.205	0.059	0.205	0.093	0.205	-0.848	0.205	0.381	0.205	-1.321	0.205	0.078	0.205	-0.096
0.21	-0.253	0.21	0.137	0.21	-0.735	0.21	0.388	0.21	-1.262	0.21	0.198	0.21	-0.103
0.215	-0.123	0.215	0.160	0.215	-0.656	0.215	0.407	0.215	-1.140	0.215	0.384	0.215	-0.070
0.22	-0.023	0.22	0.095	0.22	-0.610	0.22	0.376	0.22	-1.047	0.22	0.453	0.22	-0.024
0.225	-0.083	0.225	0.125	0.225	-0.531	0.225	0.399	0.225	-0.932	0.225	0.620	0.225	0.018
0.23	-0.061	0.23	0.233	0.23	-0.431	0.23	0.418	0.23	-0.774	0.23	0.611	0.23	0.065
0.235	-0.152	0.235	0.233	0.235	-0.257	0.235	0.433	0.235	-0.539	0.235	0.587	0.235	0.097
0.24	-0.121	0.24	0.261	0.24	-0.028	0.24	0.455	0.24	-0.351	0.24	0.797	0.24	0.099
0.245	-0.191	0.245	0.282	0.245	0.214	0.245	0.497	0.245	-0.144	0.245	0.757	0.245	0.177
0.25	-0.094	0.25	0.235	0.25	0.449	0.25	0.511	0.25	0.123	0.25	0.775	0.25	0.176
0.255	-0.008	0.255	0.251	0.255	0.682	0.255	0.482	0.255	0.355	0.255	1.001	0.255	0.197
0.26	-0.039	0.26	0.309	0.26	0.941	0.26	0.488	0.26	0.605	0.26	1.197	0.26	0.216
0.265	-0.082	0.265	0.306	0.265	1.201	0.265	0.449	0.265	0.820	0.265	1.258	0.265	0.226
0.27	-0.172	0.27	0.371	0.27	1.462	0.27	0.467	0.27	0.974	0.27	1.387	0.27	0.215
0.275	-0.267	0.275	0.340	0.275	1.691	0.275	0.453	0.275	1.112	0.275	1.448	0.275	0.192
0.28	-0.273	0.28	0.228	0.28	1.857	0.28	0.421	0.28	1.174	0.28	1.491	0.28	0.196
0.285	-0.226	0.285	0.181	0.285	1.987	0.285	0.399	0.285	1.235	0.285	1.457	0.285	0.190
0.29	0.062	0.29	0.114	0.29	2.086	0.29	0.414	0.29	1.302	0.29	1.406	0.29	0.216
0.295	-0.036	0.295	0.198	0.295	2.121	0.295	0.399	0.295	1.405	0.295	1.380	0.295	0.204
0.3	-0.162	0.3	0.235	0.3	2.059	0.3	0.438	0.3	1.454	0.3	1.292	0.3	0.191
0.305	-0.343	0.305	0.272	0.305	2.084	0.305	0.407	0.305	1.456	0.305	1.145	0.305	0.191
0.31	-0.228	0.31	0.288	0.31	2.068	0.31	0.391	0.31	1.410	0.31	0.999	0.31	0.129
0.315	-0.465	0.315	0.231	0.315	1.999	0.315	0.374	0.315	1.357	0.315	0.824	0.315	0.065
0.32	-0.167	0.32	0.178	0.32	1.848	0.32	0.347	0.32	1.243	0.32	0.657	0.32	0.007
0.325	-0.259	0.325	0.099	0.325	1.743	0.325	0.333	0.325	1.104	0.325	0.506	0.325	-0.048
0.33	-0.575	0.33	0.186	0.33	1.589	0.33	0.297	0.33	0.999	0.33	0.354	0.33	-0.114
0.335	-0.486	0.335	0.156	0.335	1.464	0.335	0.310	0.335	0.811	0.335	0.166	0.335	-0.137
0.34	0.148	0.34	0.170	0.34	1.284	0.34	0.296	0.34	0.665	0.34	-0.068	0.34	-0.176
0.345	-1.101	0.345	0.195	0.345	1.162	0.345	0.284	0.345	0.521	0.345	-0.324	0.345	-0.213
0.35	0.545	0.35	0.094	0.35	1.030	0.35	0.278	0.35	0.396	0.35	-0.546	0.35	-0.208
0.355	-0.036	0.355	0.058	0.355	0.908	0.355	0.265	0.355	0.302	0.355	-0.752	0.355	-0.217
0.36	-0.312	0.36	0.047	0.36	0.784	0.36	0.266	0.36	0.221	0.36	-0.903	0.36	-0.296
0.365	-0.358	0.365	0.015	0.365	0.642	0.365	0.265	0.365	0.111	0.365	-1.021	0.365	-0.325
0.37	-0.785	0.37	0.076	0.37	0.446	0.37	0.225	0.37	-0.041	0.37	-1.091	0.37	-0.398
0.375	-0.042	0.375	0.008	0.375	0.359	0.375	0.178	0.375	-0.217	0.375	-1.201	0.375	-0.407
0.38	-0.448	0.38	-0.004	0.38	0.251	0.38	0.085	0.38	-0.379	0.38	-1.353	0.38	-0.427
0.385	-0.561	0.385	-0.063	0.385	0.185	0.385	0.019	0.385	-0.509	0.385	-1.457	0.385	-0.428
0.39	0.727	0.39	-0.204	0.39	0.026	0.39	-0.054	0.39	-0.680	0.39	-1.577	0.39	-0.409
0.395	-0.534	0.395	-0.251	0.395	-0.128	0.395	-0.095	0.395	-0.850	0.395	-1.693	0.395	-0.409
0.4	-0.471	0.4	-0.259	0.4	-0.264	0.4	-0.175	0.4	-0.994	0.4	-1.772	0.4	-0.386
0.405	-0.428	0.405	-0.246	0.405	-0.375	0.405	-0.220	0.405	-1.104	0.405	-1.686	0.405	-0.333
0.41	-0.545	0.41	-0.170	0.41	-0.453	0.41	-0.259	0.41	-1.190	0.41	-1.636	0.41	-0.239
0.415	-0.310	0.415	-0.094	0.415	-0.583	0.415	-0.320	0.415	-1.213	0.415	-1.490	0.415	-0.181
0.42	-0.123	0.42	-0.201	0.42	-0.680	0.42	-0.387	0.42	-1.206	0.42	-1.222	0.42	-0.094
0.425	0.129	0.425	-0.263	0.425	-0.816	0.425	-0.457	0.425	-1.218	0.425	-1.017	0.425	-0.032

0.43	-1.022	0.43	-0.295	0.43	-0.921	0.43	-0.509	0.43	-1.213	0.43	-0.852	0.43	0.035
0.435	0.630	0.435	-0.286	0.435	-1.002	0.435	-0.581	0.435	-1.247	0.435	-0.651	0.435	0.106
0.44	-0.701	0.44	-0.191	0.44	-1.128	0.44	-0.662	0.44	-1.232	0.44	-0.460	0.44	0.174
0.445	-0.978	0.445	-0.168	0.445	-1.227	0.445	-0.727	0.445	-1.153	0.445	-0.306	0.445	0.215
0.45	0.426	0.45	-0.235	0.45	-1.338	0.45	-0.752	0.45	-1.066	0.45	-0.133	0.45	0.305
0.455	-0.318	0.455	-0.240	0.455	-1.419	0.455	-0.734	0.455	-0.922	0.455	-0.062	0.455	0.323
0.46	0.302	0.46	-0.265	0.46	-1.524	0.46	-0.735	0.46	-0.813	0.46	0.131	0.46	0.360
0.465	-0.084	0.465	-0.251	0.465	-1.563	0.465	-0.711	0.465	-0.700	0.465	0.295	0.465	0.398
0.47	-0.150	0.47	-0.125	0.47	-1.615	0.47	-0.643	0.47	-0.595	0.47	0.400	0.47	0.403
0.475	0.298	0.475	-0.091	0.475	-1.693	0.475	-0.591	0.475	-0.503	0.475	0.509	0.475	0.407
0.48	-0.327	0.48	-0.149	0.48	-1.736	0.48	-0.527	0.48	-0.428	0.48	0.620	0.48	0.410
0.485	0.132	0.485	-0.166	0.485	-1.721	0.485	-0.502	0.485	-0.252	0.485	0.697	0.485	0.354
0.49	-0.150	0.49	-0.172	0.49	-1.687	0.49	-0.469	0.49	-0.002	0.49	0.809	0.49	0.274
0.495	0.295	0.495	-0.177	0.495	-1.643	0.495	-0.448	0.495	0.262	0.495	0.874	0.495	0.284
0.5	0.195	0.5	-0.110	0.5	-1.601	0.5	-0.411	0.5	0.565	0.5	0.944	0.5	0.237
0.505	-0.556	0.505	-0.122	0.505	-1.494	0.505	-0.387	0.505	0.852	0.505	1.061	0.505	0.228
0.51	0.057	0.51	-0.110	0.51	-1.356	0.51	-0.399	0.51	1.017	0.51	1.108	0.51	0.213
0.515	-0.065	0.515	-0.009	0.515	-1.177	0.515	-0.391	0.515	1.137	0.515	1.054	0.515	0.264
0.52	0.171	0.52	0.028	0.52	-1.031	0.52	-0.399	0.52	1.206	0.52	1.066	0.52	0.259
0.525	-0.358	0.525	0.081	0.525	-0.889	0.525	-0.402	0.525	1.244	0.525	1.207	0.525	0.264
0.53	0.791	0.53	0.071	0.53	-0.696	0.53	-0.391	0.53	1.347	0.53	1.278	0.53	0.267
0.535	0.350	0.535	0.065	0.535	-0.489	0.535	-0.346	0.535	1.403	0.535	1.347	0.535	0.262
0.54	0.027	0.54	0.057	0.54	-0.297	0.54	-0.336	0.54	1.405	0.54	1.387	0.54	0.215
0.545	0.360	0.545	0.028	0.545	-0.120	0.545	-0.274	0.545	1.357	0.545	1.456	0.545	0.197
0.55	0.170	0.55	-0.020	0.55	0.063	0.55	-0.197	0.55	1.278	0.55	1.402	0.55	0.126
0.555	0.041	0.555	0.077	0.555	0.172	0.555	-0.133	0.555	1.148	0.555	1.246	0.555	0.067
0.56	0.440	0.56	0.071	0.56	0.306	0.56	-0.091	0.56	1.012	0.56	1.139	0.56	0.026
0.565	0.244	0.565	0.029	0.565	0.433	0.565	-0.057	0.565	0.857	0.565	1.038	0.565	-0.011
0.57	0.088	0.57	0.084	0.57	0.553	0.57	-0.019	0.57	0.699	0.57	0.963	0.57	-0.076
0.575	0.453	0.575	0.146	0.575	0.696	0.575	0.012	0.575	0.538	0.575	0.906	0.575	-0.085
0.58	0.138	0.58	0.163	0.58	0.805	0.58	0.056	0.58	0.398	0.58	0.787	0.58	-0.112
0.585	0.138	0.585	0.172	0.585	0.852	0.585	0.086	0.585	0.299	0.585	0.677	0.585	-0.148
0.59	0.271	0.59	0.181	0.59	0.929	0.59	0.170	0.59	0.204	0.59	0.495	0.59	-0.162
0.595	0.542	0.595	0.102	0.595	1.018	0.595	0.237	0.595	0.134	0.595	0.286	0.595	-0.199
0.6	0.221	0.6	0.201	0.6	1.036	0.6	0.287	0.6	0.135	0.6	-0.010	0.6	-0.249
0.605	0.189	0.605	0.254	0.605	1.125	0.605	0.352	0.605	0.045	0.605	-0.285	0.605	-0.251
0.61	0.366	0.61	0.301	0.61	1.136	0.61	0.420	0.61	-0.087	0.61	-0.497	0.61	-0.267
0.615	0.429	0.615	0.296	0.615	1.150	0.615	0.437	0.615	-0.168	0.615	-0.748	0.615	-0.302
0.62	0.486	0.62	0.221	0.62	1.193	0.62	0.439	0.62	-0.333	0.62	-1.000	0.62	-0.295
0.625	0.241	0.625	0.130	0.625	1.210	0.625	0.453	0.625	-0.478	0.625	-1.155	0.625	-0.299
0.63	0.829	0.63	0.140	0.63	1.302	0.63	0.491	0.63	-0.555	0.63	-1.332	0.63	-0.276
0.635	0.172	0.635	0.115	0.635	1.365	0.635	0.457	0.635	-0.673	0.635	-1.556	0.635	-0.237
0.64	0.235	0.64	0.126	0.64	1.458	0.64	0.424	0.64	-0.841	0.64	-1.626	0.64	-0.174
0.645	0.366	0.645	0.119	0.645	1.531	0.645	0.424	0.645	-0.964	0.645	-1.673	0.645	-0.143
0.65	0.335	0.65	0.037	0.65	1.532	0.65	0.456	0.65	-1.080	0.65	-1.709	0.65	-0.085



0.655	0.431	0.655	-0.009	0.655	1.604	0.655	0.447	0.655	-1.186	0.655	-1.714	0.655	-0.044
0.66	0.653	0.66	-0.024	0.66	1.662	0.66	0.454	0.66	-1.299	0.66	-1.665	0.66	0.008
0.665	0.277	0.665	0.011	0.665	1.672	0.665	0.441	0.665	-1.431	0.665	-1.611	0.665	0.051
0.67	0.050	0.67	0.052	0.67	1.649	0.67	0.451	0.67	-1.442	0.67	-1.505	0.67	0.055
0.675	0.152	0.675	0.012	0.675	1.606	0.675	0.459	0.675	-1.502	0.675	-1.356	0.675	0.043
0.68	0.002	0.68	0.020	0.68	1.585	0.68	0.457	0.68	-1.412	0.68	-1.240	0.68	0.079
0.685	0.367	0.685	0.015	0.685	1.527	0.685	0.430	0.685	-1.271	0.685	-0.997	0.685	0.022
0.69	0.191	0.69	-0.077	0.69	1.418	0.69	0.417	0.69	-1.091	0.69	-0.837	0.69	0.026
0.695	0.416	0.695	-0.150	0.695	1.242	0.695	0.397	0.695	-0.982	0.695	-0.700	0.695	0.050
0.7	-0.044	0.7	-0.167	0.7	1.095	0.7	0.371	0.7	-0.828	0.7	-0.537	0.7	0.070
0.705	0.141	0.705	-0.118	0.705	0.984	0.705	0.359	0.705	-0.694	0.705	-0.396	0.705	0.059
0.71	-0.011	0.71	-0.037	0.71	0.845	0.71	0.395	0.71	-0.600	0.71	-0.311	0.71	0.051
0.715	0.155	0.715	-0.002	0.715	0.665	0.715	0.399	0.715	-0.429	0.715	-0.252	0.715	0.081
0.72	0.380	0.72	-0.032	0.72	0.433	0.72	0.346	0.72	-0.242	0.72	-0.203	0.72	0.044
0.725	0.213	0.725	-0.112	0.725	0.173	0.725	0.362	0.725	-0.072	0.725	-0.183	0.725	-0.014
0.73	0.176	0.73	-0.224	0.73	-0.108	0.73	0.375	0.73	0.124	0.73	-0.154	0.73	-0.003
0.735	-0.050	0.735	-0.291	0.735	-0.351	0.735	0.384	0.735	0.299	0.735	0.016	0.735	-0.053
0.74	0.106	0.74	-0.203	0.74	-0.615	0.74	0.402	0.74	0.548	0.74	0.159	0.74	-0.101
0.745	-0.036	0.745	-0.150	0.745	-0.820	0.745	0.360	0.745	0.768	0.745	0.312	0.745	-0.121
0.75	-0.034	0.75	-0.142	0.75	-1.033	0.75	0.356	0.75	0.931	0.75	0.518	0.75	-0.156
0.755	0.208	0.755	-0.194	0.755	-1.296	0.755	0.341	0.755	1.118	0.755	0.568	0.755	-0.173
0.76	-0.156	0.76	-0.190	0.76	-1.567	0.76	0.304	0.76	1.240	0.76	0.768	0.76	-0.176
0.765	-0.241	0.765	-0.207	0.765	-1.838	0.765	0.237	0.765	1.302	0.765	1.003	0.765	-0.166
0.77	-0.148	0.77	-0.117	0.77	-2.107	0.77	0.219	0.77	1.347	0.77	1.056	0.77	-0.118
0.775	-0.163	0.775	-0.039	0.775	-2.241	0.775	0.162	0.775	1.312	0.775	1.164	0.775	-0.167
0.78	-0.175	0.78	-0.101	0.78	-2.411	0.78	0.128	0.78	1.310	0.78	1.383	0.78	-0.160
0.785	0.004	0.785	-0.190	0.785	-2.585	0.785	0.099	0.785	1.278	0.785	1.440	0.785	-0.148
0.79	-0.053	0.79	-0.247	0.79	-2.699	0.79	0.048	0.79	1.239	0.79	1.468	0.79	-0.115
0.795	-0.196	0.795	-0.301	0.795	-2.800	0.795	-0.023	0.795	1.213	0.795	1.517	0.795	-0.113
0.8	-0.150	0.8	-0.206	0.8	-2.785	0.8	-0.051	0.8	1.186	0.8	1.478	0.8	-0.112
0.805	-0.107	0.805	-0.098	0.805	-2.739	0.805	-0.111	0.805	1.127	0.805	1.412	0.805	-0.071
0.81	-0.263	0.81	-0.071	0.81	-2.654	0.81	-0.165	0.81	0.998	0.81	1.326	0.81	-0.035
0.815	-0.029	0.815	-0.030	0.815	-2.468	0.815	-0.257	0.815	0.828	0.815	1.272	0.815	0.008
0.82	-0.281	0.82	-0.079	0.82	-2.274	0.82	-0.309	0.82	0.720	0.82	1.231	0.82	0.045
0.825	-0.148	0.825	-0.065	0.825	-1.995	0.825	-0.357	0.825	0.633	0.825	1.123	0.825	0.095
0.83	-0.188	0.83	-0.033	0.83	-1.742	0.83	-0.405	0.83	0.553	0.83	1.015	0.83	0.091
0.835	-0.190	0.835	-0.036	0.835	-1.473	0.835	-0.424	0.835	0.481	0.835	0.915	0.835	0.124
0.84	-0.167	0.84	-0.042	0.84	-1.182	0.84	-0.427	0.84	0.313	0.84	0.766	0.84	0.174
0.845	-0.283	0.845	-0.057	0.845	-0.913	0.845	-0.443	0.845	0.124	0.845	0.647	0.845	0.176
0.85	-0.248	0.85	-0.024	0.85	-0.567	0.85	-0.458	0.85	-0.143	0.85	0.564	0.85	0.171
0.855	-0.416	0.855	0.066	0.855	-0.202	0.855	-0.482	0.855	-0.416	0.855	0.453	0.855	0.182
0.86	-0.208	0.86	0.143	0.86	0.069	0.86	-0.521	0.86	-0.572	0.86	0.274	0.86	0.231
0.865	-0.220	0.865	0.173	0.865	0.261	0.865	-0.557	0.865	-0.696	0.865	0.043	0.865	0.300
0.87	-0.258	0.87	0.206	0.87	0.434	0.87	-0.621	0.87	-0.837	0.87	-0.236	0.87	0.342
0.875	-0.521	0.875	0.229	0.875	0.644	0.875	-0.630	0.875	-0.909	0.875	-0.512	0.875	0.392

0.88	-0.689	0.88	0.315	0.88	0.812	0.88	-0.655	0.88	-0.994	0.88	-0.760	0.88	0.413
0.885	-0.197	0.885	0.297	0.885	0.985	0.885	-0.661	0.885	-1.028	0.885	-0.991	0.885	0.431
0.89	-0.544	0.89	0.252	0.89	1.094	0.89	-0.615	0.89	-1.062	0.89	-1.126	0.89	0.384
0.895	-0.416	0.895	0.186	0.895	1.175	0.895	-0.622	0.895	-1.107	0.895	-1.264	0.895	0.344
0.9	0.426	0.9	0.221	0.9	1.252	0.9	-0.579	0.9	-1.133	0.9	-1.435	0.9	0.250
0.905	-0.221	0.905	0.243	0.905	1.328	0.905	-0.520	0.905	-1.229	0.905	-1.563	0.905	0.176
0.91	-0.231	0.91	0.280	0.91	1.407	0.91	-0.480	0.91	-1.274	0.91	-1.649	0.91	0.103
0.915	-0.376	0.915	0.364	0.915	1.448	0.915	-0.470	0.915	-1.297	0.915	-1.717	0.915	0.028
0.92	-0.313	0.92	0.326	0.92	1.476	0.92	-0.457	0.92	-1.243	0.92	-1.735	0.92	-0.052
0.925	-0.070	0.925	0.270	0.925	1.528	0.925	-0.431	0.925	-1.140	0.925	-1.678	0.925	-0.109
0.93	-0.548	0.93	0.223	0.93	1.579	0.93	-0.414	0.93	-1.060	0.93	-1.607	0.93	-0.136
0.935	-0.429	0.935	0.179	0.935	1.619	0.935	-0.388	0.935	-0.959	0.935	-1.513	0.935	-0.199
0.94	0.107	0.94	0.205	0.94	1.619	0.94	-0.364	0.94	-0.836	0.94	-1.323	0.94	-0.208
0.945	-0.622	0.945	0.233	0.945	1.609	0.945	-0.359	0.945	-0.713	0.945	-1.082	0.945	-0.245
0.95	-0.228	0.95	0.247	0.95	1.613	0.95	-0.299	0.95	-0.606	0.95	-0.933	0.95	-0.279
0.955	-0.137	0.955	0.219	0.955	1.575	0.955	-0.233	0.955	-0.453	0.955	-0.758	0.955	-0.276
0.96	-0.263	0.96	0.168	0.96	1.561	0.96	-0.178	0.96	-0.261	0.96	-0.624	0.96	-0.284
0.965	-0.570	0.965	0.152	0.965	1.559	0.965	-0.066	0.965	-0.024	0.965	-0.508	0.965	-0.333
0.97	0.037	0.97	0.200	0.97	1.512	0.97	0.012	0.97	0.183	0.97	-0.313	0.97	-0.343
0.975	-0.684	0.975	0.243	0.975	1.484	0.975	0.041	0.975	0.423	0.975	-0.205	0.975	-0.326
0.98	-0.243	0.98	0.209	0.98	1.418	0.98	0.087	0.98	0.687	0.98	-0.131	0.98	-0.331
0.985	0.415	0.985	0.180	0.985	1.358	0.985	0.119	0.985	0.899	0.985	0.069	0.985	-0.319
0.99	-0.716	0.99	0.034	0.99	1.308	0.99	0.144	0.99	1.070	0.99	0.214	0.99	-0.288
0.995	-0.148	0.995	-0.054	0.995	1.234	0.995	0.170	0.995	1.142	0.995	0.308	0.995	-0.236
1	-0.342	1	-0.044	1	1.167	1	0.190	1	1.188	1	0.434	1	-0.225
1.005	-0.452	1.005	-0.028	1.005	1.109	1.005	0.184	1.005	1.248	1.005	0.585	1.005	-0.182
1.01	-0.029	1.01	0.009	1.01	0.950	1.01	0.231	1.01	1.235	1.01	0.706	1.01	-0.154
1.015	-0.237	1.015	-0.009	1.015	0.797	1.015	0.262	1.015	1.231	1.015	0.841	1.015	-0.123
1.02	0.378	1.02	-0.076	1.02	0.636	1.02	0.271	1.02	1.211	1.02	0.950	1.02	-0.085
1.025	0.070	1.025	-0.112	1.025	0.460	1.025	0.296	1.025	1.191	1.025	1.052	1.025	-0.067
1.03	-0.198	1.03	-0.123	1.03	0.301	1.03	0.336	1.03	1.140	1.03	1.100	1.03	-0.046
1.035	-0.253	1.035	-0.147	1.035	0.129	1.035	0.341	1.035	0.984	1.035	1.127	1.035	-0.052
1.04	-0.282	1.04	-0.119	1.04	-0.051	1.04	0.340	1.04	0.841	1.04	1.156	1.04	0.004
1.045	0.274	1.045	-0.140	1.045	-0.206	1.045	0.321	1.045	0.786	1.045	1.194	1.045	0.015
1.05	-0.070	1.05	-0.196	1.05	-0.342	1.05	0.342	1.05	0.664	1.05	1.270	1.05	0.037
1.055	0.144	1.055	-0.221	1.055	-0.506	1.055	0.334	1.055	0.598	1.055	1.343	1.055	0.087
1.06	0.086	1.06	-0.262	1.06	-0.658	1.06	0.314	1.06	0.507	1.06	1.431	1.06	0.153
1.065	0.140	1.065	-0.255	1.065	-0.781	1.065	0.322	1.065	0.456	1.065	1.469	1.065	0.202
1.07	-0.204	1.07	-0.246	1.07	-0.874	1.07	0.330	1.07	0.345	1.07	1.481	1.07	0.233
1.075	-0.028	1.075	-0.247	1.075	-0.935	1.075	0.309	1.075	0.312	1.075	1.384	1.075	0.270
1.08	0.699	1.08	-0.245	1.08	-0.960	1.08	0.310	1.08	0.201	1.08	1.307	1.08	0.289
1.085	0.191	1.085	-0.232	1.085	-0.950	1.085	0.352	1.085	0.073	1.085	1.188	1.085	0.326
1.09	0.252	1.09	-0.310	1.09	-0.956	1.09	0.311	1.09	-0.042	1.09	1.058	1.09	0.346
1.095	0.231	1.095	-0.405	1.095	-0.939	1.095	0.338	1.095	-0.185	1.095	0.985	1.095	0.355
1.1	-0.078	1.1	-0.384	1.1	-0.917	1.1	0.378	1.1	-0.425	1.1	0.871	1.1	0.380

1.105	-0.057	1.105	-0.348	1.105	-0.901	1.105	0.405	1.105	-0.613	1.105	0.774	1.105	0.381
1.11	0.288	1.11	-0.288	1.11	-0.905	1.11	0.438	1.11	-0.769	1.11	0.599	1.11	0.387
1.115	0.262	1.115	-0.179	1.115	-0.898	1.115	0.466	1.115	-0.956	1.115	0.394	1.115	0.372
1.12	0.476	1.12	-0.113	1.12	-0.893	1.12	0.475	1.12	-1.085	1.12	0.190	1.12	0.331
1.125	0.386	1.125	-0.174	1.125	-0.929	1.125	0.505	1.125	-1.149	1.125	-0.111	1.125	0.323
1.13	0.204	1.13	-0.207	1.13	-0.999	1.13	0.547	1.13	-1.166	1.13	-0.410	1.13	0.237
1.135	0.172	1.135	-0.219	1.135	-1.095	1.135	0.582	1.135	-1.180	1.135	-0.643	1.135	0.213
1.14	0.367	1.14	-0.131	1.14	-1.195	1.14	0.535	1.14	-1.277	1.14	-0.895	1.14	0.143
1.145	0.569	1.145	-0.059	1.145	-1.232	1.145	0.539	1.145	-1.322	1.145	-1.096	1.145	0.098
1.15	0.417	1.15	-0.071	1.15	-1.322	1.15	0.505	1.15	-1.386	1.15	-1.265	1.15	0.047
1.155	0.584	1.155	-0.091	1.155	-1.407	1.155	0.468	1.155	-1.368	1.155	-1.438	1.155	0.024
1.16	0.300	1.16	-0.100	1.16	-1.468	1.16	0.412	1.16	-1.297	1.16	-1.566	1.16	-0.033
1.165	0.530	1.165	-0.037	1.165	-1.527	1.165	0.360	1.165	-1.180	1.165	-1.572	1.165	-0.045
1.17	0.258	1.17	-0.042	1.17	-1.542	1.17	0.303	1.17	-1.054	1.17	-1.569	1.17	-0.065
1.175	0.531	1.175	0.041	1.175	-1.563	1.175	0.232	1.175	-0.913	1.175	-1.539	1.175	-0.088
1.18	0.628	1.18	0.102	1.18	-1.541	1.18	0.178	1.18	-0.793	1.18	-1.499	1.18	-0.111
1.185	0.389	1.185	0.099	1.185	-1.464	1.185	0.116	1.185	-0.688	1.185	-1.432	1.185	-0.127
1.19	0.276	1.19	0.065	1.19	-1.345	1.19	0.046	1.19	-0.557	1.19	-1.407	1.19	-0.160
1.195	0.272	1.195	0.107	1.195	-1.262	1.195	0.002	1.195	-0.376	1.195	-1.372	1.195	-0.221
1.2	0.277	1.2	0.113	1.2	-1.127	1.2	-0.042	1.2	-0.179	1.2	-1.240	1.2	-0.234
1.205	0.389	1.205	0.120	1.205	-1.013	1.205	-0.101	1.205	0.034	1.205	-1.158	1.205	-0.253
1.21	0.565	1.21	0.172	1.21	-0.790	1.21	-0.145	1.21	0.256	1.21	-1.082	1.21	-0.313
1.215	0.277	1.215	0.167	1.215	-0.557	1.215	-0.224	1.215	0.436	1.215	-1.006	1.215	-0.269
1.22	0.408	1.22	0.223	1.22	-0.320	1.22	-0.257	1.22	0.648	1.22	-0.931	1.22	-0.242
1.225	0.055	1.225	0.265	1.225	-0.096	1.225	-0.256	1.225	0.809	1.225	-0.845	1.225	-0.178
1.23	0.126	1.23	0.221	1.23	0.081	1.23	-0.294	1.23	0.919	1.23	-0.733	1.23	-0.125
1.235	0.122	1.235	0.164	1.235	0.257	1.235	-0.348	1.235	0.999	1.235	-0.625	1.235	-0.078
1.24	0.287	1.24	0.132	1.24	0.494	1.24	-0.351	1.24	1.022	1.24	-0.493	1.24	-0.030
1.245	0.170	1.245	0.182	1.245	0.738	1.245	-0.395	1.245	1.095	1.245	-0.409	1.245	-0.036
1.25	0.213	1.25	0.230	1.25	0.972	1.25	-0.438	1.25	1.137	1.25	-0.293	1.25	0.001
1.255	0.149	1.255	0.253	1.255	1.163	1.255	-0.425	1.255	1.224	1.255	-0.106	1.255	0.000
1.26	0.019	1.26	0.239	1.26	1.284	1.26	-0.500	1.26	1.313	1.26	0.124	1.26	-0.005
1.265	0.107	1.265	0.174	1.265	1.362	1.265	-0.515	1.265	1.338	1.265	0.351	1.265	-0.011
1.27	0.123	1.27	0.180	1.27	1.483	1.27	-0.520	1.27	1.355	1.27	0.603	1.27	-0.036
1.275	0.152	1.275	0.194	1.275	1.619	1.275	-0.525	1.275	1.290	1.275	0.696	1.275	-0.032
1.28	0.137	1.28	0.236	1.28	1.691	1.28	-0.567	1.28	1.205	1.28	0.822	1.28	-0.034
1.285	0.092	1.285	0.292	1.285	1.698	1.285	-0.560	1.285	1.157	1.285	1.072	1.285	0.004
1.29	0.138	1.29	0.205	1.29	1.656	1.29	-0.563	1.29	1.016	1.29	1.106	1.29	0.010
1.295	-0.048	1.295	0.164	1.295	1.713	1.295	-0.565	1.295	0.878	1.295	1.132	1.295	0.012
1.3	-0.130	1.3	0.081	1.3	1.692	1.3	-0.582	1.3	0.741	1.3	1.293	1.3	0.043
1.305	-0.059	1.305	0.097	1.305	1.599	1.305	-0.573	1.305	0.609	1.305	1.376	1.305	0.038
1.31	-0.145	1.31	0.040	1.31	1.579	1.31	-0.559	1.31	0.423	1.31	1.349	1.31	0.041
1.315	-0.032	1.315	0.089	1.315	1.502	1.315	-0.546	1.315	0.314	1.315	1.371	1.315	0.028
1.32	0.012	1.32	0.084	1.32	1.428	1.32	-0.539	1.32	0.175	1.32	1.424	1.32	0.016
1.325	0.004	1.325	0.067	1.325	1.446	1.325	-0.521	1.325	0.001	1.325	1.406	1.325	-0.044

1.33	-0.166	1.33	-0.002	1.33	1.394	1.33	-0.497	1.33	-0.228	1.33	1.344	1.33	-0.112
1.335	-0.179	1.335	0.031	1.335	1.288	1.335	-0.476	1.335	-0.397	1.335	1.319	1.335	-0.151
1.34	-0.204	1.34	-0.073	1.34	1.167	1.34	-0.439	1.34	-0.561	1.34	1.345	1.34	-0.174
1.345	-0.174	1.345	-0.133	1.345	1.094	1.345	-0.433	1.345	-0.697	1.345	1.326	1.345	-0.225
1.35	0.006	1.35	-0.094	1.35	1.028	1.35	-0.370	1.35	-0.781	1.35	1.262	1.35	-0.251
1.355	-0.081	1.355	-0.146	1.355	0.980	1.355	-0.351	1.355	-0.827	1.355	1.173	1.355	-0.235
1.36	-0.118	1.36	-0.179	1.36	0.915	1.36	-0.336	1.36	-0.908	1.36	1.024	1.36	-0.247
1.365	-0.243	1.365	-0.160	1.365	0.800	1.365	-0.247	1.365	-1.012	1.365	0.854	1.365	-0.253
1.37	-0.424	1.37	-0.203	1.37	0.687	1.37	-0.190	1.37	-1.086	1.37	0.714	1.37	-0.271
1.375	-0.216	1.375	-0.201	1.375	0.547	1.375	-0.150	1.375	-1.132	1.375	0.616	1.375	-0.281
1.38	-0.181	1.38	-0.176	1.38	0.443	1.38	-0.038	1.38	-1.247	1.38	0.393	1.38	-0.257
1.385	-0.052	1.385	-0.147	1.385	0.283	1.385	0.024	1.385	-1.303	1.385	0.113	1.385	-0.248
1.39	-0.149	1.39	-0.196	1.39	0.173	1.39	0.090	1.39	-1.322	1.39	-0.141	1.39	-0.228
1.395	-0.143	1.395	-0.155	1.395	0.004	1.395	0.138	1.395	-1.287	1.395	-0.411	1.395	-0.167
1.4	-0.355	1.4	-0.185	1.4	-0.168	1.4	0.159	1.4	-1.237	1.4	-0.683	1.4	-0.112
1.405	-0.357	1.405	-0.226	1.405	-0.306	1.405	0.205	1.405	-1.123	1.405	-0.907	1.405	-0.045
1.41	-0.094	1.41	-0.216	1.41	-0.512	1.41	0.229	1.41	-1.023	1.41	-1.092	1.41	0.006
1.415	-0.300	1.415	-0.209	1.415	-0.692	1.415	0.217	1.415	-0.909	1.415	-1.248	1.415	0.043
1.42	-0.328	1.42	-0.146	1.42	-0.868	1.42	0.208	1.42	-0.762	1.42	-1.392	1.42	0.097
1.425	-0.581	1.425	-0.134	1.425	-1.055	1.425	0.232	1.425	-0.621	1.425	-1.479	1.425	0.128
1.43	-0.236	1.43	-0.128	1.43	-1.197	1.43	0.202	1.43	-0.453	1.43	-1.571	1.43	0.207
1.435	-0.641	1.435	-0.176	1.435	-1.326	1.435	0.243	1.435	-0.248	1.435	-1.602	1.435	0.226
1.44	-0.028	1.44	-0.167	1.44	-1.411	1.44	0.275	1.44	-0.095	1.44	-1.654	1.44	0.249
1.445	-0.436	1.445	-0.134	1.445	-1.491	1.445	0.265	1.445	0.118	1.445	-1.647	1.445	0.323
1.45	1.199	1.45	-0.109	1.45	-1.603	1.45	0.295	1.45	0.330	1.45	-1.566	1.45	0.352
1.455	-2.190	1.455	-0.073	1.455	-1.687	1.455	0.309	1.455	0.505	1.455	-1.509	1.455	0.379
1.46	0.705	1.46	-0.119	1.46	-1.707	1.46	0.352	1.46	0.754	1.46	-1.418	1.46	0.371
1.465	-0.738	1.465	-0.098	1.465	-1.672	1.465	0.407	1.465	0.938	1.465	-1.249	1.465	0.383
1.47	-0.883	1.47	-0.077	1.47	-1.632	1.47	0.381	1.47	1.097	1.47	-1.112	1.47	0.383
1.475	-0.152	1.475	-0.021	1.475	-1.612	1.475	0.400	1.475	1.145	1.475	-0.957	1.475	0.374
1.48	-0.612	1.48	0.030	1.48	-1.534	1.48	0.403	1.48	1.132	1.48	-0.823	1.48	0.304
1.485	0.861	1.485	0.102	1.485	-1.461	1.485	0.388	1.485	1.066	1.485	-0.709	1.485	0.258
1.49	-0.794	1.49	0.114	1.49	-1.363	1.49	0.395	1.49	1.033	1.49	-0.568	1.49	0.244
1.495	-0.740	1.495	0.109	1.495	-1.242	1.495	0.414	1.495	1.030	1.495	-0.410	1.495	0.205
1.5	0.026	1.5	0.096	1.5	-1.114	1.5	0.400	1.5	1.022	1.5	-0.324	1.5	0.168
1.505	-0.671	1.505	0.051	1.505	-0.956	1.505	0.396	1.505	1.057	1.505	-0.169	1.505	0.160
1.51	-0.077	1.51	0.083	1.51	-0.826	1.51	0.424	1.51	1.043	1.51	0.010	1.51	0.125
1.515	-0.479	1.515	0.143	1.515	-0.719	1.515	0.411	1.515	1.021	1.515	0.178	1.515	0.101
1.52	-0.021	1.52	0.154	1.52	-0.615	1.52	0.461	1.52	1.012	1.52	0.323	1.52	0.123
1.525	-0.093	1.525	0.186	1.525	-0.521	1.525	0.459	1.525	0.948	1.525	0.455	1.525	0.095
1.53	-0.245	1.53	0.190	1.53	-0.422	1.53	0.496	1.53	0.846	1.53	0.622	1.53	0.051
1.535	-0.507	1.535	0.236	1.535	-0.334	1.535	0.499	1.535	0.754	1.535	0.713	1.535	0.016
1.54	-1.334	1.54	0.249	1.54	-0.267	1.54	0.512	1.54	0.644	1.54	0.822	1.54	0.012
1.545	0.697	1.545	0.270	1.545	-0.207	1.545	0.488	1.545	0.555	1.545	0.938	1.545	-0.054
1.55	-0.157	1.55	0.280	1.55	-0.169	1.55	0.429	1.55	0.387	1.55	1.040	1.55	-0.125

1.555	-0.300	1.555	0.284	1.555	-0.127	1.555	0.429	1.555	0.277	1.555	1.158	1.555	-0.175
1.56	0.216	1.56	0.276	1.56	0.018	1.56	0.383	1.56	0.149	1.56	1.135	1.56	-0.216
1.565	-0.175	1.565	0.269	1.565	0.111	1.565	0.351	1.565	-0.069	1.565	1.194	1.565	-0.281
1.57	0.129	1.57	0.260	1.57	0.200	1.57	0.317	1.57	-0.248	1.57	1.287	1.57	-0.296
1.575	-0.446	1.575	0.228	1.575	0.306	1.575	0.289	1.575	-0.422	1.575	1.396	1.575	-0.324
1.58	-0.327	1.58	0.239	1.58	0.449	1.58	0.259	1.58	-0.615	1.58	1.441	1.58	-0.338
1.585	0.804	1.585	0.277	1.585	0.613	1.585	0.195	1.585	-0.753	1.585	1.536	1.585	-0.321
1.59	-0.070	1.59	0.225	1.59	0.743	1.59	0.195	1.59	-0.822	1.59	1.596	1.59	-0.288
1.595	0.173	1.595	0.240	1.595	0.856	1.595	0.199	1.595	-0.927	1.595	1.600	1.595	-0.273
1.6	-0.607	1.6	0.184	1.6	0.951	1.6	0.152	1.6	-0.995	1.6	1.509	1.6	-0.271
1.605	0.561	1.605	0.031	1.605	1.039	1.605	0.122	1.605	-1.115	1.605	1.411	1.605	-0.269
1.61	-0.137	1.61	0.017	1.61	1.158	1.61	0.063	1.61	-1.224	1.61	1.278	1.61	-0.241
1.615	-0.613	1.615	0.017	1.615	1.277	1.615	-0.001	1.615	-1.298	1.615	1.132	1.615	-0.233
1.62	0.523	1.62	0.053	1.62	1.364	1.62	-0.041	1.62	-1.399	1.62	0.995	1.62	-0.213
1.625	0.433	1.625	0.059	1.625	1.506	1.625	-0.093	1.625	-1.402	1.625	0.825	1.625	-0.200
1.63	0.578	1.63	0.043	1.63	1.618	1.63	-0.142	1.63	-1.376	1.63	0.610	1.63	-0.176
1.635	-0.605	1.635	0.002	1.635	1.677	1.635	-0.233	1.635	-1.348	1.635	0.384	1.635	-0.125
1.64	0.431	1.64	-0.044	1.64	1.767	1.64	-0.279	1.64	-1.249	1.64	0.184	1.64	-0.055
1.645	0.071	1.645	-0.077	1.645	1.856	1.645	-0.333	1.645	-1.084	1.645	-0.099	1.645	-0.005
1.65	0.032	1.65	-0.045	1.65	1.887	1.65	-0.391	1.65	-0.945	1.65	-0.355	1.65	0.088
1.655	0.422	1.655	-0.014	1.655	1.971	1.655	-0.429	1.655	-0.774	1.655	-0.549	1.655	0.143
1.66	0.348	1.66	-0.031	1.66	2.005	1.66	-0.439	1.66	-0.616	1.66	-0.728	1.66	0.192
1.665	0.365	1.665	-0.095	1.665	2.044	1.665	-0.469	1.665	-0.488	1.665	-0.866	1.665	0.197
1.67	0.384	1.67	-0.156	1.67	1.989	1.67	-0.481	1.67	-0.373	1.67	-0.967	1.67	0.243
1.675	0.140	1.675	-0.140	1.675	1.904	1.675	-0.536	1.675	-0.211	1.675	-1.125	1.675	0.221
1.68	0.120	1.68	-0.206	1.68	1.802	1.68	-0.555	1.68	-0.105	1.68	-1.229	1.68	0.251
1.685	0.899	1.685	-0.173	1.685	1.698	1.685	-0.551	1.685	0.017	1.685	-1.313	1.685	0.259
1.69	0.335	1.69	-0.224	1.69	1.522	1.69	-0.579	1.69	0.216	1.69	-1.390	1.69	0.273
1.695	0.421	1.695	-0.246	1.695	1.338	1.695	-0.620	1.695	0.371	1.695	-1.436	1.695	0.280
1.7	0.028	1.7	-0.270	1.7	1.114	1.7	-0.627	1.7	0.568	1.7	-1.471	1.7	0.298
1.705	0.579	1.705	-0.286	1.705	0.845	1.705	-0.616	1.705	0.683	1.705	-1.491	1.705	0.284
1.71	0.210	1.71	-0.302	1.71	0.571	1.71	-0.597	1.71	0.811	1.71	-1.520	1.71	0.265
1.715	0.549	1.715	-0.318	1.715	0.232	1.715	-0.567	1.715	0.906	1.715	-1.544	1.715	0.284
1.72	0.529	1.72	-0.302	1.72	-0.057	1.72	-0.551	1.72	0.988	1.72	-1.532	1.72	0.281
1.725	0.498	1.725	-0.246	1.725	-0.376	1.725	-0.518	1.725	1.095	1.725	-1.474	1.725	0.243
1.73	0.312	1.73	-0.267	1.73	-0.733	1.73	-0.488	1.73	1.231	1.73	-1.394	1.73	0.216
1.735	-0.053	1.735	-0.267	1.735	-1.061	1.735	-0.482	1.735	1.334	1.735	-1.332	1.735	0.165
1.74	0.450	1.74	-0.261	1.74	-1.367	1.74	-0.443	1.74	1.403	1.74	-1.210	1.74	0.137
1.745	0.550	1.745	-0.298	1.745	-1.578	1.745	-0.439	1.745	1.389	1.745	-1.076	1.745	0.083
1.75	0.775	1.75	-0.267	1.75	-1.807	1.75	-0.377	1.75	1.352	1.75	-0.932	1.75	0.095
1.755	0.597	1.755	-0.255	1.755	-1.995	1.755	-0.341	1.755	1.236	1.755	-0.751	1.755	0.049
1.76	0.253	1.76	-0.208	1.76	-2.155	1.76	-0.282	1.76	1.152	1.76	-0.584	1.76	0.019
1.765	0.014	1.765	-0.214	1.765	-2.306	1.765	-0.231	1.765	1.104	1.765	-0.444	1.765	-0.012
1.77	0.311	1.77	-0.216	1.77	-2.342	1.77	-0.165	1.77	0.992	1.77	-0.256	1.77	-0.051
1.775	0.122	1.775	-0.186	1.775	-2.399	1.775	-0.098	1.775	0.848	1.775	-0.142	1.775	-0.093

1.78	0.458	1.78	-0.152	1.78	-2.395	1.78	-0.060	1.78	0.667	1.78	0.052	1.78	-0.121
1.785	0.531	1.785	-0.076	1.785	-2.346	1.785	-0.010	1.785	0.541	1.785	0.268	1.785	-0.162
1.79	0.161	1.79	-0.045	1.79	-2.255	1.79	0.063	1.79	0.417	1.79	0.455	1.79	-0.223
1.795	0.179	1.795	0.011	1.795	-2.195	1.795	0.041	1.795	0.287	1.795	0.623	1.795	-0.240
1.8	-0.150	1.8	0.014	1.8	-2.125	1.8	0.047	1.8	0.190	1.8	0.664	1.8	-0.213
1.805	0.277	1.805	-0.039	1.805	-1.958	1.805	0.013	1.805	0.026	1.805	0.846	1.805	-0.197
1.81	0.083	1.81	0.048	1.81	-1.837	1.81	0.061	1.81	-0.212	1.81	0.994	1.81	-0.161
1.815	0.535	1.815	0.081	1.815	-1.727	1.815	0.053	1.815	-0.360	1.815	1.001	1.815	-0.125
1.82	0.024	1.82	0.137	1.82	-1.576	1.82	0.034	1.82	-0.549	1.82	1.068	1.82	-0.070
1.825	0.124	1.825	0.217	1.825	-1.412	1.825	0.043	1.825	-0.707	1.825	1.278	1.825	-0.051
1.83	0.073	1.83	0.212	1.83	-1.188	1.83	0.050	1.83	-0.836	1.83	1.377	1.83	-0.063
1.835	-0.111	1.835	0.211	1.835	-0.978	1.835	0.084	1.835	-0.920	1.835	1.410	1.835	-0.027
1.84	0.152	1.84	0.166	1.84	-0.841	1.84	0.117	1.84	-1.008	1.84	1.475	1.84	-0.010
1.845	-0.131	1.845	0.218	1.845	-0.685	1.845	0.162	1.845	-1.076	1.845	1.529	1.845	-0.010
1.85	0.231	1.85	0.264	1.85	-0.524	1.85	0.152	1.85	-1.128	1.85	1.532	1.85	0.004
1.855	-0.042	1.855	0.283	1.855	-0.362	1.855	0.162	1.855	-1.181	1.855	1.520	1.855	0.034
1.86	-0.038	1.86	0.267	1.86	-0.203	1.86	0.189	1.86	-1.265	1.86	1.511	1.86	0.067
1.865	0.053	1.865	0.254	1.865	-0.016	1.865	0.193	1.865	-1.338	1.865	1.483	1.865	0.045
1.87	-0.214	1.87	0.218	1.87	0.101	1.87	0.236	1.87	-1.333	1.87	1.424	1.87	0.041
1.875	-0.083	1.875	0.151	1.875	0.227	1.875	0.232	1.875	-1.354	1.875	1.335	1.875	0.104
1.88	-0.190	1.88	0.197	1.88	0.331	1.88	0.274	1.88	-1.232	1.88	1.181	1.88	0.094
1.885	-0.069	1.885	0.283	1.885	0.464	1.885	0.336	1.885	-1.096	1.885	0.981	1.885	0.091
1.89	-0.155	1.89	0.228	1.89	0.616	1.89	0.352	1.89	-0.947	1.89	0.776	1.89	0.068
1.895	-0.059	1.895	0.240	1.895	0.757	1.895	0.411	1.895	-0.745	1.895	0.599	1.895	0.069
1.9	-0.208	1.9	0.227	1.9	0.887	1.9	0.456	1.9	-0.578	1.9	0.394	1.9	0.022
1.905	-0.308	1.905	0.201	1.905	0.996	1.905	0.447	1.905	-0.428	1.905	0.196	1.905	-0.039
1.91	-0.375	1.91	0.182	1.91	1.168	1.91	0.465	1.91	-0.263	1.91	-0.082	1.91	-0.064
1.915	-0.308	1.915	0.137	1.915	1.300	1.915	0.485	1.915	-0.089	1.915	-0.290	1.915	-0.101
1.92	-0.229	1.92	0.210	1.92	1.447	1.92	0.500	1.92	0.064	1.92	-0.521	1.92	-0.185
1.925	-0.033	1.925	0.237	1.925	1.541	1.925	0.500	1.925	0.225	1.925	-0.744	1.925	-0.237
1.93	-0.143	1.93	0.205	1.93	1.624	1.93	0.522	1.93	0.424	1.93	-0.914	1.93	-0.277
1.935	-0.196	1.935	0.150	1.935	1.757	1.935	0.545	1.935	0.573	1.935	-1.028	1.935	-0.316
1.94	-0.410	1.94	0.091	1.94	1.829	1.94	0.561	1.94	0.652	1.94	-1.191	1.94	-0.301
1.945	-0.303	1.945	0.087	1.945	1.925	1.945	0.550	1.945	0.745	1.945	-1.351	1.945	-0.288
1.95	-0.236	1.95	0.081	1.95	2.001	1.95	0.541	1.95	0.816	1.95	-1.477	1.95	-0.271
1.955	-0.175	1.955	0.093	1.955	1.948	1.955	0.530	1.955	0.833	1.955	-1.571	1.955	-0.245
1.96	-0.460	1.96	0.054	1.96	1.946	1.96	0.494	1.96	0.916	1.96	-1.600	1.96	-0.261
1.965	-0.598	1.965	0.035	1.965	1.905	1.965	0.476	1.965	0.946	1.965	-1.639	1.965	-0.278
1.97	-0.241	1.97	-0.007	1.97	1.810	1.97	0.430	1.97	1.023	1.97	-1.604	1.97	-0.248
1.975	-0.844	1.975	-0.086	1.975	1.697	1.975	0.336	1.975	1.102	1.975	-1.529	1.975	-0.236
1.98	0.156	1.98	-0.057	1.98	1.552	1.98	0.314	1.98	1.162	1.98	-1.511	1.98	-0.213
1.985	-0.218	1.985	-0.059	1.985	1.375	1.985	0.242	1.985	1.180	1.985	-1.383	1.985	-0.224
1.99	1.017	1.99	-0.079	1.99	1.179	1.99	0.201	1.99	1.203	1.99	-1.241	1.99	-0.169
1.995	-2.115	1.995	-0.068	1.995	0.969	1.995	0.182	1.995	1.102	1.995	-1.106	1.995	-0.101
2	0.677	2	-0.123	2	0.833	2	0.175	2	1.043	2	-0.922	2	-0.073

2.005	-0.949	2.005	-0.179	2.005	0.695	2.005	0.153	2.005	0.932	2.005	-0.854	2.005	0.004
2.01	-0.682	2.01	-0.173	2.01	0.545	2.01	0.131	2.01	0.803	2.01	-0.726	2.01	0.016
2.015	-0.278	2.015	-0.134	2.015	0.364	2.015	0.097	2.015	0.657	2.015	-0.526	2.015	0.028
2.02	-0.136	2.02	-0.141	2.02	0.237	2.02	0.063	2.02	0.536	2.02	-0.410	2.02	0.055
2.025	1.077	2.025	-0.111	2.025	0.126	2.025	0.049	2.025	0.450	2.025	-0.318	2.025	0.101
2.03	-1.172	2.03	-0.171	2.03	-0.003	2.03	-0.006	2.03	0.372	2.03	-0.129	2.03	0.112
2.035	-0.704	2.035	-0.162	2.035	-0.016	2.035	-0.053	2.035	0.312	2.035	0.035	2.035	0.158
2.04	-0.073	2.04	-0.232	2.04	-0.156	2.04	-0.114	2.04	0.111	2.04	0.135	2.04	0.176
2.045	-0.804	2.045	-0.262	2.045	-0.224	2.045	-0.188	2.045	-0.070	2.045	0.199	2.045	0.214
2.05	0.195	2.05	-0.256	2.05	-0.239	2.05	-0.247	2.05	-0.276	2.05	0.365	2.05	0.226
2.055	-0.384	2.055	-0.208	2.055	-0.292	2.055	-0.300	2.055	-0.504	2.055	0.501	2.055	0.273
2.06	-0.144	2.06	-0.189	2.06	-0.319	2.06	-0.348	2.06	-0.655	2.06	0.625	2.06	0.307
2.065	0.142	2.065	-0.146	2.065	-0.356	2.065	-0.394	2.065	-0.781	2.065	0.779	2.065	0.363
2.07	-0.155	2.07	-0.124	2.07	-0.401	2.07	-0.421	2.07	-0.937	2.07	0.952	2.07	0.366
2.075	-1.206	2.075	-0.154	2.075	-0.382	2.075	-0.423	2.075	-1.056	2.075	1.131	2.075	0.387
2.08	-0.992	2.08	-0.168	2.08	-0.427	2.08	-0.457	2.08	-1.171	2.08	1.226	2.08	0.399
2.085	0.782	2.085	-0.155	2.085	-0.528	2.085	-0.486	2.085	-1.284	2.085	1.325	2.085	0.397
2.09	-0.241	2.09	-0.105	2.09	-0.637	2.09	-0.506	2.09	-1.332	2.09	1.446	2.09	0.317
2.095	-0.265	2.095	-0.020	2.095	-0.710	2.095	-0.522	2.095	-1.344	2.095	1.479	2.095	0.290
2.1	0.089	2.1	-0.019	2.1	-0.789	2.1	-0.561	2.1	-1.334	2.1	1.535	2.1	0.299
2.105	-0.063	2.105	-0.013	2.105	-0.940	2.105	-0.570	2.105	-1.261	2.105	1.612	2.105	0.264
2.11	0.050	2.11	-0.030	2.11	-1.036	2.11	-0.590	2.11	-1.163	2.11	1.599	2.11	0.234
2.115	-0.548	2.115	-0.059	2.115	-1.122	2.115	-0.601	2.115	-1.113	2.115	1.582	2.115	0.231
2.12	-0.252	2.12	-0.027	2.12	-1.267	2.12	-0.590	2.12	-1.026	2.12	1.508	2.12	0.174
2.125	0.774	2.125	0.046	2.125	-1.353	2.125	-0.583	2.125	-0.920	2.125	1.401	2.125	0.155
2.13	-0.192	2.13	0.070	2.13	-1.449	2.13	-0.558	2.13	-0.805	2.13	1.282	2.13	0.112
2.135	-0.275	2.135	0.094	2.135	-1.546	2.135	-0.512	2.135	-0.676	2.135	1.113	2.135	0.064
2.14	-0.656	2.14	0.035	2.14	-1.614	2.14	-0.488	2.14	-0.570	2.14	1.013	2.14	-0.023
2.145	0.523	2.145	-0.008	2.145	-1.692	2.145	-0.414	2.145	-0.525	2.145	0.811	2.145	-0.084
2.15	-0.137	2.15	0.047	2.15	-1.777	2.15	-0.394	2.15	-0.385	2.15	0.634	2.15	-0.149
2.155	-0.871	2.155	0.151	2.155	-1.789	2.155	-0.371	2.155	-0.255	2.155	0.500	2.155	-0.161
2.16	0.700	2.16	0.149	2.16	-1.741	2.16	-0.318	2.16	-0.149	2.16	0.319	2.16	-0.178
2.165	0.483	2.165	0.143	2.165	-1.640	2.165	-0.317	2.165	0.001	2.165	0.135	2.165	-0.175
2.17	0.334	2.17	0.146	2.17	-1.579	2.17	-0.266	2.17	0.138	2.17	-0.098	2.17	-0.196
2.175	-0.575	2.175	0.139	2.175	-1.502	2.175	-0.230	2.175	0.357	2.175	-0.223	2.175	-0.216
2.18	0.504	2.18	0.174	2.18	-1.414	2.18	-0.208	2.18	0.573	2.18	-0.359	2.18	-0.187
2.185	-0.129	2.185	0.180	2.185	-1.287	2.185	-0.176	2.185	0.744	2.185	-0.521	2.185	-0.225
2.19	0.183	2.19	0.203	2.19	-1.103	2.19	-0.151	2.19	0.919	2.19	-0.684	2.19	-0.259
2.195	0.384	2.195	0.239	2.195	-0.952	2.195	-0.108	2.195	1.004	2.195	-0.806	2.195	-0.263
2.2	0.100	2.2	0.186	2.2	-0.728	2.2	-0.074	2.2	1.109	2.2	-0.995	2.2	-0.289
2.205	0.514	2.205	0.127	2.205	-0.549	2.205	-0.044	2.205	1.124	2.205	-1.205	2.205	-0.303
2.21	0.458	2.21	0.145	2.21	-0.383	2.21	-0.012	2.21	1.182	2.21	-1.316	2.21	-0.302
2.215	0.085	2.215	0.112	2.215	-0.206	2.215	0.011	2.215	1.284	2.215	-1.426	2.215	-0.266
2.22	0.047	2.22	0.162	2.22	-0.017	2.22	0.037	2.22	1.294	2.22	-1.521	2.22	-0.273
2.225	0.926	2.225	0.241	2.225	0.129	2.225	0.063	2.225	1.349	2.225	-1.615	2.225	-0.247

2.23	0.255	2.23	0.205	2.23	0.289	2.23	0.086	2.23	1.340	2.23	-1.690	2.23	-0.178
2.235	0.188	2.235	0.216	2.235	0.441	2.235	0.120	2.235	1.253	2.235	-1.702	2.235	-0.142
2.24	0.091	2.24	0.149	2.24	0.584	2.24	0.144	2.24	1.156	2.24	-1.672	2.24	-0.102
2.245	0.780	2.245	0.061	2.245	0.744	2.245	0.132	2.245	1.043	2.245	-1.604	2.245	-0.052
2.25	0.323	2.25	0.073	2.25	0.893	2.25	0.202	2.25	0.887	2.25	-1.516	2.25	0.008
2.255	0.356	2.255	0.075	2.255	1.008	2.255	0.220	2.255	0.778	2.255	-1.438	2.255	0.032
2.26	0.729	2.26	0.051	2.26	1.101	2.26	0.235	2.26	0.660	2.26	-1.310	2.26	0.095
2.265	0.567	2.265	0.048	2.265	1.174	2.265	0.271	2.265	0.543	2.265	-1.173	2.265	0.125
2.27	0.193	2.27	-0.004	2.27	1.248	2.27	0.269	2.27	0.422	2.27	-1.034	2.27	0.156
2.275	0.057	2.275	-0.064	2.275	1.331	2.275	0.266	2.275	0.289	2.275	-0.880	2.275	0.176
2.28	0.559	2.28	-0.086	2.28	1.399	2.28	0.260	2.28	0.130	2.28	-0.689	2.28	0.194
2.285	0.543	2.285	-0.064	2.285	1.437	2.285	0.235	2.285	-0.022	2.285	-0.517	2.285	0.249
2.29	0.845	2.29	-0.052	2.29	1.492	2.29	0.244	2.29	-0.205	2.29	-0.402	2.29	0.253
2.295	0.513	2.295	-0.032	2.295	1.501	2.295	0.268	2.295	-0.384	2.295	-0.277	2.295	0.273
2.3	0.107	2.3	-0.131	2.3	1.568	2.3	0.302	2.3	-0.519	2.3	-0.181	2.3	0.310
2.305	0.029	2.305	-0.146	2.305	1.593	2.305	0.347	2.305	-0.712	2.305	-0.044	2.305	0.280
2.31	0.342	2.31	-0.225	2.31	1.613	2.31	0.374	2.31	-0.855	2.31	0.131	2.31	0.255
2.315	0.229	2.315	-0.239	2.315	1.685	2.315	0.394	2.315	-0.987	2.315	0.337	2.315	0.233
2.32	0.501	2.32	-0.219	2.32	1.666	2.32	0.425	2.32	-1.111	2.32	0.459	2.32	0.202
2.325	0.489	2.325	-0.159	2.325	1.737	2.325	0.482	2.325	-1.213	2.325	0.612	2.325	0.141
2.33	0.222	2.33	-0.134	2.33	1.783	2.33	0.492	2.33	-1.284	2.33	0.914	2.33	0.095
2.335	0.094	2.335	-0.173	2.335	1.686	2.335	0.465	2.335	-1.354	2.335	1.047	2.335	0.069
2.34	-0.220	2.34	-0.191	2.34	1.644	2.34	0.474	2.34	-1.364	2.34	1.097	2.34	0.004
2.345	0.331	2.345	-0.239	2.345	1.512	2.345	0.448	2.345	-1.371	2.345	1.289	2.345	-0.012
2.35	0.183	2.35	-0.267	2.35	1.356	2.35	0.445	2.35	-1.323	2.35	1.499	2.35	-0.033
2.355	0.514	2.355	-0.237	2.355	1.235	2.355	0.460	2.355	-1.216	2.355	1.528	2.355	-0.039
2.36	0.088	2.36	-0.185	2.36	1.126	2.36	0.468	2.36	-1.037	2.36	1.574	2.36	-0.099
2.365	0.114	2.365	-0.121	2.365	0.914	2.365	0.494	2.365	-0.849	2.365	1.614	2.365	-0.095
2.37	0.104	2.37	-0.173	2.37	0.721	2.37	0.462	2.37	-0.671	2.37	1.632	2.37	-0.134
2.375	-0.026	2.375	-0.197	2.375	0.426	2.375	0.409	2.375	-0.519	2.375	1.616	2.375	-0.124
2.38	0.061	2.38	-0.208	2.38	0.158	2.38	0.456	2.38	-0.424	2.38	1.554	2.38	-0.150
2.385	-0.027	2.385	-0.192	2.385	0.030	2.385	0.442	2.385	-0.373	2.385	1.538	2.385	-0.162
2.39	0.160	2.39	-0.160	2.39	-0.187	2.39	0.415	2.39	-0.260	2.39	1.486	2.39	-0.144
2.395	-0.152	2.395	-0.086	2.395	-0.405	2.395	0.363	2.395	-0.118	2.395	1.366	2.395	-0.158
2.4	-0.047	2.4	-0.109	2.4	-0.575	2.4	0.310	2.4	0.002	2.4	1.243	2.4	-0.136
2.405	0.050	2.405	-0.124	2.405	-0.732	2.405	0.296	2.405	0.184	2.405	1.060	2.405	-0.079
2.41	-0.176	2.41	-0.186	2.41	-0.859	2.41	0.247	2.41	0.313	2.41	0.861	2.41	-0.053
2.415	0.056	2.415	-0.222	2.415	-0.980	2.415	0.180	2.415	0.435	2.415	0.712	2.415	0.013
2.42	-0.026	2.42	-0.144	2.42	-1.055	2.42	0.116	2.42	0.584	2.42	0.531	2.42	0.028
2.425	-0.029	2.425	-0.046	2.425	-1.157	2.425	0.102	2.425	0.682	2.425	0.343	2.425	0.046
2.43	-0.187	2.43	0.063	2.43	-1.239	2.43	0.053	2.43	0.792	2.43	0.133	2.43	0.086
2.435	0.099	2.435	0.106	2.435	-1.304	2.435	0.010	2.435	0.924	2.435	-0.102	2.435	0.075
2.44	-0.179	2.44	0.037	2.44	-1.309	2.44	-0.057	2.44	0.992	2.44	-0.300	2.44	0.107
2.445	-0.108	2.445	-0.038	2.445	-1.347	2.445	-0.097	2.445	1.040	2.445	-0.525	2.445	0.105
2.45	-0.211	2.45	0.030	2.45	-1.353	2.45	-0.178	2.45	1.084	2.45	-0.757	2.45	0.094



2.455	-0.161	2.455	0.072	2.455	-1.360	2.455	-0.233	2.455	1.114	2.455	-0.942	2.455	0.080
2.46	-0.144	2.46	0.122	2.46	-1.363	2.46	-0.288	2.46	1.153	2.46	-1.110	2.46	0.062
2.465	-0.030	2.465	0.158	2.465	-1.390	2.465	-0.342	2.465	1.151	2.465	-1.314	2.465	0.062
2.47	-0.035	2.47	0.221	2.47	-1.327	2.47	-0.372	2.47	1.140	2.47	-1.447	2.47	0.051
2.475	-0.126	2.475	0.144	2.475	-1.296	2.475	-0.460	2.475	1.107	2.475	-1.532	2.475	0.022
2.48	-0.336	2.48	0.157	2.48	-1.296	2.48	-0.474	2.48	1.069	2.48	-1.587	2.48	0.031
2.485	-0.624	2.485	0.175	2.485	-1.251	2.485	-0.485	2.485	0.991	2.485	-1.576	2.485	0.007
2.49	-0.659	2.49	0.223	2.49	-1.199	2.49	-0.505	2.49	0.905	2.49	-1.550	2.49	-0.028
2.495	-0.151	2.495	0.265	2.495	-1.146	2.495	-0.542	2.495	0.791	2.495	-1.435	2.495	-0.054
2.5	-0.017	2.5	0.285	2.5	-1.109	2.5	-0.511	2.5	0.652	2.5	-1.410	2.5	-0.087
2.505	-0.604	2.505	0.254	2.505	-1.045	2.505	-0.529	2.505	0.482	2.505	-1.398	2.505	-0.120
2.51	0.252	2.51	0.180	2.51	-0.960	2.51	-0.534	2.51	0.372	2.51	-1.289	2.51	-0.101
2.515	-0.082	2.515	0.176	2.515	-0.871	2.515	-0.517	2.515	0.223	2.515	-1.204	2.515	-0.143
2.52	0.182	2.52	0.252	2.52	-0.746	2.52	-0.534	2.52	0.014	2.52	-1.112	2.52	-0.138
2.525	-1.523	2.525	0.259	2.525	-0.717	2.525	-0.493	2.525	-0.178	2.525	-1.030	2.525	-0.164
2.53	0.751	2.53	0.260	2.53	-0.689	2.53	-0.491	2.53	-0.385	2.53	-0.932	2.53	-0.144
2.535	-0.755	2.535	0.318	2.535	-0.649	2.535	-0.457	2.535	-0.657	2.535	-0.779	2.535	-0.188
2.54	-0.919	2.54	0.253	2.54	-0.625	2.54	-0.472	2.54	-0.834	2.54	-0.658	2.54	-0.190
2.545	-0.289	2.545	0.187	2.545	-0.563	2.545	-0.411	2.545	-0.996	2.545	-0.551	2.545	-0.221
2.55	0.118	2.55	0.150	2.55	-0.508	2.55	-0.379	2.55	-1.060	2.55	-0.430	2.55	-0.260
2.555	0.671	2.555	0.120	2.555	-0.452	2.555	-0.334	2.555	-1.121	2.555	-0.175	2.555	-0.273
2.56	-0.579	2.56	0.114	2.56	-0.393	2.56	-0.298	2.56	-1.135	2.56	-0.051	2.56	-0.288
2.565	-0.363	2.565	0.182	2.565	-0.338	2.565	-0.267	2.565	-1.156	2.565	0.105	2.565	-0.319
2.57	-0.550	2.57	0.179	2.57	-0.203	2.57	-0.257	2.57	-1.166	2.57	0.248	2.57	-0.314
2.575	-0.807	2.575	0.128	2.575	-0.077	2.575	-0.249	2.575	-1.158	2.575	0.423	2.575	-0.276
2.58	-0.427	2.58	0.059	2.58	0.168	2.58	-0.248	2.58	-1.170	2.58	0.596	2.58	-0.285
2.585	-0.337	2.585	0.033	2.585	0.368	2.585	-0.203	2.585	-1.198	2.585	0.745	2.585	-0.239
2.59	0.203	2.59	0.035	2.59	0.561	2.59	-0.194	2.59	-1.146	2.59	0.980	2.59	-0.181
2.595	0.318	2.595	0.099	2.595	0.812	2.595	-0.181	2.595	-1.074	2.595	1.189	2.595	-0.144
2.6	-0.464	2.6	0.085	2.6	1.041	2.6	-0.162	2.6	-1.016	2.6	1.311	2.6	-0.076
2.605	-1.329	2.605	0.051	2.605	1.302	2.605	-0.162	2.605	-0.882	2.605	1.395	2.605	-0.061
2.61	-0.971	2.61	0.043	2.61	1.555	2.61	-0.156	2.61	-0.767	2.61	1.432	2.61	-0.046
2.615	0.353	2.615	-0.051	2.615	1.725	2.615	-0.135	2.615	-0.683	2.615	1.468	2.615	0.012
2.62	-0.087	2.62	-0.050	2.62	1.957	2.62	-0.126	2.62	-0.605	2.62	1.485	2.62	0.039
2.625	-0.067	2.625	-0.028	2.625	2.133	2.625	-0.090	2.625	-0.502	2.625	1.485	2.625	0.094
2.63	0.316	2.63	-0.068	2.63	2.200	2.63	-0.091	2.63	-0.396	2.63	1.513	2.63	0.086
2.635	-0.272	2.635	-0.018	2.635	2.348	2.635	-0.087	2.635	-0.282	2.635	1.505	2.635	0.132
2.64	-0.519	2.64	-0.086	2.64	2.413	2.64	-0.047	2.64	-0.144	2.64	1.454	2.64	0.205
2.645	-0.688	2.645	-0.148	2.645	2.440	2.645	-0.014	2.645	0.021	2.645	1.364	2.645	0.198
2.65	-0.072	2.65	-0.185	2.65	2.415	2.65	0.042	2.65	0.166	2.65	1.298	2.65	0.270
2.655	0.882	2.655	-0.213	2.655	2.333	2.655	0.061	2.655	0.338	2.655	1.146	2.655	0.284
2.66	-0.069	2.66	-0.192	2.66	2.257	2.66	0.067	2.66	0.563	2.66	1.052	2.66	0.346
2.665	-0.470	2.665	-0.183	2.665	2.166	2.665	0.137	2.665	0.738	2.665	0.977	2.665	0.322
2.67	-0.684	2.67	-0.180	2.67	1.980	2.67	0.183	2.67	0.876	2.67	0.817	2.67	0.305

2.675	0.182	2.675	-0.232	2.675	1.786	2.675	0.186	2.675	1.001	2.675	0.682	2.675	0.314
2.68	-0.437	2.68	-0.239	2.68	1.577	2.68	0.231	2.68	1.074	2.68	0.548	2.68	0.286
2.685	-0.589	2.685	-0.204	2.685	1.327	2.685	0.262	2.685	1.133	2.685	0.426	2.685	0.322
2.69	0.791	2.69	-0.192	2.69	1.002	2.69	0.259	2.69	1.199	2.69	0.268	2.69	0.320
2.695	0.332	2.695	-0.174	2.695	0.724	2.695	0.297	2.695	1.276	2.695	0.056	2.695	0.328
2.7	0.095	2.7	-0.141	2.7	0.516	2.7	0.314	2.7	1.363	2.7	-0.086	2.7	0.336
2.705	-0.591	2.705	-0.148	2.705	0.222	2.705	0.356	2.705	1.339	2.705	-0.232	2.705	0.361
2.71	0.354	2.71	-0.178	2.71	-0.043	2.71	0.382	2.71	1.279	2.71	-0.454	2.71	0.350
2.715	-0.048	2.715	-0.216	2.715	-0.381	2.715	0.409	2.715	1.187	2.715	-0.702	2.715	0.348
2.72	0.413	2.72	-0.238	2.72	-0.630	2.72	0.432	2.72	1.071	2.72	-0.884	2.72	0.341
2.725	0.298	2.725	-0.166	2.725	-0.931	2.725	0.445	2.725	0.966	2.725	-1.125	2.725	0.296
2.73	0.080	2.73	-0.137	2.73	-1.178	2.73	0.424	2.73	0.882	2.73	-1.290	2.73	0.245
2.735	0.067	2.735	-0.098	2.735	-1.390	2.735	0.448	2.735	0.851	2.735	-1.455	2.735	0.154
2.74	0.226	2.74	-0.052	2.74	-1.484	2.74	0.430	2.74	0.745	2.74	-1.516	2.74	0.126
2.745	-0.081	2.745	-0.087	2.745	-1.602	2.745	0.447	2.745	0.650	2.745	-1.574	2.745	0.062
2.75	0.120	2.75	-0.067	2.75	-1.664	2.75	0.430	2.75	0.537	2.75	-1.631	2.75	0.013
2.755	0.857	2.755	-0.049	2.755	-1.734	2.755	0.447	2.755	0.342	2.755	-1.655	2.755	-0.022
2.76	0.149	2.76	-0.008	2.76	-1.758	2.76	0.418	2.76	0.142	2.76	-1.623	2.76	-0.115
2.765	0.065	2.765	0.051	2.765	-1.830	2.765	0.408	2.765	-0.115	2.765	-1.615	2.765	-0.145
2.77	-0.161	2.77	0.075	2.77	-1.850	2.77	0.451	2.77	-0.337	2.77	-1.541	2.77	-0.166
2.775	0.460	2.775	0.041	2.775	-1.810	2.775	0.426	2.775	-0.501	2.775	-1.462	2.775	-0.249
2.78	0.220	2.78	0.034	2.78	-1.749	2.78	0.461	2.78	-0.727	2.78	-1.418	2.78	-0.302
2.785	0.532	2.785	-0.002	2.785	-1.695	2.785	0.420	2.785	-0.926	2.785	-1.333	2.785	-0.295
2.79	0.627	2.79	0.043	2.79	-1.636	2.79	0.419	2.79	-1.047	2.79	-1.254	2.79	-0.297
2.795	0.372	2.795	0.142	2.795	-1.642	2.795	0.414	2.795	-1.158	2.795	-1.102	2.795	-0.276
2.8	0.149	2.8	0.121	2.8	-1.652	2.8	0.397	2.8	-1.206	2.8	-0.977	2.8	-0.314
2.805	0.028	2.805	0.146	2.805	-1.619	2.805	0.374	2.805	-1.236	2.805	-0.819	2.805	-0.281
2.81	0.539	2.81	0.114	2.81	-1.618	2.81	0.305	2.81	-1.247	2.81	-0.693	2.81	-0.300
2.815	0.612	2.815	0.067	2.815	-1.607	2.815	0.273	2.815	-1.244	2.815	-0.564	2.815	-0.263
2.82	0.702	2.82	0.069	2.82	-1.560	2.82	0.254	2.82	-1.171	2.82	-0.433	2.82	-0.259
2.825	0.464	2.825	0.090	2.825	-1.451	2.825	0.160	2.825	-1.147	2.825	-0.265	2.825	-0.227
2.83	0.251	2.83	0.109	2.83	-1.394	2.83	0.098	2.83	-1.084	2.83	-0.064	2.83	-0.192
2.835	-0.018	2.835	0.142	2.835	-1.360	2.835	0.062	2.835	-1.016	2.835	0.185	2.835	-0.157
2.84	0.210	2.84	0.175	2.84	-1.315	2.84	0.031	2.84	-0.907	2.84	0.444	2.84	-0.091
2.845	0.281	2.845	0.136	2.845	-1.233	2.845	-0.041	2.845	-0.816	2.845	0.556	2.845	-0.018
2.85	0.567	2.85	0.144	2.85	-1.048	2.85	-0.066	2.85	-0.698	2.85	0.851	2.85	0.002
2.855	0.458	2.855	0.160	2.855	-0.859	2.855	-0.079	2.855	-0.555	2.855	1.072	2.855	0.064
2.86	0.156	2.86	0.152	2.86	-0.607	2.86	-0.142	2.86	-0.415	2.86	1.119	2.86	0.124
2.865	0.147	2.865	0.168	2.865	-0.355	2.865	-0.183	2.865	-0.346	2.865	1.231	2.865	0.167
2.87	-0.064	2.87	0.193	2.87	-0.127	2.87	-0.202	2.87	-0.277	2.87	1.414	2.87	0.198
2.875	0.182	2.875	0.172	2.875	0.106	2.875	-0.276	2.875	-0.153	2.875	1.509	2.875	0.213
2.88	0.270	2.88	0.146	2.88	0.253	2.88	-0.322	2.88	-0.028	2.88	1.569	2.88	0.208
2.885	0.656	2.885	0.113	2.885	0.496	2.885	-0.344	2.885	0.102	2.885	1.611	2.885	0.209
2.89	0.211	2.89	0.087	2.89	0.763	2.89	-0.372	2.89	0.289	2.89	1.656	2.89	0.211
2.895	0.363	2.895	0.090	2.895	0.986	2.895	-0.435	2.895	0.435	2.895	1.662	2.895	0.162

2.9	0.240	2.9	0.172	2.9	1.186	2.9	-0.438	2.9	0.566	2.9	1.638	2.9	0.131
2.905	0.015	2.905	0.143	2.905	1.349	2.905	-0.461	2.905	0.690	2.905	1.645	2.905	0.093
2.91	0.064	2.91	0.070	2.91	1.497	2.91	-0.497	2.91	0.776	2.91	1.632	2.91	0.074
2.915	0.037	2.915	-0.014	2.915	1.618	2.915	-0.504	2.915	0.828	2.915	1.545	2.915	0.007
2.92	0.317	2.92	-0.033	2.92	1.709	2.92	-0.521	2.92	0.890	2.92	1.424	2.92	0.001
2.925	0.161	2.925	-0.058	2.925	1.792	2.925	-0.490	2.925	0.972	2.925	1.242	2.925	-0.029
2.93	0.144	2.93	-0.070	2.93	1.829	2.93	-0.514	2.93	1.094	2.93	0.988	2.93	-0.039
2.935	-0.024	2.935	-0.019	2.935	1.850	2.935	-0.472	2.935	1.145	2.935	0.781	2.935	-0.039
2.94	-0.170	2.94	-0.036	2.94	1.840	2.94	-0.504	2.94	1.235	2.94	0.578	2.94	-0.029
2.945	-0.058	2.945	-0.082	2.945	1.793	2.945	-0.490	2.945	1.262	2.945	0.427	2.945	-0.032
2.95	0.180	2.95	-0.106	2.95	1.716	2.95	-0.469	2.95	1.239	2.95	0.260	2.95	-0.034
2.955	0.205	2.955	-0.125	2.955	1.640	2.955	-0.449	2.955	1.216	2.955	-0.004	2.955	-0.040
2.96	0.110	2.96	-0.144	2.96	1.545	2.96	-0.431	2.96	1.176	2.96	-0.235	2.96	-0.021
2.965	0.026	2.965	-0.093	2.965	1.434	2.965	-0.439	2.965	1.022	2.965	-0.398	2.965	-0.046
2.97	-0.246	2.97	-0.091	2.97	1.285	2.97	-0.401	2.97	0.895	2.97	-0.603	2.97	-0.046
2.975	-0.263	2.975	-0.154	2.975	1.190	2.975	-0.369	2.975	0.717	2.975	-0.823	2.975	-0.075
2.98	-0.315	2.98	-0.210	2.98	1.085	2.98	-0.317	2.98	0.556	2.98	-0.908	2.98	-0.089
2.985	0.098	2.985	-0.212	2.985	0.974	2.985	-0.272	2.985	0.362	2.985	-1.079	2.985	-0.091
2.99	0.128	2.99	-0.212	2.99	0.935	2.99	-0.260	2.99	0.197	2.99	-1.285	2.99	-0.064
2.995	0.055	2.995	-0.161	2.995	0.873	2.995	-0.232	2.995	0.023	2.995	-1.382	2.995	-0.048
3	-0.245	3	-0.128	3	0.799	3	-0.209	3	-0.173	3	-1.456	3	-0.039
3.005	-0.436	3.005	-0.178	3.005	0.701	3.005	-0.165	3.005	-0.318	3.005	-1.485	3.005	-0.038
3.01	-0.685	3.01	-0.147	3.01	0.638	3.01	-0.109	3.01	-0.512	3.01	-1.510	3.01	-0.003
3.015	-0.726	3.015	-0.182	3.015	0.548	3.015	-0.114	3.015	-0.701	3.015	-1.465	3.015	0.028
3.02	-0.096	3.02	-0.210	3.02	0.545	3.02	-0.084	3.02	-0.873	3.02	-1.428	3.02	0.020
3.025	0.092	3.025	-0.197	3.025	0.512	3.025	-0.084	3.025	-0.973	3.025	-1.447	3.025	0.025
3.03	0.043	3.03	-0.156	3.03	0.419	3.03	-0.072	3.03	-1.000	3.03	-1.442	3.03	0.030
3.035	-0.453	3.035	-0.161	3.035	0.354	3.035	-0.033	3.035	-1.038	3.035	-1.375	3.035	0.018
3.04	0.869	3.04	-0.104	3.04	0.265	3.04	-0.037	3.04	-1.093	3.04	-1.331	3.04	0.027
3.045	-1.263	3.045	-0.082	3.045	0.213	3.045	-0.055	3.045	-1.089	3.045	-1.208	3.045	0.052
3.05	0.274	3.05	-0.070	3.05	0.135	3.05	-0.026	3.05	-1.102	3.05	-1.182	3.05	0.099
3.055	-0.301	3.055	-0.113	3.055	0.040	3.055	-0.001	3.055	-1.151	3.055	-1.038	3.055	0.109
3.06	-0.248	3.06	-0.091	3.06	-0.027	3.06	0.020	3.06	-1.180	3.06	-0.848	3.06	0.174
3.065	-0.439	3.065	-0.043	3.065	-0.093	3.065	0.044	3.065	-1.120	3.065	-0.722	3.065	0.178
3.07	-0.811	3.07	0.014	3.07	-0.259	3.07	0.105	3.07	-1.105	3.07	-0.599	3.07	0.115
3.075	0.851	3.075	0.043	3.075	-0.375	3.075	0.120	3.075	-0.987	3.075	-0.412	3.075	0.134
3.08	-0.008	3.08	-0.020	3.08	-0.513	3.08	0.168	3.08	-0.910	3.08	-0.189	3.08	0.099
3.085	-0.190	3.085	-0.038	3.085	-0.665	3.085	0.195	3.085	-0.827	3.085	-0.040	3.085	0.063
3.09	-0.050	3.09	-0.018	3.09	-0.746	3.09	0.159	3.09	-0.752	3.09	0.143	3.09	0.018
3.095	-0.564	3.095	0.043	3.095	-0.908	3.095	0.194	3.095	-0.683	3.095	0.386	3.095	0.007
3.1	-0.697	3.1	0.116	3.1	-1.078	3.1	0.186	3.1	-0.634	3.1	0.603	3.1	-0.041
3.105	-0.704	3.105	0.091	3.105	-1.217	3.105	0.196	3.105	-0.543	3.105	0.755	3.105	-0.106
3.11	-0.010	3.11	0.120	3.11	-1.351	3.11	0.227	3.11	-0.430	3.11	0.934	3.11	-0.149
3.115	0.118	3.115	0.115	3.115	-1.430	3.115	0.281	3.115	-0.271	3.115	1.135	3.115	-0.144
3.12	0.161	3.12	0.158	3.12	-1.500	3.12	0.314	3.12	-0.074	3.12	1.243	3.12	-0.203

3.125	-0.342	3.125	0.163	3.125	-1.576	3.125	0.356	3.125	0.094	3.125	1.316	3.125	-0.222
3.13	-1.826	3.13	0.229	3.13	-1.648	3.13	0.411	3.13	0.284	3.13	1.350	3.13	-0.194
3.135	-0.184	3.135	0.253	3.135	-1.666	3.135	0.426	3.135	0.472	3.135	1.386	3.135	-0.212
3.14	-0.160	3.14	0.233	3.14	-1.627	3.14	0.455	3.14	0.652	3.14	1.407	3.14	-0.234
3.145	-0.174	3.145	0.221	3.145	-1.573	3.145	0.482	3.145	0.768	3.145	1.418	3.145	-0.196
3.15	0.567	3.15	0.217	3.15	-1.526	3.15	0.499	3.15	0.870	3.15	1.441	3.15	-0.209
3.155	-0.014	3.155	0.241	3.155	-1.464	3.155	0.478	3.155	0.961	3.155	1.450	3.155	-0.184
3.16	0.057	3.16	0.252	3.16	-1.438	3.16	0.485	3.16	0.997	3.16	1.492	3.16	-0.198
3.165	-0.656	3.165	0.258	3.165	-1.375	3.165	0.498	3.165	1.066	3.165	1.446	3.165	-0.197
3.17	-1.000	3.17	0.266	3.17	-1.260	3.17	0.447	3.17	1.114	3.17	1.384	3.17	-0.224
3.175	0.347	3.175	0.227	3.175	-1.182	3.175	0.435	3.175	1.162	3.175	1.332	3.175	-0.208
3.18	0.132	3.18	0.251	3.18	-1.083	3.18	0.454	3.18	1.219	3.18	1.224	3.18	-0.198
3.185	0.516	3.185	0.211	3.185	-0.974	3.185	0.467	3.185	1.294	3.185	1.167	3.185	-0.221
3.19	-0.781	3.19	0.215	3.19	-0.921	3.19	0.444	3.19	1.300	3.19	1.028	3.19	-0.223
3.195	-0.105	3.195	0.223	3.195	-0.846	3.195	0.465	3.195	1.284	3.195	0.869	3.195	-0.178
3.2	-0.380	3.2	0.227	3.2	-0.715	3.2	0.459	3.2	1.243	3.2	0.691	3.2	-0.209
3.205	-0.962	3.205	0.215	3.205	-0.607	3.205	0.432	3.205	1.112	3.205	0.573	3.205	-0.193
3.21	-0.264	3.21	0.243	3.21	-0.527	3.21	0.424	3.21	1.001	3.21	0.396	3.21	-0.194
3.215	0.229	3.215	0.158	3.215	-0.482	3.215	0.409	3.215	0.867	3.215	0.149	3.215	-0.167
3.22	0.580	3.22	0.121	3.22	-0.356	3.22	0.363	3.22	0.723	3.22	-0.037	3.22	-0.107
3.225	-0.555	3.225	0.063	3.225	-0.265	3.225	0.256	3.225	0.557	3.225	-0.192	3.225	-0.057
3.23	-0.223	3.23	0.057	3.23	-0.164	3.23	0.214	3.23	0.349	3.23	-0.380	3.23	0.020
3.235	-0.106	3.235	0.088	3.235	0.024	3.235	0.172	3.235	0.164	3.235	-0.564	3.235	0.068
3.24	-0.197	3.24	0.085	3.24	0.184	3.24	0.111	3.24	-0.050	3.24	-0.748	3.24	0.095
3.245	0.150	3.245	-0.008	3.245	0.407	3.245	0.067	3.245	-0.265	3.245	-0.938	3.245	0.156
3.25	0.282	3.25	-0.055	3.25	0.627	3.25	0.011	3.25	-0.494	3.25	-1.106	3.25	0.189
3.255	0.093	3.255	-0.094	3.255	0.809	3.255	-0.065	3.255	-0.665	3.255	-1.260	3.255	0.215
3.26	0.124	3.26	-0.165	3.26	1.037	3.26	-0.124	3.26	-0.850	3.26	-1.322	3.26	0.269
3.265	-0.209	3.265	-0.141	3.265	1.185	3.265	-0.158	3.265	-0.959	3.265	-1.388	3.265	0.286
3.27	-0.454	3.27	-0.110	3.27	1.362	3.27	-0.220	3.27	-1.005	3.27	-1.501	3.27	0.319
3.275	0.292	3.275	-0.117	3.275	1.513	3.275	-0.263	3.275	-1.074	3.275	-1.574	3.275	0.355
3.28	0.245	3.28	-0.129	3.28	1.595	3.28	-0.299	3.28	-1.109	3.28	-1.600	3.28	0.386
3.285	0.377	3.285	-0.180	3.285	1.738	3.285	-0.342	3.285	-1.146	3.285	-1.651	3.285	0.441
3.29	-0.123	3.29	-0.224	3.29	1.837	3.29	-0.364	3.29	-1.161	3.29	-1.648	3.29	0.457
3.295	0.354	3.295	-0.244	3.295	1.892	3.295	-0.379	3.295	-1.149	3.295	-1.593	3.295	0.490
3.3	-0.027	3.3	-0.220	3.3	1.911	3.3	-0.371	3.3	-1.107	3.3	-1.576	3.3	0.477
3.305	0.156	3.305	-0.208	3.305	1.923	3.305	-0.377	3.305	-1.114	3.305	-1.516	3.305	0.513
3.31	0.314	3.31	-0.226	3.31	1.847	3.31	-0.383	3.31	-1.050	3.31	-1.438	3.31	0.472
3.315	0.463	3.315	-0.183	3.315	1.819	3.315	-0.408	3.315	-0.964	3.315	-1.301	3.315	0.415
3.32	0.378	3.32	-0.245	3.32	1.752	3.32	-0.413	3.32	-0.877	3.32	-1.174	3.32	0.365
3.325	-0.041	3.325	-0.279	3.325	1.688	3.325	-0.384	3.325	-0.759	3.325	-1.018	3.325	0.282
3.33	0.352	3.33	-0.218	3.33	1.721	3.33	-0.360	3.33	-0.587	3.33	-0.895	3.33	0.195
3.335	0.337	3.335	-0.221	3.335	1.549	3.335	-0.371	3.335	-0.481	3.335	-0.707	3.335	0.119
3.34	0.573	3.34	-0.202	3.34	1.417	3.34	-0.389	3.34	-0.334	3.34	-0.610	3.34	0.053
3.345	0.601	3.345	-0.171	3.345	1.258	3.345	-0.379	3.345	-0.271	3.345	-0.423	3.345	0.008

3.35	0.379	3.35	-0.208	3.35	1.041	3.35	-0.359	3.35	-0.220	3.35	-0.239	3.35	-0.071
3.355	0.071	3.355	-0.215	3.355	0.926	3.355	-0.382	3.355	-0.149	3.355	-0.014	3.355	-0.090
3.36	0.205	3.36	-0.257	3.36	0.781	3.36	-0.332	3.36	-0.059	3.36	0.256	3.36	-0.114
3.365	-0.012	3.365	-0.259	3.365	0.561	3.365	-0.326	3.365	0.062	3.365	0.420	3.365	-0.152
3.37	0.183	3.37	-0.185	3.37	0.499	3.37	-0.334	3.37	0.201	3.37	0.617	3.37	-0.176
3.375	0.476	3.375	-0.109	3.375	0.225	3.375	-0.340	3.375	0.365	3.375	0.943	3.375	-0.204
3.38	0.478	3.38	-0.134	3.38	0.010	3.38	-0.387	3.38	0.526	3.38	1.127	3.38	-0.263
3.385	0.396	3.385	-0.130	3.385	-0.130	3.385	-0.341	3.385	0.645	3.385	1.218	3.385	-0.245
3.39	0.089	3.39	-0.140	3.39	-0.379	3.39	-0.322	3.39	0.776	3.39	1.408	3.39	-0.248
3.395	0.247	3.395	-0.131	3.395	-0.492	3.395	-0.390	3.395	0.852	3.395	1.551	3.395	-0.273
3.4	0.004	3.4	-0.095	3.4	-0.606	3.4	-0.383	3.4	0.966	3.4	1.616	3.4	-0.230
3.405	0.385	3.405	-0.009	3.405	-0.739	3.405	-0.344	3.405	1.110	3.405	1.665	3.405	-0.198
3.41	0.328	3.41	0.052	3.41	-0.849	3.41	-0.327	3.41	1.224	3.41	1.697	3.41	-0.161
3.415	0.551	3.415	0.077	3.415	-0.933	3.415	-0.288	3.415	1.306	3.415	1.726	3.415	-0.111
3.42	0.495	3.42	0.012	3.42	-1.051	3.42	-0.244	3.42	1.380	3.42	1.720	3.42	-0.081
3.425	0.208	3.425	0.042	3.425	-1.075	3.425	-0.193	3.425	1.344	3.425	1.668	3.425	-0.077
3.43	0.071	3.43	0.051	3.43	-1.028	3.43	-0.146	3.43	1.277	3.43	1.599	3.43	-0.055
3.435	-0.137	3.435	0.093	3.435	-0.956	3.435	-0.128	3.435	1.199	3.435	1.530	3.435	-0.034
3.44	0.271	3.44	0.172	3.44	-0.940	3.44	-0.148	3.44	1.051	3.44	1.425	3.44	-0.029
3.445	0.340	3.445	0.207	3.445	-0.928	3.445	-0.122	3.445	0.913	3.445	1.301	3.445	-0.034
3.45	0.319	3.45	0.157	3.45	-0.902	3.45	-0.091	3.45	0.744	3.45	1.095	3.45	-0.004
3.455	0.298	3.455	0.131	3.455	-0.883	3.455	-0.061	3.455	0.603	3.455	0.878	3.455	-0.003
3.46	-0.123	3.46	0.093	3.46	-0.919	3.46	-0.060	3.46	0.462	3.46	0.681	3.46	0.030
3.465	-0.187	3.465	0.152	3.465	-0.932	3.465	-0.035	3.465	0.247	3.465	0.544	3.465	0.030
3.47	-0.093	3.47	0.211	3.47	-0.946	3.47	0.011	3.47	0.089	3.47	0.400	3.47	0.018
3.475	0.193	3.475	0.190	3.475	-1.001	3.475	0.036	3.475	-0.084	3.475	0.223	3.475	0.025
3.48	0.294	3.48	0.186	3.48	-1.013	3.48	0.067	3.48	-0.290	3.48	-0.007	3.48	0.044
3.485	0.380	3.485	0.176	3.485	-1.080	3.485	0.080	3.485	-0.461	3.485	-0.251	3.485	0.061
3.49	0.150	3.49	0.185	3.49	-1.103	3.49	0.148	3.49	-0.589	3.49	-0.417	3.49	0.056
3.495	-0.155	3.495	0.142	3.495	-1.130	3.495	0.180	3.495	-0.747	3.495	-0.572	3.495	0.039
3.5	-0.270	3.5	0.142	3.5	-1.163	3.5	0.181	3.5	-0.856	3.5	-0.746	3.5	0.057
3.505	-0.114	3.505	0.211	3.505	-1.230	3.505	0.187	3.505	-0.900	3.505	-0.889	3.505	0.053
3.51	0.057	3.51	0.222	3.51	-1.254	3.51	0.210	3.51	-0.971	3.51	-1.046	3.51	0.049
3.515	0.335	3.515	0.221	3.515	-1.269	3.515	0.201	3.515	-0.989	3.515	-1.189	3.515	0.040
3.52	0.183	3.52	0.178	3.52	-1.285	3.52	0.268	3.52	-0.996	3.52	-1.295	3.52	0.026
3.525	-0.065	3.525	0.083	3.525	-1.224	3.525	0.279	3.525	-1.030	3.525	-1.418	3.525	0.007
3.53	-0.367	3.53	0.033	3.53	-1.151	3.53	0.304	3.53	-1.058	3.53	-1.498	3.53	-0.026
3.535	-0.266	3.535	0.053	3.535	-1.146	3.535	0.332	3.535	-1.093	3.535	-1.505	3.535	-0.061
3.54	-0.166	3.54	0.134	3.54	-1.067	3.54	0.384	3.54	-1.126	3.54	-1.467	3.54	-0.097
3.545	0.112	3.545	0.144	3.545	-1.031	3.545	0.403	3.545	-1.169	3.545	-1.490	3.545	-0.132
3.55	0.193	3.55	0.148	3.55	-0.921	3.55	0.430	3.55	-1.137	3.55	-1.548	3.55	-0.170
3.555	-0.136	3.555	0.108	3.555	-0.755	3.555	0.454	3.555	-1.083	3.555	-1.514	3.555	-0.215
3.56	-0.237	3.56	0.037	3.56	-0.536	3.56	0.455	3.56	-1.008	3.56	-1.467	3.56	-0.202
3.565	-0.416	3.565	-0.024	3.565	-0.266	3.565	0.414	3.565	-0.842	3.565	-1.435	3.565	-0.187
3.57	-0.240	3.57	0.039	3.57	-0.018	3.57	0.441	3.57	-0.716	3.57	-1.341	3.57	-0.174

3.575	-0.223	3.575	0.058	3.575	0.213	3.575	0.430	3.575	-0.612	3.575	-1.228	3.575	-0.160
3.58	0.080	3.58	0.052	3.58	0.471	3.58	0.393	3.58	-0.507	3.58	-1.053	3.58	-0.111
3.585	0.081	3.585	-0.025	3.585	0.788	3.585	0.368	3.585	-0.385	3.585	-0.830	3.585	-0.039
3.59	-0.263	3.59	-0.092	3.59	1.063	3.59	0.363	3.59	-0.288	3.59	-0.706	3.59	-0.023
3.595	-0.299	3.595	-0.129	3.595	1.400	3.595	0.395	3.595	-0.162	3.595	-0.514	3.595	0.015
3.6	-0.077	3.6	-0.119	3.6	1.680	3.6	0.414	3.6	-0.014	3.6	-0.272	3.6	0.052
3.605	0.038	3.605	-0.112	3.605	1.954	3.605	0.412	3.605	0.112	3.605	-0.084	3.605	0.101
3.61	-0.054	3.61	-0.071	3.61	2.175	3.61	0.420	3.61	0.222	3.61	0.080	3.61	0.092
3.615	0.006	3.615	-0.117	3.615	2.306	3.615	0.460	3.615	0.368	3.615	0.241	3.615	0.085
3.62	-0.276	3.62	-0.188	3.62	2.464	3.62	0.453	3.62	0.502	3.62	0.396	3.62	0.097
3.625	-0.387	3.625	-0.235	3.625	2.531	3.625	0.408	3.625	0.624	3.625	0.566	3.625	0.103
3.63	-0.403	3.63	-0.263	3.63	2.497	3.63	0.375	3.63	0.767	3.63	0.706	3.63	0.089
3.635	-0.202	3.635	-0.257	3.635	2.482	3.635	0.312	3.635	0.909	3.635	0.900	3.635	0.100
3.64	-0.107	3.64	-0.166	3.64	2.381	3.64	0.281	3.64	1.025	3.64	1.097	3.64	0.116
3.645	-0.233	3.645	-0.170	3.645	2.282	3.645	0.243	3.645	1.112	3.645	1.171	3.645	0.125
3.65	-0.315	3.65	-0.144	3.65	2.191	3.65	0.148	3.65	1.224	3.65	1.254	3.65	0.123
3.655	-0.453	3.655	-0.158	3.655	1.974	3.655	0.069	3.655	1.309	3.655	1.364	3.655	0.132
3.66	-0.336	3.66	-0.188	3.66	1.722	3.66	0.044	3.66	1.388	3.66	1.411	3.66	0.122
3.665	-0.415	3.665	-0.171	3.665	1.486	3.665	-0.013	3.665	1.450	3.665	1.466	3.665	0.124
3.67	-0.169	3.67	-0.146	3.67	1.223	3.67	-0.065	3.67	1.410	3.67	1.495	3.67	0.119
3.675	-0.206	3.675	-0.111	3.675	1.043	3.675	-0.118	3.675	1.327	3.675	1.556	3.675	0.092
3.68	-0.087	3.68	-0.061	3.68	0.848	3.68	-0.141	3.68	1.168	3.68	1.578	3.68	0.074
3.685	-0.249	3.685	-0.109	3.685	0.621	3.685	-0.186	3.685	1.027	3.685	1.558	3.685	0.041
3.69	-0.369	3.69	-0.128	3.69	0.425	3.69	-0.267	3.69	0.872	3.69	1.484	3.69	0.002
3.695	-0.306	3.695	-0.127	3.695	0.226	3.695	-0.302	3.695	0.721	3.695	1.428	3.695	-0.014
3.7	-0.261	3.7	-0.116	3.7	0.003	3.7	-0.308	3.7	0.555	3.7	1.325	3.7	-0.017
3.705	-0.166	3.705	-0.054	3.705	-0.164	3.705	-0.377	3.705	0.380	3.705	1.240	3.705	0.004
3.71	-0.248	3.71	0.052	3.71	-0.275	3.71	-0.405	3.71	0.229	3.71	1.132	3.71	0.010
3.715	-0.266	3.715	0.079	3.715	-0.370	3.715	-0.399	3.715	0.080	3.715	0.946	3.715	-0.012
3.72	-0.300	3.72	0.059	3.72	-0.530	3.72	-0.420	3.72	-0.113	3.72	0.786	3.72	-0.003
3.725	-0.336	3.725	0.023	3.725	-0.628	3.725	-0.455	3.725	-0.355	3.725	0.660	3.725	0.003
3.73	-0.381	3.73	0.035	3.73	-0.769	3.73	-0.435	3.73	-0.538	3.73	0.536	3.73	-0.028
3.735	-0.434	3.735	0.064	3.735	-0.880	3.735	-0.415	3.735	-0.704	3.735	0.374	3.735	-0.069
3.74	-0.260	3.74	0.132	3.74	-0.953	3.74	-0.442	3.74	-0.878	3.74	0.148	3.74	-0.111
3.745	-0.247	3.745	0.161	3.745	-1.074	3.745	-0.437	3.745	-0.952	3.745	0.008	3.745	-0.146
3.75	-0.144	3.75	0.121	3.75	-1.163	3.75	-0.425	3.75	-1.012	3.75	-0.163	3.75	-0.194
3.755	-0.133	3.755	0.140	3.755	-1.297	3.755	-0.421	3.755	-1.078	3.755	-0.341	3.755	-0.213
3.76	-0.040	3.76	0.114	3.76	-1.436	3.76	-0.408	3.76	-1.078	3.76	-0.555	3.76	-0.243
3.765	-0.125	3.765	0.130	3.765	-1.516	3.765	-0.369	3.765	-1.134	3.765	-0.751	3.765	-0.294
3.77	-0.061	3.77	0.144	3.77	-1.603	3.77	-0.341	3.77	-1.113	3.77	-0.931	3.77	-0.330
3.775	-0.082	3.775	0.181	3.775	-1.666	3.775	-0.326	3.775	-1.053	3.775	-1.076	3.775	-0.324
3.78	-0.017	3.78	0.241	3.78	-1.808	3.78	-0.341	3.78	-1.061	3.78	-1.212	3.78	-0.352
3.785	-0.109	3.785	0.201	3.785	-1.851	3.785	-0.339	3.785	-1.004	3.785	-1.333	3.785	-0.356
3.79	-0.164	3.79	0.187	3.79	-1.955	3.79	-0.308	3.79	-0.927	3.79	-1.400	3.79	-0.356
3.795	-0.142	3.795	0.167	3.795	-1.994	3.795	-0.315	3.795	-0.834	3.795	-1.462	3.795	-0.333

3.8	-0.149	3.8	0.197	3.8	-2.031	3.8	-0.334	3.8	-0.730	3.8	-1.569	3.8	-0.313
3.805	-0.088	3.805	0.216	3.805	-1.979	3.805	-0.323	3.805	-0.637	3.805	-1.609	3.805	-0.264
3.81	-0.223	3.81	0.249	3.81	-1.988	3.81	-0.324	3.81	-0.587	3.81	-1.684	3.81	-0.235
3.815	0.044	3.815	0.260	3.815	-1.901	3.815	-0.324	3.815	-0.554	3.815	-1.691	3.815	-0.216
3.82	-0.026	3.82	0.249	3.82	-1.769	3.82	-0.312	3.82	-0.509	3.82	-1.673	3.82	-0.155
3.825	-0.097	3.825	0.215	3.825	-1.643	3.825	-0.245	3.825	-0.442	3.825	-1.666	3.825	-0.076
3.83	-0.115	3.83	0.205	3.83	-1.482	3.83	-0.229	3.83	-0.352	3.83	-1.605	3.83	0.012
3.835	0.059	3.835	0.164	3.835	-1.256	3.835	-0.214	3.835	-0.216	3.835	-1.559	3.835	0.070
3.84	0.202	3.84	0.130	3.84	-1.086	3.84	-0.116	3.84	-0.102	3.84	-1.437	3.84	0.131
3.845	0.197	3.845	0.163	3.845	-0.892	3.845	-0.098	3.845	0.071	3.845	-1.315	3.845	0.195
3.85	0.340	3.85	0.154	3.85	-0.711	3.85	-0.056	3.85	0.225	3.85	-1.150	3.85	0.263
3.855	0.293	3.855	0.157	3.855	-0.498	3.855	-0.045	3.855	0.371	3.855	-0.976	3.855	0.301
3.86	0.118	3.86	0.082	3.86	-0.270	3.86	-0.010	3.86	0.554	3.86	-0.799	3.86	0.324
3.865	0.112	3.865	0.008	3.865	-0.009	3.865	0.000	3.865	0.721	3.865	-0.618	3.865	0.348
3.87	0.156	3.87	-0.019	3.87	0.267	3.87	0.034	3.87	0.887	3.87	-0.423	3.87	0.413
3.875	0.272	3.875	-0.040	3.875	0.452	3.875	0.002	3.875	1.019	3.875	-0.163	3.875	0.428
3.88	0.403	3.88	-0.045	3.88	0.621	3.88	0.022	3.88	1.130	3.88	0.102	3.88	0.457
3.885	0.259	3.885	-0.012	3.885	0.760	3.885	0.029	3.885	1.249	3.885	0.355	3.885	0.456
3.89	0.185	3.89	-0.083	3.89	0.919	3.89	0.052	3.89	1.298	3.89	0.573	3.89	0.445
3.895	0.068	3.895	-0.095	3.895	1.070	3.895	0.079	3.895	1.347	3.895	0.861	3.895	0.429
3.9	0.136	3.9	-0.158	3.9	1.222	3.9	0.110	3.9	1.388	3.9	1.137	3.9	0.384
3.905	0.282	3.905	-0.189	3.905	1.343	3.905	0.156	3.905	1.382	3.905	1.229	3.905	0.326
3.91	0.383	3.91	-0.141	3.91	1.401	3.91	0.153	3.91	1.260	3.91	1.388	3.91	0.257
3.915	0.423	3.915	-0.159	3.915	1.441	3.915	0.207	3.915	1.126	3.915	1.558	3.915	0.231
3.92	0.320	3.92	-0.201	3.92	1.430	3.92	0.205	3.92	0.966	3.92	1.629	3.92	0.180
3.925	0.228	3.925	-0.235	3.925	1.356	3.925	0.227	3.925	0.796	3.925	1.653	3.925	0.155
3.93	0.123	3.93	-0.271	3.93	1.413	3.93	0.248	3.93	0.620	3.93	1.680	3.93	0.125
3.935	0.329	3.935	-0.233	3.935	1.411	3.935	0.278	3.935	0.482	3.935	1.703	3.935	0.116
3.94	0.415	3.94	-0.239	3.94	1.419	3.94	0.308	3.94	0.307	3.94	1.698	3.94	0.104
3.945	0.433	3.945	-0.239	3.945	1.436	3.945	0.333	3.945	0.132	3.945	1.641	3.945	0.068
3.95	0.299	3.95	-0.183	3.95	1.380	3.95	0.390	3.95	-0.035	3.95	1.656	3.95	0.055
3.955	0.112	3.955	-0.213	3.955	1.338	3.955	0.433	3.955	-0.163	3.955	1.650	3.955	0.008
3.96	0.126	3.96	-0.271	3.96	1.245	3.96	0.466	3.96	-0.291	3.96	1.509	3.96	-0.005
3.965	0.231	3.965	-0.234	3.965	1.247	3.965	0.474	3.965	-0.392	3.965	1.358	3.965	-0.048
3.97	0.392	3.97	-0.234	3.97	1.261	3.97	0.487	3.97	-0.525	3.97	1.199	3.97	-0.101
3.975	0.507	3.975	-0.281	3.975	1.206	3.975	0.509	3.975	-0.660	3.975	0.961	3.975	-0.131
3.98	0.386	3.98	-0.258	3.98	1.223	3.98	0.530	3.98	-0.793	3.98	0.745	3.98	-0.169
3.985	0.210	3.985	-0.177	3.985	1.157	3.985	0.505	3.985	-0.888	3.985	0.594	3.985	-0.167
3.99	0.150	3.99	-0.170	3.99	1.154	3.99	0.490	3.99	-0.971	3.99	0.459	3.99	-0.188
3.995	0.178	3.995	-0.221	3.995	1.130	3.995	0.518	3.995	-1.031	3.995	0.326	3.995	-0.198
4	0.204	4	-0.207	4	1.113	4	0.474	4	-1.091	4	0.173	4	-0.176
4.005	0.326	4.005	-0.150	4.005	1.099	4.005	0.448	4.005	-1.110	4.005	-0.008	4.005	-0.175
4.01	0.305	4.01	-0.123	4.01	0.984	4.01	0.467	4.01	-1.126	4.01	-0.167	4.01	-0.160
4.015	0.284	4.015	-0.098	4.015	0.896	4.015	0.407	4.015	-1.123	4.015	-0.330	4.015	-0.146
4.02	0.136	4.02	-0.058	4.02	0.786	4.02	0.358	4.02	-1.128	4.02	-0.489	4.02	-0.094

4.025	0.166	4.025	-0.087	4.025	0.654	4.025	0.346	4.025	-1.091	4.025	-0.657	4.025	-0.089
4.03	0.159	4.03	-0.070	4.03	0.580	4.03	0.317	4.03	-1.024	4.03	-0.822	4.03	-0.035
4.035	0.257	4.035	-0.109	4.035	0.475	4.035	0.255	4.035	-0.920	4.035	-1.041	4.035	-0.011
4.04	0.211	4.04	-0.094	4.04	0.279	4.04	0.224	4.04	-0.797	4.04	-1.195	4.04	0.010
4.045	0.095	4.045	0.026	4.045	0.093	4.045	0.189	4.045	-0.666	4.045	-1.346	4.045	0.028
4.05	0.018	4.05	0.034	4.05	-0.168	4.05	0.122	4.05	-0.605	4.05	-1.493	4.05	0.043
4.055	-0.017	4.055	0.027	4.055	-0.303	4.055	0.067	4.055	-0.515	4.055	-1.577	4.055	0.049
4.06	0.013	4.06	0.063	4.06	-0.387	4.06	0.034	4.06	-0.477	4.06	-1.557	4.06	0.069
4.065	-0.023	4.065	0.045	4.065	-0.471	4.065	-0.005	4.065	-0.433	4.065	-1.517	4.065	0.061
4.07	-0.029	4.07	0.059	4.07	-0.562	4.07	-0.029	4.07	-0.356	4.07	-1.559	4.07	0.062
4.075	-0.082	4.075	0.102	4.075	-0.688	4.075	-0.074	4.075	-0.297	4.075	-1.560	4.075	0.075
4.08	0.016	4.08	0.161	4.08	-0.837	4.08	-0.079	4.08	-0.163	4.08	-1.536	4.08	0.032
4.085	-0.048	4.085	0.168	4.085	-0.920	4.085	-0.087	4.085	0.011	4.085	-1.491	4.085	0.025
4.09	-0.042	4.09	0.157	4.09	-0.972	4.09	-0.099	4.09	0.189	4.09	-1.429	4.09	-0.005
4.095	-0.089	4.095	0.140	4.095	-0.984	4.095	-0.159	4.095	0.384	4.095	-1.364	4.095	-0.017
4.1	-0.106	4.1	0.174	4.1	-0.998	4.1	-0.157	4.1	0.557	4.1	-1.223	4.1	-0.064
4.105	-0.064	4.105	0.231	4.105	-1.047	4.105	-0.205	4.105	0.717	4.105	-1.027	4.105	-0.100
4.11	-0.039	4.11	0.242	4.11	-1.049	4.11	-0.211	4.11	0.897	4.11	-0.862	4.11	-0.124
4.115	-0.011	4.115	0.265	4.115	-1.071	4.115	-0.238	4.115	1.012	4.115	-0.716	4.115	-0.168
4.12	0.070	4.12	0.229	4.12	-1.104	4.12	-0.272	4.12	1.126	4.12	-0.518	4.12	-0.174
4.125	0.037	4.125	0.199	4.125	-1.158	4.125	-0.286	4.125	1.248	4.125	-0.290	4.125	-0.202
4.13	0.028	4.13	0.163	4.13	-1.206	4.13	-0.302	4.13	1.352	4.13	-0.153	4.13	-0.204
4.135	-0.069	4.135	0.156	4.135	-1.269	4.135	-0.302	4.135	1.404	4.135	0.002	4.135	-0.198
4.14	-0.168	4.14	0.146	4.14	-1.418	4.14	-0.330	4.14	1.407	4.14	0.226	4.14	-0.156
4.145	-0.115	4.145	0.248	4.145	-1.395	4.145	-0.340	4.145	1.382	4.145	0.410	4.145	-0.162
4.15	-0.190	4.15	0.212	4.15	-1.461	4.15	-0.334	4.15	1.308	4.15	0.623	4.15	-0.172
4.155	-0.114	4.155	0.206	4.155	-1.456	4.155	-0.320	4.155	1.203	4.155	0.748	4.155	-0.152
4.16	-0.231	4.16	0.151	4.16	-1.485	4.16	-0.344	4.16	1.091	4.16	0.974	4.16	-0.103
4.165	-0.308	4.165	0.127	4.165	-1.518	4.165	-0.338	4.165	0.978	4.165	1.102	4.165	-0.076
4.17	-0.343	4.17	0.128	4.17	-1.514	4.17	-0.330	4.17	0.839	4.17	1.205	4.17	-0.093
4.175	-0.173	4.175	0.109	4.175	-1.461	4.175	-0.341	4.175	0.678	4.175	1.320	4.175	-0.047
4.18	-0.188	4.18	0.122	4.18	-1.340	4.18	-0.302	4.18	0.501	4.18	1.380	4.18	-0.033
4.185	-0.125	4.185	0.099	4.185	-1.231	4.185	-0.318	4.185	0.295	4.185	1.461	4.185	-0.008
4.19	-0.135	4.19	0.084	4.19	-1.153	4.19	-0.344	4.19	0.088	4.19	1.497	4.19	-0.009
4.195	-0.237	4.195	0.049	4.195	-1.031	4.195	-0.351	4.195	-0.072	4.195	1.528	4.195	0.004
4.2	-0.181	4.2	0.008	4.2	-0.983	4.2	-0.373	4.2	-0.263	4.2	1.595	4.2	-0.017
4.205	-0.281	4.205	0.005	4.205	-0.837	4.205	-0.397	4.205	-0.447	4.205	1.593	4.205	-0.017
4.21	-0.179	4.21	0.040	4.21	-0.672	4.21	-0.411	4.21	-0.649	4.21	1.535	4.21	-0.014
4.215	-0.163	4.215	0.021	4.215	-0.521	4.215	-0.379	4.215	-0.798	4.215	1.455	4.215	0.007
4.22	-0.126	4.22	0.018	4.22	-0.330	4.22	-0.431	4.22	-0.894	4.22	1.393	4.22	-0.005
4.225	-0.260	4.225	-0.052	4.225	-0.149	4.225	-0.390	4.225	-0.976	4.225	1.303	4.225	-0.002
4.23	-0.332	4.23	-0.115	4.23	0.022	4.23	-0.347	4.23	-0.994	4.23	1.182	4.23	0.038
4.235	-0.278	4.235	-0.118	4.235	0.240	4.235	-0.317	4.235	-0.979	4.235	1.050	4.235	0.055
4.24	-0.288	4.24	-0.133	4.24	0.417	4.24	-0.293	4.24	-0.974	4.24	0.924	4.24	0.094
4.245	-0.162	4.245	-0.087	4.245	0.627	4.245	-0.231	4.245	-0.946	4.245	0.746	4.245	0.115



4.25	-0.272	4.25	-0.034	4.25	0.870	4.25	-0.168	4.25	-0.989	4.25	0.604	4.25	0.131
4.255	-0.410	4.255	-0.083	4.255	1.078	4.255	-0.136	4.255	-0.951	4.255	0.459	4.255	0.159
4.26	-0.445	4.26	-0.093	4.26	1.300	4.26	-0.066	4.26	-0.982	4.26	0.278	4.26	0.154
4.265	-0.378	4.265	-0.149	4.265	1.440	4.265	-0.087	4.265	-0.929	4.265	0.159	4.265	0.176
4.27	-0.299	4.27	-0.183	4.27	1.594	4.27	-0.053	4.27	-0.886	4.27	0.066	4.27	0.164
4.275	-0.124	4.275	-0.127	4.275	1.793	4.275	-0.026	4.275	-0.861	4.275	-0.090	4.275	0.188
4.28	-0.113	4.28	-0.127	4.28	1.916	4.28	-0.027	4.28	-0.807	4.28	-0.284	4.28	0.188
4.285	-0.140	4.285	-0.112	4.285	1.983	4.285	-0.012	4.285	-0.713	4.285	-0.435	4.285	0.225
4.29	-0.210	4.29	-0.162	4.29	2.063	4.29	0.005	4.29	-0.648	4.29	-0.655	4.29	0.234
4.295	-0.284	4.295	-0.186	4.295	2.016	4.295	0.023	4.295	-0.597	4.295	-0.843	4.295	0.235
4.3	-0.253	4.3	-0.195	4.3	1.987	4.3	0.040	4.3	-0.556	4.3	-0.979	4.3	0.217
4.305	-0.210	4.305	-0.162	4.305	1.974	4.305	0.077	4.305	-0.458	4.305	-1.123	4.305	0.194
4.31	-0.152	4.31	-0.127	4.31	1.916	4.31	0.114	4.31	-0.366	4.31	-1.216	4.31	0.184
4.315	-0.184	4.315	-0.081	4.315	1.801	4.315	0.117	4.315	-0.295	4.315	-1.347	4.315	0.109
4.32	-0.264	4.32	-0.097	4.32	1.734	4.32	0.140	4.32	-0.121	4.32	-1.510	4.32	0.037
4.325	-0.357	4.325	-0.131	4.325	1.550	4.325	0.168	4.325	0.078	4.325	-1.653	4.325	-0.015
4.33	-0.259	4.33	-0.129	4.33	1.363	4.33	0.193	4.33	0.225	4.33	-1.739	4.33	-0.094
4.335	-0.259	4.335	-0.111	4.335	1.200	4.335	0.210	4.335	0.457	4.335	-1.867	4.335	-0.138
4.34	-0.167	4.34	-0.070	4.34	1.004	4.34	0.198	4.34	0.690	4.34	-1.873	4.34	-0.184
4.345	-0.096	4.345	-0.018	4.345	0.877	4.345	0.231	4.345	0.876	4.345	-1.839	4.345	-0.249
4.35	-0.161	4.35	0.002	4.35	0.767	4.35	0.277	4.35	1.023	4.35	-1.820	4.35	-0.259
4.355	-0.197	4.355	0.029	4.355	0.569	4.355	0.303	4.355	1.153	4.355	-1.733	4.355	-0.287
4.36	-0.208	4.36	0.012	4.36	0.375	4.36	0.326	4.36	1.244	4.36	-1.633	4.36	-0.297
4.365	-0.140	4.365	0.026	4.365	0.232	4.365	0.329	4.365	1.288	4.365	-1.516	4.365	-0.320
4.37	-0.011	4.37	0.008	4.37	0.063	4.37	0.375	4.37	1.321	4.37	-1.334	4.37	-0.334
4.375	0.124	4.375	0.083	4.375	-0.057	4.375	0.388	4.375	1.301	4.375	-1.164	4.375	-0.340
4.38	0.075	4.38	0.081	4.38	-0.176	4.38	0.419	4.38	1.294	4.38	-1.030	4.38	-0.339
4.385	0.061	4.385	0.100	4.385	-0.228	4.385	0.469	4.385	1.217	4.385	-0.789	4.385	-0.328
4.39	-0.018	4.39	0.130	4.39	-0.346	4.39	0.508	4.39	1.101	4.39	-0.596	4.39	-0.303
4.395	-0.028	4.395	0.070	4.395	-0.448	4.395	0.512	4.395	0.991	4.395	-0.345	4.395	-0.282
4.4	0.063	4.4	0.040	4.4	-0.496	4.4	0.533	4.4	0.836	4.4	-0.075	4.4	-0.269
4.405	0.119	4.405	0.090	4.405	-0.522	4.405	0.536	4.405	0.691	4.405	0.197	4.405	-0.218
4.41	0.140	4.41	0.118	4.41	-0.490	4.41	0.522	4.41	0.562	4.41	0.467	4.41	-0.164
4.415	0.123	4.415	0.122	4.415	-0.488	4.415	0.515	4.415	0.458	4.415	0.684	4.415	-0.126
4.42	0.058	4.42	0.131	4.42	-0.501	4.42	0.479	4.42	0.310	4.42	1.015	4.42	-0.069
4.425	0.049	4.425	0.133	4.425	-0.568	4.425	0.453	4.425	0.152	4.425	1.230	4.425	-0.045
4.43	0.185	4.43	0.105	4.43	-0.562	4.43	0.366	4.43	0.034	4.43	1.359	4.43	-0.002
4.435	0.306	4.435	0.061	4.435	-0.558	4.435	0.351	4.435	-0.097	4.435	1.484	4.435	0.021
4.44	0.363	4.44	0.061	4.44	-0.552	4.44	0.328	4.44	-0.319	4.44	1.668	4.44	0.070
4.445	0.323	4.445	0.133	4.445	-0.570	4.445	0.233	4.445	-0.502	4.445	1.699	4.445	0.130
4.45	0.223	4.45	0.218	4.45	-0.665	4.45	0.195	4.45	-0.652	4.45	1.663	4.45	0.158
4.455	0.221	4.455	0.199	4.455	-0.761	4.455	0.143	4.455	-0.811	4.455	1.656	4.455	0.170
4.46	0.183	4.46	0.130	4.46	-0.890	4.46	0.127	4.46	-0.884	4.46	1.696	4.46	0.233
4.465	0.263	4.465	0.097	4.465	-1.062	4.465	0.113	4.465	-0.950	4.465	1.683	4.465	0.277
4.47	0.270	4.47	0.069	4.47	-1.195	4.47	0.061	4.47	-1.013	4.47	1.604	4.47	0.296

4.475	0.292	4.475	0.058	4.475	-1.320	4.475	0.052	4.475	-1.014	4.475	1.610	4.475	0.342
4.48	0.251	4.48	0.113	4.48	-1.421	4.48	0.031	4.48	-1.018	4.48	1.545	4.48	0.372
4.485	0.313	4.485	0.112	4.485	-1.575	4.485	-0.018	4.485	-1.018	4.485	1.435	4.485	0.356
4.49	0.331	4.49	0.079	4.49	-1.718	4.49	-0.025	4.49	-1.018	4.49	1.265	4.49	0.372
4.495	0.292	4.495	0.051	4.495	-1.850	4.495	-0.053	4.495	-1.046	4.495	1.080	4.495	0.378
4.5	0.306	4.5	0.026	4.5	-1.883	4.5	-0.105	4.5	-0.998	4.5	0.898	4.5	0.348
4.505	0.253	4.505	-0.007	4.505	-1.905	4.505	-0.160	4.505	-0.915	4.505	0.731	4.505	0.310
4.51	0.229	4.51	0.033	4.51	-1.885	4.51	-0.151	4.51	-0.897	4.51	0.584	4.51	0.293
4.515	0.263	4.515	0.073	4.515	-1.803	4.515	-0.176	4.515	-0.872	4.515	0.472	4.515	0.270
4.52	0.270	4.52	0.051	4.52	-1.803	4.52	-0.197	4.52	-0.801	4.52	0.327	4.52	0.227
4.525	0.258	4.525	0.008	4.525	-1.682	4.525	-0.217	4.525	-0.791	4.525	0.172	4.525	0.177
4.53	0.311	4.53	-0.075	4.53	-1.552	4.53	-0.244	4.53	-0.730	4.53	0.005	4.53	0.158
4.535	0.267	4.535	-0.131	4.535	-1.336	4.535	-0.262	4.535	-0.659	4.535	-0.190	4.535	0.117
4.54	0.346	4.54	-0.177	4.54	-1.053	4.54	-0.274	4.54	-0.631	4.54	-0.351	4.54	0.071
4.545	0.337	4.545	-0.140	4.545	-0.849	4.545	-0.298	4.545	-0.520	4.545	-0.493	4.545	-0.004
4.55	0.337	4.55	-0.118	4.55	-0.637	4.55	-0.297	4.55	-0.381	4.55	-0.658	4.55	0.002
4.555	0.318	4.555	-0.074	4.555	-0.314	4.555	-0.344	4.555	-0.271	4.555	-0.806	4.555	-0.059
4.56	0.253	4.56	-0.134	4.56	0.028	4.56	-0.338	4.56	-0.117	4.56	-1.011	4.56	-0.097
4.565	0.182	4.565	-0.210	4.565	0.380	4.565	-0.355	4.565	0.065	4.565	-1.165	4.565	-0.107
4.57	0.174	4.57	-0.224	4.57	0.732	4.57	-0.412	4.57	0.233	4.57	-1.332	4.57	-0.142
4.575	0.252	4.575	-0.219	4.575	1.015	4.575	-0.402	4.575	0.435	4.575	-1.460	4.575	-0.174
4.58	0.267	4.58	-0.233	4.58	1.234	4.58	-0.425	4.58	0.632	4.58	-1.507	4.58	-0.111
4.585	0.209	4.585	-0.212	4.585	1.412	4.585	-0.388	4.585	0.754	4.585	-1.548	4.585	-0.127
4.59	0.095	4.59	-0.179	4.59	1.605	4.59	-0.378	4.59	0.918	4.59	-1.577	4.59	-0.112
4.595	0.076	4.595	-0.221	4.595	1.798	4.595	-0.376	4.595	1.066	4.595	-1.595	4.595	-0.055
4.6	0.033	4.6	-0.250	4.6	1.951	4.6	-0.353	4.6	1.183	4.6	-1.569	4.6	-0.012
4.605	0.047	4.605	-0.213	4.605	2.071	4.605	-0.304	4.605	1.279	4.605	-1.548	4.605	0.010
4.61	0.088	4.61	-0.179	4.61	2.126	4.61	-0.296	4.61	1.389	4.61	-1.546	4.61	0.030
4.615	0.129	4.615	-0.164	4.615	2.154	4.615	-0.263	4.615	1.447	4.615	-1.447	4.615	0.050
4.62	0.086	4.62	-0.113	4.62	2.117	4.62	-0.308	4.62	1.448	4.62	-1.351	4.62	0.052
4.625	0.002	4.625	-0.164	4.625	2.056	4.625	-0.303	4.625	1.440	4.625	-1.186	4.625	0.030
4.63	0.016	4.63	-0.189	4.63	2.016	4.63	-0.285	4.63	1.315	4.63	-1.036	4.63	0.032
4.635	0.029	4.635	-0.189	4.635	1.962	4.635	-0.269	4.635	1.206	4.635	-0.931	4.635	0.035
4.64	0.130	4.64	-0.180	4.64	1.878	4.64	-0.260	4.64	1.079	4.64	-0.720	4.64	0.053
4.645	0.164	4.645	-0.150	4.645	1.796	4.645	-0.230	4.645	0.897	4.645	-0.497	4.645	0.061
4.65	0.146	4.65	-0.087	4.65	1.678	4.65	-0.215	4.65	0.745	4.65	-0.341	4.65	0.043
4.655	0.062	4.655	-0.057	4.655	1.561	4.655	-0.196	4.655	0.557	4.655	-0.209	4.655	0.016
4.66	-0.028	4.66	-0.034	4.66	1.452	4.66	-0.169	4.66	0.354	4.66	0.001	4.66	-0.034
4.665	-0.105	4.665	-0.044	4.665	1.326	4.665	-0.158	4.665	0.179	4.665	0.250	4.665	-0.049
4.67	-0.003	4.67	-0.070	4.67	1.204	4.67	-0.133	4.67	0.005	4.67	0.469	4.67	-0.055
4.675	0.056	4.675	-0.061	4.675	1.090	4.675	-0.138	4.675	-0.139	4.675	0.661	4.675	-0.087
4.68	-0.023	4.68	0.012	4.68	0.980	4.68	-0.138	4.68	-0.305	4.68	0.859	4.68	-0.108
4.685	-0.052	4.685	0.039	4.685	0.891	4.685	-0.127	4.685	-0.465	4.685	1.098	4.685	-0.145
4.69	-0.188	4.69	0.004	4.69	0.744	4.69	-0.127	4.69	-0.609	4.69	1.213	4.69	-0.170
4.695	-0.180	4.695	0.029	4.695	0.597	4.695	-0.118	4.695	-0.710	4.695	1.292	4.695	-0.173

4.7	-0.158	4.7	0.064	4.7	0.431	4.7	-0.111	4.7	-0.809	4.7	1.375	4.7	-0.115
4.705	-0.009	4.705	0.084	4.705	0.258	4.705	-0.077	4.705	-0.868	4.705	1.478	4.705	-0.125
4.71	-0.017	4.71	0.125	4.71	0.101	4.71	-0.021	4.71	-0.920	4.71	1.538	4.71	-0.115
4.715	-0.071	4.715	0.163	4.715	-0.091	4.715	0.016	4.715	-0.897	4.715	1.564	4.715	-0.115
4.72	-0.127	4.72	0.162	4.72	-0.291	4.72	0.090	4.72	-0.933	4.72	1.601	4.72	-0.114
4.725	-0.229	4.725	0.172	4.725	-0.497	4.725	0.157	4.725	-0.874	4.725	1.589	4.725	-0.091
4.73	-0.196	4.73	0.168	4.73	-0.641	4.73	0.194	4.73	-0.854	4.73	1.541	4.73	-0.097
4.735	-0.173	4.735	0.124	4.735	-0.850	4.735	0.224	4.735	-0.913	4.735	1.440	4.735	-0.084
4.74	-0.095	4.74	0.138	4.74	-1.063	4.74	0.259	4.74	-0.907	4.74	1.371	4.74	-0.119
4.745	-0.136	4.745	0.146	4.745	-1.181	4.745	0.272	4.745	-0.915	4.745	1.253	4.745	-0.127
4.75	-0.163	4.75	0.198	4.75	-1.407	4.75	0.280	4.75	-0.914	4.75	1.169	4.75	-0.140
4.755	-0.343	4.755	0.246	4.755	-1.567	4.755	0.351	4.755	-0.897	4.755	1.064	4.755	-0.142
4.76	-0.387	4.76	0.274	4.76	-1.706	4.76	0.346	4.76	-0.819	4.76	0.958	4.76	-0.149
4.765	-0.339	4.765	0.237	4.765	-1.808	4.765	0.350	4.765	-0.762	4.765	0.831	4.765	-0.136
4.77	-0.255	4.77	0.193	4.77	-1.921	4.77	0.372	4.77	-0.722	4.77	0.731	4.77	-0.121
4.775	-0.282	4.775	0.182	4.775	-1.995	4.775	0.406	4.775	-0.690	4.775	0.649	4.775	-0.118
4.78	-0.315	4.78	0.222	4.78	-2.047	4.78	0.431	4.78	-0.591	4.78	0.503	4.78	-0.133
4.785	-0.409	4.785	0.210	4.785	-2.056	4.785	0.460	4.785	-0.465	4.785	0.385	4.785	-0.118
4.79	-0.357	4.79	0.181	4.79	-2.021	4.79	0.476	4.79	-0.364	4.79	0.296	4.79	-0.142
4.795	-0.275	4.795	0.207	4.795	-2.006	4.795	0.493	4.795	-0.206	4.795	0.166	4.795	-0.137
4.8	-0.252	4.8	0.161	4.8	-1.952	4.8	0.485	4.8	0.017	4.8	-0.019	4.8	-0.113
4.805	-0.199	4.805	0.133	4.805	-1.846	4.805	0.500	4.805	0.260	4.805	-0.197	4.805	-0.111
4.81	-0.178	4.81	0.108	4.81	-1.722	4.81	0.469	4.81	0.450	4.81	-0.416	4.81	-0.067
4.815	-0.243	4.815	0.115	4.815	-1.630	4.815	0.429	4.815	0.648	4.815	-0.646	4.815	-0.059
4.82	-0.291	4.82	0.162	4.82	-1.419	4.82	0.417	4.82	0.796	4.82	-0.811	4.82	-0.015
4.825	-0.284	4.825	0.102	4.825	-1.245	4.825	0.384	4.825	0.931	4.825	-0.988	4.825	0.038
4.83	-0.282	4.83	0.048	4.83	-1.087	4.83	0.347	4.83	1.037	4.83	-1.141	4.83	0.094
4.835	-0.315	4.835	0.024	4.835	-0.941	4.835	0.328	4.835	1.119	4.835	-1.272	4.835	0.146
4.84	-0.308	4.84	-0.032	4.84	-0.767	4.84	0.278	4.84	1.175	4.84	-1.445	4.84	0.184
4.845	-0.331	4.845	-0.039	4.845	-0.565	4.845	0.236	4.845	1.230	4.845	-1.590	4.845	0.226
4.85	-0.339	4.85	-0.034	4.85	-0.333	4.85	0.230	4.85	1.264	4.85	-1.712	4.85	0.265
4.855	-0.266	4.855	-0.003	4.855	-0.127	4.855	0.190	4.855	1.240	4.855	-1.829	4.855	0.290
4.86	-0.288	4.86	-0.010	4.86	0.001	4.86	0.134	4.86	1.235	4.86	-1.914	4.86	0.279
4.865	-0.265	4.865	-0.044	4.865	0.053	4.865	0.139	4.865	1.219	4.865	-1.943	4.865	0.292
4.87	-0.285	4.87	-0.079	4.87	0.118	4.87	0.096	4.87	1.104	4.87	-1.941	4.87	0.280
4.875	-0.283	4.875	-0.092	4.875	0.196	4.875	0.087	4.875	1.010	4.875	-1.891	4.875	0.319
4.88	-0.283	4.88	-0.074	4.88	0.287	4.88	0.074	4.88	0.899	4.88	-1.861	4.88	0.281
4.885	-0.243	4.885	-0.050	4.885	0.440	4.885	0.060	4.885	0.738	4.885	-1.692	4.885	0.293
4.89	-0.151	4.89	-0.097	4.89	0.495	4.89	0.081	4.89	0.587	4.89	-1.570	4.89	0.251
4.895	-0.120	4.895	-0.124	4.895	0.586	4.895	0.040	4.895	0.395	4.895	-1.414	4.895	0.205
4.9	-0.131	4.9	-0.160	4.9	0.688	4.9	0.005	4.9	0.202	4.9	-1.240	4.9	0.215
4.905	-0.140	4.905	-0.165	4.905	0.786	4.905	-0.005	4.905	0.029	4.905	-1.059	4.905	0.147
4.91	-0.077	4.91	-0.135	4.91	0.860	4.91	-0.027	4.91	-0.124	4.91	-0.809	4.91	0.089
4.915	-0.058	4.915	-0.101	4.915	0.970	4.915	-0.042	4.915	-0.329	4.915	-0.561	4.915	0.104
4.92	-0.063	4.92	-0.115	4.92	1.101	4.92	-0.068	4.92	-0.497	4.92	-0.239	4.92	0.055

4.925	-0.036	4.925	-0.127	4.925	1.235	4.925	-0.090	4.925	-0.573	4.925	0.027	4.925	-0.018
4.93	-0.121	4.93	-0.165	4.93	1.332	4.93	-0.110	4.93	-0.707	4.93	0.324	4.93	-0.039
4.935	-0.101	4.935	-0.192	4.935	1.375	4.935	-0.122	4.935	-0.800	4.935	0.581	4.935	-0.047
4.94	-0.083	4.94	-0.228	4.94	1.503	4.94	-0.156	4.94	-0.818	4.94	0.797	4.94	-0.106
4.945	0.010	4.945	-0.201	4.945	1.604	4.945	-0.177	4.945	-0.816	4.945	1.134	4.945	-0.149
4.95	0.003	4.95	-0.192	4.95	1.658	4.95	-0.213	4.95	-0.840	4.95	1.316	4.95	-0.170
4.955	0.076	4.955	-0.154	4.955	1.673	4.955	-0.226	4.955	-0.878	4.955	1.434	4.955	-0.198
4.96	0.138	4.96	-0.098	4.96	1.622	4.96	-0.235	4.96	-0.922	4.96	1.607	4.96	-0.216
4.965	0.134	4.965	-0.092	4.965	1.543	4.965	-0.276	4.965	-0.943	4.965	1.727	4.965	-0.258
4.97	0.104	4.97	-0.130	4.97	1.500	4.97	-0.324	4.97	-0.929	4.97	1.739	4.97	-0.301
4.975	0.088	4.975	-0.131	4.975	1.453	4.975	-0.353	4.975	-0.993	4.975	1.704	4.975	-0.324
4.98	0.132	4.98	-0.141	4.98	1.415	4.98	-0.418	4.98	-0.989	4.98	1.706	4.98	-0.364
4.985	0.120	4.985	-0.111	4.985	1.330	4.985	-0.421	4.985	-0.951	4.985	1.705	4.985	-0.344
4.99	0.140	4.99	-0.099	4.99	1.203	4.99	-0.420	4.99	-0.894	4.99	1.618	4.99	-0.342
4.995	0.125	4.995	-0.091	4.995	1.088	4.995	-0.372	4.995	-0.883	4.995	1.546	4.995	-0.338
5	0.180	5	-0.103	5	0.982	5	-0.383	5	-0.843	5	1.545	5	-0.290
5.005	0.226	5.005	-0.094	5.005	0.900	5.005	-0.375	5.005	-0.781	5.005	1.422	5.005	-0.255
5.01	0.275	5.01	-0.032	5.01	0.799	5.01	-0.345	5.01	-0.671	5.01	1.296	5.01	-0.241
5.015	0.252	5.015	-0.004	5.015	0.720	5.015	-0.311	5.015	-0.637	5.015	1.191	5.015	-0.156
5.02	0.253	5.02	0.031	5.02	0.617	5.02	-0.320	5.02	-0.618	5.02	1.033	5.02	-0.136
5.025	0.204	5.025	0.029	5.025	0.489	5.025	-0.293	5.025	-0.506	5.025	0.858	5.025	-0.087
5.03	0.231	5.03	0.033	5.03	0.377	5.03	-0.296	5.03	-0.384	5.03	0.708	5.03	-0.010
5.035	0.258	5.035	-0.004	5.035	0.282	5.035	-0.269	5.035	-0.238	5.035	0.603	5.035	0.024
5.04	0.286	5.04	-0.007	5.04	0.194	5.04	-0.267	5.04	-0.111	5.04	0.533	5.04	0.073
5.045	0.288	5.045	0.041	5.045	0.085	5.045	-0.280	5.045	0.044	5.045	0.397	5.045	0.082
5.05	0.328	5.05	0.120	5.05	-0.023	5.05	-0.265	5.05	0.287	5.05	0.202	5.05	0.155
5.055	0.281	5.055	0.118	5.055	-0.124	5.055	-0.260	5.055	0.501	5.055	0.035	5.055	0.213
5.06	0.306	5.06	0.140	5.06	-0.219	5.06	-0.241	5.06	0.717	5.06	-0.145	5.06	0.270
5.065	0.390	5.065	0.126	5.065	-0.312	5.065	-0.233	5.065	0.896	5.065	-0.325	5.065	0.279
5.07	0.390	5.07	0.118	5.07	-0.374	5.07	-0.225	5.07	1.066	5.07	-0.472	5.07	0.318
5.075	0.387	5.075	0.106	5.075	-0.425	5.075	-0.205	5.075	1.179	5.075	-0.634	5.075	0.329
5.08	0.357	5.08	0.161	5.08	-0.508	5.08	-0.201	5.08	1.250	5.08	-0.822	5.08	0.307
5.085	0.329	5.085	0.156	5.085	-0.603	5.085	-0.152	5.085	1.347	5.085	-1.016	5.085	0.290
5.09	0.255	5.09	0.127	5.09	-0.713	5.09	-0.158	5.09	1.413	5.09	-1.157	5.09	0.228
5.095	0.214	5.095	0.118	5.095	-0.737	5.095	-0.128	5.095	1.417	5.095	-1.338	5.095	0.176
5.1	0.295	5.1	0.071	5.1	-0.787	5.1	-0.120	5.1	1.444	5.1	-1.487	5.1	0.172
5.105	0.357	5.105	0.065	5.105	-0.869	5.105	-0.142	5.105	1.343	5.105	-1.516	5.105	0.123
5.11	0.308	5.11	0.073	5.11	-0.931	5.11	-0.117	5.11	1.182	5.11	-1.568	5.11	0.080
5.115	0.156	5.115	0.109	5.115	-1.016	5.115	-0.120	5.115	1.089	5.115	-1.605	5.115	0.055
5.12	0.114	5.12	0.175	5.12	-1.098	5.12	-0.073	5.12	0.932	5.12	-1.606	5.12	0.044
5.125	0.110	5.125	0.137	5.125	-1.229	5.125	-0.005	5.125	0.718	5.125	-1.601	5.125	0.037
5.13	0.156	5.13	0.131	5.13	-1.324	5.13	0.038	5.13	0.565	5.13	-1.587	5.13	0.030
5.135	0.238	5.135	0.115	5.135	-1.456	5.135	0.084	5.135	0.423	5.135	-1.571	5.135	0.043
5.14	0.202	5.14	0.037	5.14	-1.537	5.14	0.163	5.14	0.226	5.14	-1.539	5.14	0.027
5.145	0.222	5.145	0.003	5.145	-1.566	5.145	0.220	5.145	0.068	5.145	-1.441	5.145	0.043

5.15	0.171	5.15	-0.007	5.15	-1.639	5.15	0.268	5.15	-0.062	5.15	-1.337	5.15	0.052
5.155	0.203	5.155	0.011	5.155	-1.686	5.155	0.269	5.155	-0.260	5.155	-1.153	5.155	0.014
5.16	0.193	5.16	-0.001	5.16	-1.763	5.16	0.291	5.16	-0.368	5.16	-0.993	5.16	0.003
5.165	0.274	5.165	-0.008	5.165	-1.784	5.165	0.312	5.165	-0.465	5.165	-0.794	5.165	0.035
5.17	0.251	5.17	-0.055	5.17	-1.735	5.17	0.346	5.17	-0.589	5.17	-0.518	5.17	0.063
5.175	0.209	5.175	-0.003	5.175	-1.668	5.175	0.352	5.175	-0.651	5.175	-0.294	5.175	0.049
5.18	0.119	5.18	-0.012	5.18	-1.588	5.18	0.381	5.18	-0.702	5.18	-0.086	5.18	0.052
5.185	0.062	5.185	-0.063	5.185	-1.512	5.185	0.371	5.185	-0.762	5.185	0.137	5.185	0.045
5.19	0.070	5.19	-0.056	5.19	-1.388	5.19	0.363	5.19	-0.757	5.19	0.378	5.19	0.089
5.195	0.092	5.195	-0.094	5.195	-1.206	5.195	0.368	5.195	-0.799	5.195	0.612	5.195	0.065
5.2	0.063	5.2	-0.153	5.2	-1.041	5.2	0.412	5.2	-0.841	5.2	0.801	5.2	0.070
5.205	0.040	5.205	-0.179	5.205	-0.834	5.205	0.400	5.205	-0.865	5.205	1.036	5.205	0.064
5.21	0.009	5.21	-0.197	5.21	-0.668	5.21	0.389	5.21	-0.920	5.21	1.210	5.21	0.012
5.215	-0.065	5.215	-0.183	5.215	-0.443	5.215	0.368	5.215	-0.965	5.215	1.248	5.215	0.009
5.22	-0.042	5.22	-0.109	5.22	-0.239	5.22	0.396	5.22	-0.999	5.22	1.333	5.22	0.021
5.225	-0.033	5.225	-0.122	5.225	-0.006	5.225	0.368	5.225	-1.018	5.225	1.394	5.225	0.016
5.23	-0.051	5.23	-0.094	5.23	0.235	5.23	0.333	5.23	-1.050	5.23	1.426	5.23	0.001
5.235	-0.003	5.235	-0.143	5.235	0.494	5.235	0.360	5.235	-0.986	5.235	1.465	5.235	0.009
5.24	-0.077	5.24	-0.243	5.24	0.747	5.24	0.372	5.24	-0.911	5.24	1.473	5.24	-0.012
5.245	-0.073	5.245	-0.222	5.245	0.992	5.245	0.309	5.245	-0.800	5.245	1.504	5.245	-0.023
5.25	-0.011	5.25	-0.184	5.25	1.203	5.25	0.301	5.25	-0.702	5.25	1.479	5.25	-0.044
5.255	-0.036	5.255	-0.176	5.255	1.398	5.255	0.283	5.255	-0.599	5.255	1.428	5.255	-0.055
5.26	-0.075	5.26	-0.173	5.26	1.593	5.26	0.268	5.26	-0.466	5.26	1.359	5.26	-0.075
5.265	-0.145	5.265	-0.164	5.265	1.690	5.265	0.262	5.265	-0.317	5.265	1.292	5.265	-0.083
5.27	-0.119	5.27	-0.152	5.27	1.778	5.27	0.237	5.27	-0.188	5.27	1.219	5.27	-0.053
5.275	-0.099	5.275	-0.170	5.275	1.812	5.275	0.205	5.275	-0.040	5.275	1.141	5.275	-0.028
5.28	-0.143	5.28	-0.113	5.28	1.842	5.28	0.198	5.28	0.113	5.28	1.062	5.28	-0.034
5.285	-0.186	5.285	-0.058	5.285	1.819	5.285	0.156	5.285	0.312	5.285	0.979	5.285	-0.021
5.29	-0.215	5.29	-0.039	5.29	1.792	5.29	0.165	5.29	0.440	5.29	0.877	5.29	-0.012
5.295	-0.295	5.295	-0.081	5.295	1.776	5.295	0.131	5.295	0.612	5.295	0.806	5.295	-0.028
5.3	-0.190	5.3	-0.081	5.3	1.725	5.3	0.102	5.3	0.742	5.3	0.709	5.3	0.003
5.305	-0.197	5.305	-0.080	5.305	1.625	5.305	0.044	5.305	0.870	5.305	0.588	5.305	-0.011
5.31	-0.197	5.31	-0.061	5.31	1.461	5.31	-0.010	5.31	1.005	5.31	0.471	5.31	-0.055
5.315	-0.205	5.315	0.006	5.315	1.295	5.315	-0.062	5.315	1.119	5.315	0.339	5.315	-0.083
5.32	-0.160	5.32	0.060	5.32	1.200	5.32	-0.078	5.32	1.230	5.32	0.190	5.32	-0.101
5.325	-0.184	5.325	0.095	5.325	1.070	5.325	-0.102	5.325	1.301	5.325	0.029	5.325	-0.139
5.33	-0.188	5.33	0.114	5.33	0.902	5.33	-0.120	5.33	1.329	5.33	-0.145	5.33	-0.184
5.335	-0.191	5.335	0.109	5.335	0.738	5.335	-0.174	5.335	1.316	5.335	-0.375	5.335	-0.175
5.34	-0.179	5.34	0.084	5.34	0.650	5.34	-0.200	5.34	1.280	5.34	-0.628	5.34	-0.204
5.345	-0.257	5.345	0.112	5.345	0.517	5.345	-0.208	5.345	1.199	5.345	-0.791	5.345	-0.231
5.35	-0.308	5.35	0.103	5.35	0.486	5.35	-0.261	5.35	1.078	5.35	-0.989	5.35	-0.224
5.355	-0.293	5.355	0.146	5.355	0.428	5.355	-0.276	5.355	0.932	5.355	-1.161	5.355	-0.219
5.36	-0.321	5.36	0.195	5.36	0.397	5.36	-0.248	5.36	0.756	5.36	-1.332	5.36	-0.213
5.365	-0.328	5.365	0.184	5.365	0.349	5.365	-0.244	5.365	0.578	5.365	-1.510	5.365	-0.204
5.37	-0.309	5.37	0.172	5.37	0.311	5.37	-0.208	5.37	0.409	5.37	-1.661	5.37	-0.217

5.375	-0.340	5.375	0.163	5.375	0.270	5.375	-0.248	5.375	0.228	5.375	-1.762	5.375	-0.200
5.38	-0.334	5.38	0.192	5.38	0.314	5.38	-0.254	5.38	0.068	5.38	-1.894	5.38	-0.169
5.385	-0.279	5.385	0.197	5.385	0.328	5.385	-0.263	5.385	-0.022	5.385	-2.005	5.385	-0.196
5.39	-0.378	5.39	0.236	5.39	0.366	5.39	-0.272	5.39	-0.191	5.39	-2.011	5.39	-0.166
5.395	-0.281	5.395	0.252	5.395	0.335	5.395	-0.273	5.395	-0.295	5.395	-2.028	5.395	-0.138
5.4	-0.331	5.4	0.219	5.4	0.264	5.4	-0.303	5.4	-0.405	5.4	-2.007	5.4	-0.125
5.405	-0.229	5.405	0.200	5.405	0.215	5.405	-0.257	5.405	-0.506	5.405	-1.957	5.405	-0.072
5.41	-0.285	5.41	0.173	5.41	0.160	5.41	-0.268	5.41	-0.647	5.41	-1.833	5.41	-0.066
5.415	-0.312	5.415	0.173	5.415	0.050	5.415	-0.296	5.415	-0.756	5.415	-1.660	5.415	0.006
5.42	-0.277	5.42	0.218	5.42	-0.022	5.42	-0.281	5.42	-0.809	5.42	-1.455	5.42	0.027
5.425	-0.259	5.425	0.246	5.425	-0.128	5.425	-0.274	5.425	-0.844	5.425	-1.272	5.425	0.061
5.43	-0.276	5.43	0.252	5.43	-0.295	5.43	-0.276	5.43	-0.868	5.43	-1.016	5.43	0.116
5.435	-0.236	5.435	0.186	5.435	-0.507	5.435	-0.267	5.435	-0.871	5.435	-0.704	5.435	0.160
5.44	-0.197	5.44	0.130	5.44	-0.679	5.44	-0.291	5.44	-0.871	5.44	-0.426	5.44	0.192
5.445	-0.210	5.445	0.143	5.445	-0.868	5.445	-0.310	5.445	-0.910	5.445	-0.123	5.445	0.217
5.45	-0.288	5.45	0.138	5.45	-1.053	5.45	-0.299	5.45	-0.922	5.45	0.218	5.45	0.222
5.455	-0.266	5.455	0.114	5.455	-1.271	5.455	-0.320	5.455	-0.974	5.455	0.481	5.455	0.247
5.46	-0.196	5.46	0.145	5.46	-1.421	5.46	-0.333	5.46	-0.964	5.46	0.720	5.46	0.270
5.465	-0.157	5.465	0.097	5.465	-1.639	5.465	-0.352	5.465	-0.933	5.465	0.970	5.465	0.282
5.47	-0.118	5.47	0.084	5.47	-1.806	5.47	-0.361	5.47	-0.945	5.47	1.234	5.47	0.311
5.475	-0.170	5.475	0.024	5.475	-1.900	5.475	-0.300	5.475	-0.888	5.475	1.402	5.475	0.334
5.48	-0.113	5.48	-0.009	5.48	-1.980	5.48	-0.288	5.48	-0.856	5.48	1.491	5.48	0.348
5.485	-0.090	5.485	-0.012	5.485	-2.032	5.485	-0.251	5.485	-0.856	5.485	1.617	5.485	0.361
5.49	-0.096	5.49	-0.021	5.49	-2.026	5.49	-0.159	5.49	-0.769	5.49	1.698	5.49	0.365
5.495	-0.057	5.495	-0.028	5.495	-1.978	5.495	-0.163	5.495	-0.718	5.495	1.645	5.495	0.338
5.5	0.029	5.5	-0.067	5.5	-1.916	5.5	-0.197	5.5	-0.659	5.5	1.638	5.5	0.314
5.505	0.061	5.505	-0.082	5.505	-1.818	5.505	-0.133	5.505	-0.495	5.505	1.648	5.505	0.277
5.51	0.106	5.51	-0.166	5.51	-1.695	5.51	-0.092	5.51	-0.387	5.51	1.596	5.51	0.227
5.515	0.068	5.515	-0.185	5.515	-1.557	5.515	-0.079	5.515	-0.181	5.515	1.552	5.515	0.172
5.52	0.026	5.52	-0.160	5.52	-1.419	5.52	-0.043	5.52	-0.017	5.52	1.504	5.52	0.083
5.525	0.103	5.525	-0.133	5.525	-1.197	5.525	0.031	5.525	0.172	5.525	1.481	5.525	0.050
5.53	0.136	5.53	-0.123	5.53	-1.022	5.53	0.048	5.53	0.386	5.53	1.392	5.53	-0.022
5.535	0.123	5.535	-0.184	5.535	-0.801	5.535	0.095	5.535	0.606	5.535	1.266	5.535	-0.119
5.54	0.132	5.54	-0.182	5.54	-0.618	5.54	0.158	5.54	0.764	5.54	1.146	5.54	-0.172
5.545	0.177	5.545	-0.192	5.545	-0.379	5.545	0.204	5.545	0.945	5.545	1.003	5.545	-0.213
5.55	0.174	5.55	-0.212	5.55	-0.169	5.55	0.263	5.55	1.127	5.55	0.811	5.55	-0.261
5.555	0.191	5.555	-0.218	5.555	0.093	5.555	0.297	5.555	1.244	5.555	0.709	5.555	-0.300
5.56	0.156	5.56	-0.155	5.56	0.311	5.56	0.327	5.56	1.329	5.56	0.594	5.56	-0.328
5.565	0.209	5.565	-0.172	5.565	0.547	5.565	0.320	5.565	1.416	5.565	0.475	5.565	-0.315
5.57	0.267	5.57	-0.162	5.57	0.730	5.57	0.338	5.57	1.426	5.57	0.379	5.57	-0.322
5.575	0.282	5.575	-0.220	5.575	0.876	5.575	0.326	5.575	1.411	5.575	0.187	5.575	-0.320
5.58	0.293	5.58	-0.225	5.58	1.046	5.58	0.303	5.58	1.362	5.58	0.028	5.58	-0.313
5.585	0.328	5.585	-0.209	5.585	1.199	5.585	0.332	5.585	1.240	5.585	-0.121	5.585	-0.257
5.59	0.313	5.59	-0.194	5.59	1.330	5.59	0.353	5.59	1.033	5.59	-0.280	5.59	-0.240
5.595	0.278	5.595	-0.155	5.595	1.461	5.595	0.329	5.595	0.901	5.595	-0.396	5.595	-0.184

5.6	0.357	5.6	-0.147	5.6	1.559	5.6	0.334	5.6	0.735	5.6	-0.542	5.6	-0.162
5.605	0.416	5.605	-0.188	5.605	1.629	5.605	0.317	5.605	0.578	5.605	-0.748	5.605	-0.113
5.61	0.344	5.61	-0.188	5.61	1.725	5.61	0.329	5.61	0.434	5.61	-0.926	5.61	-0.087
5.615	0.299	5.615	-0.153	5.615	1.795	5.615	0.327	5.615	0.290	5.615	-1.128	5.615	-0.073
5.62	0.238	5.62	-0.113	5.62	1.819	5.62	0.314	5.62	0.147	5.62	-1.298	5.62	-0.048
5.625	0.295	5.625	-0.100	5.625	1.823	5.625	0.338	5.625	0.074	5.625	-1.455	5.625	-0.005
5.63	0.338	5.63	-0.100	5.63	1.844	5.63	0.314	5.63	-0.063	5.63	-1.550	5.63	0.037
5.635	0.286	5.635	-0.034	5.635	1.873	5.635	0.299	5.635	-0.163	5.635	-1.644	5.635	0.075
5.64	0.245	5.64	-0.056	5.64	1.862	5.64	0.269	5.64	-0.269	5.64	-1.727	5.64	0.071
5.645	0.234	5.645	-0.069	5.645	1.853	5.645	0.295	5.645	-0.362	5.645	-1.759	5.645	0.138
5.65	0.214	5.65	-0.028	5.65	1.774	5.65	0.308	5.65	-0.465	5.65	-1.732	5.65	0.130
5.655	0.215	5.655	-0.004	5.655	1.719	5.655	0.266	5.655	-0.558	5.655	-1.745	5.655	0.128
5.66	0.246	5.66	0.008	5.66	1.598	5.66	0.284	5.66	-0.621	5.66	-1.730	5.66	0.124
5.665	0.290	5.665	0.064	5.665	1.497	5.665	0.298	5.665	-0.698	5.665	-1.657	5.665	0.120
5.67	0.274	5.67	0.101	5.67	1.401	5.67	0.310	5.67	-0.785	5.67	-1.547	5.67	0.103
5.675	0.270	5.675	0.076	5.675	1.264	5.675	0.326	5.675	-0.894	5.675	-1.344	5.675	0.107
5.68	0.244	5.68	0.075	5.68	1.133	5.68	0.277	5.68	-0.970	5.68	-1.125	5.68	0.075
5.685	0.171	5.685	0.096	5.685	1.008	5.685	0.249	5.685	-1.005	5.685	-0.921	5.685	0.049
5.69	0.228	5.69	0.128	5.69	0.755	5.69	0.202	5.69	-1.007	5.69	-0.689	5.69	0.046
5.695	0.176	5.695	0.137	5.695	0.530	5.695	0.135	5.695	-1.014	5.695	-0.400	5.695	0.065
5.7	0.243	5.7	0.156	5.7	0.294	5.7	0.141	5.7	-0.999	5.7	-0.166	5.7	0.049
5.705	0.173	5.705	0.179	5.705	0.000	5.705	0.108	5.705	-0.979	5.705	0.035	5.705	0.032
5.71	0.209	5.71	0.167	5.71	-0.257	5.71	0.085	5.71	-0.937	5.71	0.291	5.71	0.034
5.715	0.144	5.715	0.124	5.715	-0.495	5.715	0.056	5.715	-0.878	5.715	0.507	5.715	0.061
5.72	0.088	5.72	0.137	5.72	-0.722	5.72	0.001	5.72	-0.813	5.72	0.694	5.72	0.059
5.725	0.101	5.725	0.157	5.725	-0.949	5.725	-0.039	5.725	-0.697	5.725	0.884	5.725	0.091
5.73	0.076	5.73	0.184	5.73	-1.128	5.73	-0.066	5.73	-0.610	5.73	1.086	5.73	0.100
5.735	0.130	5.735	0.169	5.735	-1.287	5.735	-0.096	5.735	-0.514	5.735	1.189	5.735	0.103
5.74	0.075	5.74	0.152	5.74	-1.427	5.74	-0.124	5.74	-0.436	5.74	1.234	5.74	0.094
5.745	0.105	5.745	0.144	5.745	-1.510	5.745	-0.153	5.745	-0.350	5.745	1.286	5.745	0.064
5.75	0.106	5.75	0.139	5.75	-1.576	5.75	-0.144	5.75	-0.260	5.75	1.321	5.75	0.077
5.755	0.104	5.755	0.122	5.755	-1.607	5.755	-0.187	5.755	-0.081	5.755	1.352	5.755	0.065
5.76	0.077	5.76	0.132	5.76	-1.616	5.76	-0.188	5.76	0.112	5.76	1.388	5.76	0.033
5.765	0.134	5.765	0.144	5.765	-1.603	5.765	-0.193	5.765	0.306	5.765	1.460	5.765	0.030
5.77	0.097	5.77	0.109	5.77	-1.590	5.77	-0.168	5.77	0.545	5.77	1.449	5.77	0.024
5.775	0.128	5.775	0.081	5.775	-1.540	5.775	-0.200	5.775	0.733	5.775	1.468	5.775	0.014
5.78	0.057	5.78	0.027	5.78	-1.517	5.78	-0.200	5.78	0.878	5.78	1.434	5.78	0.020
5.785	0.001	5.785	0.029	5.785	-1.494	5.785	-0.201	5.785	1.003	5.785	1.352	5.785	0.043
5.79	-0.045	5.79	0.012	5.79	-1.452	5.79	-0.214	5.79	1.114	5.79	1.320	5.79	0.073
5.795	-0.036	5.795	0.004	5.795	-1.373	5.795	-0.196	5.795	1.215	5.795	1.256	5.795	0.051
5.8	-0.024	5.8	0.002	5.8	-1.353	5.8	-0.262	5.8	1.270	5.8	1.131	5.8	0.040
5.805	-0.050	5.805	0.014	5.805	-1.346	5.805	-0.232	5.805	1.286	5.805	1.083	5.805	0.020
5.81	-0.054	5.81	0.043	5.81	-1.351	5.81	-0.255	5.81	1.276	5.81	1.016	5.81	0.027
5.815	-0.108	5.815	0.008	5.815	-1.257	5.815	-0.279	5.815	1.242	5.815	0.900	5.815	0.025
5.82	-0.115	5.82	-0.042	5.82	-1.203	5.82	-0.242	5.82	1.191	5.82	0.800	5.82	0.015

5.825	-0.109	5.825	-0.051	5.825	-1.169	5.825	-0.257	5.825	1.061	5.825	0.720	5.825	0.024
5.83	-0.103	5.83	-0.027	5.83	-1.072	5.83	-0.272	5.83	0.949	5.83	0.592	5.83	0.000
5.835	-0.105	5.835	-0.050	5.835	-0.990	5.835	-0.314	5.835	0.816	5.835	0.444	5.835	0.020
5.84	-0.127	5.84	-0.063	5.84	-0.880	5.84	-0.304	5.84	0.670	5.84	0.353	5.84	0.043
5.845	-0.102	5.845	-0.093	5.845	-0.789	5.845	-0.323	5.845	0.501	5.845	0.247	5.845	0.056
5.85	-0.187	5.85	-0.115	5.85	-0.621	5.85	-0.314	5.85	0.377	5.85	0.071	5.85	0.075
5.855	-0.231	5.855	-0.147	5.855	-0.462	5.855	-0.333	5.855	0.220	5.855	-0.048	5.855	0.081
5.86	-0.168	5.86	-0.146	5.86	-0.344	5.86	-0.375	5.86	0.043	5.86	-0.274	5.86	0.074
5.865	-0.143	5.865	-0.100	5.865	-0.167	5.865	-0.379	5.865	-0.060	5.865	-0.503	5.865	0.045
5.87	-0.155	5.87	-0.128	5.87	-0.041	5.87	-0.369	5.87	-0.206	5.87	-0.722	5.87	0.016
5.875	-0.202	5.875	-0.138	5.875	0.075	5.875	-0.382	5.875	-0.342	5.875	-0.928	5.875	0.025
5.88	-0.264	5.88	-0.191	5.88	0.197	5.88	-0.338	5.88	-0.406	5.88	-1.189	5.88	-0.009
5.885	-0.302	5.885	-0.196	5.885	0.353	5.885	-0.329	5.885	-0.533	5.885	-1.418	5.885	0.014
5.89	-0.297	5.89	-0.195	5.89	0.506	5.89	-0.272	5.89	-0.586	5.89	-1.626	5.89	-0.015
5.895	-0.301	5.895	-0.176	5.895	0.682	5.895	-0.241	5.895	-0.666	5.895	-1.801	5.895	-0.047
5.9	-0.271	5.9	-0.149	5.9	0.771	5.9	-0.209	5.9	-0.726	5.9	-1.966	5.9	-0.047
5.905	-0.266	5.905	-0.128	5.905	0.900	5.905	-0.182	5.905	-0.751	5.905	-2.061	5.905	-0.069
5.91	-0.267	5.91	-0.131	5.91	0.961	5.91	-0.146	5.91	-0.804	5.91	-2.161	5.91	-0.111
5.915	-0.307	5.915	-0.121	5.915	1.083	5.915	-0.086	5.915	-0.807	5.915	-2.231	5.915	-0.126
5.92	-0.283	5.92	-0.100	5.92	1.237	5.92	-0.067	5.92	-0.846	5.92	-2.212	5.92	-0.149
5.925	-0.342	5.925	-0.064	5.925	1.328	5.925	-0.013	5.925	-0.919	5.925	-2.106	5.925	-0.103
5.93	-0.314	5.93	-0.081	5.93	1.472	5.93	0.005	5.93	-0.968	5.93	-2.005	5.93	-0.120
5.935	-0.278	5.935	-0.123	5.935	1.540	5.935	0.043	5.935	-0.981	5.935	-1.809	5.935	-0.154
5.94	-0.302	5.94	-0.076	5.94	1.576	5.94	0.047	5.94	-1.007	5.94	-1.617	5.94	-0.152
5.945	-0.326	5.945	0.026	5.945	1.609	5.945	0.087	5.945	-0.961	5.945	-1.362	5.945	-0.174
5.95	-0.318	5.95	0.035	5.95	1.570	5.95	0.160	5.95	-0.969	5.95	-1.126	5.95	-0.178
5.955	-0.313	5.955	0.091	5.955	1.551	5.955	0.166	5.955	-0.911	5.955	-0.891	5.955	-0.235
5.96	-0.320	5.96	0.045	5.96	1.506	5.96	0.159	5.96	-0.919	5.96	-0.556	5.96	-0.313
5.965	-0.287	5.965	0.041	5.965	1.429	5.965	0.150	5.965	-0.848	5.965	-0.238	5.965	-0.300
5.97	-0.282	5.97	0.072	5.97	1.363	5.97	0.181	5.97	-0.787	5.97	0.057	5.97	-0.303
5.975	-0.253	5.975	0.095	5.975	1.306	5.975	0.207	5.975	-0.726	5.975	0.344	5.975	-0.336
5.98	-0.240	5.98	0.103	5.98	1.224	5.98	0.205	5.98	-0.634	5.98	0.630	5.98	-0.319
5.985	-0.271	5.985	0.108	5.985	1.078	5.985	0.195	5.985	-0.502	5.985	0.831	5.985	-0.285
5.99	-0.318	5.99	0.126	5.99	0.993	5.99	0.216	5.99	-0.343	5.99	1.064	5.99	-0.276
5.995	-0.284	5.995	0.132	5.995	0.918	5.995	0.232	5.995	-0.135	5.995	1.317	5.995	-0.265
6	-0.222	6	0.168	6	0.835	6	0.273	6	0.046	6	1.440	6	-0.202
6.005	-0.130	6.005	0.224	6.005	0.757	6.005	0.292	6.005	0.289	6.005	1.499	6.005	-0.130
6.01	-0.138	6.01	0.212	6.01	0.671	6.01	0.307	6.01	0.543	6.01	1.618	6.01	-0.063
6.015	-0.133	6.015	0.204	6.015	0.603	6.015	0.351	6.015	0.725	6.015	1.671	6.015	-0.006
6.02	-0.131	6.02	0.192	6.02	0.520	6.02	0.363	6.02	0.936	6.02	1.642	6.02	0.046
6.025	-0.097	6.025	0.175	6.025	0.495	6.025	0.378	6.025	1.125	6.025	1.619	6.025	0.107
6.03	-0.072	6.03	0.152	6.03	0.434	6.03	0.377	6.03	1.262	6.03	1.588	6.03	0.138
6.035	-0.029	6.035	0.181	6.035	0.367	6.035	0.388	6.035	1.349	6.035	1.553	6.035	0.211
6.04	-0.078	6.04	0.182	6.04	0.295	6.04	0.388	6.04	1.407	6.04	1.486	6.04	0.255
6.045	-0.020	6.045	0.191	6.045	0.229	6.045	0.371	6.045	1.365	6.045	1.455	6.045	0.281



6.05	-0.026	6.05	0.174	6.05	0.179	6.05	0.354	6.05	1.291	6.05	1.389	6.05	0.338
6.055	-0.054	6.055	0.134	6.055	0.124	6.055	0.363	6.055	1.215	6.055	1.287	6.055	0.377
6.06	-0.021	6.06	0.154	6.06	0.056	6.06	0.342	6.06	1.125	6.06	1.157	6.06	0.411
6.065	-0.020	6.065	0.173	6.065	-0.046	6.065	0.335	6.065	0.988	6.065	1.025	6.065	0.397
6.07	0.013	6.07	0.143	6.07	-0.136	6.07	0.336	6.07	0.884	6.07	0.912	6.07	0.402
6.075	0.022	6.075	0.152	6.075	-0.210	6.075	0.341	6.075	0.787	6.075	0.785	6.075	0.403
6.08	0.012	6.08	0.126	6.08	-0.330	6.08	0.317	6.08	0.656	6.08	0.671	6.08	0.385
6.085	0.040	6.085	0.077	6.085	-0.445	6.085	0.278	6.085	0.569	6.085	0.652	6.085	0.352
6.09	0.025	6.09	0.033	6.09	-0.546	6.09	0.241	6.09	0.462	6.09	0.558	6.09	0.318
6.095	0.087	6.095	0.071	6.095	-0.692	6.095	0.200	6.095	0.350	6.095	0.435	6.095	0.264
6.1	0.111	6.1	0.052	6.1	-0.796	6.1	0.107	6.1	0.253	6.1	0.314	6.1	0.217
6.105	0.131	6.105	0.005	6.105	-0.915	6.105	0.069	6.105	0.159	6.105	0.197	6.105	0.184
6.11	0.150	6.11	0.045	6.11	-1.044	6.11	0.024	6.11	0.045	6.11	-0.021	6.11	0.097
6.115	0.176	6.115	0.010	6.115	-1.192	6.115	0.032	6.115	-0.082	6.115	-0.155	6.115	0.050
6.12	0.239	6.12	-0.030	6.12	-1.361	6.12	-0.006	6.12	-0.218	6.12	-0.282	6.12	0.016
6.125	0.225	6.125	-0.057	6.125	-1.475	6.125	-0.029	6.125	-0.408	6.125	-0.493	6.125	-0.026
6.13	0.293	6.13	-0.074	6.13	-1.616	6.13	-0.051	6.13	-0.566	6.13	-0.721	6.13	-0.101
6.135	0.202	6.135	-0.082	6.135	-1.719	6.135	-0.056	6.135	-0.665	6.135	-0.920	6.135	-0.112
6.14	0.262	6.14	-0.106	6.14	-1.782	6.14	-0.096	6.14	-0.765	6.14	-1.140	6.14	-0.140
6.145	0.267	6.145	-0.136	6.145	-1.809	6.145	-0.099	6.145	-0.816	6.145	-1.392	6.145	-0.129
6.15	0.267	6.15	-0.154	6.15	-1.857	6.15	-0.077	6.15	-0.850	6.15	-1.582	6.15	-0.144
6.155	0.243	6.155	-0.180	6.155	-1.906	6.155	-0.098	6.155	-0.877	6.155	-1.700	6.155	-0.175
6.16	0.240	6.16	-0.180	6.16	-1.871	6.16	-0.096	6.16	-0.897	6.16	-1.808	6.16	-0.188
6.165	0.264	6.165	-0.177	6.165	-1.859	6.165	-0.117	6.165	-0.919	6.165	-1.866	6.165	-0.193
6.17	0.234	6.17	-0.167	6.17	-1.771	6.17	-0.121	6.17	-0.964	6.17	-1.892	6.17	-0.169
6.175	0.293	6.175	-0.188	6.175	-1.640	6.175	-0.127	6.175	-0.933	6.175	-1.847	6.175	-0.169
6.18	0.239	6.18	-0.198	6.18	-1.500	6.18	-0.134	6.18	-0.971	6.18	-1.794	6.18	-0.121
6.185	0.272	6.185	-0.245	6.185	-1.318	6.185	-0.138	6.185	-0.953	6.185	-1.730	6.185	-0.138
6.19	0.272	6.19	-0.208	6.19	-1.092	6.19	-0.135	6.19	-0.946	6.19	-1.637	6.19	-0.126
6.195	0.295	6.195	-0.197	6.195	-0.932	6.195	-0.122	6.195	-0.898	6.195	-1.453	6.195	-0.107
6.2	0.293	6.2	-0.171	6.2	-0.738	6.2	-0.191	6.2	-0.844	6.2	-1.261	6.2	-0.101
6.205	0.281	6.205	-0.218	6.205	-0.445	6.205	-0.183	6.205	-0.749	6.205	-1.031	6.205	-0.047
6.21	0.270	6.21	-0.213	6.21	-0.137	6.21	-0.235	6.21	-0.692	6.21	-0.822	6.21	-0.085
6.215	0.259	6.215	-0.196	6.215	0.110	6.215	-0.231	6.215	-0.572	6.215	-0.561	6.215	-0.034
6.22	0.252	6.22	-0.219	6.22	0.340	6.22	-0.263	6.22	-0.454	6.22	-0.305	6.22	-0.024
6.225	0.256	6.225	-0.166	6.225	0.571	6.225	-0.292	6.225	-0.318	6.225	-0.110	6.225	-0.024
6.23	0.258	6.23	-0.142	6.23	0.772	6.23	-0.286	6.23	-0.161	6.23	0.068	6.23	-0.010
6.235	0.270	6.235	-0.150	6.235	0.980	6.235	-0.341	6.235	0.056	6.235	0.272	6.235	-0.008
6.24	0.197	6.24	-0.170	6.24	1.176	6.24	-0.373	6.24	0.239	6.24	0.469	6.24	-0.026
6.245	0.223	6.245	-0.142	6.245	1.312	6.245	-0.364	6.245	0.392	6.245	0.659	6.245	-0.011
6.25	0.211	6.25	-0.101	6.25	1.338	6.25	-0.367	6.25	0.609	6.25	0.841	6.25	0.002
6.255	0.221	6.255	-0.081	6.255	1.371	6.255	-0.382	6.255	0.758	6.255	1.061	6.255	-0.028
6.26	0.204	6.26	-0.056	6.26	1.431	6.26	-0.346	6.26	0.885	6.26	1.188	6.26	0.021
6.265	0.179	6.265	-0.034	6.265	1.405	6.265	-0.387	6.265	1.018	6.265	1.228	6.265	0.014
6.27	0.196	6.27	-0.022	6.27	1.377	6.27	-0.394	6.27	1.164	6.27	1.307	6.27	-0.023

6.275	0.182	6.275	0.014	6.275	1.356	6.275	-0.425	6.275	1.230	6.275	1.372	6.275	-0.023
6.28	0.153	6.28	0.006	6.28	1.276	6.28	-0.373	6.28	1.261	6.28	1.395	6.28	0.007
6.285	0.156	6.285	0.026	6.285	1.175	6.285	-0.345	6.285	1.286	6.285	1.424	6.285	0.027
6.29	0.137	6.29	0.031	6.29	1.114	6.29	-0.373	6.29	1.265	6.29	1.454	6.29	0.024
6.295	0.089	6.295	0.029	6.295	1.084	6.295	-0.292	6.295	1.192	6.295	1.440	6.295	0.061
6.3	0.162	6.3	0.040	6.3	1.017	6.3	-0.217	6.3	1.114	6.3	1.430	6.3	0.040
6.305	0.149	6.305	0.069	6.305	0.990	6.305	-0.164	6.305	0.966	6.305	1.349	6.305	0.065
6.31	0.129	6.31	0.105	6.31	0.925	6.31	-0.115	6.31	0.846	6.31	1.264	6.31	0.038
6.315	0.039	6.315	0.077	6.315	0.931	6.315	-0.050	6.315	0.721	6.315	1.214	6.315	0.032
6.32	-0.020	6.32	0.078	6.32	0.917	6.32	-0.033	6.32	0.557	6.32	1.134	6.32	0.058
6.325	-0.046	6.325	0.027	6.325	0.889	6.325	-0.011	6.325	0.434	6.325	1.077	6.325	0.002
6.33	-0.016	6.33	0.084	6.33	0.879	6.33	0.036	6.33	0.316	6.33	1.044	6.33	0.015
6.335	0.012	6.335	0.142	6.335	0.902	6.335	0.017	6.335	0.149	6.335	0.998	6.335	-0.011
6.34	-0.026	6.34	0.164	6.34	0.906	6.34	0.014	6.34	0.010	6.34	0.883	6.34	-0.003
6.345	-0.002	6.345	0.154	6.345	0.923	6.345	0.050	6.345	-0.063	6.345	0.867	6.345	0.001
6.35	-0.065	6.35	0.110	6.35	0.903	6.35	0.069	6.35	-0.193	6.35	0.798	6.35	-0.009
6.355	-0.084	6.355	0.181	6.355	0.921	6.355	0.087	6.355	-0.276	6.355	0.726	6.355	-0.010
6.36	-0.056	6.36	0.154	6.36	0.988	6.36	0.110	6.36	-0.348	6.36	0.653	6.36	0.025
6.365	-0.117	6.365	0.174	6.365	0.943	6.365	0.151	6.365	-0.466	6.365	0.542	6.365	0.038
6.37	-0.078	6.37	0.187	6.37	0.827	6.37	0.165	6.37	-0.548	6.37	0.394	6.37	0.052
6.375	-0.094	6.375	0.182	6.375	0.780	6.375	0.187	6.375	-0.598	6.375	0.207	6.375	0.015
6.38	-0.075	6.38	0.162	6.38	0.706	6.38	0.204	6.38	-0.684	6.38	-0.007	6.38	0.022
6.385	-0.078	6.385	0.137	6.385	0.579	6.385	0.213	6.385	-0.733	6.385	-0.264	6.385	0.026
6.39	-0.059	6.39	0.162	6.39	0.505	6.39	0.201	6.39	-0.761	6.39	-0.550	6.39	0.049
6.395	-0.081	6.395	0.134	6.395	0.346	6.395	0.218	6.395	-0.823	6.395	-0.830	6.395	0.021
6.4	-0.051	6.4	0.119	6.4	0.213	6.4	0.232	6.4	-0.872	6.4	-1.089	6.4	0.002
6.405	-0.091	6.405	0.151	6.405	-0.003	6.405	0.255	6.405	-0.923	6.405	-1.353	6.405	-0.006
6.41	-0.133	6.41	0.124	6.41	-0.196	6.41	0.256	6.41	-0.964	6.41	-1.601	6.41	-0.008
6.415	-0.184	6.415	0.084	6.415	-0.371	6.415	0.297	6.415	-0.981	6.415	-1.805	6.415	-0.003
6.42	-0.234	6.42	0.090	6.42	-0.538	6.42	0.327	6.42	-1.035	6.42	-1.916	6.42	0.000
6.425	-0.218	6.425	0.082	6.425	-0.661	6.425	0.329	6.425	-1.050	6.425	-2.069	6.425	0.020
6.43	-0.173	6.43	0.052	6.43	-0.802	6.43	0.332	6.43	-1.052	6.43	-2.204	6.43	0.041
6.435	-0.156	6.435	0.036	6.435	-0.994	6.435	0.327	6.435	-1.032	6.435	-2.261	6.435	0.040
6.44	-0.206	6.44	0.028	6.44	-1.166	6.44	0.340	6.44	-0.999	6.44	-2.276	6.44	0.051
6.445	-0.148	6.445	0.023	6.445	-1.285	6.445	0.341	6.445	-0.928	6.445	-2.218	6.445	0.062
6.45	-0.160	6.45	0.018	6.45	-1.437	6.45	0.339	6.45	-0.823	6.45	-2.124	6.45	0.110
6.455	-0.233	6.455	-0.043	6.455	-1.613	6.455	0.341	6.455	-0.728	6.455	-1.997	6.455	0.091
6.46	-0.218	6.46	-0.051	6.46	-1.713	6.46	0.346	6.46	-0.587	6.46	-1.788	6.46	0.086
6.465	-0.234	6.465	-0.013	6.465	-1.798	6.465	0.308	6.465	-0.405	6.465	-1.583	6.465	0.112
6.47	-0.254	6.47	-0.008	6.47	-1.812	6.47	0.324	6.47	-0.199	6.47	-1.375	6.47	0.143
6.475	-0.330	6.475	-0.052	6.475	-1.855	6.475	0.303	6.475	0.032	6.475	-1.110	6.475	0.141
6.48	-0.309	6.48	-0.075	6.48	-1.876	6.48	0.292	6.48	0.305	6.48	-0.762	6.48	0.153
6.485	-0.307	6.485	-0.087	6.485	-1.840	6.485	0.302	6.485	0.511	6.485	-0.427	6.485	0.138
6.49	-0.285	6.49	-0.097	6.49	-1.736	6.49	0.304	6.49	0.751	6.49	-0.138	6.49	0.125
6.495	-0.289	6.495	-0.146	6.495	-1.678	6.495	0.273	6.495	0.884	6.495	0.203	6.495	0.086

6.5	-0.287	6.5	-0.142	6.5	-1.603	6.5	0.200	6.5	0.999	6.5	0.512	6.5	0.056
6.505	-0.288	6.505	-0.091	6.505	-1.470	6.505	0.157	6.505	1.085	6.505	0.740	6.505	-0.003
6.51	-0.309	6.51	-0.082	6.51	-1.350	6.51	0.109	6.51	1.151	6.51	0.920	6.51	-0.030
6.515	-0.322	6.515	-0.144	6.515	-1.207	6.515	0.050	6.515	1.171	6.515	1.141	6.515	-0.076
6.52	-0.324	6.52	-0.154	6.52	-1.092	6.52	0.001	6.52	1.177	6.52	1.358	6.52	-0.129
6.525	-0.279	6.525	-0.147	6.525	-0.984	6.525	-0.008	6.525	1.173	6.525	1.448	6.525	-0.157
6.53	-0.267	6.53	-0.121	6.53	-0.856	6.53	0.010	6.53	1.125	6.53	1.548	6.53	-0.217
6.535	-0.253	6.535	-0.097	6.535	-0.727	6.535	-0.032	6.535	1.097	6.535	1.613	6.535	-0.247
6.54	-0.211	6.54	-0.083	6.54	-0.595	6.54	0.004	6.54	1.059	6.54	1.607	6.54	-0.284
6.545	-0.174	6.545	-0.121	6.545	-0.411	6.545	0.014	6.545	0.987	6.545	1.526	6.545	-0.319
6.55	-0.155	6.55	-0.127	6.55	-0.264	6.55	0.007	6.55	0.916	6.55	1.527	6.55	-0.357
6.555	-0.164	6.555	-0.140	6.555	-0.077	6.555	0.042	6.555	0.806	6.555	1.499	6.555	-0.386
6.56	-0.162	6.56	-0.123	6.56	0.109	6.56	0.030	6.56	0.708	6.56	1.425	6.56	-0.364
6.565	-0.228	6.565	-0.099	6.565	0.310	6.565	0.024	6.565	0.599	6.565	1.355	6.565	-0.397
6.57	-0.234	6.57	-0.077	6.57	0.535	6.57	0.019	6.57	0.496	6.57	1.323	6.57	-0.377
6.575	-0.170	6.575	-0.036	6.575	0.743	6.575	-0.020	6.575	0.371	6.575	1.268	6.575	-0.358
6.58	-0.151	6.58	-0.079	6.58	0.961	6.58	-0.062	6.58	0.248	6.58	1.225	6.58	-0.308
6.585	-0.179	6.585	-0.062	6.585	1.194	6.585	-0.115	6.585	0.081	6.585	1.170	6.585	-0.254
6.59	-0.150	6.59	-0.036	6.59	1.412	6.59	-0.116	6.59	-0.064	6.59	1.033	6.59	-0.200
6.595	-0.157	6.595	-0.042	6.595	1.643	6.595	-0.098	6.595	-0.170	6.595	0.936	6.595	-0.173
6.6	-0.120	6.6	-0.040	6.6	1.860	6.6	-0.134	6.6	-0.293	6.6	0.857	6.6	-0.133
6.605	-0.059	6.605	0.004	6.605	2.031	6.605	-0.184	6.605	-0.416	6.605	0.840	6.605	-0.065
6.61	-0.106	6.61	0.046	6.61	2.092	6.61	-0.188	6.61	-0.521	6.61	0.815	6.61	0.008
6.615	-0.094	6.615	0.072	6.615	2.219	6.615	-0.211	6.615	-0.591	6.615	0.702	6.615	0.022
6.62	-0.032	6.62	0.066	6.62	2.259	6.62	-0.262	6.62	-0.697	6.62	0.570	6.62	0.068
6.625	0.000	6.625	0.043	6.625	2.293	6.625	-0.278	6.625	-0.759	6.625	0.420	6.625	0.136
6.63	0.010	6.63	0.053	6.63	2.294	6.63	-0.339	6.63	-0.822	6.63	0.236	6.63	0.178
6.635	0.110	6.635	0.061	6.635	2.183	6.635	-0.336	6.635	-0.878	6.635	0.040	6.635	0.216
6.64	0.111	6.64	0.121	6.64	2.083	6.64	-0.357	6.64	-0.922	6.64	-0.171	6.64	0.271
6.645	0.158	6.645	0.155	6.645	1.920	6.645	-0.352	6.645	-1.014	6.645	-0.394	6.645	0.314
6.65	0.197	6.65	0.145	6.65	1.774	6.65	-0.364	6.65	-0.998	6.65	-0.640	6.65	0.316
6.655	0.225	6.655	0.122	6.655	1.604	6.655	-0.346	6.655	-1.006	6.655	-0.855	6.655	0.341
6.66	0.199	6.66	0.103	6.66	1.399	6.66	-0.365	6.66	-0.994	6.66	-1.083	6.66	0.335
6.665	0.184	6.665	0.077	6.665	1.190	6.665	-0.375	6.665	-0.989	6.665	-1.316	6.665	0.341
6.67	0.179	6.67	0.131	6.67	0.968	6.67	-0.326	6.67	-0.947	6.67	-1.499	6.67	0.312
6.675	0.167	6.675	0.155	6.675	0.828	6.675	-0.321	6.675	-0.896	6.675	-1.635	6.675	0.279
6.68	0.190	6.68	0.145	6.68	0.684	6.68	-0.299	6.68	-0.810	6.68	-1.759	6.68	0.269
6.685	0.205	6.685	0.133	6.685	0.498	6.685	-0.297	6.685	-0.737	6.685	-1.833	6.685	0.256
6.69	0.210	6.69	0.113	6.69	0.282	6.69	-0.281	6.69	-0.668	6.69	-1.812	6.69	0.229
6.695	0.226	6.695	0.084	6.695	0.063	6.695	-0.241	6.695	-0.562	6.695	-1.803	6.695	0.177
6.7	0.270	6.7	0.149	6.7	-0.118	6.7	-0.229	6.7	-0.425	6.7	-1.736	6.7	0.140
6.705	0.182	6.705	0.097	6.705	-0.300	6.705	-0.237	6.705	-0.253	6.705	-1.728	6.705	0.136
6.71	0.253	6.71	0.070	6.71	-0.410	6.71	-0.206	6.71	-0.077	6.71	-1.666	6.71	0.107
6.715	0.263	6.715	0.093	6.715	-0.577	6.715	-0.126	6.715	0.120	6.715	-1.605	6.715	0.082
6.72	0.271	6.72	0.076	6.72	-0.727	6.72	-0.115	6.72	0.313	6.72	-1.405	6.72	0.047

6.725	0.222	6.725	0.060	6.725	-0.850	6.725	-0.120	6.725	0.505	6.725	-1.214	6.725	0.040
6.73	0.234	6.73	0.035	6.73	-0.966	6.73	-0.098	6.73	0.682	6.73	-1.022	6.73	0.038
6.735	0.243	6.735	0.015	6.735	-1.051	6.735	-0.093	6.735	0.847	6.735	-0.806	6.735	0.008
6.74	0.281	6.74	0.024	6.74	-1.138	6.74	-0.089	6.74	0.962	6.74	-0.539	6.74	-0.028
6.745	0.216	6.745	0.048	6.745	-1.178	6.745	-0.073	6.745	1.074	6.745	-0.300	6.745	-0.067
6.75	0.220	6.75	0.034	6.75	-1.194	6.75	-0.035	6.75	1.155	6.75	-0.117	6.75	-0.088
6.755	0.240	6.755	-0.018	6.755	-1.231	6.755	-0.035	6.755	1.204	6.755	0.149	6.755	-0.049
6.76	0.191	6.76	-0.048	6.76	-1.267	6.76	-0.041	6.76	1.221	6.76	0.379	6.76	-0.083
6.765	0.172	6.765	-0.042	6.765	-1.328	6.765	-0.011	6.765	1.180	6.765	0.594	6.765	-0.113
6.77	0.159	6.77	-0.054	6.77	-1.354	6.77	0.012	6.77	1.136	6.77	0.775	6.77	-0.090
6.775	0.173	6.775	-0.036	6.775	-1.375	6.775	0.068	6.775	1.069	6.775	0.986	6.775	-0.097
6.78	0.193	6.78	-0.075	6.78	-1.438	6.78	0.098	6.78	0.942	6.78	1.161	6.78	-0.087
6.785	0.201	6.785	-0.065	6.785	-1.432	6.785	0.158	6.785	0.865	6.785	1.193	6.785	-0.096
6.79	0.174	6.79	-0.067	6.79	-1.472	6.79	0.160	6.79	0.767	6.79	1.242	6.79	-0.087
6.795	0.192	6.795	-0.109	6.795	-1.533	6.795	0.168	6.795	0.635	6.795	1.295	6.795	-0.081
6.8	0.227	6.8	-0.143	6.8	-1.491	6.8	0.169	6.8	0.538	6.8	1.307	6.8	-0.111
6.805	0.227	6.805	-0.131	6.805	-1.469	6.805	0.200	6.805	0.380	6.805	1.259	6.805	-0.078
6.81	0.214	6.81	-0.124	6.81	-1.460	6.81	0.230	6.81	0.256	6.81	1.277	6.81	-0.105
6.815	0.195	6.815	-0.107	6.815	-1.399	6.815	0.250	6.815	0.147	6.815	1.274	6.815	-0.087
6.82	0.160	6.82	-0.167	6.82	-1.393	6.82	0.283	6.82	0.035	6.82	1.278	6.82	-0.076
6.825	0.173	6.825	-0.178	6.825	-1.356	6.825	0.297	6.825	-0.096	6.825	1.258	6.825	-0.035
6.83	0.190	6.83	-0.244	6.83	-1.281	6.83	0.326	6.83	-0.172	6.83	1.205	6.83	-0.047
6.835	0.146	6.835	-0.234	6.835	-1.165	6.835	0.351	6.835	-0.267	6.835	1.210	6.835	-0.059
6.84	0.148	6.84	-0.191	6.84	-1.013	6.84	0.353	6.84	-0.369	6.84	1.191	6.84	-0.038
6.845	0.098	6.845	-0.144	6.845	-0.868	6.845	0.346	6.845	-0.436	6.845	1.181	6.845	-0.046
6.85	0.075	6.85	-0.190	6.85	-0.728	6.85	0.346	6.85	-0.500	6.85	1.156	6.85	-0.051
6.855	0.147	6.855	-0.203	6.855	-0.568	6.855	0.324	6.855	-0.576	6.855	1.167	6.855	-0.023
6.86	0.150	6.86	-0.207	6.86	-0.415	6.86	0.307	6.86	-0.633	6.86	1.118	6.86	-0.063
6.865	0.097	6.865	-0.200	6.865	-0.270	6.865	0.290	6.865	-0.682	6.865	1.025	6.865	-0.044
6.87	0.062	6.87	-0.172	6.87	-0.089	6.87	0.266	6.87	-0.733	6.87	1.012	6.87	-0.042
6.875	0.069	6.875	-0.161	6.875	0.077	6.875	0.255	6.875	-0.805	6.875	0.956	6.875	-0.020
6.88	0.046	6.88	-0.124	6.88	0.267	6.88	0.242	6.88	-0.923	6.88	0.851	6.88	-0.040
6.885	0.051	6.885	-0.088	6.885	0.453	6.885	0.194	6.885	-1.030	6.885	0.751	6.885	-0.026
6.89	0.058	6.89	-0.109	6.89	0.610	6.89	0.178	6.89	-1.080	6.89	0.630	6.89	0.002
6.895	0.034	6.895	-0.086	6.895	0.760	6.895	0.206	6.895	-1.144	6.895	0.439	6.895	-0.015
6.9	0.041	6.9	-0.093	6.9	0.912	6.9	0.168	6.9	-1.196	6.9	0.256	6.9	0.026
6.905	0.021	6.905	-0.051	6.905	1.043	6.905	0.157	6.905	-1.155	6.905	-0.020	6.905	0.033
6.91	-0.035	6.91	0.017	6.91	1.164	6.91	0.150	6.91	-1.144	6.91	-0.314	6.91	0.071
6.915	0.038	6.915	0.008	6.915	1.237	6.915	0.151	6.915	-1.085	6.915	-0.623	6.915	0.025
6.92	0.003	6.92	0.002	6.92	1.285	6.92	0.137	6.92	-0.938	6.92	-0.909	6.92	0.028
6.925	-0.022	6.925	0.005	6.925	1.331	6.925	0.110	6.925	-0.817	6.925	-1.232	6.925	0.030
6.93	-0.042	6.93	-0.004	6.93	1.356	6.93	0.078	6.93	-0.666	6.93	-1.546	6.93	0.010
6.935	-0.054	6.935	0.009	6.935	1.411	6.935	0.090	6.935	-0.502	6.935	-1.738	6.935	0.015
6.94	-0.069	6.94	0.055	6.94	1.367	6.94	0.073	6.94	-0.330	6.94	-1.936	6.94	-0.008
6.945	-0.075	6.945	0.083	6.945	1.360	6.945	0.107	6.945	-0.186	6.945	-2.070	6.945	-0.038

6.95	-0.126	6.95	0.114	6.95	1.338	6.95	0.098	6.95	0.021	6.95	-2.190	6.95	-0.006
6.955	-0.129	6.955	0.103	6.955	1.289	6.955	0.115	6.955	0.187	6.955	-2.273	6.955	-0.048
6.96	-0.094	6.96	0.093	6.96	1.307	6.96	0.107	6.96	0.359	6.96	-2.341	6.96	-0.087
6.965	-0.125	6.965	0.097	6.965	1.296	6.965	0.083	6.965	0.536	6.965	-2.328	6.965	-0.093
6.97	-0.157	6.97	0.107	6.97	1.272	6.97	0.014	6.97	0.681	6.97	-2.240	6.97	-0.087
6.975	-0.172	6.975	0.158	6.975	1.185	6.975	0.019	6.975	0.757	6.975	-2.119	6.975	-0.109
6.98	-0.176	6.98	0.182	6.98	1.157	6.98	-0.021	6.98	0.896	6.98	-1.958	6.98	-0.134
6.985	-0.210	6.985	0.186	6.985	1.082	6.985	-0.049	6.985	1.000	6.985	-1.727	6.985	-0.091
6.99	-0.221	6.99	0.158	6.99	1.036	6.99	-0.106	6.99	1.051	6.99	-1.492	6.99	-0.112
6.995	-0.265	6.995	0.124	6.995	0.960	6.995	-0.123	6.995	1.115	6.995	-1.213	6.995	-0.087
7	-0.237	7	0.158	7	0.900	7	-0.148	7	1.164	7	-0.931	7	-0.057
7.005	-0.248	7.005	0.199	7.005	0.915	7.005	-0.148	7.005	1.182	7.005	-0.604	7.005	-0.049
7.01	-0.279	7.01	0.219	7.01	0.857	7.01	-0.168	7.01	1.150	7.01	-0.275	7.01	-0.018
7.015	-0.287	7.015	0.194	7.015	0.791	7.015	-0.201	7.015	1.110	7.015	0.078	7.015	0.041
7.02	-0.324	7.02	0.201	7.02	0.767	7.02	-0.243	7.02	1.017	7.02	0.339	7.02	0.076
7.025	-0.346	7.025	0.229	7.025	0.700	7.025	-0.255	7.025	0.910	7.025	0.605	7.025	0.094
7.03	-0.331	7.03	0.176	7.03	0.686	7.03	-0.274	7.03	0.839	7.03	0.813	7.03	0.128
7.035	-0.253	7.035	0.142	7.035	0.623	7.035	-0.279	7.035	0.739	7.035	0.962	7.035	0.188
7.04	-0.301	7.04	0.175	7.04	0.586	7.04	-0.291	7.04	0.676	7.04	1.208	7.04	0.186
7.045	-0.349	7.045	0.179	7.045	0.556	7.045	-0.328	7.045	0.567	7.045	1.305	7.045	0.184
7.05	-0.245	7.05	0.167	7.05	0.510	7.05	-0.335	7.05	0.421	7.05	1.359	7.05	0.251
7.055	-0.203	7.055	0.149	7.055	0.377	7.055	-0.351	7.055	0.312	7.055	1.430	7.055	0.252
7.06	-0.267	7.06	0.127	7.06	0.252	7.06	-0.352	7.06	0.213	7.06	1.479	7.06	0.255
7.065	-0.293	7.065	0.094	7.065	0.144	7.065	-0.357	7.065	0.032	7.065	1.401	7.065	0.261
7.07	-0.271	7.07	0.084	7.07	-0.010	7.07	-0.344	7.07	-0.081	7.07	1.358	7.07	0.268
7.075	-0.181	7.075	0.065	7.075	-0.204	7.075	-0.351	7.075	-0.167	7.075	1.377	7.075	0.259
7.08	-0.182	7.08	0.069	7.08	-0.410	7.08	-0.334	7.08	-0.291	7.08	1.349	7.08	0.222
7.085	-0.265	7.085	0.047	7.085	-0.601	7.085	-0.291	7.085	-0.417	7.085	1.341	7.085	0.156
7.09	-0.206	7.09	0.014	7.09	-0.788	7.09	-0.274	7.09	-0.540	7.09	1.347	7.09	0.137
7.095	-0.146	7.095	-0.018	7.095	-0.959	7.095	-0.262	7.095	-0.631	7.095	1.339	7.095	0.097
7.1	-0.170	7.1	-0.054	7.1	-1.128	7.1	-0.243	7.1	-0.691	7.1	1.333	7.1	0.030
7.105	-0.263	7.105	-0.093	7.105	-1.345	7.105	-0.233	7.105	-0.793	7.105	1.333	7.105	-0.027
7.11	-0.194	7.11	-0.046	7.11	-1.549	7.11	-0.225	7.11	-0.838	7.11	1.260	7.11	-0.045
7.115	-0.136	7.115	-0.018	7.115	-1.728	7.115	-0.195	7.115	-0.862	7.115	1.173	7.115	-0.117
7.12	-0.169	7.12	-0.074	7.12	-1.820	7.12	-0.146	7.12	-0.950	7.12	1.091	7.12	-0.149
7.125	-0.163	7.125	-0.121	7.125	-1.921	7.125	-0.093	7.125	-0.979	7.125	0.997	7.125	-0.185
7.13	-0.103	7.13	-0.116	7.13	-1.960	7.13	-0.111	7.13	-0.989	7.13	0.921	7.13	-0.229
7.135	-0.105	7.135	-0.144	7.135	-2.079	7.135	-0.075	7.135	-1.037	7.135	0.823	7.135	-0.230
7.14	-0.157	7.14	-0.156	7.14	-2.077	7.14	-0.053	7.14	-1.012	7.14	0.705	7.14	-0.279
7.145	-0.131	7.145	-0.148	7.145	-2.049	7.145	-0.048	7.145	-0.992	7.145	0.519	7.145	-0.297
7.15	-0.106	7.15	-0.135	7.15	-1.971	7.15	-0.060	7.15	-0.934	7.15	0.366	7.15	-0.340
7.155	-0.072	7.155	-0.183	7.155	-1.851	7.155	-0.053	7.155	-0.916	7.155	0.166	7.155	-0.369
7.16	-0.070	7.16	-0.172	7.16	-1.722	7.16	-0.057	7.16	-0.805	7.16	-0.051	7.16	-0.351
7.165	-0.020	7.165	-0.118	7.165	-1.597	7.165	-0.017	7.165	-0.708	7.165	-0.233	7.165	-0.348
7.17	-0.012	7.17	-0.147	7.17	-1.397	7.17	0.004	7.17	-0.575	7.17	-0.476	7.17	-0.303

7.175	-0.011	7.175	-0.166	7.175	-1.135	7.175	0.005	7.175	-0.447	7.175	-0.663	7.175	-0.294
7.18	0.041	7.18	-0.130	7.18	-0.893	7.18	0.071	7.18	-0.309	7.18	-0.897	7.18	-0.300
7.185	0.015	7.185	-0.124	7.185	-0.664	7.185	0.126	7.185	-0.124	7.185	-1.108	7.185	-0.246
7.19	0.034	7.19	-0.166	7.19	-0.454	7.19	0.157	7.19	0.031	7.19	-1.299	7.19	-0.181
7.195	0.007	7.195	-0.156	7.195	-0.312	7.195	0.210	7.195	0.215	7.195	-1.527	7.195	-0.115
7.2	0.013	7.2	-0.137	7.2	-0.154	7.2	0.218	7.2	0.427	7.2	-1.669	7.2	-0.088
7.205	-0.017	7.205	-0.134	7.205	0.013	7.205	0.248	7.205	0.584	7.205	-1.772	7.205	-0.012
7.21	0.019	7.21	-0.095	7.21	0.130	7.21	0.262	7.21	0.725	7.21	-1.862	7.21	0.003
7.215	0.079	7.215	-0.052	7.215	0.279	7.215	0.262	7.215	0.839	7.215	-1.881	7.215	0.033
7.22	0.064	7.22	-0.039	7.22	0.389	7.22	0.267	7.22	0.975	7.22	-1.880	7.22	0.097
7.225	0.117	7.225	-0.058	7.225	0.466	7.225	0.249	7.225	1.051	7.225	-1.891	7.225	0.101
7.23	0.131	7.23	-0.059	7.23	0.541	7.23	0.308	7.23	1.115	7.23	-1.836	7.23	0.131
7.235	0.107	7.235	-0.071	7.235	0.574	7.235	0.293	7.235	1.158	7.235	-1.734	7.235	0.156
7.24	0.132	7.24	-0.045	7.24	0.653	7.24	0.279	7.24	1.146	7.24	-1.580	7.24	0.190
7.245	0.165	7.245	-0.019	7.245	0.715	7.245	0.307	7.245	1.136	7.245	-1.405	7.245	0.217
7.25	0.162	7.25	0.009	7.25	0.778	7.25	0.310	7.25	1.094	7.25	-1.165	7.25	0.241
7.255	0.156	7.255	0.022	7.255	0.848	7.255	0.277	7.255	0.997	7.255	-0.934	7.255	0.251
7.26	0.146	7.26	-0.016	7.26	0.870	7.26	0.239	7.26	0.909	7.26	-0.628	7.26	0.271
7.265	0.197	7.265	-0.040	7.265	0.858	7.265	0.249	7.265	0.836	7.265	-0.374	7.265	0.239
7.27	0.239	7.27	0.026	7.27	0.873	7.27	0.210	7.27	0.695	7.27	-0.150	7.27	0.247
7.275	0.239	7.275	0.081	7.275	0.923	7.275	0.178	7.275	0.559	7.275	0.040	7.275	0.247
7.28	0.213	7.28	0.102	7.28	0.925	7.28	0.210	7.28	0.432	7.28	0.235	7.28	0.250
7.285	0.235	7.285	0.142	7.285	1.037	7.285	0.213	7.285	0.333	7.285	0.484	7.285	0.228
7.29	0.232	7.29	0.101	7.29	1.088	7.29	0.192	7.29	0.247	7.29	0.614	7.29	0.190
7.295	0.197	7.295	0.051	7.295	1.140	7.295	0.172	7.295	0.112	7.295	0.779	7.295	0.180
7.3	0.235	7.3	0.077	7.3	1.201	7.3	0.207	7.3	0.033	7.3	0.991	7.3	0.131
7.305	0.293	7.305	0.119	7.305	1.257	7.305	0.231	7.305	-0.021	7.305	1.091	7.305	0.152
7.31	0.245	7.31	0.139	7.31	1.269	7.31	0.241	7.31	-0.059	7.31	1.090	7.31	0.118
7.315	0.241	7.315	0.175	7.315	1.296	7.315	0.229	7.315	-0.147	7.315	1.125	7.315	0.093
7.32	0.253	7.32	0.140	7.32	1.350	7.32	0.222	7.32	-0.236	7.32	1.185	7.32	0.077
7.325	0.302	7.325	0.131	7.325	1.365	7.325	0.236	7.325	-0.342	7.325	1.137	7.325	0.063
7.33	0.318	7.33	0.140	7.33	1.356	7.33	0.207	7.33	-0.489	7.33	1.119	7.33	0.081
7.335	0.246	7.335	0.118	7.335	1.383	7.335	0.171	7.335	-0.569	7.335	1.145	7.335	0.079
7.34	0.234	7.34	0.154	7.34	1.395	7.34	0.164	7.34	-0.655	7.34	1.176	7.34	0.056
7.345	0.245	7.345	0.150	7.345	1.361	7.345	0.196	7.345	-0.780	7.345	1.205	7.345	0.024
7.35	0.226	7.35	0.124	7.35	1.328	7.35	0.181	7.35	-0.923	7.35	1.208	7.35	0.032
7.355	0.202	7.355	0.121	7.355	1.302	7.355	0.113	7.355	-1.040	7.355	1.236	7.355	0.046
7.36	0.210	7.36	0.113	7.36	1.176	7.36	0.119	7.36	-1.129	7.36	1.276	7.36	0.034
7.365	0.216	7.365	0.058	7.365	1.006	7.365	0.119	7.365	-1.187	7.365	1.296	7.365	0.007
7.37	0.231	7.37	0.053	7.37	0.862	7.37	0.072	7.37	-1.207	7.37	1.290	7.37	-0.016
7.375	0.231	7.375	0.058	7.375	0.719	7.375	0.047	7.375	-1.186	7.375	1.261	7.375	-0.026
7.38	0.213	7.38	0.039	7.38	0.560	7.38	0.006	7.38	-1.150	7.38	1.237	7.38	-0.047
7.385	0.172	7.385	0.018	7.385	0.371	7.385	-0.008	7.385	-1.086	7.385	1.192	7.385	-0.064
7.39	0.210	7.39	-0.016	7.39	0.189	7.39	-0.061	7.39	-1.004	7.39	1.147	7.39	-0.087
7.395	0.112	7.395	-0.055	7.395	-0.033	7.395	-0.112	7.395	-0.931	7.395	1.102	7.395	-0.102

7.4	0.082	7.4	-0.036	7.4	-0.216	7.4	-0.146	7.4	-0.807	7.4	1.033	7.4	-0.140
7.405	0.107	7.405	-0.049	7.405	-0.337	7.405	-0.139	7.405	-0.680	7.405	0.908	7.405	-0.150
7.41	0.111	7.41	-0.079	7.41	-0.440	7.41	-0.199	7.41	-0.578	7.41	0.798	7.41	-0.140
7.415	0.107	7.415	-0.082	7.415	-0.569	7.415	-0.178	7.415	-0.423	7.415	0.593	7.415	-0.111
7.42	0.080	7.42	-0.032	7.42	-0.679	7.42	-0.205	7.42	-0.261	7.42	0.420	7.42	-0.125
7.425	0.108	7.425	-0.063	7.425	-0.758	7.425	-0.203	7.425	-0.114	7.425	0.238	7.425	-0.123
7.43	0.068	7.43	-0.127	7.43	-0.871	7.43	-0.229	7.43	0.092	7.43	-0.081	7.43	-0.127
7.435	0.081	7.435	-0.136	7.435	-0.946	7.435	-0.257	7.435	0.221	7.435	-0.438	7.435	-0.114
7.44	0.092	7.44	-0.182	7.44	-1.044	7.44	-0.245	7.44	0.356	7.44	-0.762	7.44	-0.106
7.445	0.012	7.445	-0.153	7.445	-1.151	7.445	-0.231	7.445	0.538	7.445	-1.104	7.445	-0.061
7.45	0.015	7.45	-0.146	7.45	-1.262	7.45	-0.250	7.45	0.691	7.45	-1.423	7.45	-0.079
7.455	0.010	7.455	-0.143	7.455	-1.383	7.455	-0.281	7.455	0.809	7.455	-1.685	7.455	-0.044
7.46	0.007	7.46	-0.192	7.46	-1.457	7.46	-0.224	7.46	0.887	7.46	-1.872	7.46	-0.045
7.465	0.004	7.465	-0.197	7.465	-1.559	7.465	-0.254	7.465	0.981	7.465	-2.067	7.465	-0.033
7.47	-0.010	7.47	-0.138	7.47	-1.652	7.47	-0.272	7.47	1.074	7.47	-2.206	7.47	0.006
7.475	0.000	7.475	-0.152	7.475	-1.752	7.475	-0.269	7.475	1.113	7.475	-2.316	7.475	0.035
7.48	0.003	7.48	-0.179	7.48	-1.842	7.48	-0.241	7.48	1.108	7.48	-2.395	7.48	0.049
7.485	-0.047	7.485	-0.176	7.485	-1.883	7.485	-0.262	7.485	1.120	7.485	-2.390	7.485	0.068
7.49	-0.018	7.49	-0.167	7.49	-1.874	7.49	-0.270	7.49	1.116	7.49	-2.341	7.49	0.062
7.495	-0.029	7.495	-0.195	7.495	-1.876	7.495	-0.269	7.495	1.045	7.495	-2.216	7.495	0.069
7.5	-0.028	7.5	-0.166	7.5	-1.864	7.5	-0.290	7.5	1.013	7.5	-2.026	7.5	0.059
7.505	-0.067	7.505	-0.185	7.505	-1.831	7.505	-0.305	7.505	0.910	7.505	-1.771	7.505	0.001
7.51	-0.088	7.51	-0.155	7.51	-1.717	7.51	-0.290	7.51	0.812	7.51	-1.538	7.51	-0.028
7.515	-0.119	7.515	-0.135	7.515	-1.601	7.515	-0.266	7.515	0.751	7.515	-1.261	7.515	-0.011
7.52	-0.058	7.52	-0.118	7.52	-1.476	7.52	-0.300	7.52	0.640	7.52	-0.951	7.52	-0.054
7.525	-0.059	7.525	-0.080	7.525	-1.305	7.525	-0.261	7.525	0.535	7.525	-0.651	7.525	-0.082
7.53	-0.069	7.53	-0.085	7.53	-1.140	7.53	-0.263	7.53	0.424	7.53	-0.440	7.53	-0.145
7.535	-0.112	7.535	-0.071	7.535	-0.941	7.535	-0.231	7.535	0.306	7.535	-0.123	7.535	-0.134
7.54	-0.133	7.54	-0.042	7.54	-0.677	7.54	-0.199	7.54	0.199	7.54	0.166	7.54	-0.144
7.545	-0.154	7.545	-0.015	7.545	-0.417	7.545	-0.150	7.545	0.073	7.545	0.387	7.545	-0.176
7.55	-0.175	7.55	-0.020	7.55	-0.178	7.55	-0.141	7.55	-0.052	7.55	0.592	7.55	-0.160
7.555	-0.211	7.555	0.024	7.555	0.087	7.555	-0.117	7.555	-0.191	7.555	0.718	7.555	-0.178
7.56	-0.216	7.56	0.022	7.56	0.361	7.56	-0.090	7.56	-0.308	7.56	0.880	7.56	-0.204
7.565	-0.172	7.565	0.037	7.565	0.676	7.565	-0.061	7.565	-0.423	7.565	1.082	7.565	-0.208
7.57	-0.173	7.57	0.083	7.57	0.913	7.57	-0.048	7.57	-0.540	7.57	1.128	7.57	-0.196
7.575	-0.205	7.575	0.099	7.575	1.091	7.575	-0.029	7.575	-0.607	7.575	1.204	7.575	-0.151
7.58	-0.169	7.58	0.143	7.58	1.327	7.58	0.050	7.58	-0.726	7.58	1.290	7.58	-0.149
7.585	-0.133	7.585	0.162	7.585	1.543	7.585	0.071	7.585	-0.813	7.585	1.323	7.585	-0.112
7.59	-0.166	7.59	0.175	7.59	1.710	7.59	0.091	7.59	-0.853	7.59	1.351	7.59	-0.097
7.595	-0.234	7.595	0.152	7.595	1.880	7.595	0.107	7.595	-0.916	7.595	1.356	7.595	-0.075
7.6	-0.254	7.6	0.145	7.6	1.990	7.6	0.162	7.6	-0.987	7.6	1.384	7.6	-0.026
7.605	-0.258	7.605	0.186	7.605	2.047	7.605	0.175	7.605	-1.042	7.605	1.408	7.605	0.013
7.61	-0.285	7.61	0.199	7.61	2.096	7.61	0.207	7.61	-1.038	7.61	1.422	7.61	0.077
7.615	-0.308	7.615	0.195	7.615	2.085	7.615	0.207	7.615	-1.049	7.615	1.406	7.615	0.125
7.62	-0.288	7.62	0.233	7.62	2.055	7.62	0.187	7.62	-1.038	7.62	1.411	7.62	0.142

7.625	-0.289	7.625	0.240	7.625	2.025	7.625	0.181	7.625	-0.969	7.625	1.378	7.625	0.161
7.63	-0.294	7.63	0.218	7.63	1.962	7.63	0.174	7.63	-0.940	7.63	1.372	7.63	0.219
7.635	-0.319	7.635	0.194	7.635	1.844	7.635	0.183	7.635	-0.836	7.635	1.241	7.635	0.262
7.64	-0.291	7.64	0.181	7.64	1.698	7.64	0.172	7.64	-0.710	7.64	1.122	7.64	0.263
7.645	-0.288	7.645	0.209	7.645	1.551	7.645	0.205	7.645	-0.605	7.645	1.028	7.645	0.300
7.65	-0.315	7.65	0.217	7.65	1.419	7.65	0.217	7.65	-0.504	7.65	0.963	7.65	0.296
7.655	-0.302	7.655	0.203	7.655	1.259	7.655	0.225	7.655	-0.343	7.655	0.904	7.655	0.316
7.66	-0.290	7.66	0.205	7.66	1.096	7.66	0.249	7.66	-0.228	7.66	0.797	7.66	0.292
7.665	-0.294	7.665	0.181	7.665	0.945	7.665	0.251	7.665	-0.089	7.665	0.707	7.665	0.305
7.67	-0.293	7.67	0.179	7.67	0.828	7.67	0.248	7.67	0.106	7.67	0.600	7.67	0.290
7.675	-0.270	7.675	0.154	7.675	0.668	7.675	0.230	7.675	0.275	7.675	0.447	7.675	0.246
7.68	-0.242	7.68	0.144	7.68	0.548	7.68	0.229	7.68	0.465	7.68	0.230	7.68	0.227
7.685	-0.187	7.685	0.173	7.685	0.409	7.685	0.216	7.685	0.667	7.685	0.010	7.685	0.183
7.69	-0.194	7.69	0.150	7.69	0.310	7.69	0.201	7.69	0.790	7.69	-0.218	7.69	0.140
7.695	-0.173	7.695	0.126	7.695	0.180	7.695	0.162	7.695	0.878	7.695	-0.460	7.695	0.113
7.7	-0.162	7.7	0.095	7.7	0.012	7.7	0.172	7.7	0.987	7.7	-0.754	7.7	0.053
7.705	-0.139	7.705	0.036	7.705	-0.140	7.705	0.169	7.705	1.040	7.705	-0.975	7.705	0.010
7.71	-0.136	7.71	0.016	7.71	-0.248	7.71	0.174	7.71	1.124	7.71	-1.200	7.71	-0.032
7.715	-0.087	7.715	0.022	7.715	-0.306	7.715	0.198	7.715	1.128	7.715	-1.388	7.715	-0.066
7.72	-0.083	7.72	0.053	7.72	-0.385	7.72	0.219	7.72	1.101	7.72	-1.618	7.72	-0.108
7.725	-0.071	7.725	0.058	7.725	-0.442	7.725	0.208	7.725	0.998	7.725	-1.752	7.725	-0.169
7.73	-0.047	7.73	0.002	7.73	-0.564	7.73	0.243	7.73	0.936	7.73	-1.860	7.73	-0.202
7.735	-0.018	7.735	-0.020	7.735	-0.688	7.735	0.225	7.735	0.820	7.735	-1.955	7.735	-0.260
7.74	-0.054	7.74	-0.061	7.74	-0.793	7.74	0.187	7.74	0.724	7.74	-1.964	7.74	-0.272
7.745	-0.063	7.745	-0.092	7.745	-0.923	7.745	0.194	7.745	0.691	7.745	-1.943	7.745	-0.275
7.75	0.001	7.75	-0.098	7.75	-0.977	7.75	0.195	7.75	0.654	7.75	-1.880	7.75	-0.309
7.755	0.003	7.755	-0.064	7.755	-1.068	7.755	0.176	7.755	0.602	7.755	-1.815	7.755	-0.356
7.76	0.038	7.76	-0.071	7.76	-1.188	7.76	0.141	7.76	0.551	7.76	-1.651	7.76	-0.333
7.765	0.059	7.765	-0.174	7.765	-1.288	7.765	0.144	7.765	0.470	7.765	-1.474	7.765	-0.289
7.77	0.101	7.77	-0.162	7.77	-1.399	7.77	0.139	7.77	0.368	7.77	-1.252	7.77	-0.249
7.775	0.124	7.775	-0.143	7.775	-1.446	7.775	0.105	7.775	0.308	7.775	-0.982	7.775	-0.234
7.78	0.112	7.78	-0.159	7.78	-1.479	7.78	0.090	7.78	0.211	7.78	-0.739	7.78	-0.197
7.785	0.117	7.785	-0.131	7.785	-1.543	7.785	0.056	7.785	0.058	7.785	-0.447	7.785	-0.157
7.79	0.129	7.79	-0.165	7.79	-1.546	7.79	0.041	7.79	-0.034	7.79	-0.260	7.79	-0.143
7.795	0.159	7.795	-0.182	7.795	-1.569	7.795	-0.029	7.795	-0.175	7.795	-0.126	7.795	-0.120
7.8	0.135	7.8	-0.178	7.8	-1.561	7.8	-0.066	7.8	-0.309	7.8	0.074	7.8	-0.048
7.805	0.149	7.805	-0.186	7.805	-1.548	7.805	-0.072	7.805	-0.453	7.805	0.306	7.805	-0.020
7.81	0.138	7.81	-0.207	7.81	-1.524	7.81	-0.130	7.81	-0.586	7.81	0.441	7.81	-0.012
7.815	0.110	7.815	-0.166	7.815	-1.482	7.815	-0.166	7.815	-0.719	7.815	0.552	7.815	0.012
7.82	0.153	7.82	-0.200	7.82	-1.354	7.82	-0.180	7.82	-0.843	7.82	0.749	7.82	0.020
7.825	0.176	7.825	-0.165	7.825	-1.280	7.825	-0.178	7.825	-0.919	7.825	0.918	7.825	0.039
7.83	0.189	7.83	-0.140	7.83	-1.203	7.83	-0.169	7.83	-1.002	7.83	0.938	7.83	0.065
7.835	0.215	7.835	-0.148	7.835	-1.072	7.835	-0.166	7.835	-1.074	7.835	0.991	7.835	0.069
7.84	0.210	7.84	-0.130	7.84	-0.919	7.84	-0.190	7.84	-1.132	7.84	1.048	7.84	0.099



7.845	0.180	7.845	-0.130	7.845	-0.745	7.845	-0.180	7.845	-1.133	7.845	1.035	7.845	0.116
7.85	0.219	7.85	-0.097	7.85	-0.622	7.85	-0.194	7.85	-1.133	7.85	0.999	7.85	0.128
7.855	0.219	7.855	-0.077	7.855	-0.440	7.855	-0.238	7.855	-1.139	7.855	1.072	7.855	0.117
7.86	0.180	7.86	-0.068	7.86	-0.271	7.86	-0.256	7.86	-1.085	7.86	1.125	7.86	0.123
7.865	0.201	7.865	-0.068	7.865	-0.137	7.865	-0.249	7.865	-0.996	7.865	1.161	7.865	0.116
7.87	0.225	7.87	-0.063	7.87	0.051	7.87	-0.286	7.87	-0.910	7.87	1.234	7.87	0.152
7.875	0.174	7.875	0.000	7.875	0.206	7.875	-0.273	7.875	-0.831	7.875	1.286	7.875	0.125
7.88	0.184	7.88	-0.059	7.88	0.380	7.88	-0.293	7.88	-0.740	7.88	1.334	7.88	0.143
7.885	0.207	7.885	-0.001	7.885	0.504	7.885	-0.296	7.885	-0.637	7.885	1.350	7.885	0.164
7.89	0.177	7.89	0.022	7.89	0.640	7.89	-0.266	7.89	-0.494	7.89	1.378	7.89	0.164
7.895	0.171	7.895	0.045	7.895	0.699	7.895	-0.266	7.895	-0.355	7.895	1.376	7.895	0.142
7.9	0.182	7.9	0.049	7.9	0.796	7.9	-0.300	7.9	-0.214	7.9	1.347	7.9	0.188
7.905	0.222	7.905	0.022	7.905	0.865	7.905	-0.302	7.905	-0.069	7.905	1.327	7.905	0.158
7.91	0.184	7.91	0.029	7.91	0.907	7.91	-0.309	7.91	0.099	7.91	1.303	7.91	0.210
7.915	0.197	7.915	0.047	7.915	0.974	7.915	-0.293	7.915	0.239	7.915	1.241	7.915	0.215
7.92	0.173	7.92	0.077	7.92	0.988	7.92	-0.287	7.92	0.407	7.92	1.219	7.92	0.178
7.925	0.227	7.925	0.102	7.925	1.015	7.925	-0.298	7.925	0.559	7.925	1.143	7.925	0.165
7.93	0.252	7.93	0.128	7.93	1.069	7.93	-0.294	7.93	0.672	7.93	1.001	7.93	0.155
7.935	0.225	7.935	0.100	7.935	1.091	7.935	-0.257	7.935	0.804	7.935	0.823	7.935	0.115
7.94	0.199	7.94	0.158	7.94	1.071	7.94	-0.218	7.94	0.893	7.94	0.614	7.94	0.113
7.945	0.180	7.945	0.156	7.945	1.048	7.945	-0.164	7.945	0.986	7.945	0.386	7.945	0.092
7.95	0.196	7.95	0.130	7.95	1.023	7.95	-0.110	7.95	1.047	7.95	0.137	7.95	0.019
7.955	0.240	7.955	0.121	7.955	1.045	7.955	-0.055	7.955	1.063	7.955	-0.260	7.955	0.002
7.96	0.186	7.96	0.149	7.96	1.072	7.96	-0.025	7.96	1.100	7.96	-0.625	7.96	-0.038
7.965	0.220	7.965	0.163	7.965	1.089	7.965	0.025	7.965	1.122	7.965	-1.016	7.965	-0.061
7.97	0.191	7.97	0.181	7.97	1.114	7.97	0.040	7.97	1.071	7.97	-1.349	7.97	-0.072
7.975	0.170	7.975	0.155	7.975	1.078	7.975	0.044	7.975	1.041	7.975	-1.649	7.975	-0.125
7.98	0.162	7.98	0.116	7.98	1.149	7.98	0.029	7.98	0.987	7.98	-1.879	7.98	-0.129
7.985	0.188	7.985	0.140	7.985	1.200	7.985	0.035	7.985	0.863	7.985	-2.056	7.985	-0.096
7.99	0.156	7.99	0.110	7.99	1.247	7.99	0.090	7.99	0.764	7.99	-2.171	7.99	-0.125
7.995	0.105	7.995	0.102	7.995	1.283	7.995	0.092	7.995	0.671	7.995	-2.277	7.995	-0.111
8	0.132	8	0.137	8	1.298	8	0.079	8	0.602	8	-2.348	8	-0.096
8.005	0.128	8.005	0.107	8.005	1.301	8.005	0.135	8.005	0.501	8.005	-2.303	8.005	-0.081
8.01	0.082	8.01	0.060	8.01	1.307	8.01	0.168	8.01	0.416	8.01	-2.294	8.01	-0.082
8.015	0.108	8.015	0.058	8.015	1.276	8.015	0.198	8.015	0.307	8.015	-2.194	8.015	-0.054
8.02	0.125	8.02	0.051	8.02	1.224	8.02	0.168	8.02	0.181	8.02	-2.036	8.02	-0.030
8.025	0.142	8.025	0.023	8.025	1.128	8.025	0.171	8.025	0.069	8.025	-1.802	8.025	-0.018
8.03	0.106	8.03	0.034	8.03	1.020	8.03	0.145	8.03	-0.042	8.03	-1.611	8.03	-0.020
8.035	0.082	8.035	0.009	8.035	0.893	8.035	0.128	8.035	-0.186	8.035	-1.405	8.035	0.000
8.04	0.085	8.04	-0.042	8.04	0.771	8.04	0.132	8.04	-0.326	8.04	-1.141	8.04	0.016
8.045	0.044	8.045	-0.043	8.045	0.630	8.045	0.107	8.045	-0.477	8.045	-0.871	8.045	-0.012
8.05	0.031	8.05	-0.105	8.05	0.397	8.05	0.091	8.05	-0.594	8.05	-0.678	8.05	0.010
8.055	-0.011	8.055	-0.081	8.055	0.166	8.055	0.099	8.055	-0.646	8.055	-0.461	8.055	0.014
8.06	-0.011	8.06	-0.082	8.06	-0.036	8.06	0.157	8.06	-0.781	8.06	-0.156	8.06	0.010
8.065	-0.040	8.065	-0.093	8.065	-0.284	8.065	0.192	8.065	-0.904	8.065	0.157	8.065	0.067

8.07	-0.076	8.07	-0.087	8.07	-0.470	8.07	0.208	8.07	-0.919	8.07	0.360	8.07	0.085
8.075	-0.091	8.075	-0.101	8.075	-0.708	8.075	0.216	8.075	-0.980	8.075	0.539	8.075	0.047
8.08	-0.099	8.08	-0.083	8.08	-0.925	8.08	0.253	8.08	-1.005	8.08	0.722	8.08	0.037
8.085	-0.143	8.085	-0.080	8.085	-1.050	8.085	0.261	8.085	-1.025	8.085	0.985	8.085	0.016
8.09	-0.120	8.09	-0.100	8.09	-1.197	8.09	0.247	8.09	-1.020	8.09	1.062	8.09	-0.022
8.095	-0.143	8.095	-0.092	8.095	-1.322	8.095	0.237	8.095	-0.991	8.095	1.128	8.095	-0.076
8.1	-0.176	8.1	-0.093	8.1	-1.441	8.1	0.261	8.1	-0.962	8.1	1.223	8.1	-0.060
8.105	-0.166	8.105	-0.101	8.105	-1.541	8.105	0.241	8.105	-0.944	8.105	1.326	8.105	-0.103
8.11	-0.178	8.11	-0.140	8.11	-1.643	8.11	0.254	8.11	-0.908	8.11	1.303	8.11	-0.126
8.115	-0.214	8.115	-0.142	8.115	-1.686	8.115	0.253	8.115	-0.836	8.115	1.325	8.115	-0.139
8.12	-0.180	8.12	-0.118	8.12	-1.700	8.12	0.268	8.12	-0.707	8.12	1.337	8.12	-0.137
8.125	-0.156	8.125	-0.133	8.125	-1.697	8.125	0.235	8.125	-0.612	8.125	1.345	8.125	-0.180
8.13	-0.160	8.13	-0.136	8.13	-1.666	8.13	0.251	8.13	-0.447	8.13	1.407	8.13	-0.197
8.135	-0.206	8.135	-0.137	8.135	-1.613	8.135	0.237	8.135	-0.291	8.135	1.398	8.135	-0.225
8.14	-0.223	8.14	-0.105	8.14	-1.565	8.14	0.229	8.14	-0.089	8.14	1.392	8.14	-0.231
8.145	-0.231	8.145	-0.122	8.145	-1.515	8.145	0.219	8.145	0.067	8.145	1.419	8.145	-0.253
8.15	-0.217	8.15	-0.119	8.15	-1.488	8.15	0.213	8.15	0.259	8.15	1.400	8.15	-0.263
8.155	-0.239	8.155	-0.086	8.155	-1.336	8.155	0.177	8.155	0.421	8.155	1.353	8.155	-0.242
8.16	-0.243	8.16	-0.058	8.16	-1.151	8.16	0.152	8.16	0.588	8.16	1.273	8.16	-0.246
8.165	-0.237	8.165	-0.056	8.165	-1.023	8.165	0.116	8.165	0.713	8.165	1.150	8.165	-0.260
8.17	-0.253	8.17	-0.048	8.17	-0.860	8.17	0.114	8.17	0.805	8.17	1.031	8.17	-0.225
8.175	-0.261	8.175	-0.020	8.175	-0.723	8.175	0.096	8.175	0.882	8.175	1.030	8.175	-0.196
8.18	-0.272	8.18	-0.045	8.18	-0.613	8.18	0.047	8.18	0.913	8.18	0.991	8.18	-0.182
8.185	-0.253	8.185	-0.046	8.185	-0.563	8.185	0.047	8.185	0.928	8.185	0.891	8.185	-0.144
8.19	-0.261	8.19	0.020	8.19	-0.482	8.19	0.024	8.19	0.946	8.19	0.818	8.19	-0.077
8.195	-0.254	8.195	0.043	8.195	-0.374	8.195	-0.005	8.195	0.940	8.195	0.691	8.195	-0.034
8.2	-0.297	8.2	0.011	8.2	-0.327	8.2	-0.021	8.2	0.942	8.2	0.463	8.2	0.037
8.205	-0.275	8.205	0.070	8.205	-0.272	8.205	-0.021	8.205	0.913	8.205	0.196	8.205	0.080
8.21	-0.235	8.21	0.097	8.21	-0.269	8.21	-0.038	8.21	0.887	8.21	-0.074	8.21	0.120
8.215	-0.209	8.215	0.089	8.215	-0.200	8.215	-0.074	8.215	0.848	8.215	-0.339	8.215	0.176
8.22	-0.212	8.22	0.110	8.22	-0.150	8.22	-0.074	8.22	0.810	8.22	-0.658	8.22	0.211
8.225	-0.206	8.225	0.096	8.225	-0.034	8.225	-0.061	8.225	0.818	8.225	-0.922	8.225	0.246
8.23	-0.205	8.23	0.090	8.23	0.050	8.23	-0.090	8.23	0.763	8.23	-1.137	8.23	0.283
8.235	-0.230	8.235	0.162	8.235	0.123	8.235	-0.126	8.235	0.729	8.235	-1.376	8.235	0.302
8.24	-0.245	8.24	0.190	8.24	0.223	8.24	-0.087	8.24	0.651	8.24	-1.566	8.24	0.336
8.245	-0.242	8.245	0.187	8.245	0.304	8.245	-0.134	8.245	0.536	8.245	-1.718	8.245	0.328
8.25	-0.228	8.25	0.179	8.25	0.457	8.25	-0.165	8.25	0.441	8.25	-1.845	8.25	0.329
8.255	-0.179	8.255	0.140	8.255	0.629	8.255	-0.169	8.255	0.283	8.255	-1.926	8.255	0.352
8.26	-0.151	8.26	0.199	8.26	0.744	8.26	-0.187	8.26	0.160	8.26	-1.997	8.26	0.301
8.265	-0.193	8.265	0.241	8.265	0.902	8.265	-0.243	8.265	0.022	8.265	-1.947	8.265	0.295
8.27	-0.172	8.27	0.218	8.27	1.016	8.27	-0.254	8.27	-0.117	8.27	-1.887	8.27	0.253
8.275	-0.131	8.275	0.195	8.275	1.197	8.275	-0.249	8.275	-0.290	8.275	-1.802	8.275	0.201
8.28	-0.131	8.28	0.215	8.28	1.266	8.28	-0.269	8.28	-0.417	8.28	-1.671	8.28	0.178
8.285	-0.113	8.285	0.227	8.285	1.369	8.285	-0.261	8.285	-0.538	8.285	-1.503	8.285	0.143
8.29	-0.114	8.29	0.204	8.29	1.453	8.29	-0.254	8.29	-0.668	8.29	-1.267	8.29	0.068

8.295	-0.077	8.295	0.168	8.295	1.471	8.295	-0.254	8.295	-0.792	8.295	-1.089	8.295	0.051
8.3	-0.041	8.3	0.185	8.3	1.491	8.3	-0.267	8.3	-0.900	8.3	-0.845	8.3	0.012
8.305	-0.061	8.305	0.179	8.305	1.485	8.305	-0.249	8.305	-0.961	8.305	-0.574	8.305	-0.032
8.31	-0.051	8.31	0.128	8.31	1.459	8.31	-0.248	8.31	-1.011	8.31	-0.393	8.31	-0.073
8.315	-0.039	8.315	0.121	8.315	1.490	8.315	-0.262	8.315	-1.079	8.315	-0.289	8.315	-0.107
8.32	-0.044	8.32	0.124	8.32	1.425	8.32	-0.257	8.32	-1.113	8.32	-0.127	8.32	-0.131
8.325	-0.028	8.325	0.101	8.325	1.315	8.325	-0.278	8.325	-1.115	8.325	0.113	8.325	-0.158
8.33	-0.009	8.33	0.106	8.33	1.264	8.33	-0.287	8.33	-1.134	8.33	0.224	8.33	-0.174
8.335	-0.029	8.335	0.041	8.335	1.210	8.335	-0.287	8.335	-1.092	8.335	0.330	8.335	-0.164
8.34	-0.012	8.34	0.041	8.34	1.115	8.34	-0.286	8.34	-1.010	8.34	0.530	8.34	-0.150
8.345	-0.012	8.345	0.054	8.345	1.059	8.345	-0.247	8.345	-0.935	8.345	0.738	8.345	-0.158
8.35	0.038	8.35	0.008	8.35	1.033	8.35	-0.217	8.35	-0.854	8.35	0.805	8.35	-0.157
8.355	0.065	8.355	0.000	8.355	0.917	8.355	-0.186	8.355	-0.734	8.355	0.867	8.355	-0.130
8.36	0.070	8.36	-0.008	8.36	0.811	8.36	-0.154	8.36	-0.658	8.36	0.918	8.36	-0.121
8.365	0.073	8.365	-0.044	8.365	0.694	8.365	-0.101	8.365	-0.560	8.365	0.937	8.365	-0.119
8.37	0.120	8.37	-0.037	8.37	0.615	8.37	-0.059	8.37	-0.447	8.37	0.919	8.37	-0.113
8.375	0.148	8.375	-0.068	8.375	0.535	8.375	-0.044	8.375	-0.321	8.375	0.924	8.375	-0.134
8.38	0.160	8.38	-0.091	8.38	0.495	8.38	-0.006	8.38	-0.212	8.38	1.004	8.38	-0.103
8.385	0.164	8.385	-0.074	8.385	0.383	8.385	0.014	8.385	-0.002	8.385	1.103	8.385	-0.100
8.39	0.184	8.39	-0.103	8.39	0.287	8.39	0.012	8.39	0.141	8.39	1.237	8.39	-0.132
8.395	0.177	8.395	-0.119	8.395	0.179	8.395	0.028	8.395	0.281	8.395	1.320	8.395	-0.140
8.4	0.180	8.4	-0.149	8.4	0.071	8.4	0.046	8.4	0.415	8.4	1.392	8.4	-0.151
8.405	0.209	8.405	-0.121	8.405	-0.051	8.405	0.044	8.405	0.578	8.405	1.479	8.405	-0.134
8.41	0.188	8.41	-0.113	8.41	-0.156	8.41	0.091	8.41	0.658	8.41	1.505	8.41	-0.126
8.415	0.205	8.415	-0.174	8.415	-0.308	8.415	0.129	8.415	0.774	8.415	1.525	8.415	-0.090
8.42	0.226	8.42	-0.185	8.42	-0.447	8.42	0.137	8.42	0.877	8.42	1.507	8.42	-0.053
8.425	0.251	8.425	-0.192	8.425	-0.556	8.425	0.137	8.425	0.945	8.425	1.471	8.425	-0.046
8.43	0.249	8.43	-0.237	8.43	-0.701	8.43	0.110	8.43	0.976	8.43	1.475	8.43	-0.014
8.435	0.275	8.435	-0.185	8.435	-0.917	8.435	0.107	8.435	1.013	8.435	1.452	8.435	0.012
8.44	0.221	8.44	-0.202	8.44	-1.124	8.44	0.126	8.44	1.036	8.44	1.326	8.44	0.058
8.445	0.284	8.445	-0.204	8.445	-1.308	8.445	0.097	8.445	1.009	8.445	1.236	8.445	0.073
8.45	0.252	8.45	-0.183	8.45	-1.481	8.45	0.122	8.45	0.989	8.45	1.088	8.45	0.106
8.455	0.240	8.455	-0.164	8.455	-1.644	8.455	0.092	8.455	0.963	8.455	0.932	8.455	0.107
8.46	0.267	8.46	-0.208	8.46	-1.697	8.46	0.078	8.46	0.922	8.46	0.696	8.46	0.143
8.465	0.265	8.465	-0.167	8.465	-1.809	8.465	0.108	8.465	0.869	8.465	0.417	8.465	0.147
8.47	0.237	8.47	-0.191	8.47	-1.931	8.47	0.157	8.47	0.821	8.47	0.208	8.47	0.170
8.475	0.215	8.475	-0.191	8.475	-1.979	8.475	0.153	8.475	0.766	8.475	-0.077	8.475	0.215
8.48	0.243	8.48	-0.170	8.48	-2.035	8.48	0.172	8.48	0.672	8.48	-0.489	8.48	0.191
8.485	0.229	8.485	-0.170	8.485	-2.021	8.485	0.202	8.485	0.550	8.485	-0.855	8.485	0.211
8.49	0.227	8.49	-0.113	8.49	-2.002	8.49	0.216	8.49	0.435	8.49	-1.185	8.49	0.222
8.495	0.227	8.495	-0.097	8.495	-2.029	8.495	0.236	8.495	0.292	8.495	-1.466	8.495	0.189
8.5	0.179	8.5	-0.050	8.5	-1.915	8.5	0.222	8.5	0.159	8.5	-1.727	8.5	0.185
8.505	0.179	8.505	-0.048	8.505	-1.770	8.505	0.256	8.505	-0.002	8.505	-1.910	8.505	0.143
8.51	0.173	8.51	-0.075	8.51	-1.650	8.51	0.220	8.51	-0.175	8.51	-1.995	8.51	0.109
8.515	0.174	8.515	-0.026	8.515	-1.480	8.515	0.207	8.515	-0.267	8.515	-2.093	8.515	0.092

8.52	0.172	8.52	-0.026	8.52	-1.297	8.52	0.207	8.52	-0.380	8.52	-2.203	8.52	0.067
8.525	0.192	8.525	-0.027	8.525	-1.061	8.525	0.230	8.525	-0.508	8.525	-2.252	8.525	0.026
8.53	0.158	8.53	0.008	8.53	-0.819	8.53	0.227	8.53	-0.593	8.53	-2.231	8.53	0.057
8.535	0.131	8.535	0.022	8.535	-0.530	8.535	0.206	8.535	-0.662	8.535	-2.222	8.535	0.032
8.54	0.135	8.54	-0.003	8.54	-0.255	8.54	0.232	8.54	-0.799	8.54	-2.129	8.54	-0.029
8.545	0.154	8.545	0.048	8.545	0.007	8.545	0.226	8.545	-0.844	8.545	-1.958	8.545	-0.030
8.55	0.173	8.55	0.043	8.55	0.267	8.55	0.195	8.55	-0.923	8.55	-1.734	8.55	-0.015
8.555	0.164	8.555	0.054	8.555	0.508	8.555	0.182	8.555	-0.979	8.555	-1.545	8.555	-0.038
8.56	0.164	8.56	0.079	8.56	0.745	8.56	0.183	8.56	-1.041	8.56	-1.366	8.56	-0.040
8.565	0.161	8.565	0.077	8.565	0.932	8.565	0.159	8.565	-1.099	8.565	-1.084	8.565	-0.048
8.57	0.160	8.57	0.077	8.57	1.106	8.57	0.132	8.57	-1.053	8.57	-0.830	8.57	-0.065
8.575	0.125	8.575	0.102	8.575	1.242	8.575	0.103	8.575	-1.042	8.575	-0.629	8.575	-0.072
8.58	0.112	8.58	0.127	8.58	1.393	8.58	0.107	8.58	-1.023	8.58	-0.469	8.58	-0.049
8.585	0.070	8.585	0.105	8.585	1.486	8.585	0.113	8.585	-0.922	8.585	-0.137	8.585	-0.016
8.59	0.059	8.59	0.101	8.59	1.611	8.59	0.084	8.59	-0.844	8.59	0.187	8.59	-0.027
8.595	0.061	8.595	0.121	8.595	1.672	8.595	0.059	8.595	-0.744	8.595	0.357	8.595	-0.047
8.6	0.063	8.6	0.126	8.6	1.728	8.6	0.075	8.6	-0.578	8.6	0.538	8.6	-0.053
8.605	0.044	8.605	0.176	8.605	1.745	8.605	0.089	8.605	-0.409	8.605	0.776	8.605	0.002
8.61	-0.016	8.61	0.192	8.61	1.787	8.61	0.058	8.61	-0.266	8.61	0.982	8.61	0.022
8.615	0.007	8.615	0.192	8.615	1.782	8.615	0.059	8.615	-0.109	8.615	1.011	8.615	0.026
8.62	0.001	8.62	0.166	8.62	1.735	8.62	0.012	8.62	0.043	8.62	1.109	8.62	0.021
8.625	0.010	8.625	0.105	8.625	1.695	8.625	-0.024	8.625	0.159	8.625	1.187	8.625	0.030
8.63	0.002	8.63	0.151	8.63	1.626	8.63	-0.017	8.63	0.287	8.63	1.191	8.63	0.058
8.635	0.018	8.635	0.172	8.635	1.541	8.635	-0.045	8.635	0.410	8.635	1.195	8.635	0.038
8.64	-0.006	8.64	0.125	8.64	1.484	8.64	-0.072	8.64	0.497	8.64	1.230	8.64	0.064
8.645	-0.056	8.645	0.120	8.645	1.374	8.645	-0.105	8.645	0.590	8.645	1.295	8.645	0.086
8.65	-0.060	8.65	0.113	8.65	1.218	8.65	-0.126	8.65	0.658	8.65	1.315	8.65	0.085
8.655	-0.060	8.655	0.108	8.655	1.133	8.655	-0.123	8.655	0.732	8.655	1.417	8.655	0.100
8.66	-0.065	8.66	0.119	8.66	1.043	8.66	-0.175	8.66	0.772	8.66	1.434	8.66	0.080
8.665	-0.029	8.665	0.130	8.665	0.966	8.665	-0.221	8.665	0.823	8.665	1.455	8.665	0.092
8.67	-0.085	8.67	0.096	8.67	0.887	8.67	-0.218	8.67	0.897	8.67	1.486	8.67	0.083
8.675	-0.131	8.675	0.065	8.675	0.810	8.675	-0.284	8.675	0.918	8.675	1.492	8.675	0.047
8.68	-0.112	8.68	0.029	8.68	0.678	8.68	-0.278	8.68	0.944	8.68	1.435	8.68	0.024
8.685	-0.155	8.685	0.011	8.685	0.512	8.685	-0.312	8.685	0.946	8.685	1.340	8.685	0.010
8.69	-0.157	8.69	0.028	8.69	0.368	8.69	-0.317	8.69	0.945	8.69	1.181	8.69	-0.040
8.695	-0.206	8.695	-0.016	8.695	0.279	8.695	-0.311	8.695	0.920	8.695	1.113	8.695	-0.109
8.7	-0.205	8.7	0.002	8.7	0.194	8.7	-0.274	8.7	0.899	8.7	1.095	8.7	-0.146
8.705	-0.212	8.705	0.020	8.705	0.080	8.705	-0.256	8.705	0.833	8.705	1.011	8.705	-0.145
8.71	-0.208	8.71	-0.042	8.71	-0.091	8.71	-0.231	8.71	0.770	8.71	0.907	8.71	-0.185
8.715	-0.206	8.715	-0.021	8.715	-0.241	8.715	-0.235	8.715	0.703	8.715	0.816	8.715	-0.219
8.72	-0.261	8.72	-0.063	8.72	-0.397	8.72	-0.214	8.72	0.620	8.72	0.599	8.72	-0.225
8.725	-0.275	8.725	-0.087	8.725	-0.522	8.725	-0.238	8.725	0.507	8.725	0.336	8.725	-0.277
8.73	-0.308	8.73	-0.101	8.73	-0.635	8.73	-0.225	8.73	0.383	8.73	0.045	8.73	-0.320
8.735	-0.285	8.735	-0.086	8.735	-0.741	8.735	-0.212	8.735	0.253	8.735	-0.244	8.735	-0.360
8.74	-0.320	8.74	-0.092	8.74	-0.887	8.74	-0.184	8.74	0.077	8.74	-0.532	8.74	-0.361

8.745	-0.302	8.745	-0.122	8.745	-1.036	8.745	-0.186	8.745	-0.086	8.745	-0.831	8.745	-0.339
8.75	-0.297	8.75	-0.093	8.75	-1.162	8.75	-0.177	8.75	-0.196	8.75	-1.068	8.75	-0.352
8.755	-0.324	8.755	-0.075	8.755	-1.254	8.755	-0.160	8.755	-0.351	8.755	-1.234	8.755	-0.324
8.76	-0.333	8.76	-0.106	8.76	-1.350	8.76	-0.121	8.76	-0.496	8.76	-1.462	8.76	-0.279
8.765	-0.296	8.765	-0.113	8.765	-1.405	8.765	-0.083	8.765	-0.657	8.765	-1.625	8.765	-0.261
8.77	-0.269	8.77	-0.109	8.77	-1.504	8.77	-0.044	8.77	-0.767	8.77	-1.697	8.77	-0.218
8.775	-0.290	8.775	-0.116	8.775	-1.545	8.775	-0.011	8.775	-0.860	8.775	-1.831	8.775	-0.161
8.78	-0.316	8.78	-0.148	8.78	-1.593	8.78	0.016	8.78	-0.939	8.78	-1.884	8.78	-0.088
8.785	-0.345	8.785	-0.130	8.785	-1.614	8.785	0.032	8.785	-0.955	8.785	-1.863	8.785	-0.017
8.79	-0.288	8.79	-0.113	8.79	-1.640	8.79	0.017	8.79	-1.006	8.79	-1.795	8.79	0.032
8.795	-0.278	8.795	-0.117	8.795	-1.591	8.795	0.017	8.795	-1.042	8.795	-1.765	8.795	0.062
8.8	-0.243	8.8	-0.100	8.8	-1.559	8.8	0.013	8.8	-1.073	8.8	-1.700	8.8	0.129
8.805	-0.215	8.805	-0.039	8.805	-1.509	8.805	0.005	8.805	-1.055	8.805	-1.538	8.805	0.176
8.81	-0.218	8.81	-0.033	8.81	-1.435	8.81	-0.031	8.81	-1.058	8.81	-1.321	8.81	0.180
8.815	-0.172	8.815	-0.042	8.815	-1.379	8.815	-0.012	8.815	-1.018	8.815	-1.127	8.815	0.211
8.82	-0.162	8.82	-0.079	8.82	-1.181	8.82	0.006	8.82	-0.944	8.82	-0.936	8.82	0.214
8.825	-0.169	8.825	-0.058	8.825	-1.024	8.825	0.013	8.825	-0.892	8.825	-0.740	8.825	0.250
8.83	-0.170	8.83	-0.034	8.83	-0.910	8.83	0.032	8.83	-0.801	8.83	-0.493	8.83	0.216
8.835	-0.156	8.835	-0.004	8.835	-0.741	8.835	0.120	8.835	-0.721	8.835	-0.354	8.835	0.226
8.84	-0.140	8.84	-0.050	8.84	-0.564	8.84	0.109	8.84	-0.627	8.84	-0.348	8.84	0.229
8.845	-0.125	8.845	0.004	8.845	-0.479	8.845	0.125	8.845	-0.494	8.845	-0.201	8.845	0.240
8.85	-0.088	8.85	-0.007	8.85	-0.325	8.85	0.147	8.85	-0.330	8.85	-0.035	8.85	0.256
8.855	-0.059	8.855	0.021	8.855	-0.155	8.855	0.151	8.855	-0.238	8.855	0.074	8.855	0.225
8.86	-0.081	8.86	0.036	8.86	-0.045	8.86	0.151	8.86	-0.088	8.86	0.187	8.86	0.194
8.865	-0.029	8.865	0.090	8.865	0.057	8.865	0.132	8.865	0.045	8.865	0.420	8.865	0.186
8.87	-0.040	8.87	0.099	8.87	0.134	8.87	0.160	8.87	0.179	8.87	0.575	8.87	0.179
8.875	-0.069	8.875	0.084	8.875	0.161	8.875	0.156	8.875	0.318	8.875	0.677	8.875	0.197
8.88	-0.050	8.88	0.115	8.88	0.207	8.88	0.160	8.88	0.411	8.88	0.773	8.88	0.173
8.885	-0.032	8.885	0.087	8.885	0.244	8.885	0.208	8.885	0.530	8.885	0.821	8.885	0.155
8.89	0.003	8.89	0.082	8.89	0.276	8.89	0.217	8.89	0.606	8.89	0.900	8.89	0.160
8.895	0.029	8.895	0.099	8.895	0.343	8.895	0.214	8.895	0.742	8.895	0.870	8.895	0.138
8.9	0.070	8.9	0.160	8.9	0.371	8.9	0.236	8.9	0.800	8.9	0.930	8.9	0.135
8.905	0.081	8.905	0.199	8.905	0.452	8.905	0.239	8.905	0.925	8.905	1.053	8.905	0.103
8.91	0.081	8.91	0.192	8.91	0.526	8.91	0.239	8.91	1.015	8.91	1.218	8.91	0.100
8.915	0.107	8.915	0.152	8.915	0.572	8.915	0.226	8.915	1.007	8.915	1.363	8.915	0.080
8.92	0.079	8.92	0.161	8.92	0.708	8.92	0.222	8.92	1.051	8.92	1.503	8.92	0.056
8.925	0.103	8.925	0.178	8.925	0.763	8.925	0.254	8.925	1.083	8.925	1.633	8.925	0.026
8.93	0.112	8.93	0.174	8.93	0.909	8.93	0.199	8.93	1.065	8.93	1.648	8.93	-0.033
8.935	0.125	8.935	0.148	8.935	1.018	8.935	0.189	8.935	1.003	8.935	1.659	8.935	-0.049
8.94	0.098	8.94	0.155	8.94	1.055	8.94	0.220	8.94	0.943	8.94	1.638	8.94	-0.048
8.945	0.092	8.945	0.152	8.945	1.124	8.945	0.204	8.945	0.869	8.945	1.571	8.945	-0.102
8.95	0.144	8.95	0.131	8.95	1.237	8.95	0.226	8.95	0.780	8.95	1.504	8.95	-0.130
8.955	0.144	8.955	0.094	8.955	1.298	8.955	0.206	8.955	0.666	8.955	1.462	8.955	-0.150
8.96	0.150	8.96	0.093	8.96	1.413	8.96	0.186	8.96	0.592	8.96	1.370	8.96	-0.145
8.965	0.155	8.965	0.096	8.965	1.477	8.965	0.194	8.965	0.476	8.965	1.283	8.965	-0.188

8.97	0.195	8.97	0.085	8.97	1.503	8.97	0.144	8.97	0.359	8.97	1.146	8.97	-0.172
8.975	0.164	8.975	0.102	8.975	1.583	8.975	0.138	8.975	0.253	8.975	1.010	8.975	-0.196
8.98	0.155	8.98	0.073	8.98	1.574	8.98	0.133	8.98	0.135	8.98	0.785	8.98	-0.191
8.985	0.168	8.985	-0.015	8.985	1.575	8.985	0.110	8.985	0.005	8.985	0.533	8.985	-0.206
8.99	0.170	8.99	-0.027	8.99	1.613	8.99	0.087	8.99	-0.097	8.99	0.287	8.99	-0.175
8.995	0.170	8.995	-0.036	8.995	1.604	8.995	0.083	8.995	-0.227	8.995	0.069	8.995	-0.173
9	0.172	9	-0.024	9	1.594	9	0.040	9	-0.366	9	-0.256	9	-0.149
9.005	0.204	9.005	-0.016	9.005	1.466	9.005	0.040	9.005	-0.506	9.005	-0.646	9.005	-0.093
9.01	0.245	9.01	-0.012	9.01	1.381	9.01	0.067	9.01	-0.659	9.01	-0.956	9.01	-0.061
9.015	0.178	9.015	-0.063	9.015	1.290	9.015	0.023	9.015	-0.763	9.015	-1.252	9.015	-0.024
9.02	0.199	9.02	-0.116	9.02	1.108	9.02	0.017	9.02	-0.876	9.02	-1.503	9.02	-0.024
9.025	0.203	9.025	-0.116	9.025	0.926	9.025	0.000	9.025	-0.963	9.025	-1.740	9.025	-0.015
9.03	0.205	9.03	-0.081	9.03	0.798	9.03	0.014	9.03	-1.012	9.03	-1.861	9.03	0.039
9.035	0.186	9.035	-0.118	9.035	0.578	9.035	0.017	9.035	-1.066	9.035	-1.943	9.035	0.038
9.04	0.174	9.04	-0.079	9.04	0.338	9.04	-0.024	9.04	-1.116	9.04	-2.063	9.04	0.074
9.045	0.209	9.045	-0.136	9.045	0.112	9.045	-0.049	9.045	-1.099	9.045	-2.212	9.045	0.086
9.05	0.215	9.05	-0.173	9.05	-0.088	9.05	-0.055	9.05	-1.019	9.05	-2.264	9.05	0.067
9.055	0.192	9.055	-0.165	9.055	-0.270	9.055	-0.066	9.055	-0.945	9.055	-2.184	9.055	0.100
9.06	0.214	9.06	-0.176	9.06	-0.490	9.06	-0.108	9.06	-0.866	9.06	-2.226	9.06	0.094
9.065	0.231	9.065	-0.167	9.065	-0.702	9.065	-0.097	9.065	-0.799	9.065	-2.121	9.065	0.105
9.07	0.270	9.07	-0.149	9.07	-0.889	9.07	-0.122	9.07	-0.655	9.07	-1.894	9.07	0.155
9.075	0.241	9.075	-0.131	9.075	-1.043	9.075	-0.142	9.075	-0.537	9.075	-1.636	9.075	0.103
9.08	0.245	9.08	-0.162	9.08	-1.096	9.08	-0.159	9.08	-0.421	9.08	-1.496	9.08	0.100
9.085	0.238	9.085	-0.194	9.085	-1.139	9.085	-0.189	9.085	-0.330	9.085	-1.262	9.085	0.113
9.09	0.232	9.09	-0.207	9.09	-1.224	9.09	-0.243	9.09	-0.220	9.09	-0.968	9.09	0.119
9.095	0.271	9.095	-0.213	9.095	-1.242	9.095	-0.242	9.095	-0.080	9.095	-0.781	9.095	0.081
9.1	0.264	9.1	-0.176	9.1	-1.253	9.1	-0.254	9.1	0.050	9.1	-0.608	9.1	0.082
9.105	0.243	9.105	-0.177	9.105	-1.232	9.105	-0.288	9.105	0.119	9.105	-0.422	9.105	0.071
9.11	0.258	9.11	-0.150	9.11	-1.239	9.11	-0.268	9.11	0.248	9.11	-0.107	9.11	0.045
9.115	0.215	9.115	-0.173	9.115	-1.262	9.115	-0.267	9.115	0.342	9.115	0.198	9.115	0.063
9.12	0.172	9.12	-0.168	9.12	-1.257	9.12	-0.266	9.12	0.428	9.12	0.314	9.12	0.033
9.125	0.168	9.125	-0.127	9.125	-1.237	9.125	-0.247	9.125	0.553	9.125	0.484	9.125	0.010
9.13	0.144	9.13	-0.115	9.13	-1.229	9.13	-0.254	9.13	0.628	9.13	0.793	9.13	0.000
9.135	0.112	9.135	-0.105	9.135	-1.208	9.135	-0.220	9.135	0.667	9.135	0.901	9.135	-0.009
9.14	0.094	9.14	-0.089	9.14	-1.212	9.14	-0.195	9.14	0.769	9.14	0.914	9.14	0.000
9.145	0.085	9.145	-0.099	9.145	-1.214	9.145	-0.239	9.145	0.817	9.145	1.027	9.145	-0.049
9.15	0.040	9.15	-0.063	9.15	-1.197	9.15	-0.217	9.15	0.906	9.15	1.122	9.15	-0.077
9.155	0.092	9.155	-0.056	9.155	-1.232	9.155	-0.207	9.155	0.976	9.155	1.162	9.155	-0.077
9.16	0.147	9.16	-0.052	9.16	-1.169	9.16	-0.190	9.16	1.000	9.16	1.151	9.16	-0.085
9.165	0.099	9.165	-0.002	9.165	-1.140	9.165	-0.203	9.165	1.018	9.165	1.240	9.165	-0.105
9.17	0.041	9.17	0.042	9.17	-1.096	9.17	-0.147	9.17	1.012	9.17	1.299	9.17	-0.107
9.175	0.019	9.175	0.069	9.175	-1.030	9.175	-0.134	9.175	1.010	9.175	1.395	9.175	-0.090
9.18	0.001	9.18	0.059	9.18	-1.036	9.18	-0.080	9.18	0.984	9.18	1.528	9.18	-0.075
9.185	-0.017	9.185	0.058	9.185	-1.020	9.185	-0.047	9.185	0.903	9.185	1.542	9.185	-0.082
9.19	-0.036	9.19	0.065	9.19	-0.990	9.19	-0.017	9.19	0.829	9.19	1.586	9.19	-0.057

9.195	-0.054	9.195	0.073	9.195	-0.886	9.195	-0.026	9.195	0.757	9.195	1.620	9.195	-0.033
9.2	-0.121	9.2	0.131	9.2	-0.739	9.2	-0.008	9.2	0.609	9.2	1.595	9.2	0.021
9.205	-0.099	9.205	0.161	9.205	-0.543	9.205	-0.014	9.205	0.450	9.205	1.462	9.205	0.050
9.21	-0.039	9.21	0.130	9.21	-0.395	9.21	-0.010	9.21	0.272	9.21	1.347	9.21	0.070
9.215	-0.129	9.215	0.144	9.215	-0.216	9.215	-0.043	9.215	0.119	9.215	1.246	9.215	0.093
9.22	-0.148	9.22	0.168	9.22	-0.093	9.22	-0.010	9.22	-0.026	9.22	1.168	9.22	0.109
9.225	-0.144	9.225	0.168	9.225	0.068	9.225	-0.014	9.225	-0.175	9.225	1.080	9.225	0.149
9.23	-0.164	9.23	0.175	9.23	0.249	9.23	-0.008	9.23	-0.315	9.23	1.019	9.23	0.155
9.235	-0.197	9.235	0.207	9.235	0.415	9.235	0.040	9.235	-0.461	9.235	0.931	9.235	0.189
9.24	-0.158	9.24	0.178	9.24	0.561	9.24	0.059	9.24	-0.551	9.24	0.761	9.24	0.188
9.245	-0.137	9.245	0.187	9.245	0.706	9.245	0.063	9.245	-0.665	9.245	0.505	9.245	0.171
9.25	-0.208	9.25	0.207	9.25	0.790	9.25	0.095	9.25	-0.765	9.25	0.180	9.25	0.177
9.255	-0.215	9.255	0.198	9.255	0.887	9.255	0.109	9.255	-0.821	9.255	-0.114	9.255	0.185
9.26	-0.212	9.26	0.174	9.26	1.027	9.26	0.101	9.26	-0.882	9.26	-0.442	9.26	0.152
9.265	-0.224	9.265	0.157	9.265	1.047	9.265	0.143	9.265	-0.969	9.265	-0.698	9.265	0.112
9.27	-0.251	9.27	0.162	9.27	1.131	9.27	0.137	9.27	-1.049	9.27	-0.985	9.27	0.044
9.275	-0.271	9.275	0.158	9.275	1.169	9.275	0.154	9.275	-1.084	9.275	-1.141	9.275	0.007
9.28	-0.281	9.28	0.172	9.28	1.222	9.28	0.121	9.28	-1.104	9.28	-1.280	9.28	-0.035
9.285	-0.267	9.285	0.139	9.285	1.294	9.285	0.117	9.285	-1.102	9.285	-1.481	9.285	-0.090
9.29	-0.304	9.29	0.119	9.29	1.327	9.29	0.129	9.29	-1.065	9.29	-1.577	9.29	-0.156
9.295	-0.318	9.295	0.100	9.295	1.356	9.295	0.141	9.295	-0.976	9.295	-1.648	9.295	-0.179
9.3	-0.269	9.3	0.095	9.3	1.363	9.3	0.148	9.3	-0.914	9.3	-1.736	9.3	-0.229
9.305	-0.234	9.305	0.118	9.305	1.345	9.305	0.151	9.305	-0.816	9.305	-1.803	9.305	-0.243
9.31	-0.254	9.31	0.090	9.31	1.288	9.31	0.169	9.31	-0.709	9.31	-1.760	9.31	-0.251
9.315	-0.252	9.315	0.094	9.315	1.239	9.315	0.170	9.315	-0.643	9.315	-1.688	9.315	-0.272
9.32	-0.277	9.32	0.073	9.32	1.225	9.32	0.199	9.32	-0.530	9.32	-1.673	9.32	-0.300
9.325	-0.282	9.325	0.046	9.325	1.196	9.325	0.214	9.325	-0.434	9.325	-1.540	9.325	-0.302
9.33	-0.253	9.33	0.028	9.33	1.182	9.33	0.199	9.33	-0.356	9.33	-1.386	9.33	-0.277
9.335	-0.234	9.335	0.028	9.335	1.196	9.335	0.208	9.335	-0.212	9.335	-1.180	9.335	-0.264
9.34	-0.249	9.34	0.024	9.34	1.194	9.34	0.195	9.34	-0.101	9.34	-1.046	9.34	-0.251
9.345	-0.266	9.345	-0.018	9.345	1.164	9.345	0.190	9.345	0.009	9.345	-0.879	9.345	-0.206
9.35	-0.209	9.35	-0.056	9.35	1.108	9.35	0.196	9.35	0.117	9.35	-0.769	9.35	-0.230
9.355	-0.221	9.355	-0.049	9.355	1.064	9.355	0.210	9.355	0.292	9.355	-0.578	9.355	-0.245
9.36	-0.222	9.36	-0.062	9.36	1.037	9.36	0.219	9.36	0.423	9.36	-0.521	9.36	-0.215
9.365	-0.266	9.365	-0.059	9.365	1.035	9.365	0.198	9.365	0.561	9.365	-0.524	9.365	-0.179
9.37	-0.186	9.37	-0.088	9.37	0.980	9.37	0.213	9.37	0.636	9.37	-0.288	9.37	-0.155
9.375	-0.202	9.375	-0.123	9.375	0.872	9.375	0.216	9.375	0.772	9.375	-0.132	9.375	-0.140
9.38	-0.230	9.38	-0.128	9.38	0.757	9.38	0.183	9.38	0.846	9.38	-0.066	9.38	-0.112
9.385	-0.186	9.385	-0.134	9.385	0.580	9.385	0.148	9.385	0.973	9.385	0.081	9.385	-0.088
9.39	-0.196	9.39	-0.146	9.39	0.416	9.39	0.132	9.39	1.003	9.39	0.385	9.39	-0.079
9.395	-0.192	9.395	-0.152	9.395	0.276	9.395	0.132	9.395	1.017	9.395	0.570	9.395	-0.045
9.4	-0.175	9.4	-0.122	9.4	0.147	9.4	0.134	9.4	1.040	9.4	0.653	9.4	-0.022
9.405	-0.157	9.405	-0.172	9.405	-0.003	9.405	0.119	9.405	1.024	9.405	0.788	9.405	-0.008
9.41	-0.167	9.41	-0.166	9.41	-0.210	9.41	0.134	9.41	1.004	9.41	0.878	9.41	0.018
9.415	-0.138	9.415	-0.149	9.415	-0.467	9.415	0.121	9.415	0.934	9.415	0.918	9.415	0.047

9.42	-0.133	9.42	-0.147	9.42	-0.676	9.42	0.113	9.42	0.888	9.42	0.920	9.42	0.087
9.425	-0.093	9.425	-0.135	9.425	-0.890	9.425	0.078	9.425	0.834	9.425	1.047	9.425	0.116
9.43	-0.085	9.43	-0.118	9.43	-1.090	9.43	0.044	9.43	0.761	9.43	1.232	9.43	0.143
9.435	-0.035	9.435	-0.093	9.435	-1.256	9.435	0.026	9.435	0.684	9.435	1.404	9.435	0.207
9.44	-0.044	9.44	-0.100	9.44	-1.412	9.44	-0.014	9.44	0.620	9.44	1.540	9.44	0.186
9.445	-0.056	9.445	-0.106	9.445	-1.594	9.445	-0.059	9.445	0.532	9.445	1.684	9.445	0.182
9.45	-0.032	9.45	-0.069	9.45	-1.746	9.45	-0.110	9.45	0.416	9.45	1.757	9.45	0.222
9.455	-0.004	9.455	-0.097	9.455	-1.838	9.455	-0.091	9.455	0.294	9.455	1.751	9.455	0.241
9.46	-0.002	9.46	-0.094	9.46	-1.991	9.46	-0.124	9.46	0.125	9.46	1.703	9.46	0.269
9.465	-0.003	9.465	-0.051	9.465	-2.052	9.465	-0.144	9.465	-0.012	9.465	1.641	9.465	0.267
9.47	0.022	9.47	0.002	9.47	-2.076	9.47	-0.158	9.47	-0.190	9.47	1.541	9.47	0.270
9.475	0.033	9.475	0.015	9.475	-2.074	9.475	-0.205	9.475	-0.360	9.475	1.429	9.475	0.269
9.48	0.052	9.48	-0.026	9.48	-2.058	9.48	-0.170	9.48	-0.481	9.48	1.398	9.48	0.244
9.485	0.094	9.485	-0.006	9.485	-2.018	9.485	-0.169	9.485	-0.652	9.485	1.319	9.485	0.269
9.49	0.112	9.49	0.033	9.49	-1.928	9.49	-0.178	9.49	-0.768	9.49	1.195	9.49	0.261
9.495	0.159	9.495	0.022	9.495	-1.825	9.495	-0.206	9.495	-0.884	9.495	1.065	9.495	0.233
9.5	0.166	9.5	0.031	9.5	-1.679	9.5	-0.214	9.5	-0.974	9.5	0.962	9.5	0.194
9.505	0.149	9.505	0.070	9.505	-1.559	9.505	-0.241	9.505	-1.020	9.505	0.720	9.505	0.160
9.51	0.156	9.51	0.067	9.51	-1.379	9.51	-0.208	9.51	-1.041	9.51	0.487	9.51	0.122
9.515	0.174	9.515	0.048	9.515	-1.189	9.515	-0.200	9.515	-1.020	9.515	0.246	9.515	0.074
9.52	0.189	9.52	0.061	9.52	-0.977	9.52	-0.196	9.52	-0.998	9.52	-0.035	9.52	0.039
9.525	0.143	9.525	0.089	9.525	-0.762	9.525	-0.175	9.525	-0.985	9.525	-0.365	9.525	-0.009
9.53	0.191	9.53	0.094	9.53	-0.546	9.53	-0.199	9.53	-0.911	9.53	-0.764	9.53	-0.038
9.535	0.226	9.535	0.075	9.535	-0.313	9.535	-0.181	9.535	-0.811	9.535	-0.983	9.535	-0.038
9.54	0.225	9.54	0.109	9.54	-0.134	9.54	-0.153	9.54	-0.746	9.54	-1.339	9.54	-0.055
9.545	0.241	9.545	0.108	9.545	0.057	9.545	-0.152	9.545	-0.696	9.545	-1.524	9.545	-0.081
9.55	0.233	9.55	0.119	9.55	0.249	9.55	-0.171	9.55	-0.597	9.55	-1.729	9.55	-0.112
9.555	0.211	9.555	0.126	9.555	0.452	9.555	-0.160	9.555	-0.494	9.555	-1.821	9.555	-0.095
9.56	0.190	9.56	0.146	9.56	0.640	9.56	-0.159	9.56	-0.425	9.56	-1.908	9.56	-0.107
9.565	0.197	9.565	0.169	9.565	0.785	9.565	-0.168	9.565	-0.314	9.565	-2.056	9.565	-0.107
9.57	0.203	9.57	0.120	9.57	0.901	9.57	-0.176	9.57	-0.200	9.57	-2.166	9.57	-0.114
9.575	0.172	9.575	0.143	9.575	1.023	9.575	-0.144	9.575	-0.114	9.575	-2.171	9.575	-0.152
9.58	0.205	9.58	0.157	9.58	1.157	9.58	-0.180	9.58	-0.021	9.58	-2.078	9.58	-0.142
9.585	0.199	9.585	0.127	9.585	1.294	9.585	-0.121	9.585	0.073	9.585	-2.117	9.585	-0.144
9.59	0.239	9.59	0.128	9.59	1.447	9.59	-0.085	9.59	0.173	9.59	-1.973	9.59	-0.124
9.595	0.209	9.595	0.151	9.595	1.535	9.595	-0.075	9.595	0.276	9.595	-1.696	9.595	-0.130
9.6	0.231	9.6	0.094	9.6	1.559	9.6	-0.056	9.6	0.354	9.6	-1.522	9.6	-0.100
9.605	0.244	9.605	0.099	9.605	1.582	9.605	-0.026	9.605	0.463	9.605	-1.393	9.605	-0.088
9.61	0.204	9.61	0.087	9.61	1.637	9.61	-0.036	9.61	0.580	9.61	-1.156	9.61	-0.072
9.615	0.178	9.615	0.055	9.615	1.647	9.615	-0.017	9.615	0.685	9.615	-0.971	9.615	-0.078
9.62	0.193	9.62	0.070	9.62	1.634	9.62	-0.025	9.62	0.815	9.62	-0.757	9.62	-0.047
9.625	0.219	9.625	0.030	9.625	1.603	9.625	-0.051	9.625	0.932	9.625	-0.641	9.625	-0.039
9.63	0.204	9.63	0.015	9.63	1.562	9.63	-0.055	9.63	0.998	9.63	-0.465	9.63	-0.047
9.635	0.213	9.635	0.020	9.635	1.514	9.635	-0.031	9.635	1.029	9.635	-0.131	9.635	-0.010
9.64	0.215	9.64	-0.032	9.64	1.482	9.64	-0.036	9.64	1.083	9.64	0.131	9.64	0.025



9.645	0.232	9.645	-0.006	9.645	1.407	9.645	-0.008	9.645	1.067	9.645	0.222	9.645	0.033
9.65	0.227	9.65	-0.068	9.65	1.375	9.65	0.025	9.65	1.053	9.65	0.444	9.65	0.068
9.655	0.166	9.655	-0.105	9.655	1.304	9.655	0.052	9.655	0.982	9.655	0.768	9.655	0.071
9.66	0.123	9.66	-0.074	9.66	1.203	9.66	0.084	9.66	0.914	9.66	0.828	9.66	0.083
9.665	0.148	9.665	-0.093	9.665	1.118	9.665	0.117	9.665	0.848	9.665	0.831	9.665	0.109
9.67	0.124	9.67	-0.105	9.67	1.049	9.67	0.122	9.67	0.751	9.67	0.965	9.67	0.140
9.675	0.153	9.675	-0.150	9.675	0.960	9.675	0.171	9.675	0.660	9.675	1.059	9.675	0.112
9.68	0.140	9.68	-0.136	9.68	0.878	9.68	0.175	9.68	0.529	9.68	1.107	9.68	0.126
9.685	0.207	9.685	-0.128	9.685	0.702	9.685	0.164	9.685	0.420	9.685	1.152	9.685	0.119
9.69	0.154	9.69	-0.188	9.69	0.501	9.69	0.143	9.69	0.259	9.69	1.287	9.69	0.092
9.695	0.120	9.695	-0.128	9.695	0.312	9.695	0.176	9.695	0.101	9.695	1.358	9.695	0.098
9.7	0.119	9.7	-0.152	9.7	0.154	9.7	0.214	9.7	-0.033	9.7	1.507	9.7	0.047
9.705	0.087	9.705	-0.133	9.705	-0.006	9.705	0.205	9.705	-0.181	9.705	1.647	9.705	0.026
9.71	0.065	9.71	-0.170	9.71	-0.155	9.71	0.201	9.71	-0.345	9.71	1.692	9.71	0.024
9.715	0.067	9.715	-0.180	9.715	-0.313	9.715	0.230	9.715	-0.479	9.715	1.734	9.715	0.013
9.72	0.061	9.72	-0.179	9.72	-0.539	9.72	0.242	9.72	-0.610	9.72	1.720	9.72	-0.024
9.725	0.041	9.725	-0.173	9.725	-0.733	9.725	0.214	9.725	-0.728	9.725	1.638	9.725	-0.096
9.73	0.059	9.73	-0.143	9.73	-0.872	9.73	0.195	9.73	-0.821	9.73	1.519	9.73	-0.100
9.735	0.031	9.735	-0.172	9.735	-1.012	9.735	0.210	9.735	-0.890	9.735	1.353	9.735	-0.137
9.74	0.045	9.74	-0.162	9.74	-1.073	9.74	0.190	9.74	-0.939	9.74	1.193	9.74	-0.139
9.745	0.002	9.745	-0.115	9.745	-1.145	9.745	0.169	9.745	-0.971	9.745	1.149	9.745	-0.136
9.75	0.049	9.75	-0.092	9.75	-1.271	9.75	0.178	9.75	-1.004	9.75	1.031	9.75	-0.114
9.755	0.038	9.755	-0.107	9.755	-1.306	9.755	0.141	9.755	-1.004	9.755	0.925	9.755	-0.090
9.76	-0.020	9.76	-0.111	9.76	-1.311	9.76	0.158	9.76	-1.008	9.76	0.772	9.76	-0.073
9.765	-0.066	9.765	-0.082	9.765	-1.327	9.765	0.159	9.765	-0.981	9.765	0.604	9.765	-0.052
9.77	-0.041	9.77	-0.067	9.77	-1.314	9.77	0.153	9.77	-0.904	9.77	0.305	9.77	-0.033
9.775	-0.069	9.775	-0.067	9.775	-1.315	9.775	0.150	9.775	-0.898	9.775	-0.016	9.775	0.001
9.78	-0.097	9.78	-0.051	9.78	-1.282	9.78	0.154	9.78	-0.842	9.78	-0.303	9.78	0.030
9.785	-0.100	9.785	-0.040	9.785	-1.291	9.785	0.157	9.785	-0.771	9.785	-0.596	9.785	0.055
9.79	-0.097	9.79	-0.031	9.79	-1.253	9.79	0.129	9.79	-0.713	9.79	-0.815	9.79	0.099
9.795	-0.112	9.795	-0.049	9.795	-1.175	9.795	0.101	9.795	-0.618	9.795	-1.031	9.795	0.137
9.8	-0.160	9.8	-0.003	9.8	-1.128	9.8	0.101	9.8	-0.539	9.8	-1.117	9.8	0.118
9.805	-0.200	9.805	0.018	9.805	-1.080	9.805	0.114	9.805	-0.446	9.805	-1.236	9.805	0.128
9.81	-0.215	9.81	0.012	9.81	-1.031	9.81	0.115	9.81	-0.321	9.81	-1.411	9.81	0.158
9.815	-0.237	9.815	0.048	9.815	-0.999	9.815	0.091	9.815	-0.194	9.815	-1.425	9.815	0.144
9.82	-0.229	9.82	0.060	9.82	-0.899	9.82	0.098	9.82	-0.072	9.82	-1.504	9.82	0.153
9.825	-0.205	9.825	0.069	9.825	-0.848	9.825	0.092	9.825	0.059	9.825	-1.601	9.825	0.158
9.83	-0.226	9.83	0.085	9.83	-0.732	9.83	0.069	9.83	0.168	9.83	-1.659	9.83	0.144
9.835	-0.289	9.835	0.102	9.835	-0.617	9.835	0.077	9.835	0.329	9.835	-1.639	9.835	0.146
9.84	-0.306	9.84	0.156	9.84	-0.580	9.84	0.041	9.84	0.487	9.84	-1.655	9.84	0.118
9.845	-0.278	9.845	0.154	9.845	-0.508	9.845	0.024	9.845	0.572	9.845	-1.588	9.845	0.097
9.85	-0.266	9.85	0.162	9.85	-0.495	9.85	0.017	9.85	0.654	9.85	-1.484	9.85	0.094
9.855	-0.282	9.855	0.173	9.855	-0.471	9.855	-0.010	9.855	0.766	9.855	-1.332	9.855	0.113
9.86	-0.307	9.86	0.179	9.86	-0.508	9.86	-0.024	9.86	0.809	9.86	-1.155	9.86	0.082
9.865	-0.328	9.865	0.170	9.865	-0.427	9.865	-0.061	9.865	0.884	9.865	-1.073	9.865	0.046

9.87	-0.325	9.87	0.215	9.87	-0.339	9.87	-0.093	9.87	0.948	9.87	-0.973	9.87	-0.010
9.875	-0.345	9.875	0.188	9.875	-0.277	9.875	-0.114	9.875	1.023	9.875	-0.873	9.875	0.003
9.88	-0.272	9.88	0.184	9.88	-0.249	9.88	-0.098	9.88	1.012	9.88	-0.660	9.88	-0.021
9.885	-0.287	9.885	0.186	9.885	-0.187	9.885	-0.120	9.885	1.012	9.885	-0.684	9.885	-0.036
9.89	-0.308	9.89	0.174	9.89	-0.133	9.89	-0.110	9.89	1.009	9.89	-0.670	9.89	-0.030
9.895	-0.302	9.895	0.167	9.895	-0.049	9.895	-0.138	9.895	0.973	9.895	-0.365	9.895	-0.075
9.9	-0.313	9.9	0.173	9.9	0.081	9.9	-0.168	9.9	0.970	9.9	-0.242	9.9	-0.069
9.905	-0.304	9.905	0.190	9.905	0.216	9.905	-0.174	9.905	0.933	9.905	-0.150	9.905	-0.089
9.91	-0.295	9.91	0.198	9.91	0.410	9.91	-0.207	9.91	0.808	9.91	0.117	9.91	-0.109
9.915	-0.253	9.915	0.182	9.915	0.618	9.915	-0.201	9.915	0.714	9.915	0.444	9.915	-0.099
9.92	-0.266	9.92	0.110	9.92	0.727	9.92	-0.224	9.92	0.622	9.92	0.573	9.92	-0.140
9.925	-0.236	9.925	0.097	9.925	0.832	9.925	-0.217	9.925	0.490	9.925	0.718	9.925	-0.202
9.93	-0.233	9.93	0.076	9.93	1.033	9.93	-0.227	9.93	0.329	9.93	0.870	9.93	-0.210
9.935	-0.209	9.935	0.079	9.935	1.197	9.935	-0.223	9.935	0.154	9.935	0.949	9.935	-0.212
9.94	-0.162	9.94	0.084	9.94	1.348	9.94	-0.187	9.94	-0.008	9.94	1.017	9.94	-0.257
9.945	-0.186	9.945	0.094	9.945	1.501	9.945	-0.202	9.945	-0.173	9.945	1.035	9.945	-0.248
9.95	-0.167	9.95	0.072	9.95	1.644	9.95	-0.172	9.95	-0.332	9.95	1.173	9.95	-0.251
9.955	-0.168	9.955	0.035	9.955	1.744	9.955	-0.151	9.955	-0.496	9.955	1.341	9.955	-0.251
9.96	-0.131	9.96	0.012	9.96	1.829	9.96	-0.163	9.96	-0.610	9.96	1.516	9.96	-0.261
9.965	-0.124	9.965	-0.026	9.965	1.874	9.965	-0.148	9.965	-0.710	9.965	1.613	9.965	-0.242
9.97	-0.102	9.97	-0.033	9.97	1.868	9.97	-0.132	9.97	-0.815	9.97	1.752	9.97	-0.257
9.975	-0.084	9.975	-0.021	9.975	1.847	9.975	-0.141	9.975	-0.903	9.975	1.805	9.975	-0.233
9.98	-0.100	9.98	-0.038	9.98	1.790	9.98	-0.184	9.98	-0.939	9.98	1.730	9.98	-0.199
9.985	-0.058	9.985	-0.044	9.985	1.682	9.985	-0.154	9.985	-0.993	9.985	1.669	9.985	-0.181
9.99	-0.023	9.99	-0.079	9.99	1.557	9.99	-0.135	9.99	-0.980	9.99	1.621	9.99	-0.179
9.995	-0.072	9.995	-0.083	9.995	1.449	9.995	-0.163	9.995	-0.922	9.995	1.523	9.995	-0.113
10	-0.022	10	-0.061	10	1.276	10	-0.110	10	-0.917	10	1.386	10	-0.069
10.005	-0.024	10.005	-0.079	10.005	1.090	10.005	-0.080	10.005	-0.861	10.005	1.362	10.005	-0.058
10.01	-0.021	10.01	-0.061	10.01	0.932	10.01	-0.085	10.01	-0.773	10.01	1.322	10.01	0.016
10.015	-0.026	10.015	-0.070	10.015	0.792	10.015	-0.055	10.015	-0.739	10.015	1.179	10.015	0.039
10.02	0.047	10.02	-0.099	10.02	0.609	10.02	-0.032	10.02	-0.712	10.02	1.000	10.02	0.050
10.025	0.077	10.025	-0.136	10.025	0.468	10.025	-0.033	10.025	-0.622	10.025	0.857	10.025	0.104
10.03	0.070	10.03	-0.140	10.03	0.364	10.03	-0.037	10.03	-0.530	10.03	0.566	10.03	0.146
10.035	0.097	10.035	-0.128	10.035	0.264	10.035	-0.008	10.035	-0.497	10.035	0.338	10.035	0.152
10.04	0.056	10.04	-0.150	10.04	0.138	10.04	-0.019	10.04	-0.441	10.04	0.084	10.04	0.136
10.045	0.091	10.045	-0.143	10.045	0.009	10.045	-0.031	10.045	-0.340	10.045	-0.222	10.045	0.210
10.05	0.099	10.05	-0.152	10.05	-0.123	10.05	0.004	10.05	-0.269	10.05	-0.556	10.05	0.220
10.055	0.120	10.055	-0.131	10.055	-0.227	10.055	0.019	10.055	-0.194	10.055	-0.837	10.055	0.214
10.06	0.136	10.06	-0.179	10.06	-0.328	10.06	0.054	10.06	-0.100	10.06	-1.077	10.06	0.216
10.065	0.116	10.065	-0.158	10.065	-0.416	10.065	0.083	10.065	-0.002	10.065	-1.343	10.065	0.231
10.07	0.120	10.07	-0.152	10.07	-0.528	10.07	0.074	10.07	0.154	10.07	-1.503	10.07	0.239
10.075	0.126	10.075	-0.128	10.075	-0.629	10.075	0.084	10.075	0.302	10.075	-1.654	10.075	0.246
10.08	0.177	10.08	-0.123	10.08	-0.683	10.08	0.089	10.08	0.436	10.08	-1.791	10.08	0.215
10.085	0.150	10.085	-0.136	10.085	-0.756	10.085	0.077	10.085	0.562	10.085	-1.873	10.085	0.246
10.09	0.160	10.09	-0.122	10.09	-0.837	10.09	0.099	10.09	0.653	10.09	-2.007	10.09	0.190

10.095	0.158	10.095	-0.098	10.095	-0.869	10.095	0.111	10.095	0.770	10.095	-2.113	10.095	0.173
10.1	0.152	10.1	-0.081	10.1	-0.977	10.1	0.085	10.1	0.855	10.1	-2.081	10.1	0.185
10.105	0.158	10.105	-0.098	10.105	-1.078	10.105	0.098	10.105	0.897	10.105	-2.011	10.105	0.158
10.11	0.120	10.11	-0.048	10.11	-1.132	10.11	0.111	10.11	1.006	10.11	-2.008	10.11	0.138
10.115	0.122	10.115	-0.068	10.115	-1.164	10.115	0.121	10.115	1.073	10.115	-1.815	10.115	0.140
10.12	0.168	10.12	-0.086	10.12	-1.217	10.12	0.147	10.12	1.074	10.12	-1.581	10.12	0.124
10.125	0.215	10.125	-0.039	10.125	-1.277	10.125	0.135	10.125	1.076	10.125	-1.432	10.125	0.077
10.13	0.217	10.13	-0.022	10.13	-1.336	10.13	0.169	10.13	1.047	10.13	-1.325	10.13	0.069
10.135	0.223	10.135	0.011	10.135	-1.399	10.135	0.184	10.135	1.019	10.135	-1.106	10.135	0.092
10.14	0.198	10.14	0.023	10.14	-1.503	10.14	0.187	10.14	0.939	10.14	-0.936	10.14	0.037
10.145	0.233	10.145	0.067	10.145	-1.452	10.145	0.132	10.145	0.870	10.145	-0.896	10.145	-0.003
10.15	0.249	10.15	0.079	10.15	-1.464	10.15	0.144	10.15	0.736	10.15	-0.702	10.15	-0.008
10.155	0.188	10.155	0.036	10.155	-1.441	10.155	0.158	10.155	0.622	10.155	-0.557	10.155	-0.047
10.16	0.204	10.16	0.087	10.16	-1.363	10.16	0.164	10.16	0.495	10.16	-0.229	10.16	-0.096
10.165	0.199	10.165	0.093	10.165	-1.335	10.165	0.153	10.165	0.336	10.165	0.065	10.165	-0.095
10.17	0.231	10.17	0.103	10.17	-1.277	10.17	0.166	10.17	0.147	10.17	0.163	10.17	-0.148
10.175	0.223	10.175	0.109	10.175	-1.152	10.175	0.186	10.175	-0.023	10.175	0.436	10.175	-0.156
10.18	0.249	10.18	0.102	10.18	-1.016	10.18	0.222	10.18	-0.139	10.18	0.709	10.18	-0.134
10.185	0.263	10.185	0.093	10.185	-0.868	10.185	0.225	10.185	-0.301	10.185	0.773	10.185	-0.151
10.19	0.226	10.19	0.122	10.19	-0.747	10.19	0.198	10.19	-0.429	10.19	0.843	10.19	-0.118
10.195	0.203	10.195	0.127	10.195	-0.638	10.195	0.175	10.195	-0.540	10.195	1.001	10.195	-0.103
10.2	0.221	10.2	0.107	10.2	-0.533	10.2	0.154	10.2	-0.661	10.2	1.109	10.2	-0.087
10.205	0.208	10.205	0.127	10.205	-0.349	10.205	0.128	10.205	-0.738	10.205	1.174	10.205	-0.067
10.21	0.203	10.21	0.136	10.21	-0.158	10.21	0.093	10.21	-0.792	10.21	1.332	10.21	-0.023
10.215	0.180	10.215	0.113	10.215	-0.042	10.215	0.065	10.215	-0.850	10.215	1.496	10.215	-0.015
10.22	0.249	10.22	0.122	10.22	0.106	10.22	0.095	10.22	-0.885	10.22	1.565	10.22	0.003
10.225	0.215	10.225	0.102	10.225	0.177	10.225	0.055	10.225	-0.913	10.225	1.709	10.225	0.021
10.23	0.191	10.23	0.095	10.23	0.213	10.23	0.065	10.23	-0.977	10.23	1.811	10.23	0.030
10.235	0.142	10.235	0.071	10.235	0.335	10.235	0.047	10.235	-0.985	10.235	1.777	10.235	0.049
10.24	0.132	10.24	0.094	10.24	0.450	10.24	0.031	10.24	-0.961	10.24	1.750	10.24	0.056

## DOCUMENTO N.º 6

# ANEJO (IV): PLANOS DEL PROYECTO ORIGINAL Y MODIFICADO

José Luis Mocholí Garrido

Carlos Pérez Fuentes

## 1. Introducción

En el siguiente documento se muestran tanto los planos del proyecto original como el plano en alzado del proyecto modificado.

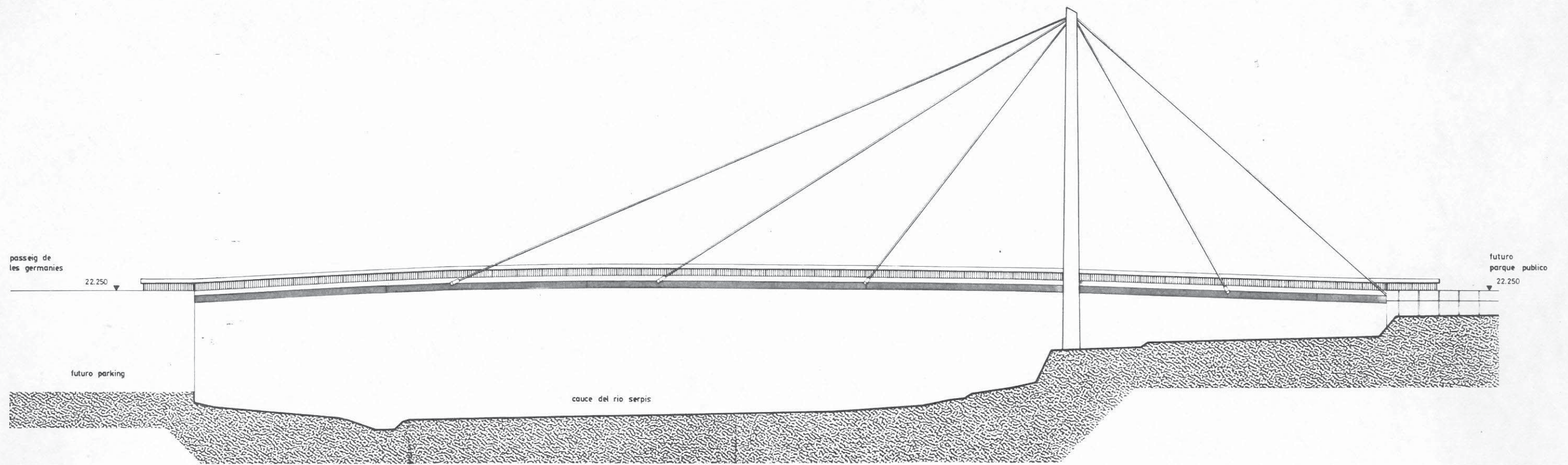
Como planos originales tenemos:

- (1) Alzado general y cota de rasante.
- (2) Pilonos. Definición geométrica.
- (3) Secciones del tablero.
- (4) Secciones del tablero (continuación).
- (5) Definición de tirantes y anclaje de cables en tablero.

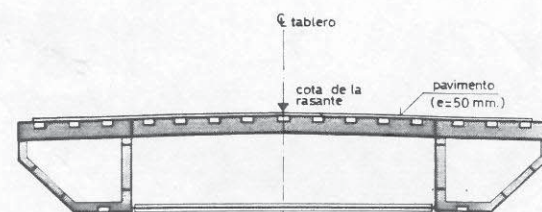
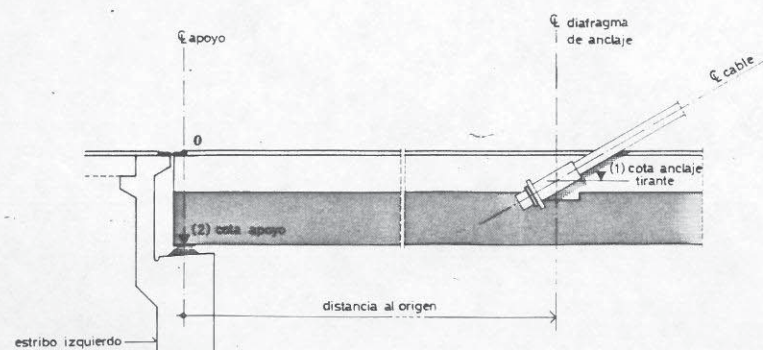
Como planos modificados tenemos:

- (1) Disposición de rigidizadores transversales y triangulación inferior.

## PLANOS DEL PROYECTO ORIGINAL



Distancia al origen (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Cota rasante (tablero a peso propio)	22.250	22.565	22.843	23.083	23.287	23.454	23.583	23.676	23.731	23.750	23.742	23.719	23.681	23.628	23.559	23.475	23.375	23.260	23.130	22.985	22.824	22.648	22.457	22.250
Cota anclajes de tirantes (1)						22.984				23.280				23.158							22.354			
Cota apoyos (2)	20.914																	21.924						20.914



Nota: el origen 0 de la rasante esta en el plano transversal que contiene los ejes de apoyo del tablero en estribo izquierdo.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD SEGUN NORMAS MV-103, EP-80 Y EH-82

MATERIALES	DENOMINACION	CAR. MEC. (Kp/m <sup>2</sup> )	CONTROL	COEF. SEC.
Acero estructural	A-42 b	$\sigma_u = 2600$		1
Hormigon en pilas y estribos	H-350	$f_{ck} = 350$	normal	1.5
Hormigon en cimentaciones y estribos	H-200	$f_{ck} = 200$	normal	1.5
Acero pasivo en pilas	AEH-500	$f_{yk} = 5100$	normal	1.1
Acero pasivo en cimentaciones y estribos	AEH-500	$f_{yk} = 5100$	normal	1.15
Acero pretensado en cables	AH 1670 R2	$f_{max k} = 17000$ $f_{py} = 14170$	intenso	1.1
ACCIONES EP80yEH82	Daños medios		intenso	1.5
MV-103	Permanentes			1.33
	Variabiles			1.5

proyecto PASARELA PEATONAL SOBRE RIO SERPIS

INGENIEROS AUTORES PROYECTO  
**roberto santatecla**  
**juan José moragues**

situación RÍO SERPIS - GANDIA

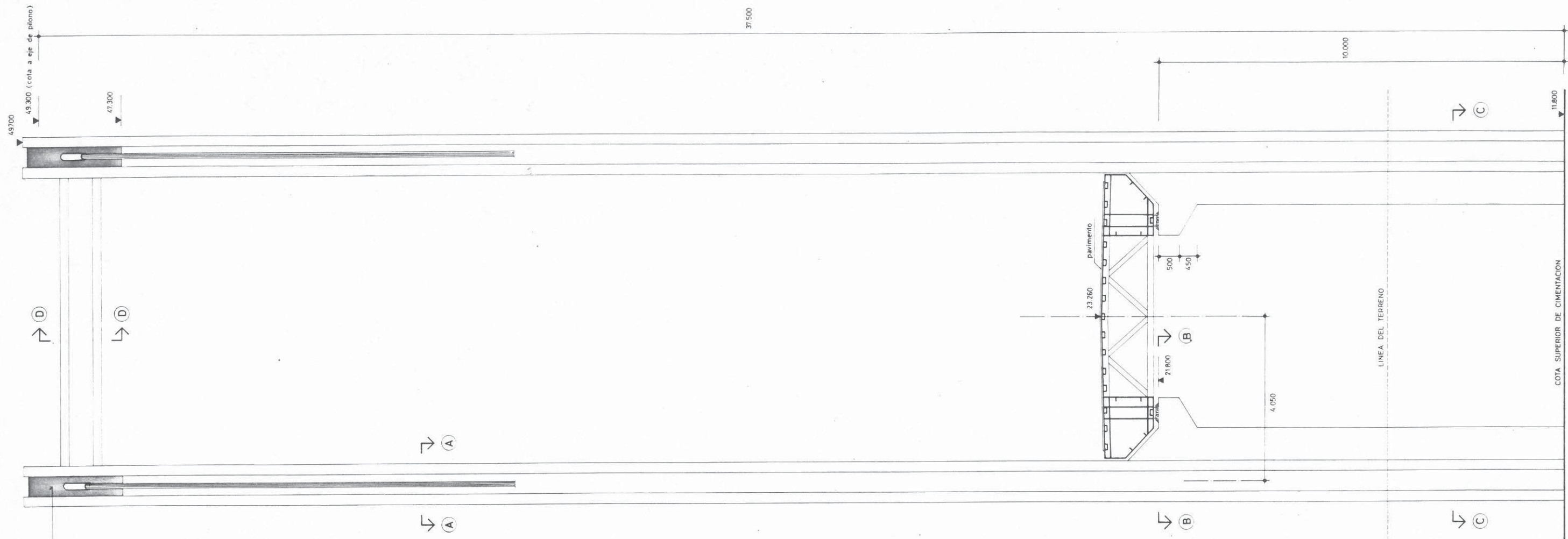
propietario EXCMO. AYUNTAMIENTO DE GANDIA

ALZADO GENERAL  
Y COTAS RASANTE

ingenieros de caminos

INGENIEROS CONSULTORES: PEDRO FUSTER GARCIA  
SALVADOR MONLEON CREMADES  
JUAN FCO. MOYA BORRANO

novbre - 85 escala: 1/200 P-3

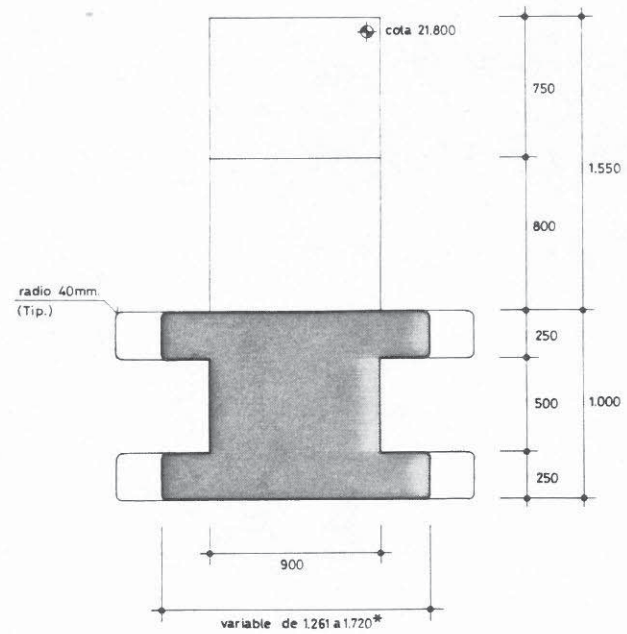


ALZADO  
ESCALA 1/50

SECCIONES

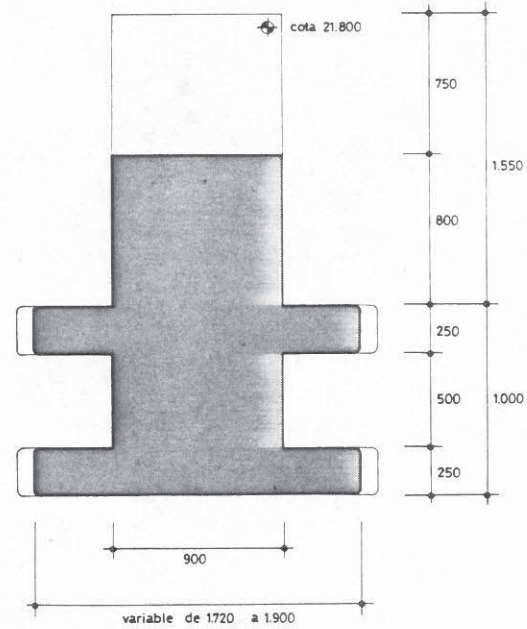
ESCALA 1/20

nota - Para seccion C-C ver plano de cimentacion (plano n°11)

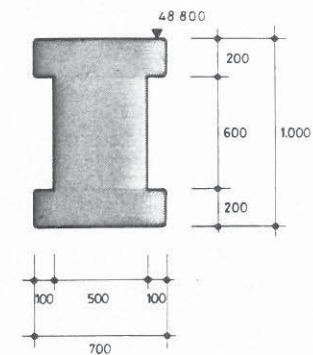


(\*) Este canto corresponde a la cota 21.800

seccion A-A



seccion B-B

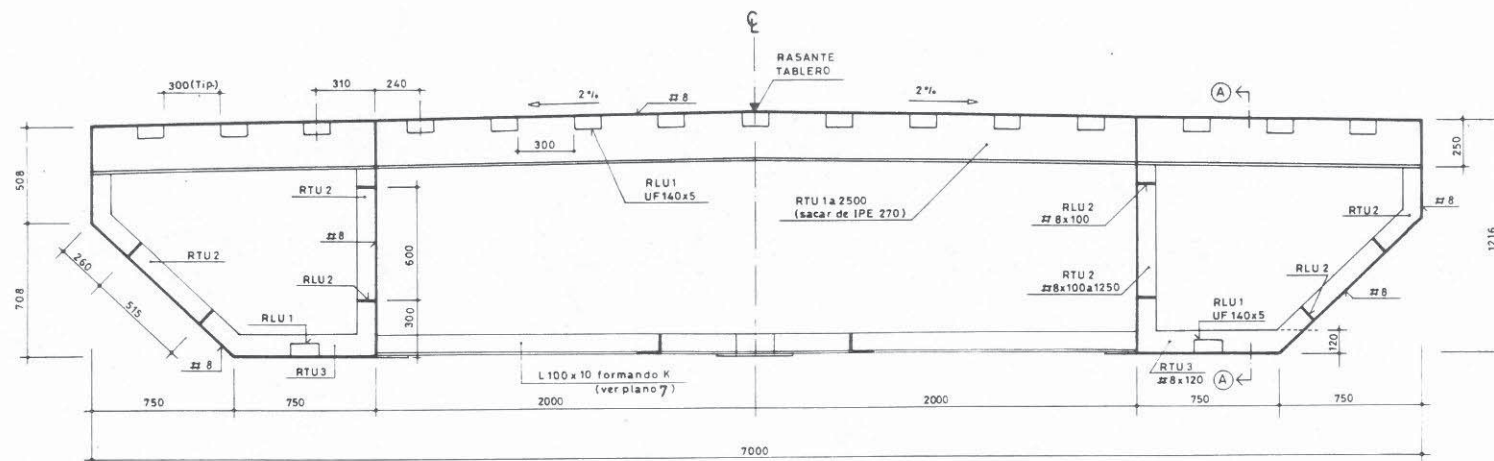


seccion D-D

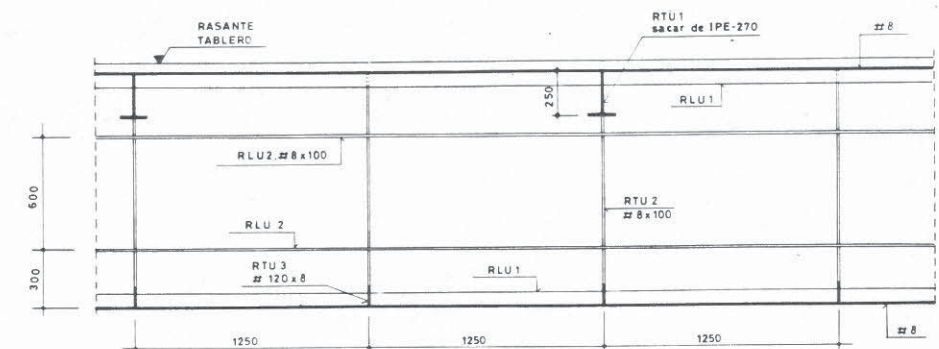
proyecto PASARELA PEATONAL SOBRE RIO SERPIS		situacion RIO SERPIS - GANDIA	
INGENIEROS AUTORES PROYECTO <b>roberto santatecla</b> <b>juan José moragues</b>		propietario EXCMO. AYUNTAMIENTO DE GANDIA	
ingenieros de caminos		PILONOS DEFINICION GEOMETRICA	
INGENIEROS CONSULTORES: PEDRO FUSTER GARCIA SALVADOR MONLEON CREMADES JUAN FCO. MOYA SORIANO		novbre - 85	escala: 1/50 1/20
			P-4



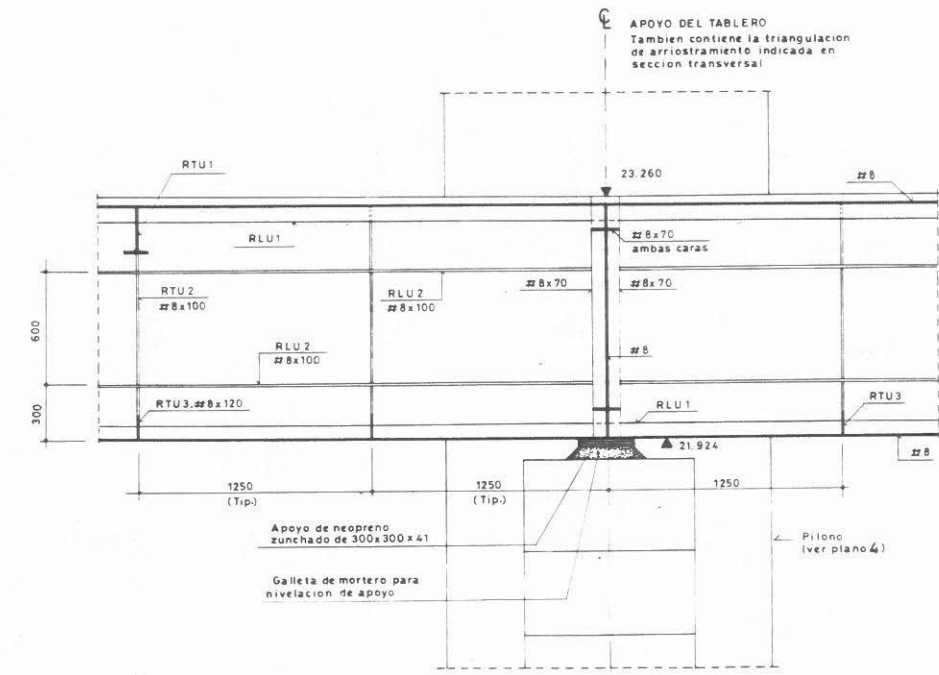
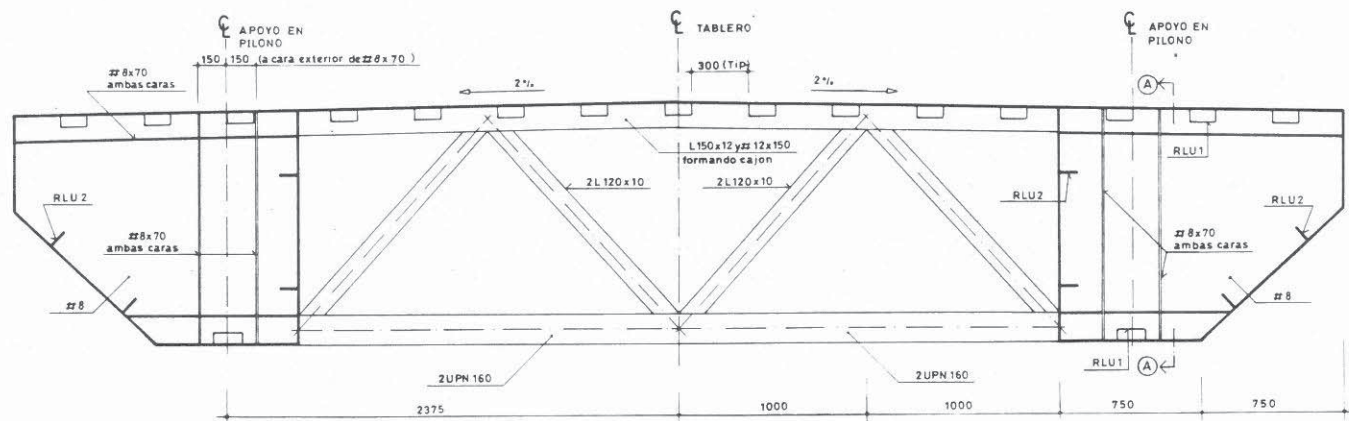
seccion transversal tipo



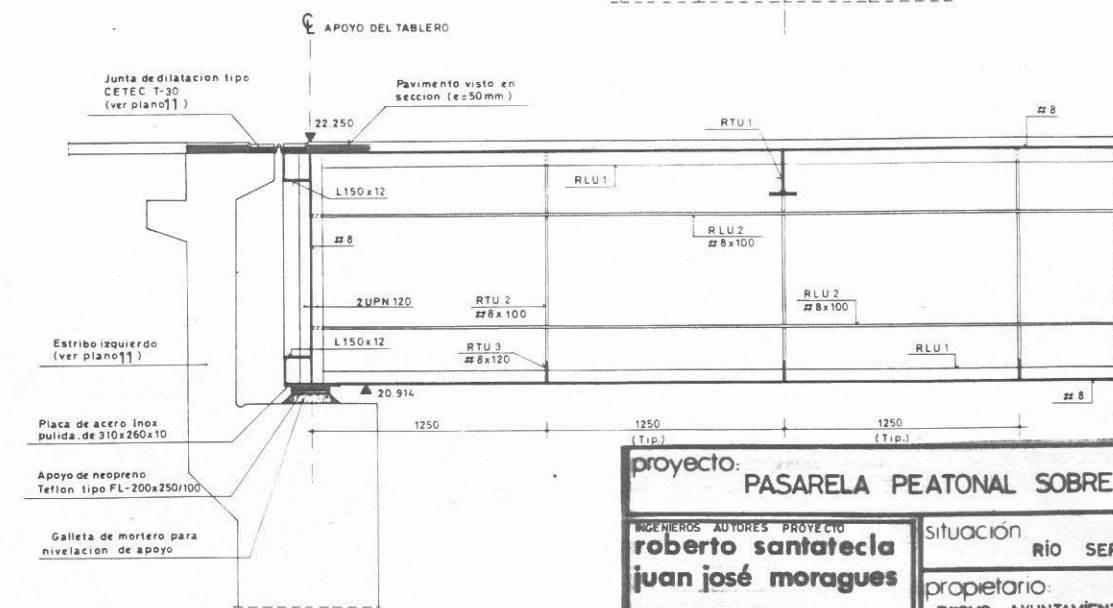
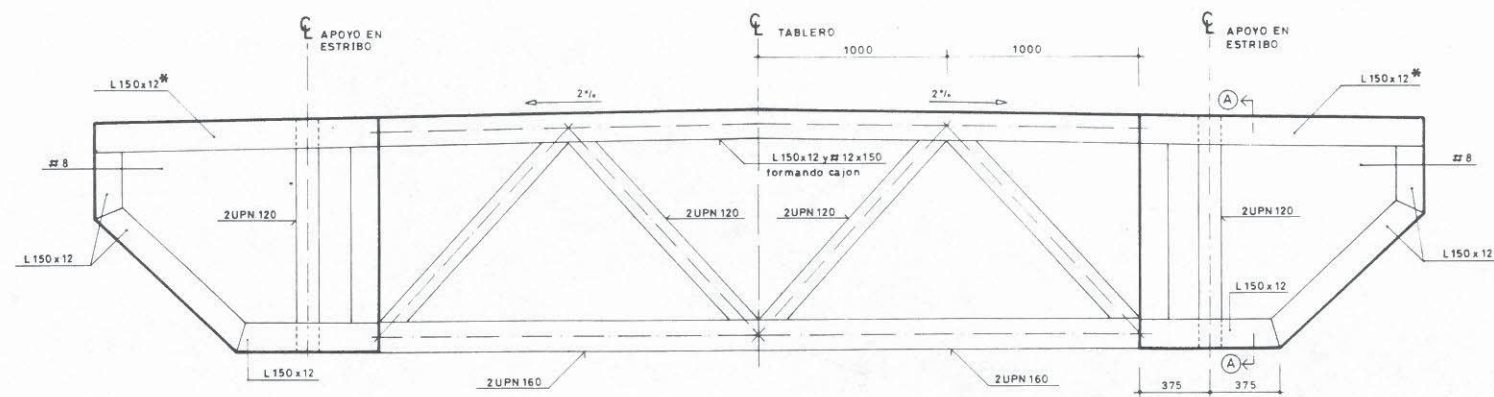
seccion A-A



seccion transversal sobre apoyo en pilonos



seccion de apoyo en estribo izquierdo



ESCALA 1/20  
(cotas en mm.)

nota

La triangulacion de arriostamiento de la seccion transversal sobre apoyo en estribo derecho se centrara con los angulares (#)

CODIGO DE RIGIDIZADORES	COMPOSICION
RLU1	Rigidizador longitudinal tipo1 UF 140x5
RLU2	" " " " " 2 # 8x100
RTU1	" transversal " 1 Sacar de IPE-270 (T alma larga)
RTU2	" " " 2 # 8x100
RTU3	" " " 3 # 8x120

proyecto: PASARELA PEATONAL SOBRE RIO SERPIS

INGENIEROS AUTORES PROYECTO: roberto santatecla, juan José moragues

situación: RIO SERPIS - GANDIA

propietario: EXCMO. AYUNTAMIENTO DE GANDIA

ingenieros de caminos

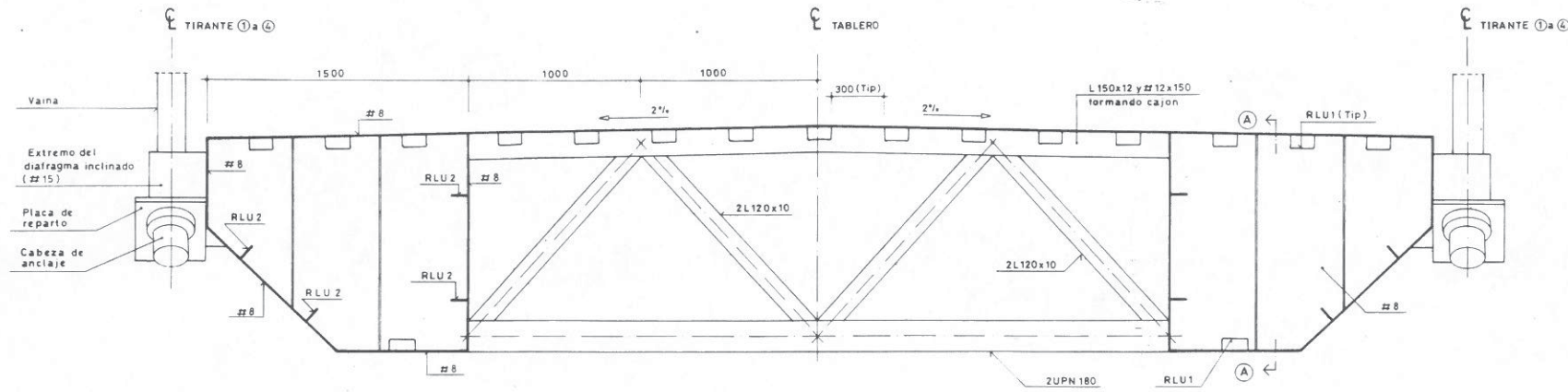
INGENIEROS CONSULTORES: PEDRO FUSTER GARCIA, SALVADOR HONLEON CREHADAS, JUAN FCO. NOYA BORLANO

SECCIONES DEL TABLERO

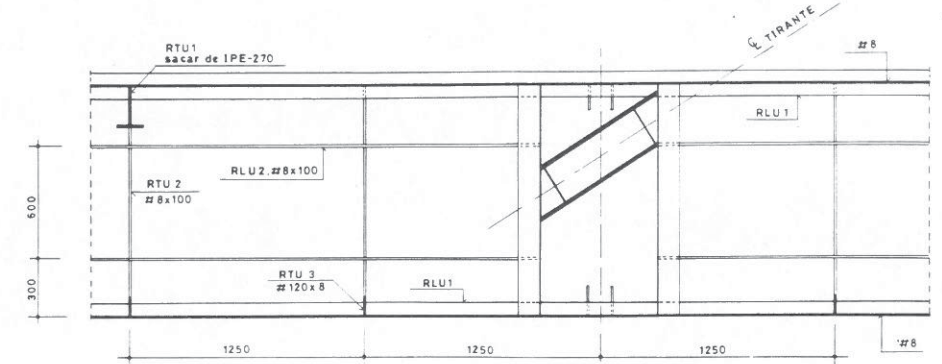
novbre - 85 escala: 1/20 P-6

seccion tipica de anclaje de cables

ESCALA 1/20 (cotas en mm)

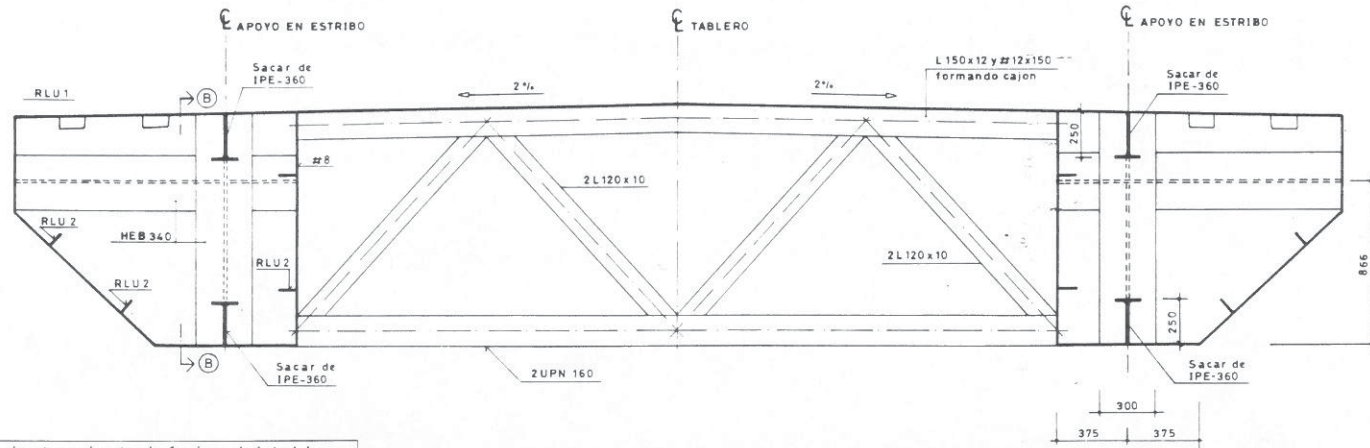


seccion A-A

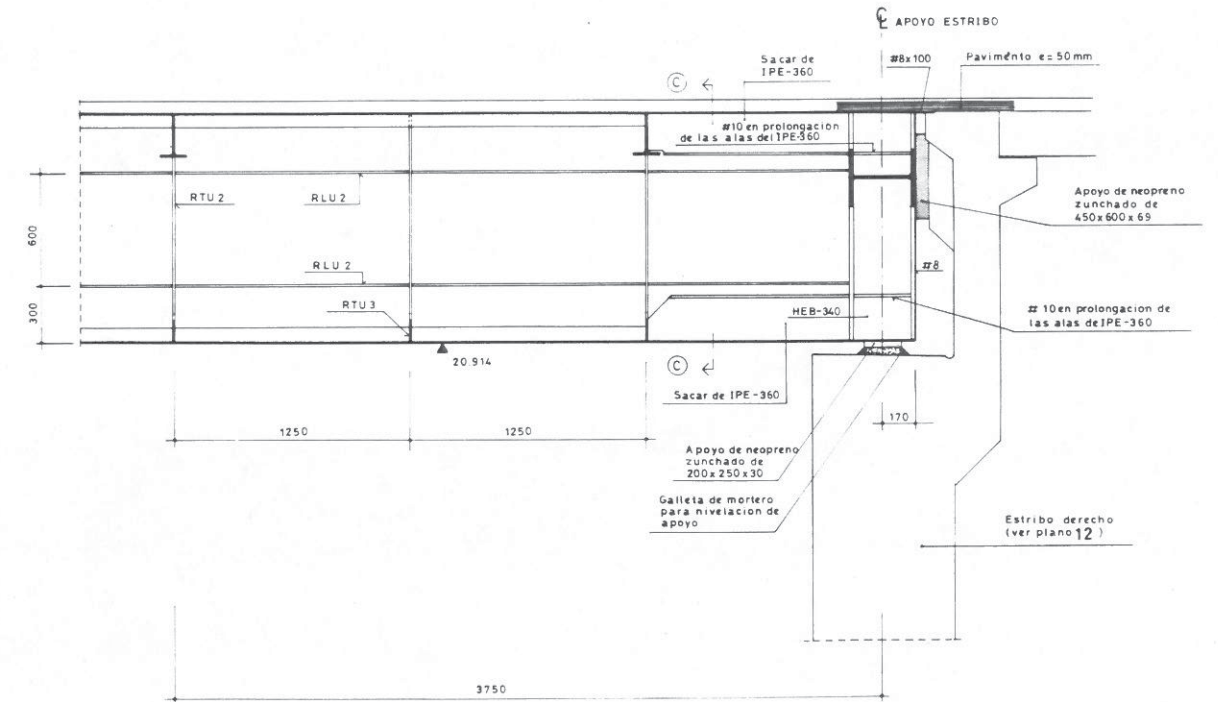


seccion de apoyo en estribo derecho C-C

ESCALA 1/20 (cotas en mm)

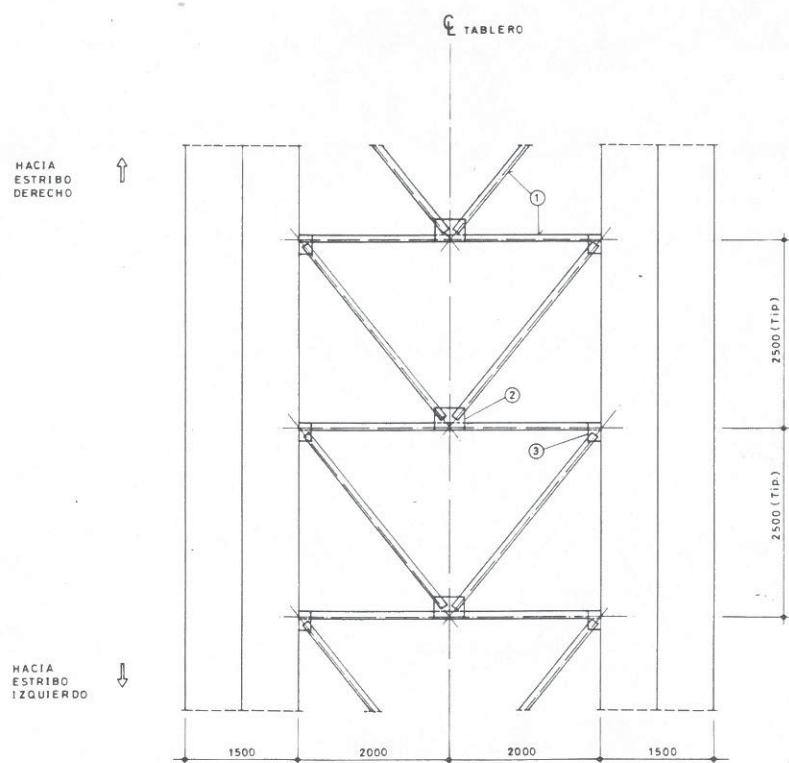


seccion B-B



arriostamiento inferior del tablero

ESCALA 1/50 (cotas en mm)



- ① Triangulacion en K formada por L100x10
- ② Cartela de union de 400x300x8
- ③ Cartela de union de 250x150x8

nota

- (1) Este plano se complementa con los planos n°8 y 9 (anclajes en tablero) y con el plano n°12 (definicion de estribo derecho)
- (2) La triangulacion de arriostamiento de la seccion de anclaje de cables se dispondra a ejes del diafragma de anclaje de cada cable ver plano n°9
- (3) Las cotas indicadas en la seccion A-A del anclaje de cables se especifican en el plano n°9

proyecto PASARELA PEATONAL SOBRE RIO SERPIS

INGENIEROS AUTORES PROYECTO  
**roberto santatecla**  
**juan jose moragues**

SITUACION  
RIO SERPIS - GANDIA

propietario  
EXCMO. AYUNTAMIENTO DE GANDIA

ingenieros de caminos

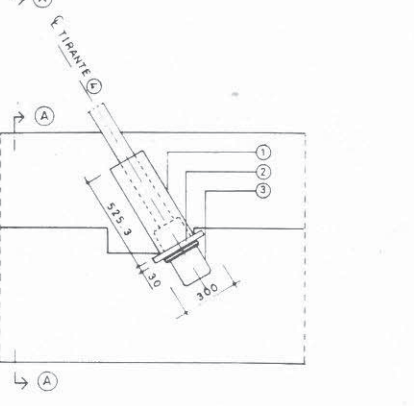
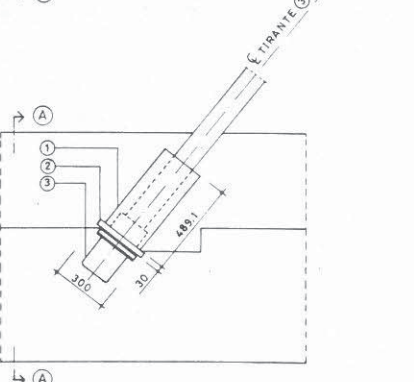
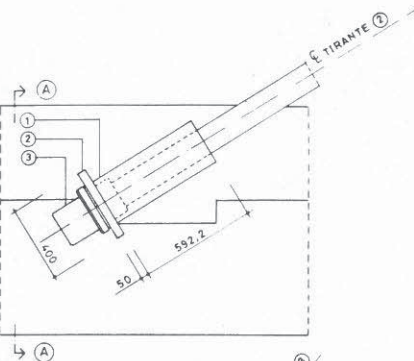
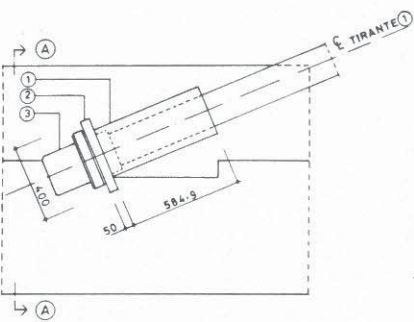
INGENIEROS CONSULTORES:  
PEDRO FUSTER GARCIA  
SALVADOR MONTEON CREMADIS  
JUAN P.D. NOVA SORIANO

SECCIONES DEL TABLERO  
(CONTINUACION)  
DETALLES

novbre - 85 escala: 1/20 P-7

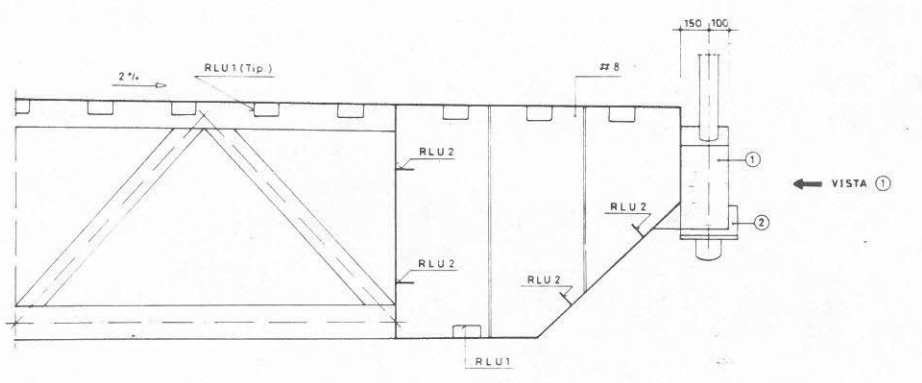
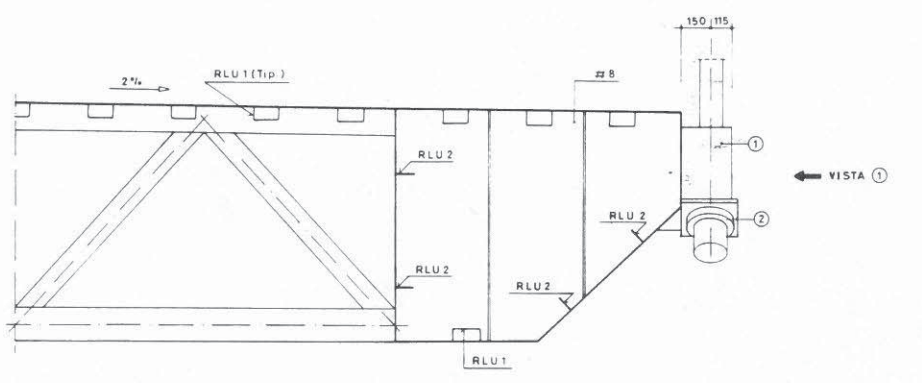
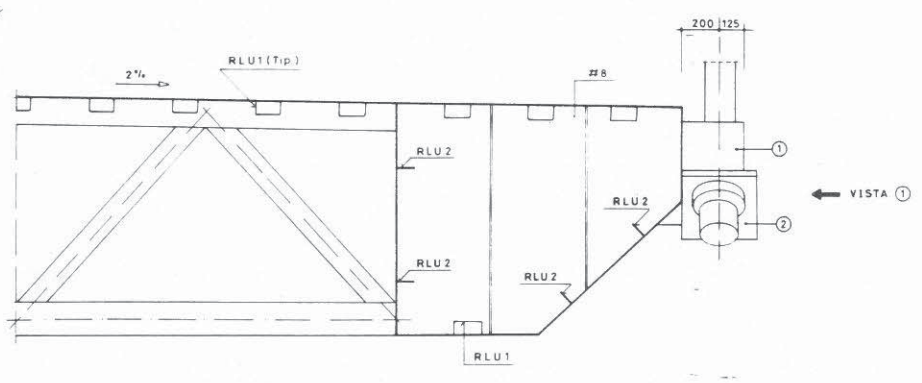
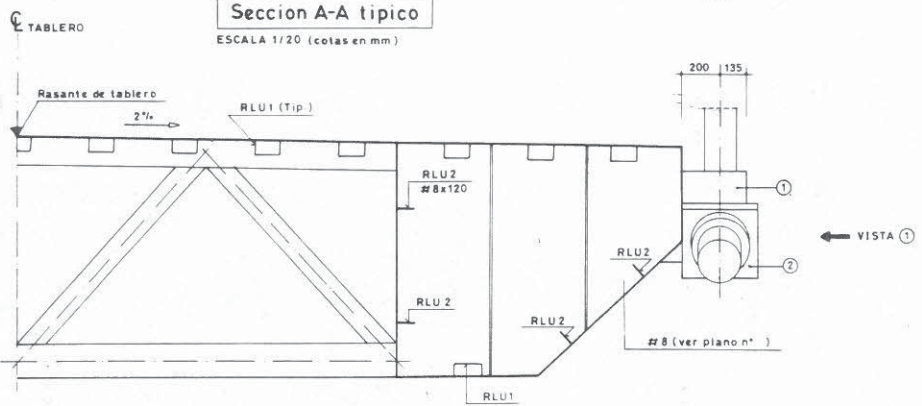
Vista ① típico

ESCALA 1/20 (cotas en mm)



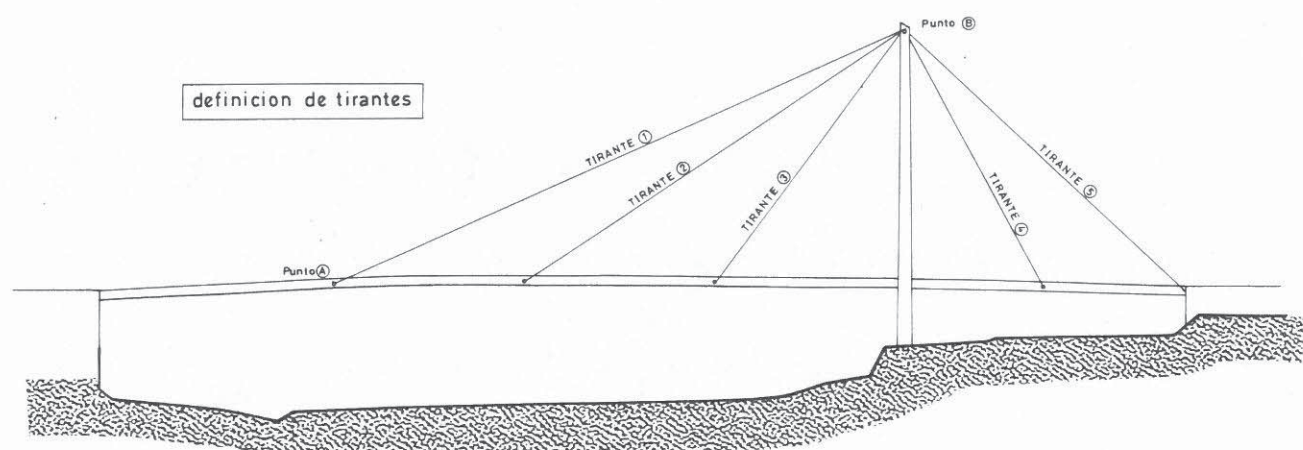
Sección A-A típico

ESCALA 1/20 (cotas en mm)



nota Se toma como punto origen 0 el eje de apoyo del tablero en estribo izquierdo en su intersección con la cara superior del pavimento (ver plano n° 3)

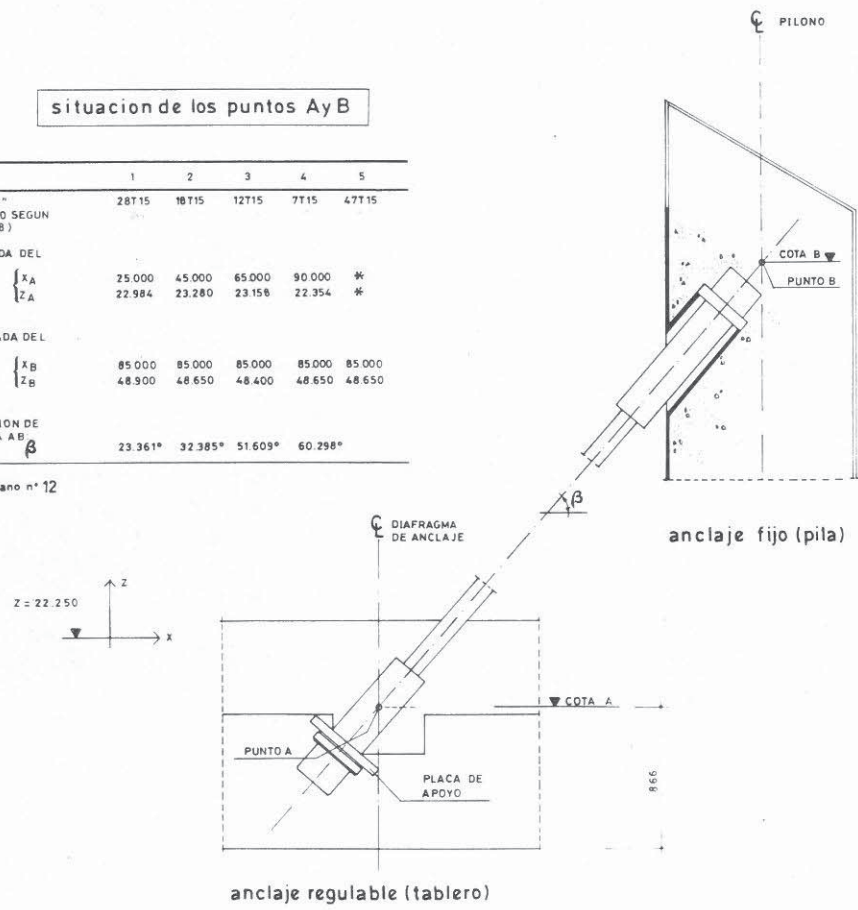
definición de tirantes



situación de los puntos A y B

TIRANTE	1	2	3	4	5	
n° Uds. 0.6" (15.2 AH1670 SEGUN UNE 36.098)	28115	18715	12715	7715	47715	
COORDENADA DEL PUNTO A	X <sub>A</sub>	25.000	45.000	65.000	90.000	W
	Z <sub>A</sub>	22.984	23.280	23.158	22.354	W
COORDENADA DEL PUNTO B	X <sub>B</sub>	85.000	85.000	85.000	85.000	85.000
	Z <sub>B</sub>	48.900	48.650	48.400	48.650	48.650
INCLINACION DE LA CUERDA AB β	23.361°	32.385°	51.609°	60.298°		

(\*) Ver plano n° 12



nota

- (1) Este plano se complementa con el plano n° 9
- (2) Para definición de tirante n° 5 ver plano n° 12
- (3) Definición de la leyenda de la vista ① y sección A-A

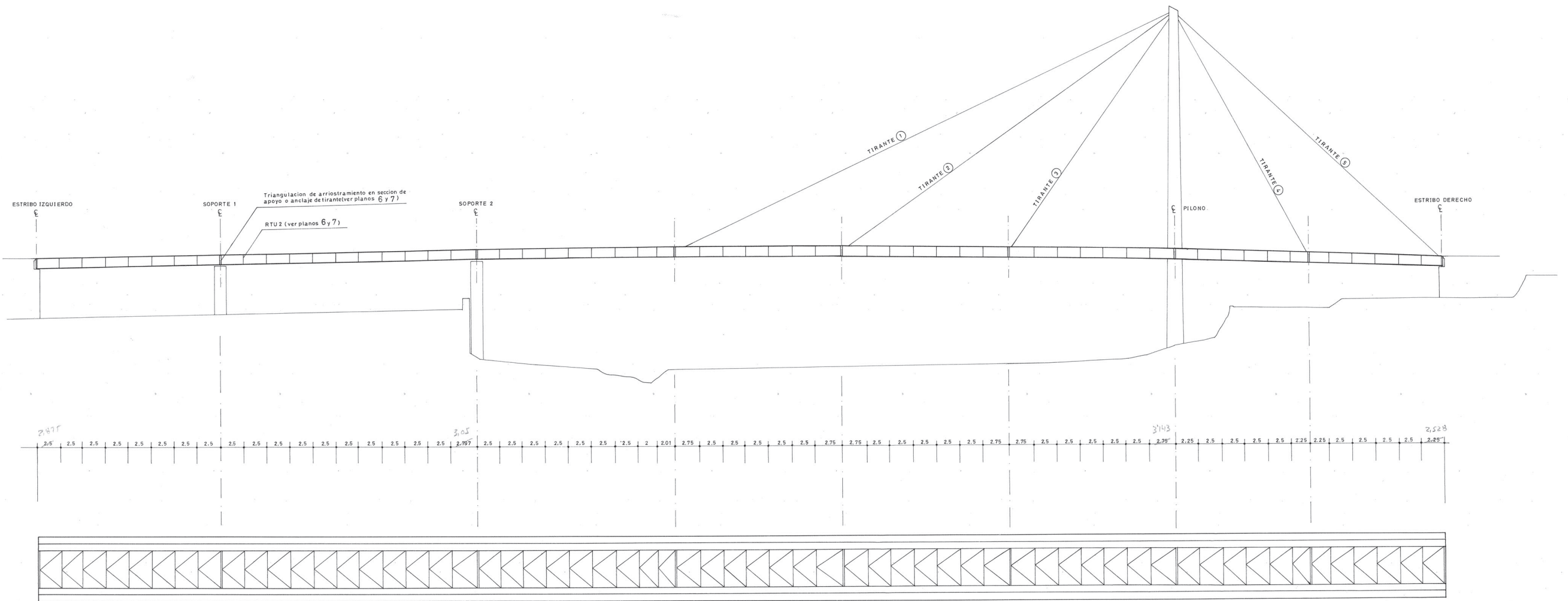
Elemento	Descripción
①	Extremo del diafragma inclinado para anclaje de tirante
②	Placa de reparto
③	Cabeza de anclaje del tirante (ver tabla 2 plano n° 10)

proyecto PASARELA PEATONAL SOBRE RIO SERPIS	
INGENIEROS AUTORES PROYECTO <b>roberto santatecla</b> <b>juan José moragues</b>	situación: RIO SERPIS - GANDIA
ingenieros de caminos	propietario: EXCMO. AYUNTAMIENTO DE GANDIA
INGENIEROS CONSULTORES: PEDRO FUSTER GARCIA, SALVADOR MOHLEON CREMADES, JUAN PCO. MOYA SORIANO	DEFINICION DE TIRANTES Y ANCLAJE DE CABLES EN TABLERO
novbre - 85	escala: 1/20 P- 8

## PLANOS DEL PROYECTO MODIFICADO

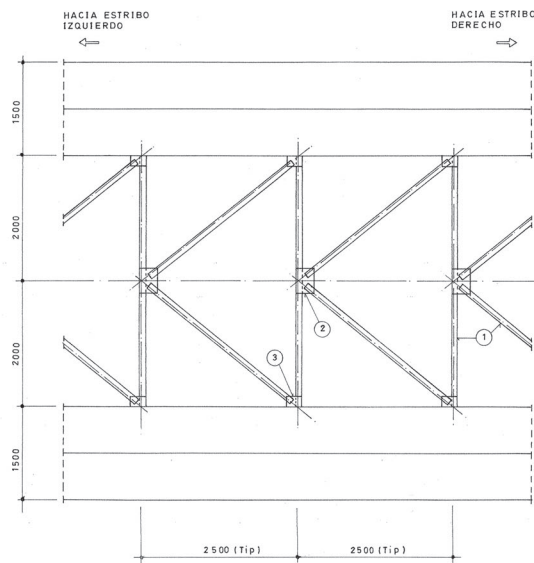
Disposicion de rigidizadores en seccion longitudinal del tablero

ESCALA 1/200



Planta arriostramiento inferior

ESCALA 1/200 (cotas en m)



Detalle tipico arriostramiento inferior del tablero

ESCALA 1/50 (cotas en mm)

- ① Triangulacion en K formada por L100x10
- ② Cartela de union de 400x300x8
- ③ Cartela de union de 250x150x8

nota

La triangulacion de arriostramiento de la seccion de anclaje de cables se dispondra a ejes del diafragma de anclaje de cada cable ver plano n° 9

proyecto: DE CONEXION DEL PASEO GERMANIAS CON EL ACCESO AL PARQUE ESTE		situación: RÍO SERPIS - GANDÍA	
INGENIEROS AUTORES PROYECTO: <b>roberto santatecla</b> <b>juan José moragues</b>		propietario: EXCMO. AYUNTAMIENTO DE GANDÍA	
ingenieros de caminos		DISPOSICION DE RIGIDIZADORES TRANSVERSALES y TRIANGULACION INFERIOR	
INGENIEROS CONSULTORES: PEDRO FUSTER GARCIA, SALVADOR MONLEON CREMADES, JUAN PED. HORA SOBANO	novbre - 86	escala:	P - 14