

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería Civil

Influencia de la relación entre rigideces del tablero y el arco en la respuesta resistente de puentes arco

Autor: Rafael Marqués Gómez

Tutor: Antonio Martínez de la Concha

Dep. Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería Civil

Influencia de la relación entre rigideces del
tablero y el arco en la respuesta resistente de
puentes arco

Autor:

Rafael Marqués Gómez

Tutor:

Antonio Martínez de la Concha

Dep. de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016

Contenido

1. Introducción.....	1
1.1. Objeto de estudio	2
2. Influencia de las rigideces del tablero y arco	3
2.1. Descripción del modelo.....	3
2.1.1. Tipología del puente modelo.....	3
2.1.2. Geometría de las secciones a utilizar:.....	4
2.1.3. Metodología	8
2.2. Comparativa de resultados.....	9
2.2.1. Resultados j. Manterola:.....	9
2.2.2. Resultados del modelo propuesto.....	11
2.3. Análisis de resultados	14
2.3.1. Conclusiones.....	16
3. Influencia de la relación flecha-luz	17
3.1. Relaciones flecha-luz	17
3.1.1. Descripción del modelo.....	17
3.1.2. Elección de las secciones a utilizar	17
3.2. Carga anti funicular	21
3.2.1. Resultados	21
3.2.2. Análisis de resultados	26
3.2.3. Conclusiones.....	27
3.3. Carga no funicular.....	28
3.3.1. Resultados	28
3.3.2. Análisis de resultados	32
3.3.3. Conclusiones.....	38
4. Variación de las condiciones del contorno.....	40
4.1. Fijación de los pilares	40
4.1.1. Resultados del modelo propuesto.....	40
4.1.2. Análisis de resultados	45
4.1.3. Conclusiones.....	48
4.2. Triangulación de tímpanos	49
4.2.1. Resultados del modelo propuesto.....	50
4.2.2. Análisis de resultados	52
4.2.3. Conclusiones.....	53
4.3. Empotramiento del arco	54
4.3.1. Resultados del modelo propuesto.....	54

4.3.2.	Análisis de resultados	57
4.3.3.	Conclusiones.....	58
5.	Resumen de conclusiones.	59
	• Para puente original ($f=L/6.6$), de 100 m de luz y 15 de flecha, bajo carga anti simétrica:.....	59
	• Puente original bajo distintas relaciones flecha-luz bajo carga anti funicular:.....	59
	• Caso original bajo distintas relaciones flecha-luz:	60
	• Variación de las C.C.:	60
	○ Empotramiento de los pilares:.....	60
	○ Triangulación de pilares:.....	61
	○ Empotramiento del arco:.....	61
6.	Bibliografía.....	62

1. Introducción

El puente arco fue una tipología estructural de gran utilización que sufrió un parón debido al surgimiento de dos tipologías nuevas de construcción de puentes: el puente de directriz recta de hormigón pretensado y el puente atirantado. Sin embargo, el empleo de la construcción de arcos mediante avance en voladizo y la utilización de la celosía como elemento del arco hizo resurgir este tipo de estructuras.

El puente arco es un tipo estructural constituido fundamentalmente por dos elementos: el arco y el tablero o dintel.

El primero de ellos es el principal elemento resistente de la estructura. Su forma viene determinada por el anti funicular de las cargas permanentes. Por otro lado, está el tablero, con un papel resistente secundario.

La transmisión de cargas entre ellos y la compatibilidad de movimientos se logra mediante los pilares, cuya distribución y fijación es muy variada. La carga es transmitida del tablero al arco mediante estos pilares y finalmente el arco la transmite a la cimentación.

La geometría del arco determina que sus esfuerzos bajo carga anti funicular sean casi exclusivamente de compresión, con una componente inclinada en el terreno. Sin embargo, bajo carga no funicular, que puede darse por ejemplo por una sobrecarga no permanente, se producen también flexiones. En la suma de ambos efectos predomina la compresión, lo que para luces grandes es fácil de resistir.

Si atendemos a la morfología del puente arco, encontramos tres tipologías: arcos de tablero superior, arcos de tablero inferior y arcos de tablero intermedio. Según cada uno de ellos, la forma de unión arco-tablero se realiza mediante pilares o tirantes (o mediante celosía o tímpano macizo). En relación al estudio que vamos a realizar, y que a continuación explicaremos su objeto, nos interesa el puente arco de tablero superior.

En esta tipología de puente arco predominan los arcos de hormigón, con metodologías de construcción que han evolucionado desde las cimbras auto portantes hasta los nuevos métodos de avance en voladizo.

A continuación, expondremos el objeto del estudio que vamos a realizar con esta interesante tipología de puente.

1.1. Objeto de estudio

El comportamiento de un puente arco ante cargas anti funiculares se convierte en un estudio de gran importancia en el momento en que los arcos comienzan a funcionar de manera conjunta con tableros. El estudio de dicho comportamiento es de gran interés ya que nos interesa conocer en qué influyen las geometrías (inercias) tanto del arco/s y del tablero, tanto a nivel de esfuerzos como de deflexiones.

El interés del estudio que se va a realizar radica en varios aspectos:

En primer lugar, se pretende validar (o dar soluciones alternativas) al ya realizado estudio acerca de las influencias de las rigideces tablero-arco por parte de d. Javier Manterola. (puentes, vol. II; 17.4.5.- "relación arco-tablero bajo acciones verticales"). Se intentará llegar a la solución propuesta por Manterola, pudiendo así corroborar sus conclusiones, o bien, aportar nuevas ideas y conceptos útiles para la realización de puentes arco.

En segundo lugar, se pretende estudiar el comportamiento de uno de los casos antes expuestos ante distintas relaciones flecha-luz, a luz constante, con la intención de conocer el comportamiento de los esfuerzos y deflexiones de los elementos principales de la estructura. Esto se realizará para dos casos: uno bajo carga simétrica anti funicular y otro bajo carga no funicular (anti simétrica).

Para finalizar, zanjando el estudio sobre las rigideces del arco y del tablero, se pretende ampliar en cierto grado el mencionado estudio. Para ello se realizarán una serie de modificaciones en el puente original, observando así las consecuencias de dichas variaciones tipológicas (fijación de pilares, distribución de éstos, tipos de apoyos en arco). Podremos así tener una visión más amplia del comportamiento de un puente arco, sea cual sea (o un gran abanico) la tipología que adopte.

2. Influencia de las rigideces del tablero y arco

2.1. Descripción del modelo

2.1.1. Tipología del puente modelo

Para el estudio que se va a realizar se ha decidido tomar dos puentes idénticos, de aproximadamente mismo peso propio (misma área en las secciones) pero diferentes rigideces (distintas inercias, las cuales se justificarán en el siguiente apartado).

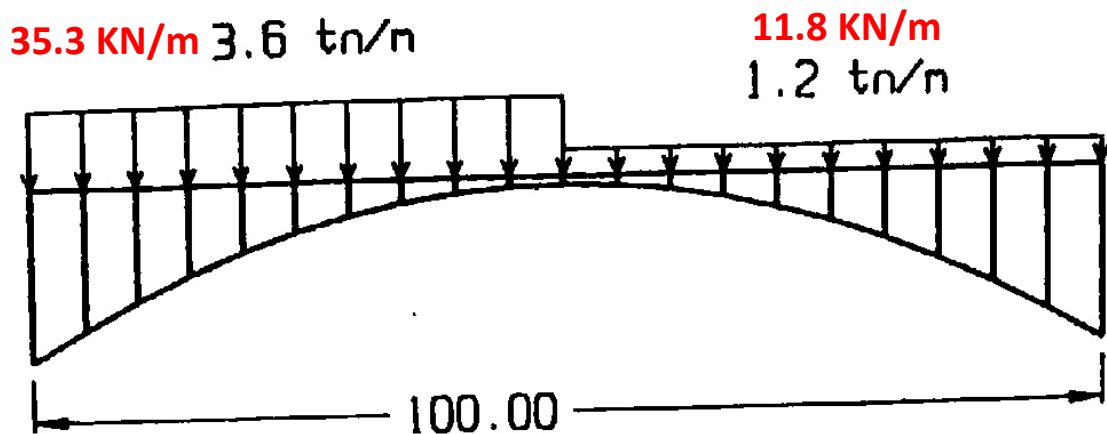
Se tratan de puentes de 100 m de luz y 15 m de flecha. ($l/f=6.6$)

Como material se ha tomado un hormigón con un módulo de elasticidad de 3.522×10^7 kN/m², un módulo de Poisson de 0.2 y una densidad de 25 kN/m³.

Ambos casos se tratarán de puentes arco (parabólico) cuyo arco se encuentra empotrado y cuyos pilares de unión arco-tablero se encuentran biarticulados (excepto los pilares en la clave que se encuentran empotrados, como es normal en puentes arco).

Estos se someterán a una carga anti simétrica de valor 3.6 tn/m (35.3 kN/m) desde la parte izquierda hasta la clave, y de 1.2 tn/m (11.8 kN/m) en el resto del dintel.

Se muestra a continuación el esbozo que realiza j. Manterola en su libro:



2.1.2. Geometría de las secciones a utilizar:

En el modelo que vamos a realizar se estudiarán dos puentes arco con distintas secciones del arco y del tablero, dirigiendo en cada caso la rigidez hacia uno u otro. La relación de las rigideces de ambos (relación entre las inercias) se mantendrá del mismo orden, para que la rigidez conjunta sea aproximadamente la misma.

En su modelo, d. Javier Manterola nos facilita la siguiente información acerca de las geometrías de las secciones de ambos casos:

“ En la e 1, toda la rigidez está en el arco (1,6 x 0,44) y el tablero es una losa de 30 cm de espesor por 6 m de anchura. En la e2 pasa lo contrario. Toda la rigidez está en el tablero y el arco se limita a tener 40 cm de espesor por 2,56 m de ancho, pero con la misma área que el de la e1.”

Puentes, vol. Ii. J. Manterola (pag. 951)

Observamos que nos proporciona la geometría completa de uno de los casos (el caso de rigidez predominante en el arco). Gracias a estos datos podemos, mediante unos cálculos rápidos, obtener las inercias de las secciones, y, por tanto, la relación de rigideces entre arco y tablero.

Dicha relación de inercias entre las secciones observamos que es del orden de:

$$\frac{If1}{If2} \approx (22 \div 24)$$

Tras esto, planteamos una pequeña iteración modificando la geometría del caso E2 (rigidez predominante en el tablero) hasta obtener una relación de rigideces similar a la del caso E1. La forma de la sección del tablero de E2 la conocemos gracias a las ilustraciones proporcionadas en el apartado. (fig.1)

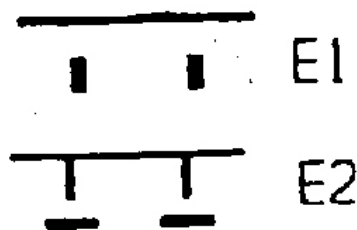


Figura 1

Los cálculos realizados para la obtención de las geometrías son los siguientes:

Solucion 1

Tablero

$$b_{t1} := 6\text{m}$$

$$h_{t1} := 0.3\text{m} \quad A_{t1} := b_{t1} \cdot h_{t1} = 1.8\text{m}^2 \quad I_{ft1} := \frac{b_{t1} \cdot h_{t1}^3}{12} = 0.014\text{m}^4$$

Arco

$$b_{a1} := 2 \cdot 0.44\text{m}$$

$$h_{a1} := 1.6\text{m} \quad A_{a1} := b_{a1} \cdot h_{a1} = 1.408\text{m}^2 \quad I_{fa1} := \frac{b_{a1} \cdot h_{a1}^3}{12} = 0.3\text{m}^4$$

$$\frac{I_{fa1}}{I_{ft1}} = 22.25$$

Solucion 2

Tablero

$$b_{t2} := 6\text{m}$$

$$h_{t2} := 0.18\text{m}$$

$$h_w := 1.5\text{m}$$

$$b_w := \frac{(A_{t1} - b_{t2} \cdot h_{t2})}{h_w} = 0.48\text{m}$$

$$A_{t2} := b_{t2} \cdot h_{t2} + h_w \cdot b_w = 1.8\text{m}^2$$

$$y_{cg} := \frac{b_w \cdot \frac{h_w^2}{2} + b_{t2} \cdot h_{t2} \cdot \left(h_w + \frac{h_{t2}}{2} \right)}{A_{t2}} = 1.254\text{m}$$

$$I_{ft2} := \frac{b_{t2} \cdot h_{t2}^3}{12} + \frac{b_w \cdot h_w^3}{12} + b_{t2} \cdot h_{t2} \cdot \left(h_w + \frac{h_{t2}}{2} - y_{cg} \right)^2 + b_w \cdot h_w \cdot \left(y_{cg} - \frac{h_w}{2} \right)^2 = 0.443\text{m}^4$$

Arco

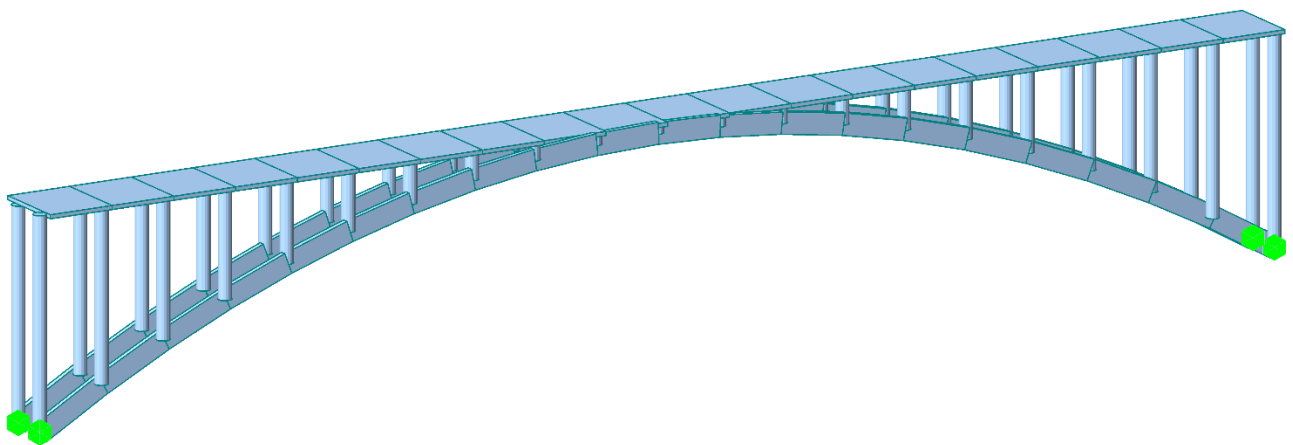
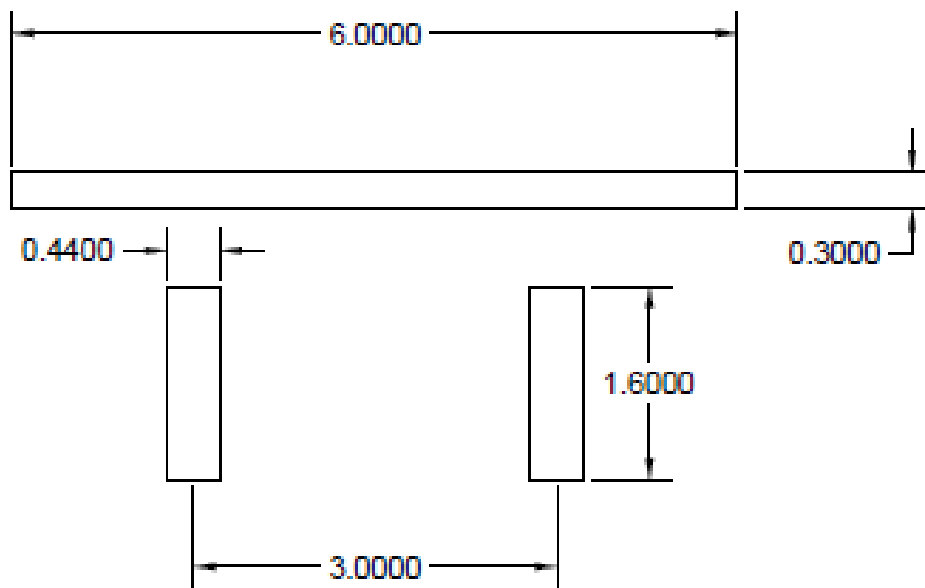
$$b_{a2} := 3.5\text{m}$$

$$h_{a2} := 0.4\text{m} \quad A_{a2} := b_{a2} \cdot h_{a2} = 1.4\text{m}^2 \quad I_{fa2} := \frac{b_{a2} \cdot h_{a2}^3}{12} = 0.019\text{m}^4$$

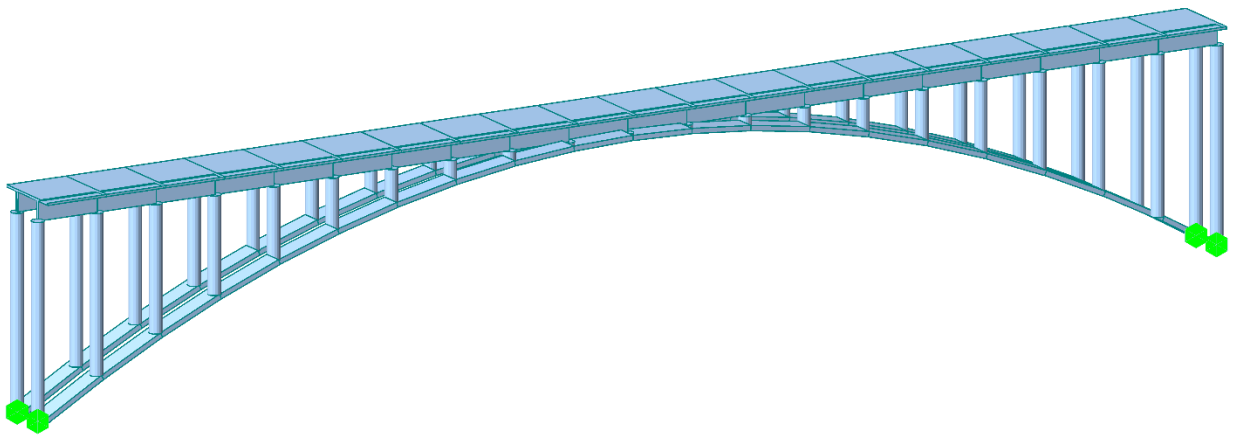
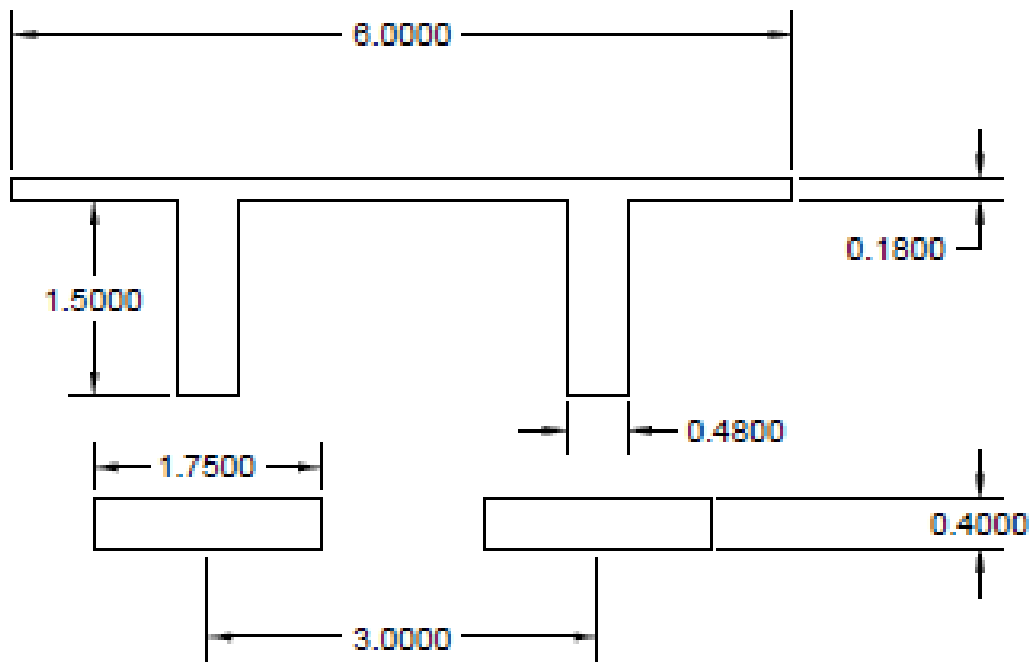
$$\frac{I_{ft2}}{I_{fa2}} = 23.718$$

De este modo, nuestros casos serán:

E1.- puente arco con rigidez predominante en el arco.



E2.- puente arco con rigidez predominante en el tablero.



2.1.3. Metodología

Los resultados han sido obtenidos mediante el software Matlab con el fin de conseguir una visualización de éstos igual a la que propone Manterola. El procedimiento seguido ha sido el siguiente:

1. Creación del modelo (puente) mediante la geometría calculada en el software Midas CIVIL.
2. Exportación de resultados en formato tabla para su posterior tratado, y de resultados gráficos de Midas (diagramas de esfuerzos y deflexiones).
3. Tratado mediante Matlab de las tablas de resultados y planteado de los diagramas necesarios.

Los resultados exportados directamente de Midas civil son diagramas de esfuerzos sobre la propia estructura, no siendo tan claros y útiles para un análisis como éste. Dichos resultados de Midas se adjuntan en los anexos que se incluyen al final de este estudio.

De igual modo, el código de Matlab utilizado para la obtención de estos diagramas también se adjunta en los anexos finales.

Decir que los resultados obtenidos en Midas para arco y pilares que se muestran en dichos anejos nos dan los valores de los esfuerzos para un solo arco o una sola hilera de pilares. De este modo, en el código de Matlab se ha tenido que tener esto en cuenta con el fin de obtener unos valores correctos. (Manterola suma ambas hileras en la representación)

2.2. Comparativa de resultados

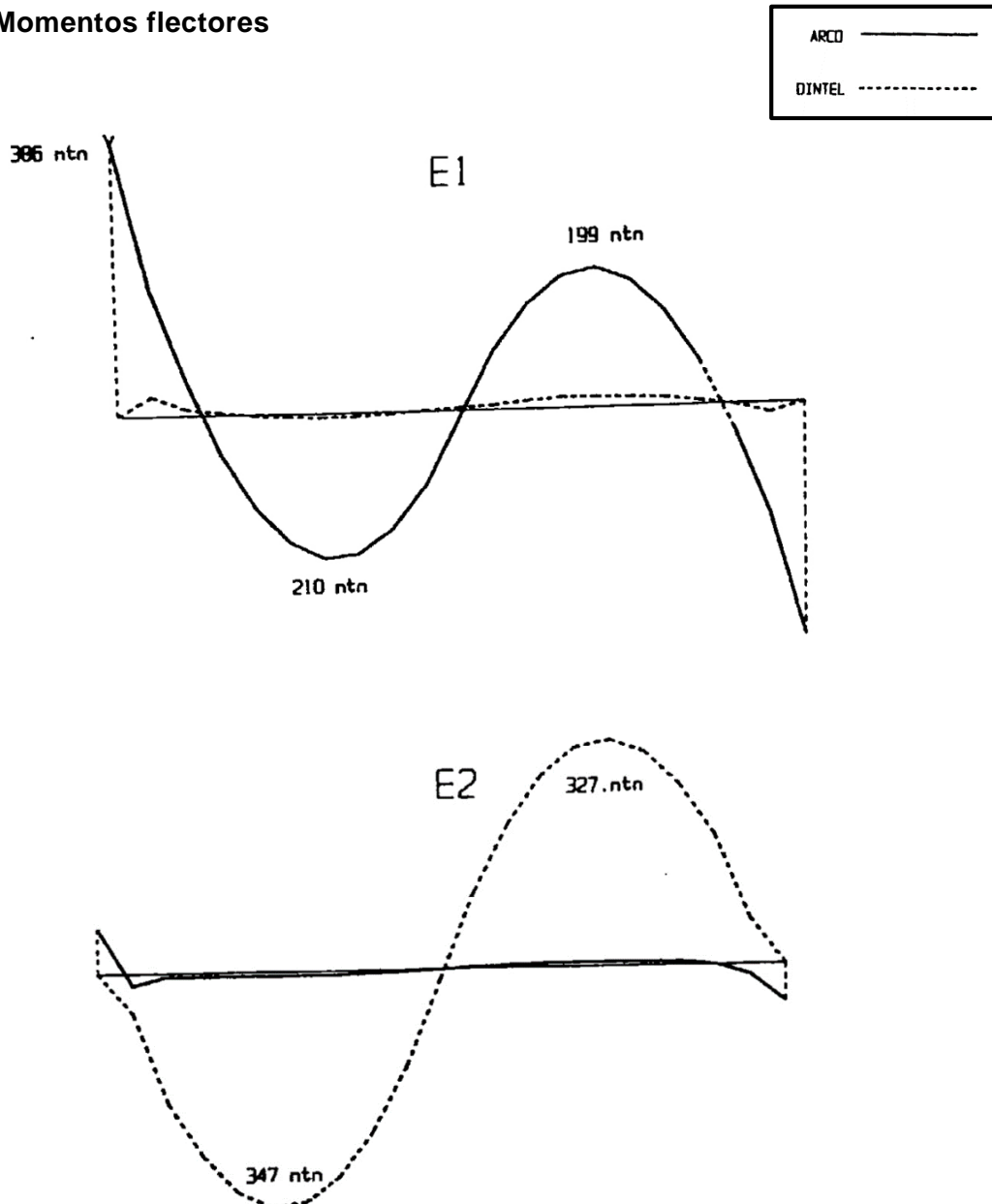
A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos por j. Manterola en su obra y los obtenidos en nuestro modelo mediante el software Midas civil.

La desratización que se ha decidido es de elementos de 5 metros (en proyección sobre la horizontal), considerándose suficiente para las dimensiones que abarcamos.

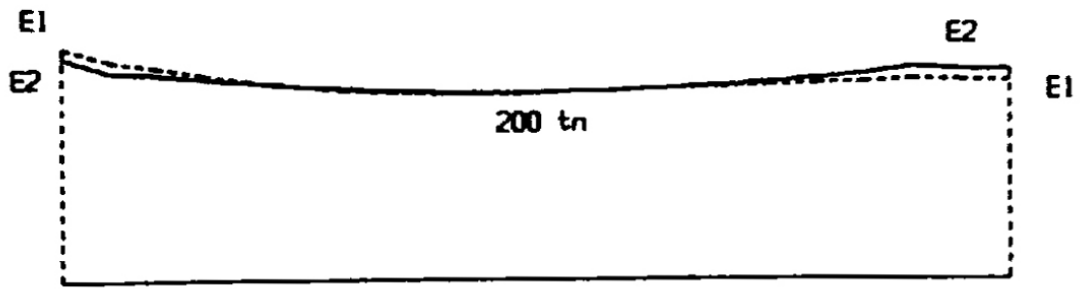
2.2.1. Resultados j. Manterola:

(tomados de: puentes vol.II; pag. 952)

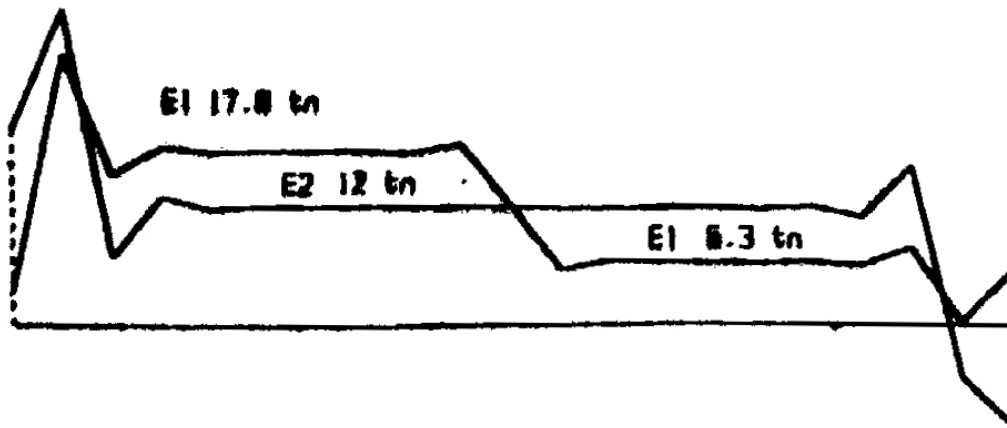
- Momentos flectores



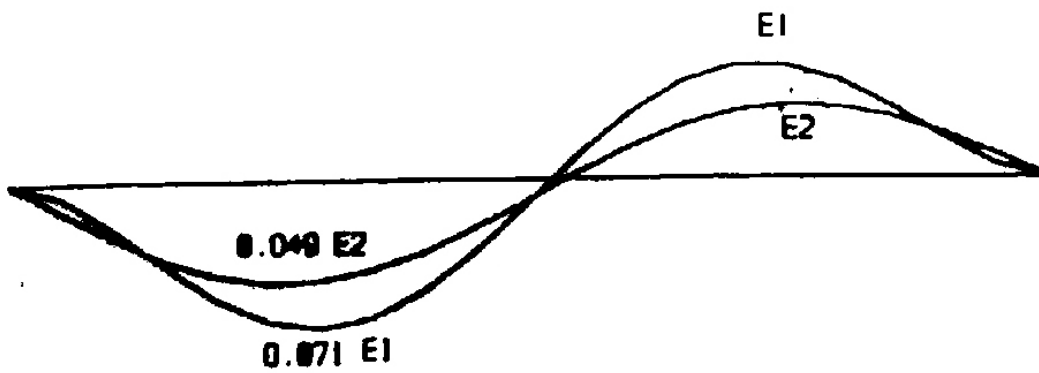
- Axiles en el arco



- Axiles en pilares

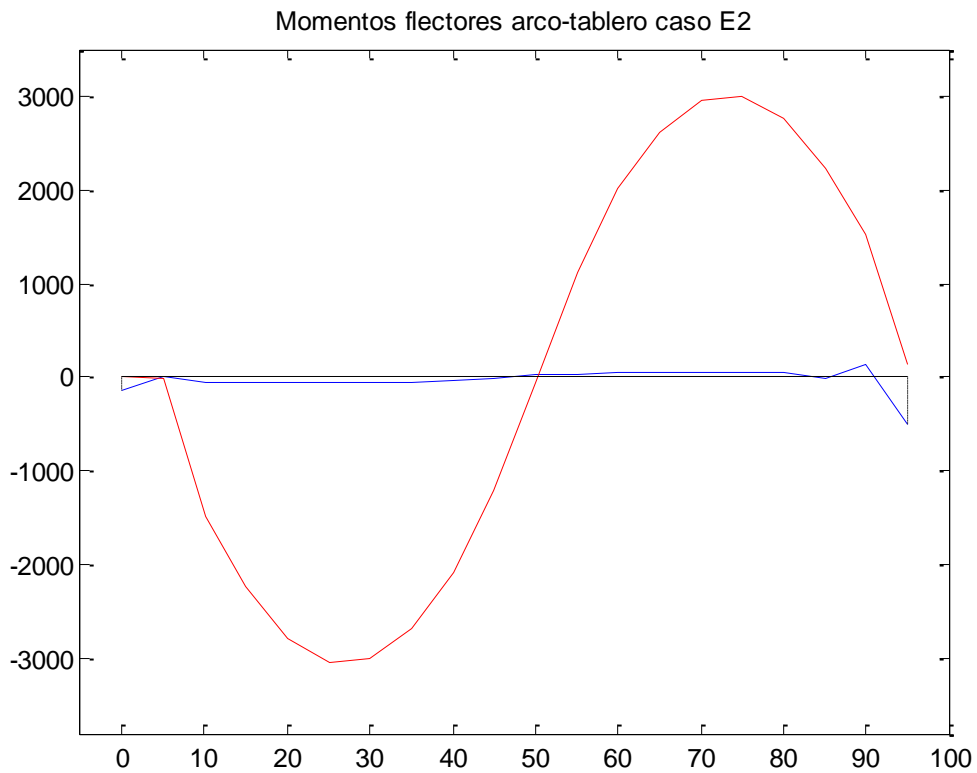
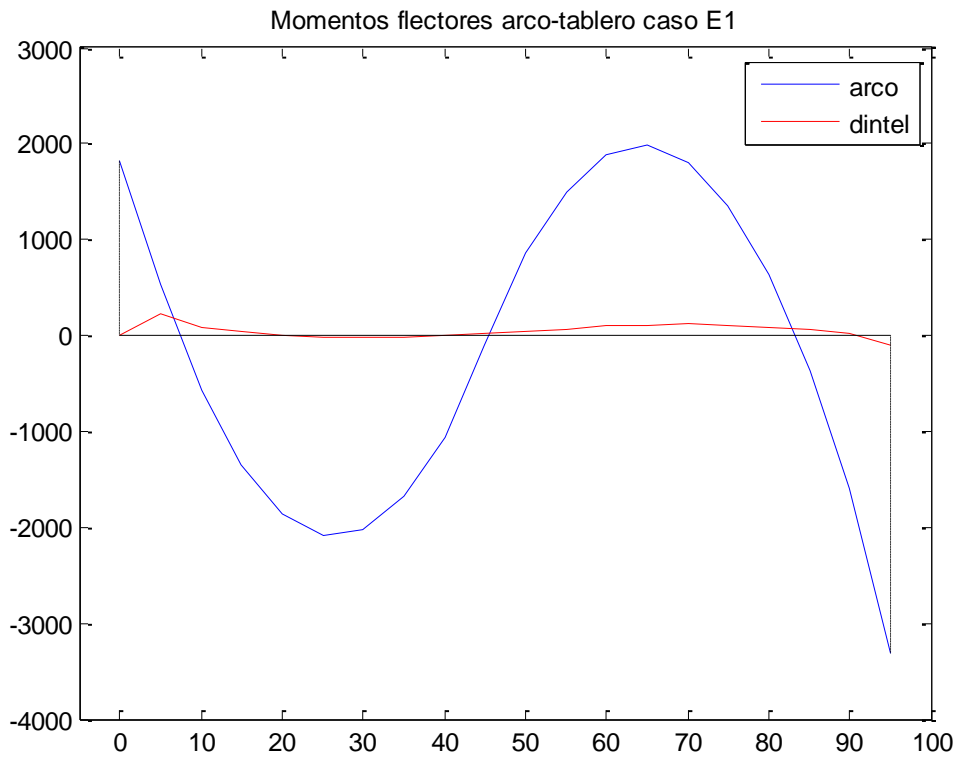


- Corrimientos verticales

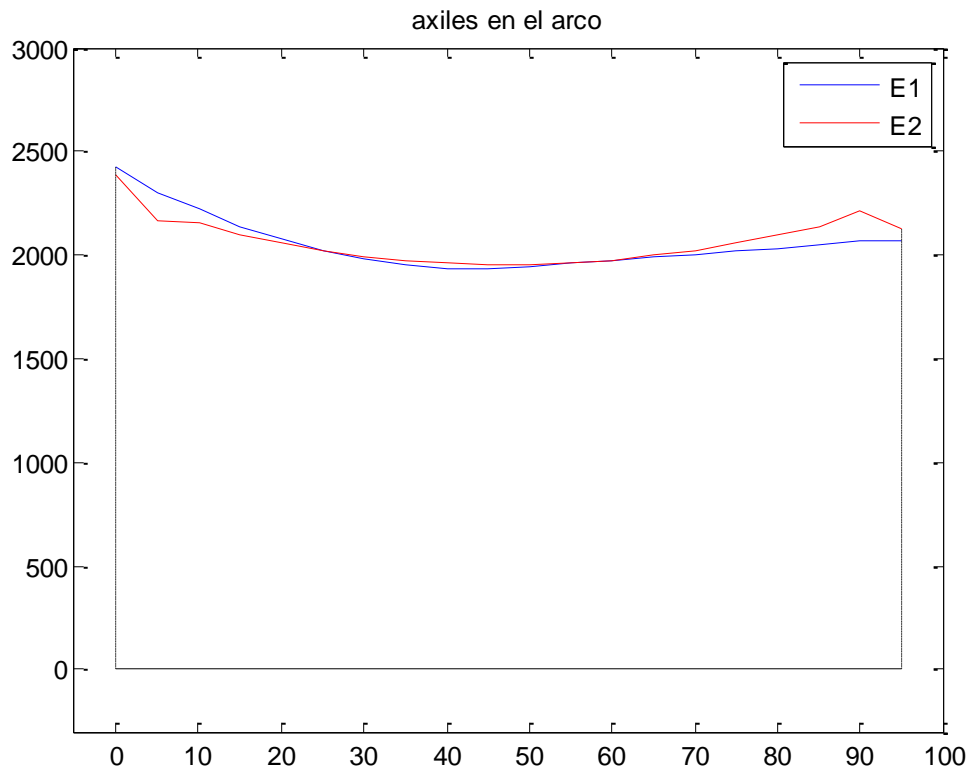


2.2.2. Resultados del modelo propuesto

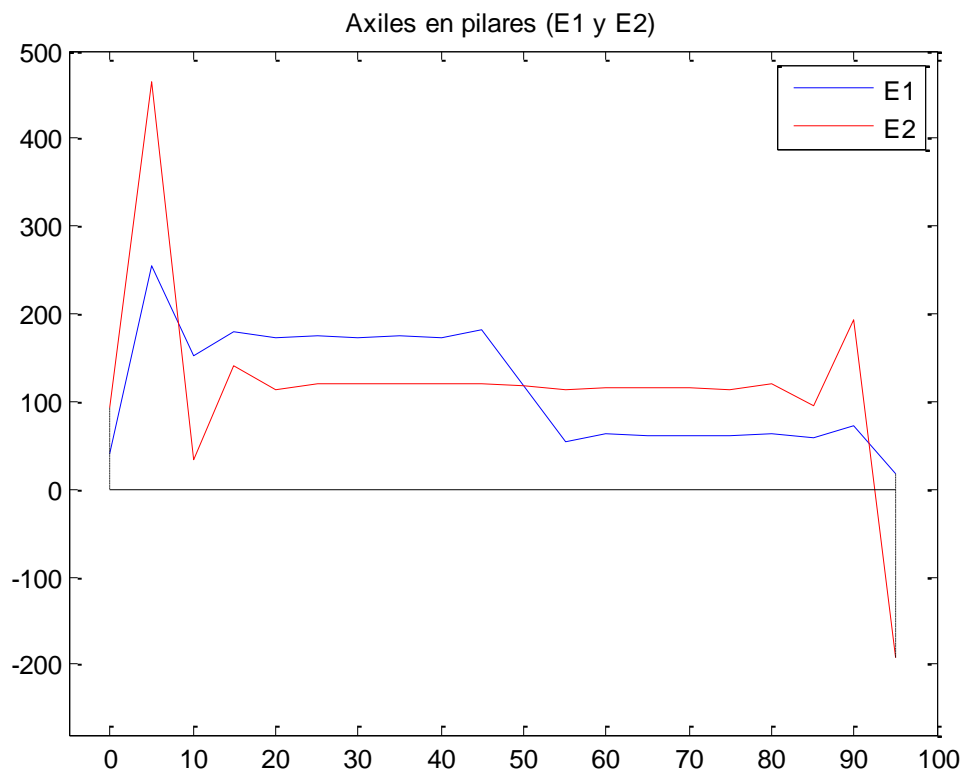
- Momentos flectores:



- **Axiles en el arco:**



- **Axiles en pilares:**



- **Corrimientos verticales:**

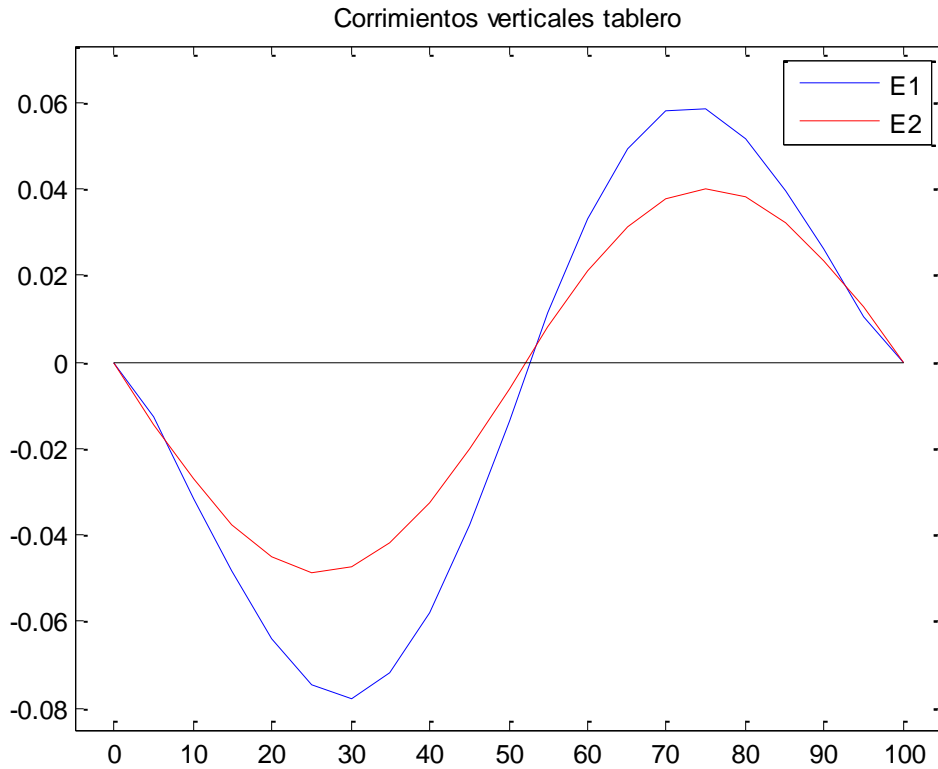


Tabla resumen de resultados

			Resultados		
			J. Manterola	Modelo realizado	
E1	Axiles(kn)	Arco	1962	1955	
		Pilares	$0 < x < l/2$ $l/2 < x < l$	174.618 61.803	178.48 61.26
	Momentos (kn-m)	Arco	Empotramiento Vano	3786.66 2060.1	3308 2094
		Dintel		<< my (arco)	<< my (arco)
	Deflexiones(m)			0.071	0.076
E2	Axiles(kn)	Arco	1962	1955	
		Pilares	Se reparte como semisuma	117.72	120
	Momentos (kn-m)	Arco	Empotramiento Vano	<< my (dintel)	<< my (dintel)
		Dintel		3404.07	3033
	Deflexiones(m)			0.049	0.048

Tabla 2.2.2.1

Los resultados que obtenemos se ajustan bastante a los que propone Manterola, esto nos permite validar las conclusiones que se Manterola va extrayendo durante su modelo, y que son expuestas en el siguiente apartado.

2.3. Análisis de resultados

- **Momentos flectores**

Como observamos en los resultados, los momentos flectores ante la carga anti funicular son recogidos por el elemento que aporta la rigidez principal a la estructura (arco en el caso E1 y tablero en el caso e2)

De este modo, sería más correcto elegir puentes de hormigo para casos como el E1, ya que la compresión debe ser soportada por el elemento que lleve la flexión.

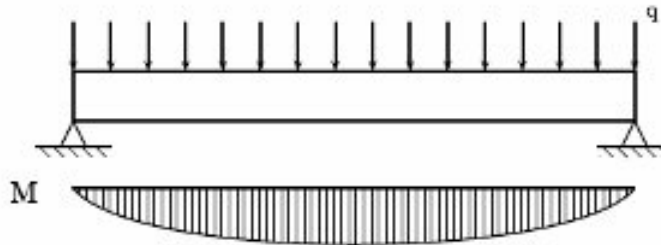
- **Axiles en el arco**

Se aprecia que en ambos casos el axil en el arco es aproximadamente constante, de un valor de 2000 kN aproximadamente. Este resultado puede ser obtenido también mediante un cálculo sencillo (y aproximado), a modo de comprobación:

Tenemos los siguientes datos:

$$Q_{med} := \frac{35.32 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 11.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{2} = 2.325 \times 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad L := 100 \text{ m} \quad f := 15 \text{ m}$$

con éstos consideraremos ahora una viga recta apoyada sometida a esta carga media que hemos calculado. A dicha viga le calcularemos el momento flector máximo (en el centro del vano), tal como:



$$M_{y_vigarecta} := \frac{Q_{med} \cdot L^2}{8} = 2.906 \times 10^4 \text{ m kN}$$

Ahora podemos aproximar los axiles en el arco como el valor de este momento ficticio calculado partido la flecha del puente (15 m):

$$N_{arco} := \frac{M_{y_vigarecta}}{f} = 1.938 \times 10^3 \text{ kN}$$

Vemos que el valor obtenido se acerca mucho a los 2000 kN que buscábamos. Esto nos permite afirmar que el axil en el arco es inversamente proporcional a la flecha del puente.

Este mismo calculo será utilizado más adelante para la elección de los cantos de las secciones a usar en el estudio de la influencia de distintas relaciones flecha-luz.

- **Axiles en pilares**

Si observamos los diagramas de axiles en pilares podemos ver una amplia diferencia en la distribución de estos en el caso E1 respecto al E2.

Por un lado, en el caso E1 (rigidez en el arco) encontramos un salto en los axiles en mitad del puente, mientras que en el caso E2 (rigidez en el tablero), los axiles se reparten como semisuma y de manera casi constante en toda la longitud.

Esto no puede ser de otro modo y se debe a que en el caso E1 el tablero se limita a transmitir la carga que tienen encima debido a su escasa rigidez. De este modo podemos notar el salto de la asimetría en la carga.

Por otro lado, en el E2, al soportar la rigidez el tablero, este no hace más que transmitir una carga uniforme (de valor aproximadamente la semisuma de las que se transmite en el caso E1 a ambos lados de la clave) hacia los pilares.

- **Corrimientos verticales**

Si observamos las flechas obtenidas en ambos casos, denotamos que la E2 tiene unas flechas un 36% menos al caso E1. Manterola obtiene un valor de unas flechas un 42% menos, podemos dar por valido el modelo.

Esto ocurre por una razón parecida al reparto de axiles en los pilares. En el caso de rigidez en el tablero (E2), éste reparte la carga sobre el arco de manera uniforme, dando un valor de las flechas. En cambio, en el caso E1 se transmite la carga que tenga encima el tablero directamente al arco (a través de los pilares). Es por ello, que la carga que se transmite es mayor a la semisuma en la mitad del puente, obteniendo así flechas mayores.

2.3.1. Conclusiones

Las conclusiones que extraemos son:

- Los momentos flectores ante la carga anti funicular son recogidos por el elemento que aporta la rigidez principal a la estructura
- El axil en el arco es aproximadamente constante
- En el caso E1 el tablero se limita a transmitir la carga que tienen encima debido a su escasa rigidez. De este modo podemos notar el salto de la asimetría en la carga.
- En el E2, al soportar la rigidez el tablero, este no hace más que transmitir una carga uniforme
- Respecto a las flechas, en el caso de rigidez en el tablero (E2), éste reparte la carga sobre el arco de manera uniforme, en cambio, en el caso E1 se transmite la carga que tenga encima el tablero directamente al arco. Es por ello, que la carga que se transmite es mayor a la semisuma en la mitad del puente, obteniendo así flechas mayores.

3. Influencia de la relación flecha-luz

3.1. Relaciones flecha-luz

El comportamiento y los esfuerzos que se producen en los arcos al ser sometidos a una carga repartida están muy condicionados a la relación flecha-luz que tenga el arco. De este modo, este apartado pretende ver esas diferencias en el comportamiento e intentar discernir si supone algún tipo de mejora/inconveniente en el estudio del comportamiento de puentes arco como los estudiados (en los cuales la rigidez se concentra mayoritariamente en el arco o en el tablero).

De modo preliminar aplicaremos cargas únicamente cargas anti funiculares con la idea de ver el efecto directo que estas relaciones tienen sobre nuestro elemento arco. Es por ello que los puentes de los distintos casos serán sometidos a una carga simétrica de 35.32 kn/m.

Tras esto, aplicaremos estas distintas relaciones en los puentes tratados en el primer apartado para ver la influencia ante carga anti simétrica.

De este modo tendremos una visión clara del comportamiento bajo variación de flecha para ambos tipos de cargas.

3.1.1. Descripción del modelo

Siguiendo, en cierto modo, el estudio sobre relaciones flecha-luz de j. Manterola (puentes vol. II; "17.4.3.- relación flecha-luz", pag. 946), se estudiará solamente el caso E1 (rigidez concentrada en el arco) para distintas relaciones.

De este modo se decide analizar 4 relaciones flecha-luz distintas, desde la más clásica " $f = \frac{L}{5}$ ", hasta arcos muy rebajados " $f = \frac{L}{16}$ ", pasando por dos situaciones intermedias: " $f = \frac{L}{6.6}$ " (puente del primer apartado) y " $f = \frac{L}{10}$ ".

Todo esto se aplicará sobre puentes arco de 100 m de luz y flecha variable (según relaciones), atendiendo a dos casos: arco biempotrado y arco biapoyado.

3.1.2. Elección de las secciones a utilizar

La intención de variar la sección a utilizar (siempre para el caso E1) para las distintas relaciones es la de mantener las tensiones en la sección aproximadamente iguales en todas ellas.

Para ello comenzaremos a raíz del caso inicial ($f=L/6.6$), al cual le sacaremos la tensión producida por el axil. A partir de dicha tensión, y conocido el axil del resto de casos podremos sacar las áreas de las distintas secciones. Impondremos un canto (1.6

m) para que no se modifiquen las inercias de un caso a otro y así las deformaciones sea parecidas también.

Se obtendrá el axil a través tanto de midas como mediante un cálculo sencillo y rápido aproximado, a modo de comprobación. Finalmente tomaremos el resultado de midas, debido a su fiabilidad.

El caso de puente arco (E1) que se va a comparar para diferentes relaciones flecha-luz es el de: puente con arco biempotrado y pilares biarticulados. La flecha variará según las distintas relaciones, mientras que la luz será de:

$$L := 10r$$

$$h := 1.6r$$

$$q_1 := 2.4 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \quad q_2 := 1.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \quad Q_{\text{med}} := \frac{q_1 + q_2}{2} = 1.905 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Caso original (f=l/6.6)

$$f_{66} := \frac{L}{6.6} = 15.152\text{m} \quad b := 0.44r \quad A_{66} := b \cdot h = 0.704\text{m}^2$$

$$\text{Cálculo analítico: } M_{\text{centroviga66}} := \frac{Q_{\text{med}} \cdot L^2}{8} = 2.381 \times 10^6 \text{ m}\cdot\text{kg}$$

$$N_{66\text{teorico}} := \frac{M_{\text{centroviga66}}}{f_{66}} = 1.572 \times 10^5 \text{ kg}$$

MIDAS

$$N_{66\text{MIDAS}} := 1214.7\text{kN}$$

+ la tensión en la sección del arco será:

$$\sigma := \frac{N_{66\text{MIDAS}}}{A_{66}} = 1.725 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Una vez conocida la tensión que pretendemos mantener en todas las secciones sólo nos quedará averiguar el valor del ancho de éstas para mantenerla. De este modo:

Caso i: f=l/5

$$f_5 := \frac{L}{5} = 20\text{m}$$

$$\text{Cálculo analítico: } M_{\text{centroviga5}} := \frac{Q_{\text{med}} \cdot L^2}{8} = 2.381 \times 10^6 \text{ m}\cdot\text{kg}$$

$$N_{5\text{teorico}} := \frac{M_{\text{centroviga5}}}{f_5} = 1.191 \times 10^5 \text{ kg}$$

MIDAS

$$N_{5\text{MIDAS}} := 1037.3\text{kN}$$

+ el área para mantener la tensión del primer caso:

$$A_5 := \frac{N_{5MIDAS}}{\sigma} = 0.60 \text{ m}^2$$

$$b_5 := \frac{A_5}{h} = 0.376 \text{ m}$$

Caso ii: f=l/10

$$f_{10} := \frac{L}{10} = 10 \text{ m}$$

Cálculo analítico: $M_{\text{centroviga10}} := \frac{Q_{\text{med}} \cdot L^2}{8} = 2.381 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{kg}$

$$N_{10\text{teorico}} := \frac{M_{\text{centroviga10}}}{f_{10}} = 2.381 \times 10^5 \text{ kg}$$

MIDAS $N_{10MIDAS} := 1608.6 \text{ kN}$

+ el área para mantener la tensión del primer caso:

$$A_{10} := \frac{N_{10MIDAS}}{\sigma} = 0.932 \text{ m}^2$$

$$b_{10} := \frac{A_{10}}{h} = 0.583 \text{ m}$$

Caso iii: f=l/16

$$f_{16} := \frac{L}{16} = 6.25 \text{ m}$$

Cálculo analítico: $M_{\text{centroviga16}} := \frac{Q_{\text{med}} \cdot L^2}{8} = 2.381 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{kg}$

$$N_{16\text{teorico}} := \frac{M_{\text{centroviga16}}}{f_{16}} = 3.81 \times 10^5 \text{ kg}$$

MIDAS $N_{16MIDAS} := 2329.2 \text{ kN}$

+ el área para mantener la tensión del primer caso:

$$A_{16} := \frac{N_{16MIDAS}}{\sigma} = 1.35 \text{ m}^2$$

$$b_{16} := \frac{A_{16}}{h} = 0.844 \text{ m}$$

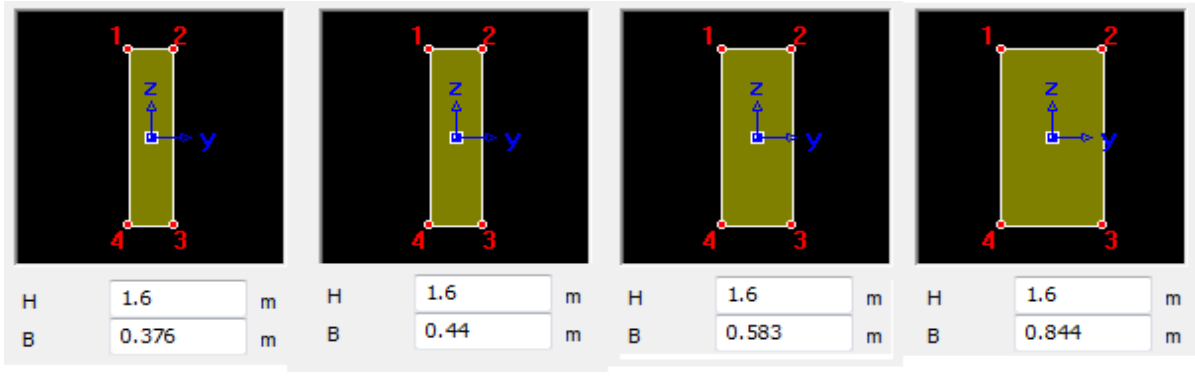
De este modo, las secciones a utilizar para el arco en los distintos casos flecha-luz elegidos serán:

$$f = \frac{L}{5}$$

$$f = \frac{L}{6.6}$$

$$f = \frac{L}{10}$$

$$f = \frac{L}{16}$$



Conocidas las secciones a utilizar, la geometría de los puentes que vamos a estudiar y la carga que se va a aplicar podemos proceder a calcular y analizar los resultados.

Recordemos que vamos a conocer en primera instancia el comportamiento bajo carga anti funicular (carga simétrica de 35.32 Kn/m²) para después aplicar las cargas del puente principal, inicialmente estudiado con carga anti simétrica.

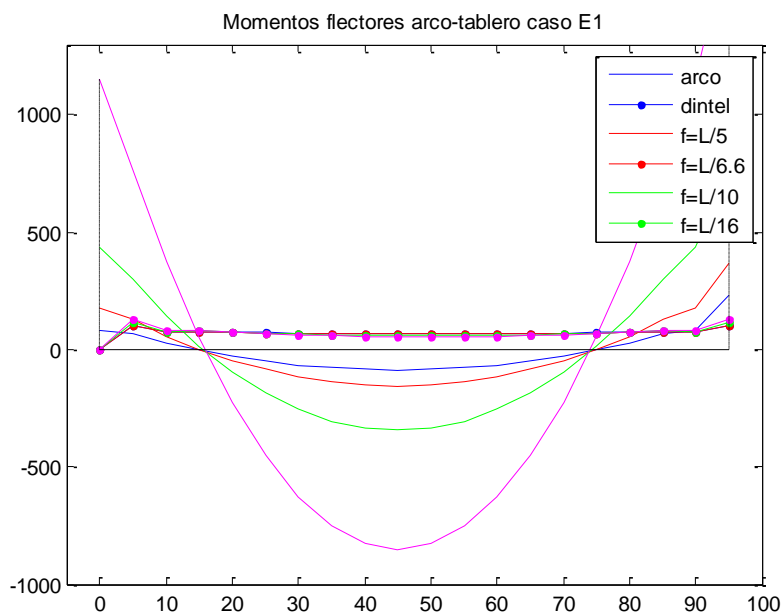
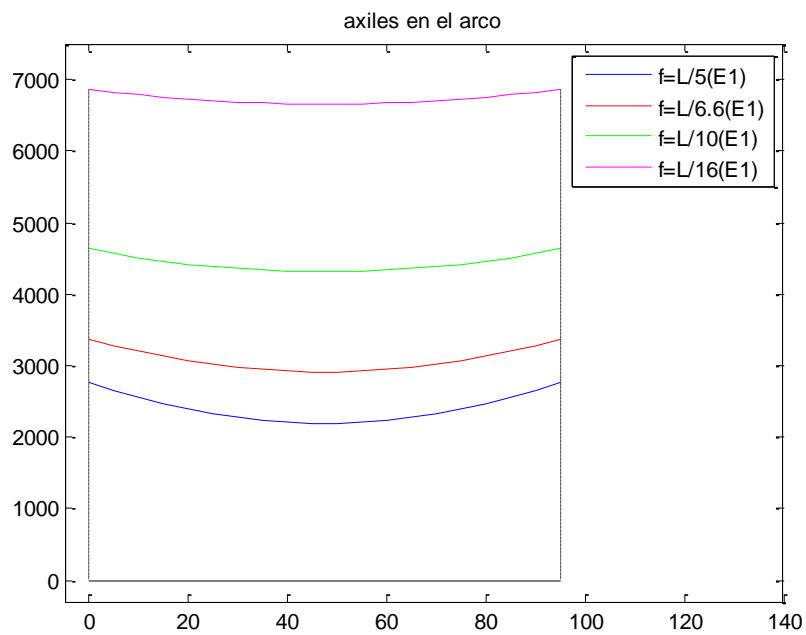
3.2. Carga anti funicular

Como hemos comentado en la descripción del modelo, vamos a tratar con dos puentes de 100 m de luz y flechas variables, uno con el arco biempotrado y otro con arco apoyado. Cada puente tendrá una sección del arco concorde con su flecha.

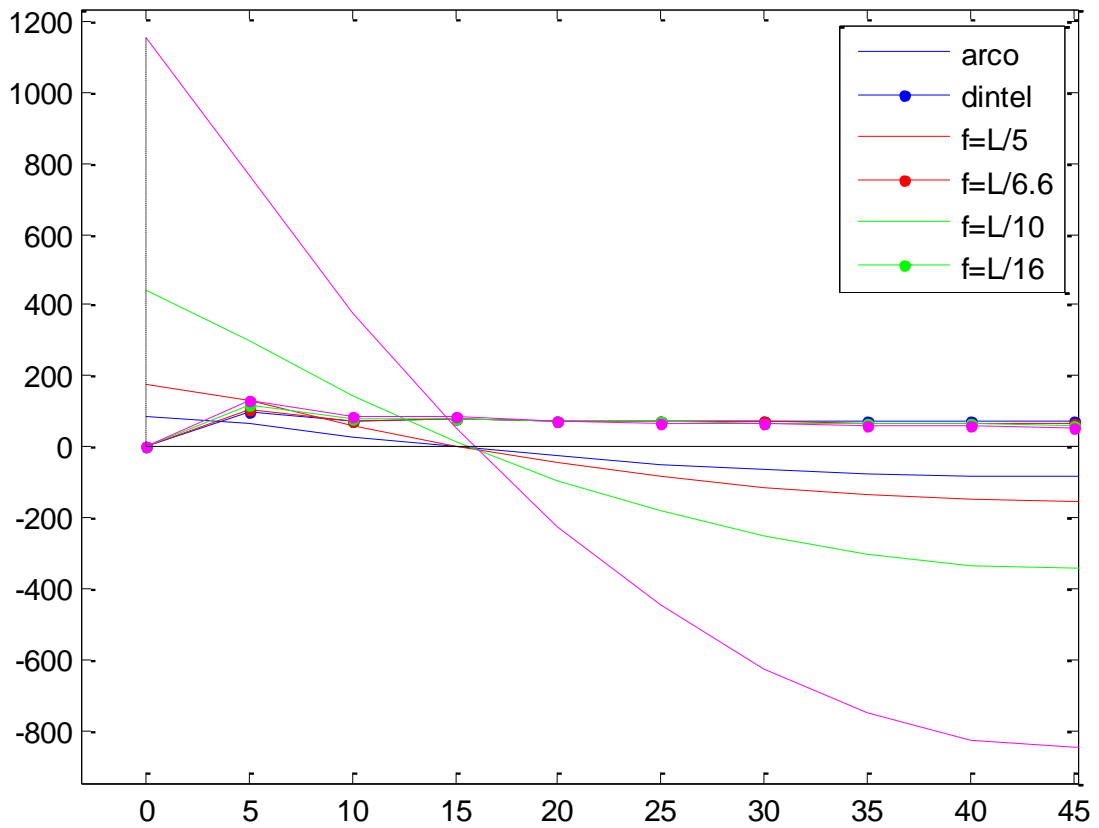
3.2.1. Resultados

Los resultados obtenidos son los siguientes:

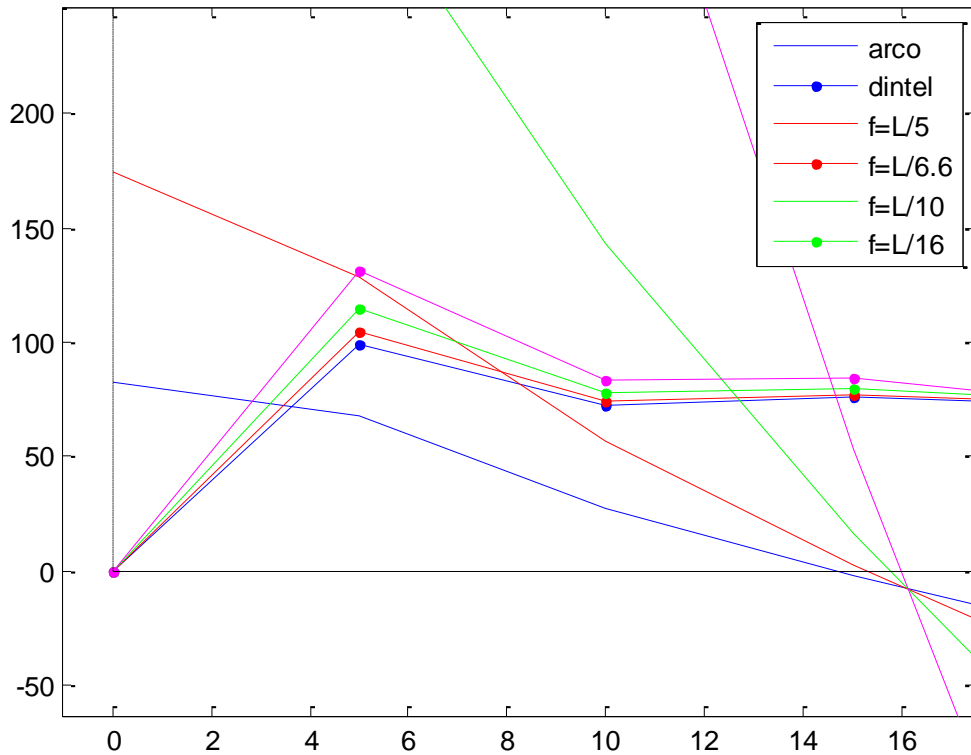
- Arco biempotrado:

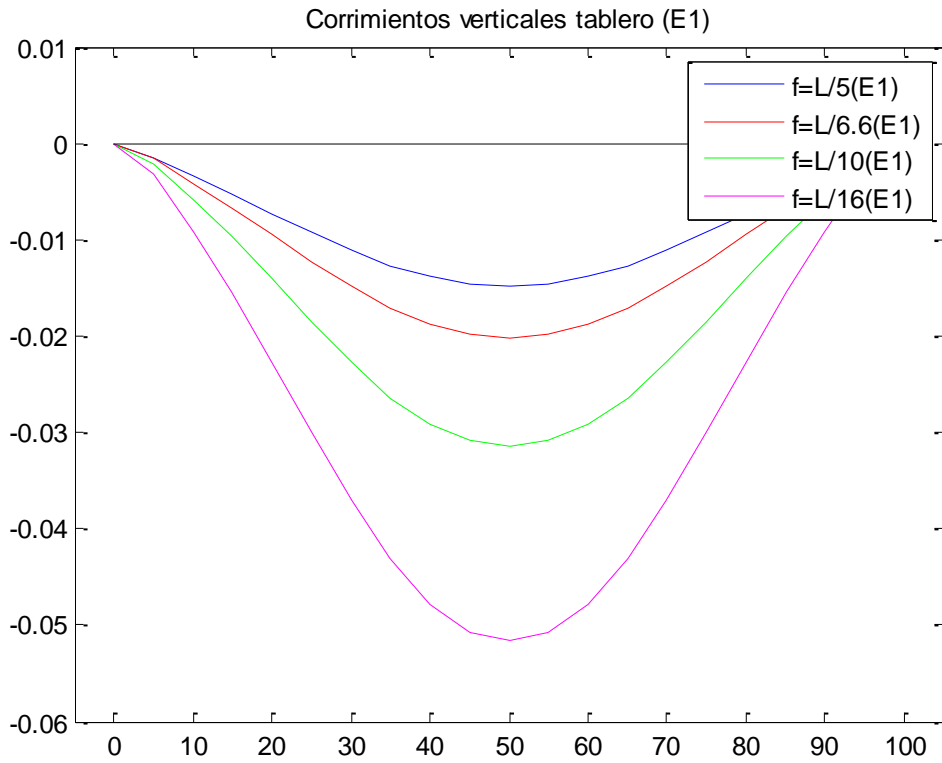


Momentos flectores arco-tablero caso E1

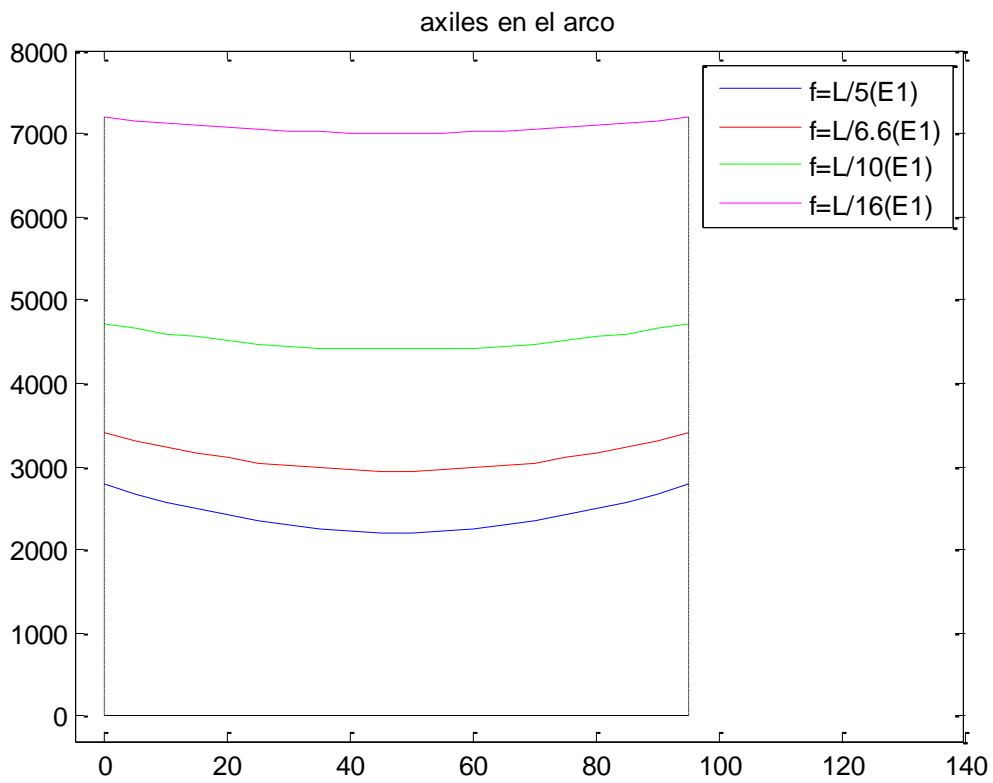


Momentos flectores arco-tablero caso E1

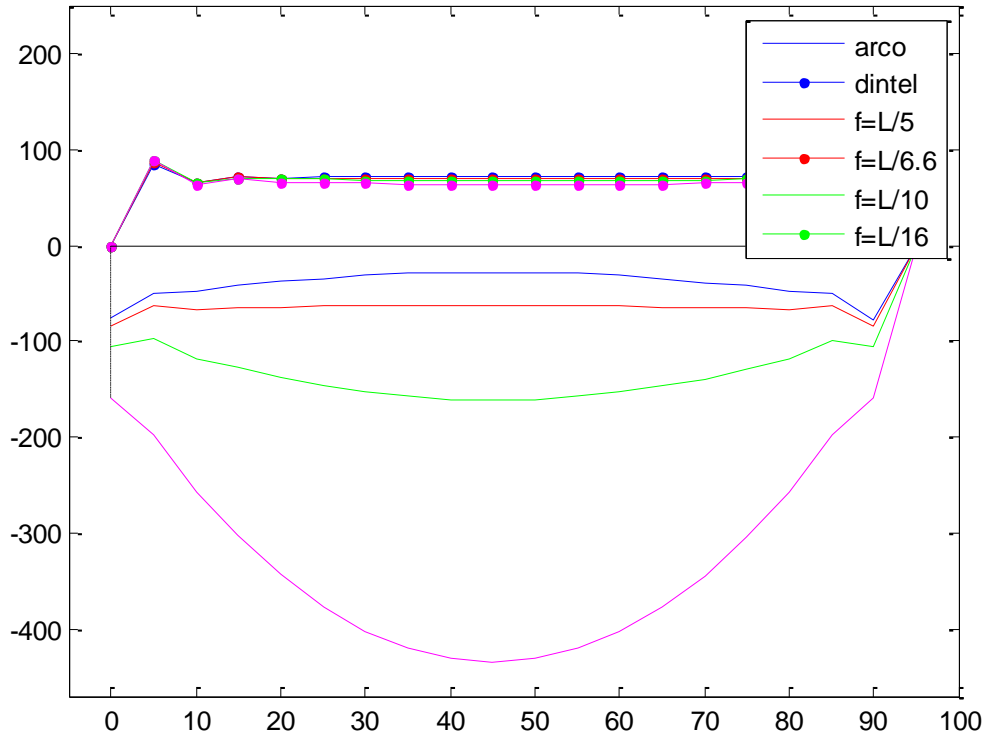




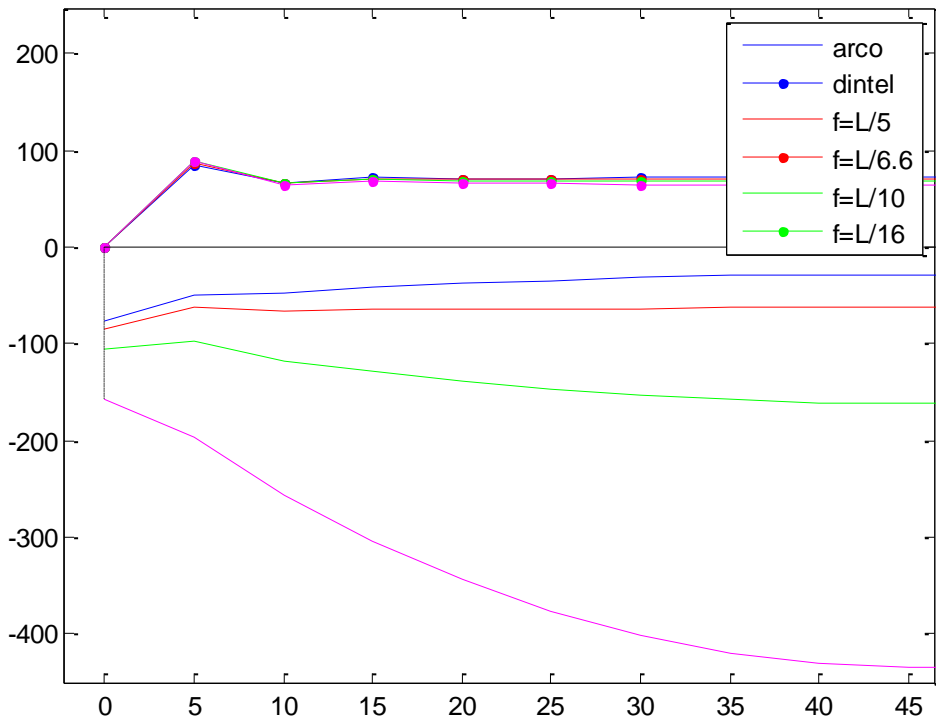
- **Arco biarticulado:**



Momentos flectores arco-tablero caso E1



Momentos flectores arco-tablero caso E1



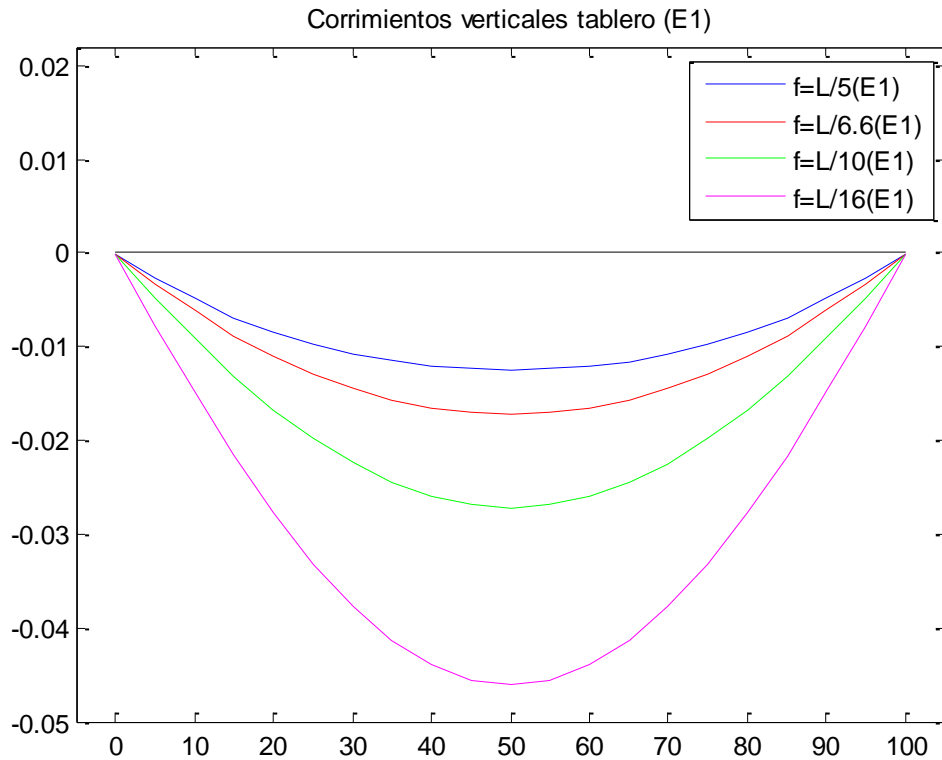


Tabla resumen de resultados

Arco			Resultados				
			F=l/5	F=l/6.6	F=l/10	F=l/16	
Biempotrado	Axiles(kn)	Arco	2197	2914	4313	6653	
	Momentos (kn·m)	Arco	Empotramiento	82.24	174.8	439.2	1153
			Vano	86.54	154.2	343.8	851
		Dintel	99.5	104.8	114.5	130.9	
Deflexiones(m)			0.015	0.02	0.031	0.052	
Biapoyado	Axiles(kn)	Arco	2211	2945	4406	7005	
	Momentos (kn·m)	Arco	28.18	63.06	161.4	434.5	
		Dintel	85.35	86.64	87.84	88.32	
	Deflexiones(m)			0.012	0.018	0.027	0.046

Tabla 3.2.1.1

3.2.2. Análisis de resultados

Ante la aplicación de carga anti funicular a las distintas situaciones de flecha que hemos expuesto, en la tabla 3.2.1.1 obtenemos unos resultados llamativos. Los esfuerzos producidos por las deformaciones debidas a estas cargas son notablemente diferentes de un caso a otro.

- Axiles en el arco:

Como era de esperar, a flechas mayores obtendríamos axiles en el arco menores.

Los resultados en la tabla son claros en este aspecto, denotándose un incremento notable entre los valores de los axiles conforme disminuimos la flecha. Así es que el valor de los axiles, tanto para el caso de arco empotrado como biapoyado, en L/16 es en torno a 3 veces mayor al obtenido en L/5.

- Momentos flectores:

Si atendemos al valor de estos en la tabla, observamos que en el caso de arco biempotrado los momentos para L/16 son 14 veces mayores que en L/5; en cambio, para arco biapoyado, obtenemos que es 15 veces mayor. Estos grandes aumentos se dan exclusivamente en el arco, mientras que en el dintel también apreciamos un aumento con la reducción de flecha, pero mucho menor.

- Corrimientos verticales:

Viendo los resultados en momentos flectores podíamos imaginar qué obtendríamos en los movimientos verticales de la estructura ante la variación de flecha.

De este modo, al igual que en los momentos flectores, apreciamos un aumento de los corrimientos verticales conforme disminuimos la flecha. Así es que obtenemos un valor de desplazamientos 3 veces mayor en el caso de menor flecha frente al de mayor para el caso biempotrado. Para el caso de puente biapoyado obtenemos unos movimientos casi 4 veces mayores.

3.2.3. Conclusiones

Podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Un incremento notable entre los valores de los axiles conforme disminuimos la flecha (en $L/16$ es en torno a 3 veces mayor al obtenido en $L/5$).
- Grandes incrementos en los momentos flectores en el arco con la reducción de flecha.
- Reducciones también en los momentos del dintel pero de un valor muy pequeño, despreciable frente a los incrementos en el arco.
- Apreciamos un aumento de los corrimientos verticales conforme disminuimos la flecha (en torno a 3 y 4 veces mayores).
- Observando los diagramas de esfuerzos y de desplazamientos comparativos en el apartado anterior debemos denotar que el crecimiento de éstos con la disminución de flecha que venimos destacando se produce de una manera “exponencial”. Así es que entre valores de relación flecha-luz medios ($1/5 - 1/7$) el crecimiento se produce se forma gradual, pero cuando llegamos a valores mayores como $1/10$ se experimenta un aumento exponencial.

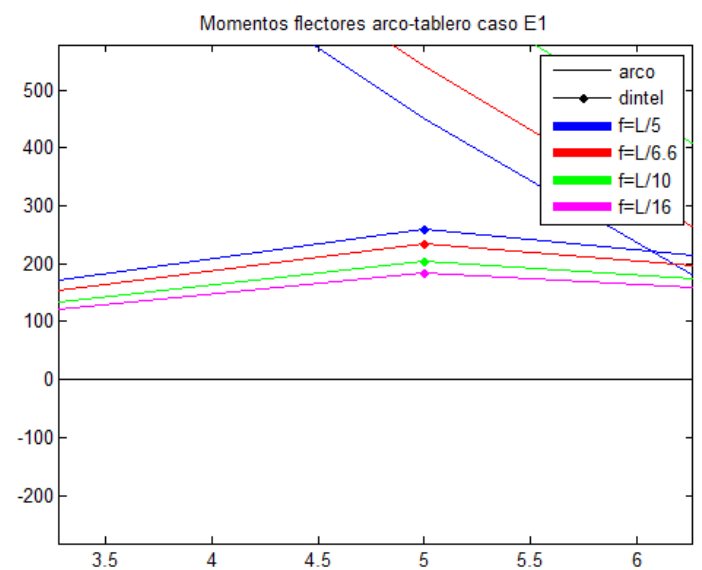
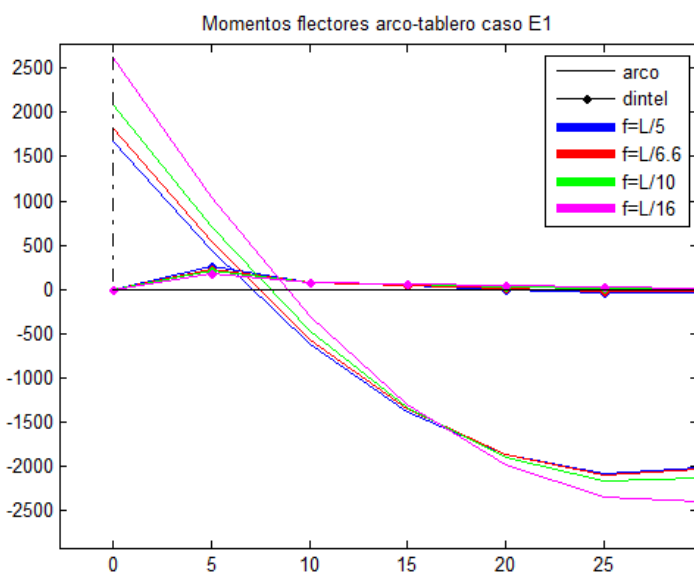
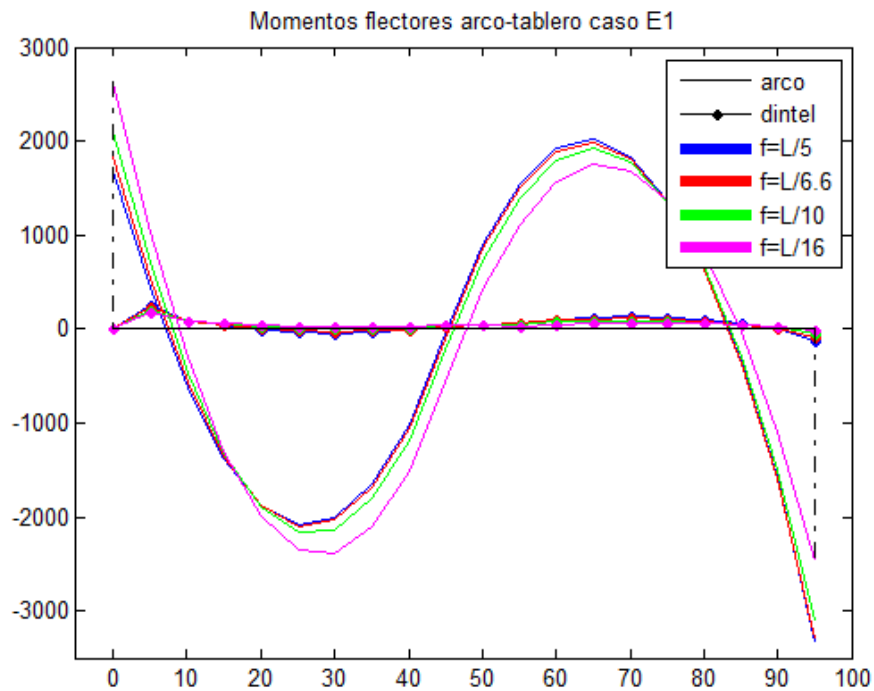
3.3. Carga no funicular

Ahora aplicaremos estas variaciones de flecha sobre el modelo inicial. Se hará sobre el caso E1, pudiendo extrapolar al E2 gracias a los resultados del primer apartado. Así es que volvemos a tener un puente arco de tablero superior de 100 m y flecha variable según las relaciones expuestas.

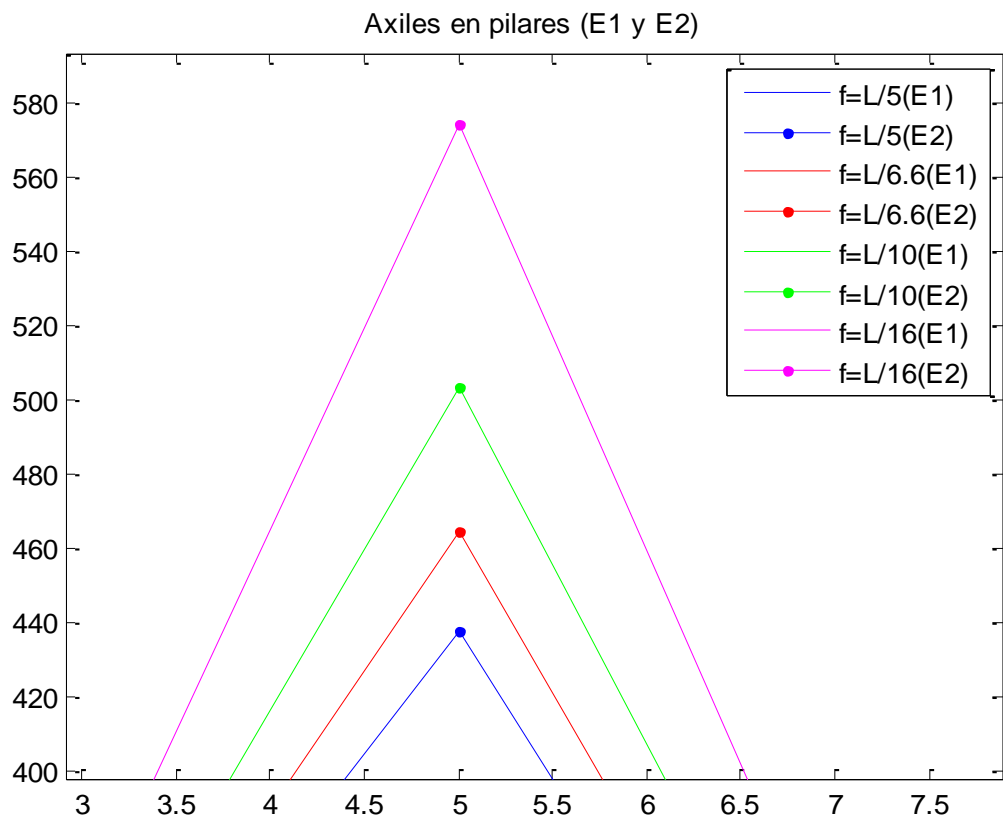
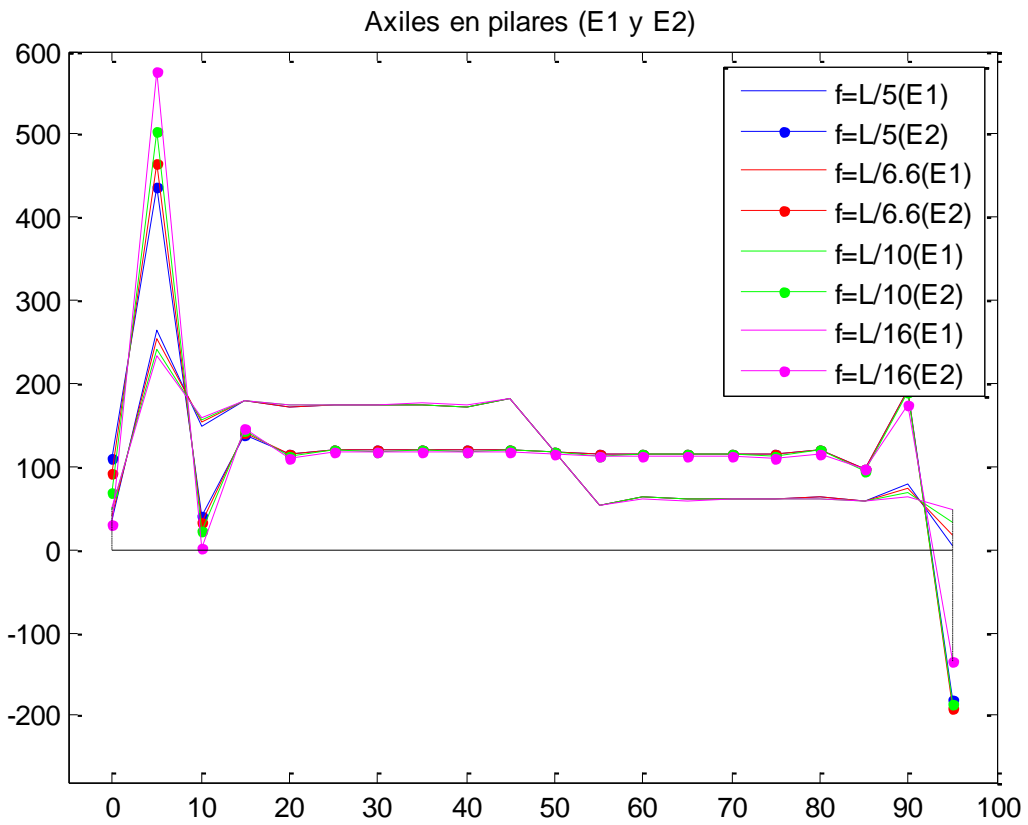
3.3.1. Resultados

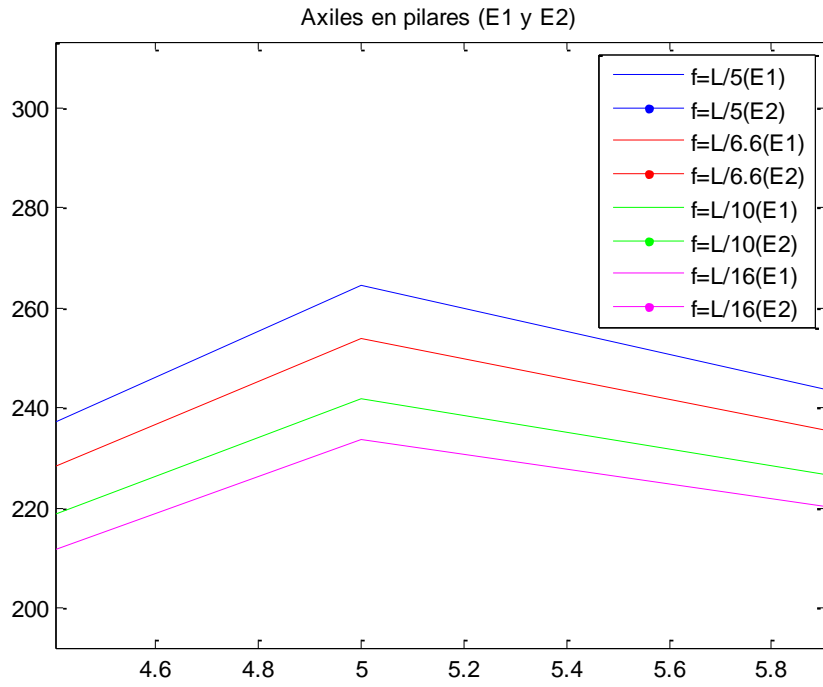
- Momentos

flectores

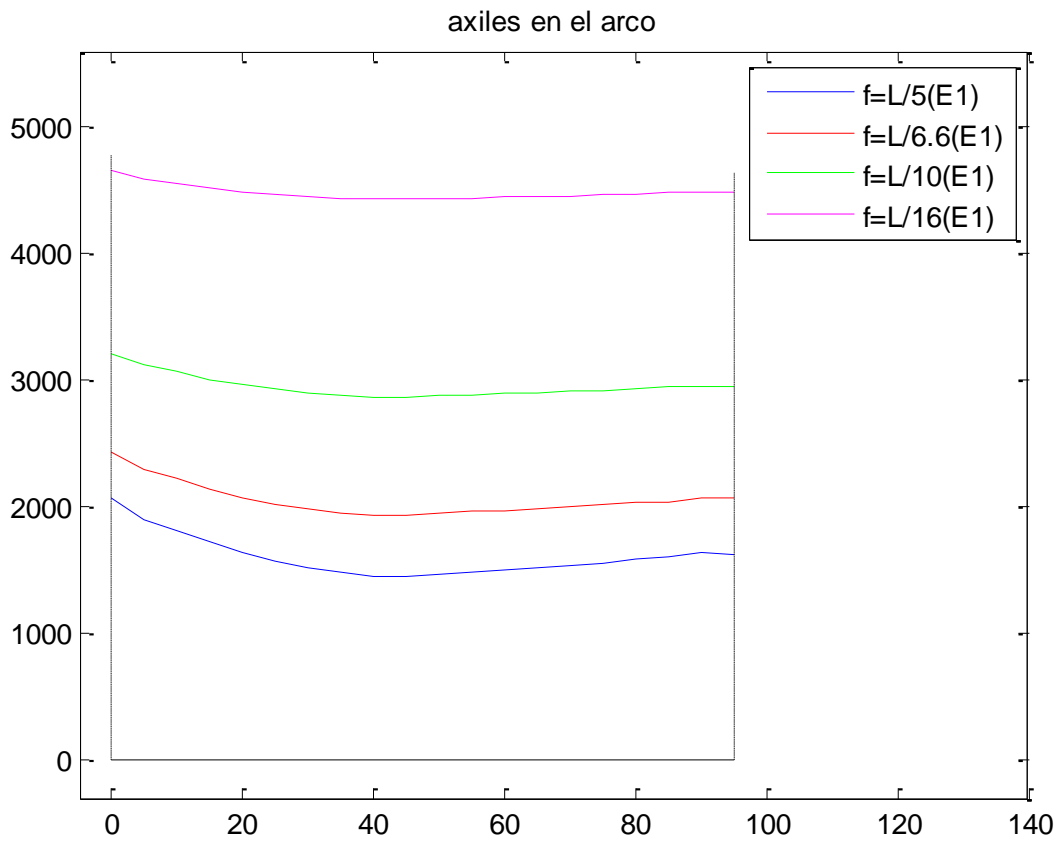


- Axiles en pilares





- **Axiles en el arco:**



- **Corrimientos verticales**

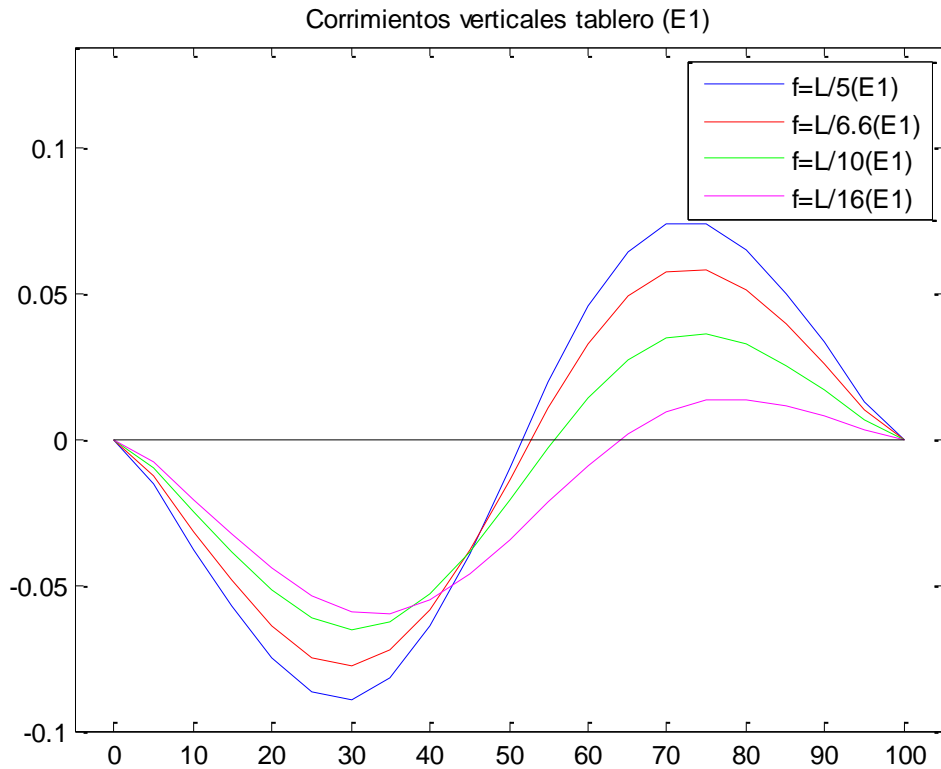


Tabla resumen de resultados

			Resultados			
			F=l/5	F=l/6.6	F=l/10	F=l/16
Axiles(kn)	Arco		1456	1936	2870	4431
	Pilares	0<x<L/2	178.2	178.48	178.7	178.9
		L/2<x<l	62.29	61.26	60.8	60.06
Momentos (kn·m)	Arco	Empotramiento (x=0 / x=L)	1677 / 3337	1825 / 3308	2088 / 3109	2625 / 2462
		Vano (x<L/2 / x>L/2)	2012 / 2077	1982 / 2094	1917 / 2163	1749 / 2390
	Dintel (sobre máx. En vano)		32.76	14.43	-7.82	-17.8
Deflexiones(m)			0.089	0.076	0.065	0.059

Tabla 3.3.1.1

3.3.2. Análisis de resultados

Tras haber visto como es la afección de una carga anti funicular un puente arco y la influencia que tiene la relación entre flecha y luz sobre el comportamiento, analizaremos los resultados para carga no anti funicular.

Se ha atendido a los mismos resultados que buscábamos en el modelo original (para $f=L/6.6$), buscando apreciar la influencia de estas relaciones flecha-luz para el caso que nos compete (carga anti funicular no simétrica).

Atendiendo a la tabla 3.3.1.1 del apartado anterior podemos vislumbrar los valores máximos de esfuerzos y deflexiones para los diferentes casos. A continuación, realizaremos un análisis más profundo para cada caso.

Importante decir que el comportamiento de los axiles (los cuales siempre son constantes en el arco) es de menor importancia en un análisis exhaustivo. De este modo analizaremos estos (tabla 3.3.1.1), tanto en arco como en pilares, en primer lugar, para después pararnos en los momentos flectores y desplazamientos.

- Axiles en el arco:

En primer lugar, observamos un incremento del axil conforme disminuimos la flecha. Dicho aumento, además, evoluciona de manera más rápida cuando superamos relaciones flecha-luz superiores a $1/7$. Esto era de esperar en el comportamiento tras el análisis del caso bajo carga anti funicular, habiendo obtenido unas diferencias entre los valores de los casos de mayor y menor flecha aproximadamente iguales en el caso de carga no funicular.

Es así que el valor de los axiles en el arco para el caso de $l/16$ es 3 veces mayor al valor de éstos para $l/5$.

- Axiles en pilares:

El comportamiento de pilares se mantiene igual en todos los casos. Se puede apreciar un leve incremento conforme disminuimos la flecha, pero de un valor despreciable.

A continuación, como se ha mencionado, atenderemos a los momentos flectores y desplazamientos verticales, los cuales, en las gráficas del apartado de resultados, ya denotan un comportamiento peculiar. Analizaremos los valores máximos, su posición y su relación respecto al modelo final.

Recordemos que, al estar analizando el caso de puente E1, los momentos flectores se recogen en el arco. Es por eso que, a continuación, nos detendremos en el análisis de flectores en el arco. Finalmente se realizará un análisis global de los producidos en el dintel, su progresión con la disminución de flecha y su relación con los producidos en el arco.

Los máximos se los momentos flectores (y la posición para el punto donde se anulan), se han representado como:

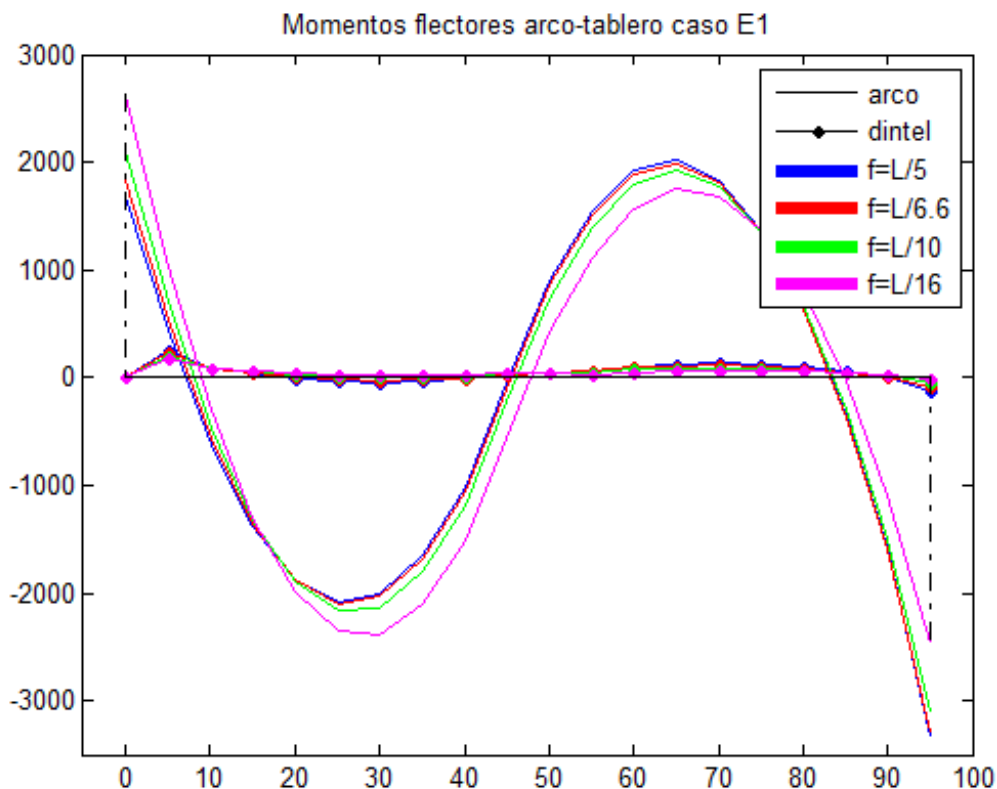
- I.- Máximo en el empotramiento en $x=0$.
- II.- Máximo en el arco para $0 < x < L/2$.
- III.- Posición donde se anulan los flectores.
- IV.- Máximo en el arco para $L/2 < x < L$.
- V.- Máximo en el empotramiento en $x=L$.

Los máximos se los corrimientos verticales (y la posición para el punto donde se anulan), se han representado como:

- I.- Máximo en el arco para $0 < x < L/2$.
- II.- Posición donde se anulan los movimientos verticales.
- III.- Máximo en el arco para $L/2 < x < L$.

Se muestran de nuevo las gráficas de resultados comparativas para tenerlas de apoyo.

- **Momentos flectores:**



- CASO A: $f = \frac{L}{5}$

Como se aprecia tanto en el diagrama de flectores como en la tabla 3.3.2.1, el comportamiento de los momentos es anti simétrico. En el lado de la sobrecarga mayor (de 35.32 kN/m), observamos que con la reducción de la relación de L/6.6 (caso original) a L/5, y su consecuente incremento de flecha, los momentos son de un valor menor. La variación es muy pequeña, obteniendo para el caso L/5 valores con respecto al caso original del 91%, para el caso del empotramiento, y del 99%, para el máximo en el vano.

Por otro lado, en el lado de menor sobrecarga, observamos un aumento del 15% para el valor en el vano y del 8% en el empotramiento respecto a L/6.

$f = \frac{L}{5}$				RESULTADOS		
				Valor Máximo		Posición, x (m)
E1	Momentos (KN-m)	Arco	I	1677	0	0
			II	2077	25	L/4
			III	0	45.3	L/2.2
			IV	2012	65	L/1.54
			V	3337	100	L
	Dintel (sobre máx. en vano)			135.8	70	L/1.42
Deflexiones(m)						
		I	0.089	30	L/3.3	
		II	0	51.67	L/1.94	
		III	0.074	72.5	L/1.38	

Tabla 3.3.2.1

- CASO B: $f = \frac{L}{6.6}$

Los valores en la tabla 3.3.2.2 nos sirven de apoyo para las comparaciones aquí realizadas. Se muestran a continuación:

$f = \frac{L}{6,6}$				RESULTADOS		
				Valor Máximo		Posición, x (m)
E1	Momentos (KN-m)	Arco	I	1825	0	0
			II	2095	25	L/4
			III	0	45.5	L/2.15
			IV	1982	65	L/1.54
			V	3308	100	L
	Dintel (sobre máx. en vano)			116.3	70	L/1.42
Deflexiones(m)						
		I	0.077	30	L/3.3	
		II	0	52.6	L/1.9	
		III	0.058	75	L/1.33	

Tabla 3.3.2.2

- CASO C: $f = \frac{L}{10}$

Con esta relación flecha-Luz dejamos atrás las medidas clásicas que se suelen adoptar. Empezamos a tener un puente de una flecha muy reducida y, continuando la idea que ya se empezaba a deducir del comportamiento según el lado de la carga, los flectores y movimientos tienen de nuevo un comportamiento anti simétrico.

En el lado de la sobrecarga mayor apreciamos que se ha producido un incremento de los flectores del 14% para el empotramiento y del 3% para la zona del vano, con respecto al caso L/5.

Por otro lado, en el lado de menor sobrecarga los flectores sufren una reducción de en torno al 4% para la zona del vano y del 6% para el empotramiento.

$f = \frac{L}{10}$		RESULTADOS				
		Valor Máximo		Posición, x (m)		
E1	Momentos (KN·m)	Arco	I	2088	0	0
			II	2163	25	L/4
			III	0	46.2	L/2.16
			IV	1917	65	L/1.54
			V	3109	100	L
	Dintel (sobre máx. en vano)		90.57	70	L/1.42	
Deflexiones(m)		I	0.065	30	L/3.3	
		II	0	55.7	L/1.8	
		III	0.036	75	L/1.33	

Tabla 3.3.2.3

- CASO D: $f = \frac{L}{16}$

Observando la tabla 3.3.2.4, finalmente, tenemos el caso de menor flecha, donde los resultados respecto al caso L/5 son de bastante mayor proporción a los casos anteriores.

En la zona de mayor carga tenemos unos valores de los flectores un 43% mayores para el empotramiento y un 14% mayores para el vano. Por otro lado, en la zona de sobrecarga menor obtenemos unos decrementos del 11.7% y del 25.58% para los flectores en el vano y el empotramiento, respectivamente.

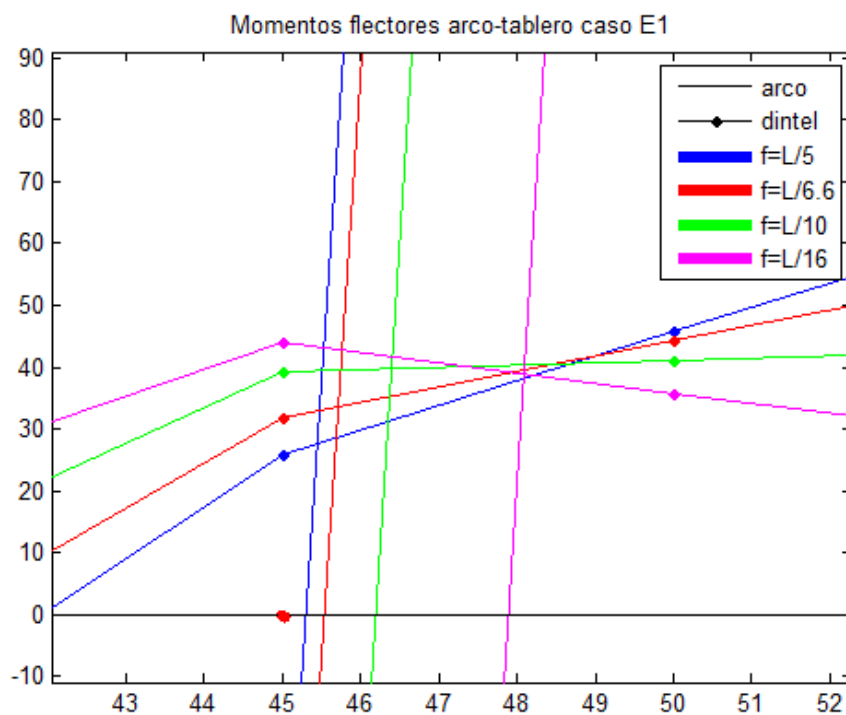
$f = \frac{L}{16}$		RESULTADOS				
		Valor Máximo	Posición, x (m)			
E1	Momentos (KN-m)	Arco	I	2625	0	0
			II	2390	30	L/3.3
			III	0	47.9	L/2.1
			IV	1749	65	L/1.54
			V	2462	100	L
		Dintel (sobre máx. en vano)	65.86	70	L/1.42	
	Deflexiones(m)	I	0.059	35	L/2.86	
		II	0	51.67	L/1.94	
		III	0.0134	76.5	L/1.31	

Tabla 3.3.2.4

- **Momentos flectores en el dintel:**

Como se aprecia en la imagen de abajo, en la zona de la clave del puente (en torno a L/2) se produce un “estrangulamiento” entre los valores que toman los flectores del dintel para las distintas relaciones. Esto provoca de nuevo un efecto de anti simetría en el comportamiento, aumentando los flectores en el lado más sobrecargado conforme disminuimos la flecha y disminuyendo en el lado contrario.

En las tablas 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.3.2.3, 3.3.2.4 se ha representado los valores para la zona de menor sobrecarga, siendo extrapolable de forma anti simétrica al otro lado. Observamos por tanto un progresivo aumento (de pequeño valor) conforme disminuye la flecha.

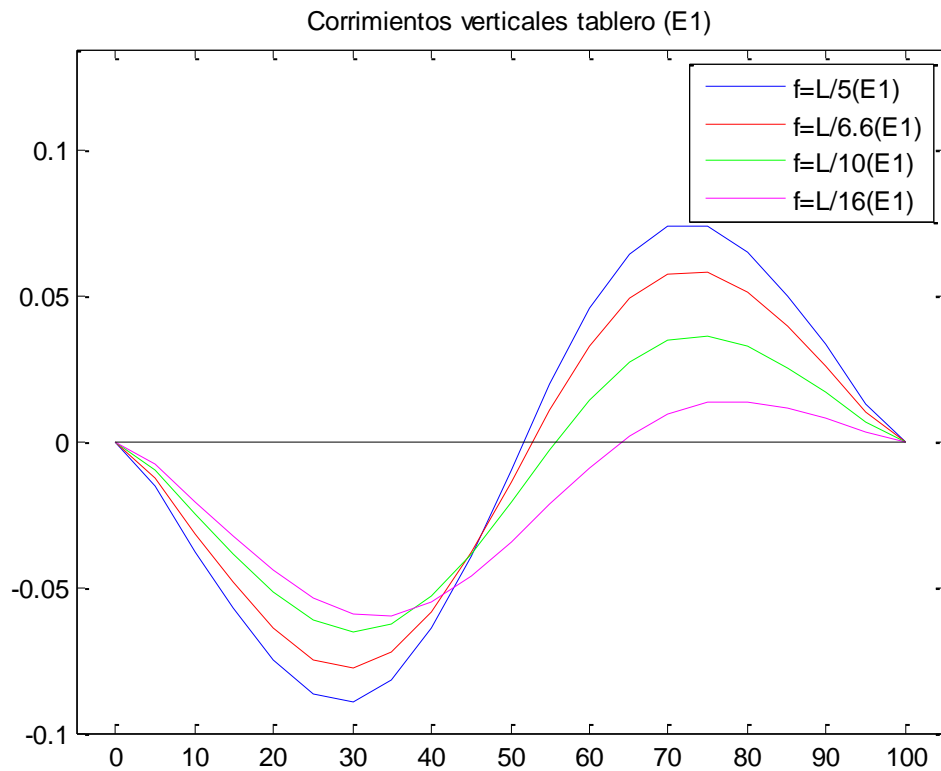


- **Corrimientos verticales:**

En el caso de los corrimientos verticales encontramos en todo el puente un decremento de éstos conforme disminuimos la flecha (aumentamos la relación flecha-Luz).

Comparando cada caso con el original de L/6.6, obtenemos para el desplazamiento máximo de la zona más sobrecargada y menos sobrecargada, respectivamente:

- a) En torno a un incremento del 16% y del 27% para L/5.
- b) En torno a un decremento del 15.6% y del 38% para L/10.
- c) En torno a un decremento del 24% y del 77% para L/16.



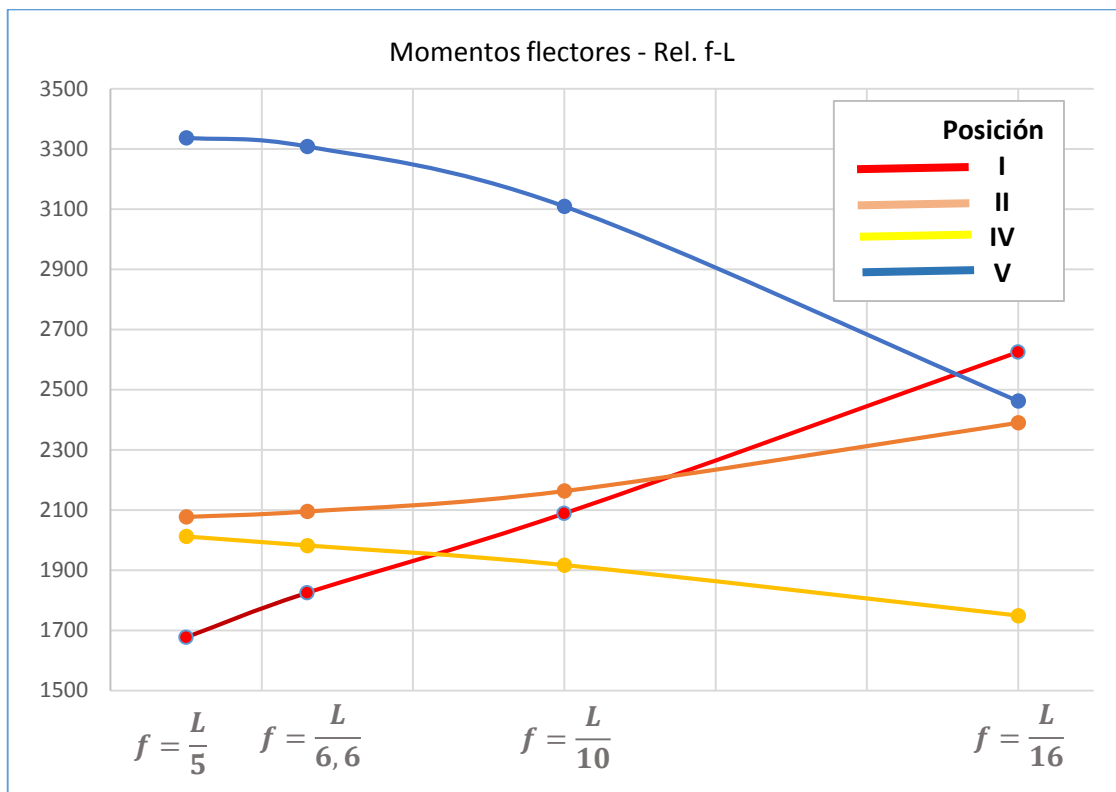
3.3.3. Conclusiones

Recordemos que ante un caso de carga anti funicular (Apartado 3.2.) obteníamos unos momentos flectores mayores conforme aumentábamos la relación flecha-luz (disminuíamos la flecha). Esto ocurría tanto para arco empotrado como articulado.

Primero atenderemos a los valores obtenidos:

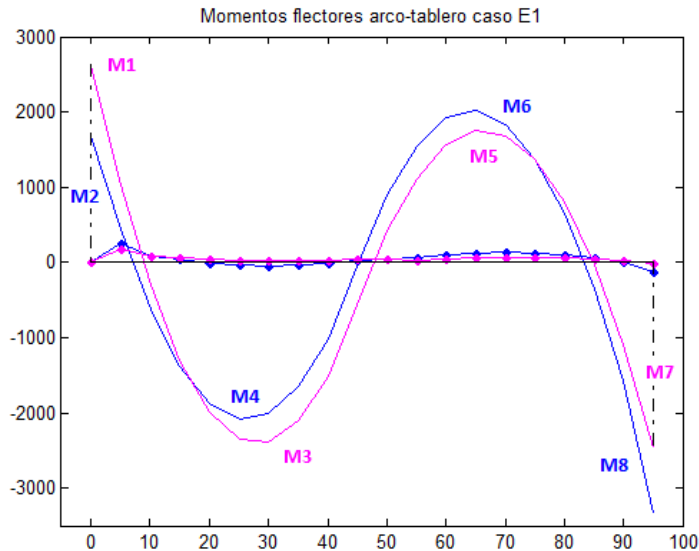
- Observamos un incremento del axil conforme disminuimos la flecha. Dicho aumento, además, evoluciona de manera más rápida cuando superamos relaciones flecha-luz superiores a $1/7$.
- El comportamiento de pilares se mantiene igual en todos los casos. Se puede apreciar un leve incremento conforme disminuimos la flecha, pero de un valor despreciable.
- Los momentos flectores, como hemos explicado en el apartado de análisis de resultados (3.3.2.) sufren un incremento conforme bajamos las flechas en la zona de mayor sobrecarga. En cambio, en la zona con sobrecarga menor se produce un decremento de los momentos con el aumento de la relación flecha-Luz.

Si representamos los flectores en los distintos puntos estudiados (I, II,IV,V), obtenemos:



Se aprecia de forma clara el decremento de los flectores conforme aumentamos la relación para la zona de mayor sobrecarga, y el efecto contrario para la otra zona.

Atendiendo a la tabla 3.3.1.1 podemos además afirmar que estos incrementos y decrementos son de la misma proporción. Haciendo la relación entre los momentos para el empotramiento y para el vano, tanto cuando estos aumentan como cuando disminuyen, obtenemos:



Empotramiento	
M1/M2	1.56529517
M8/M7	1.56529517
Vano	
M3/M4	1.15069812
M6/M5	1.15069812

Tabla 3.3.2.1

Por otro lado, vamos a sacar ciertas conclusiones sobre la posición de éstas cargas máximas que hemos representado. Atendiendo a las tablas 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.3.2.3, 3.3.2.4:

- En el caso de carga no funicular observamos como el punto en que los momentos se vuelven nulos se desplaza hacia la derecha gradualmente con la disminución de flecha. Esto no provoca otra cosa que un comportamiento “anti simétrico” en los momentos.

Denotamos cómo dicho punto se mantiene en torno al valor de $L/2.2$ ($x=45.5$ m) pero conforme aumentamos la relación flecha-Luz llegamos hasta un llegar a una posición en $L/2$ ($x=50$ m).

- **Corrimientos verticales:**

Como era de esperar, al igual que en el caso de carga anti funicular, el valor de los movimientos verticales se atenúa conforme disminuimos la flecha. Así es que obtenemos valores para el caso $L/5$ de 5 veces el valor de las deflexiones para $L/16$.

Además, también apreciamos el desplazamiento del punto donde se vuelven los desplazamientos nulos, pasando de estar en $L/1.94$ ($x=51.67$ m) para el caso $f=L/5$, a estar en $L/1.94$ ($x=65$ m) para $f=L/16$.

4. Variación de las condiciones del contorno

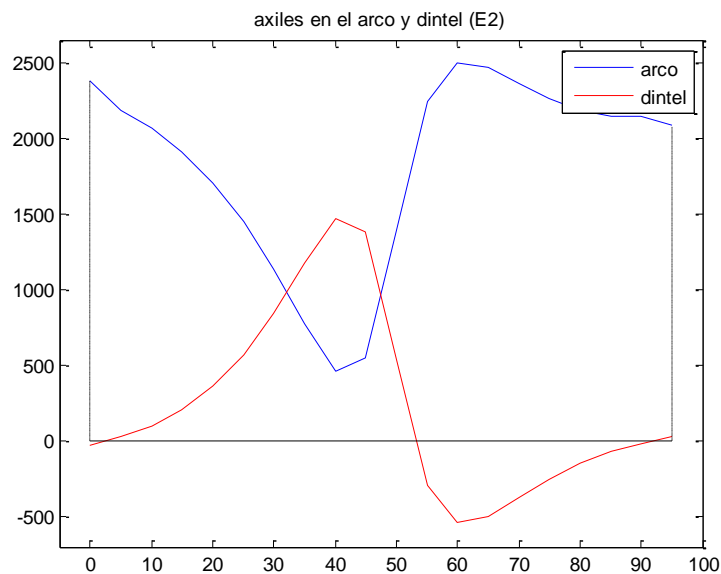
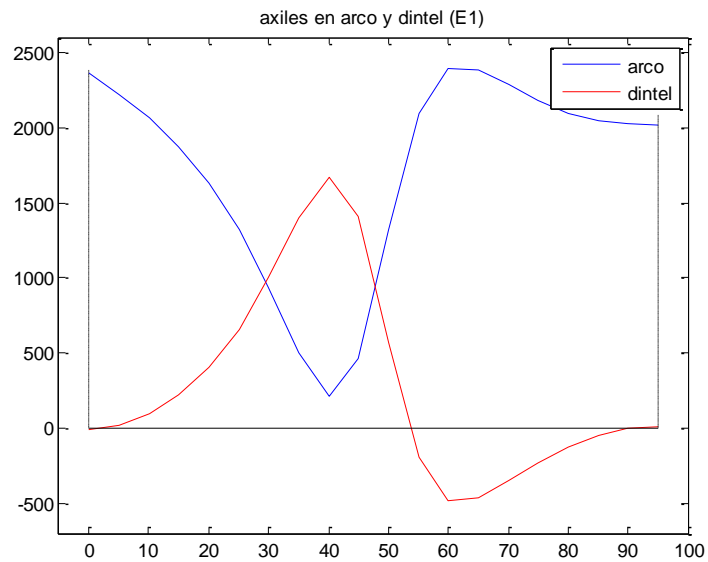
4.1. Fijación de los pilares

En primer lugar, vamos a llevar a cabo la fijación de los pilares a arco y tablero (biempotrados). Vamos a estudiar la influencia que esto tiene sobre los resultados primarios en los puentes del primer apartado, recordemos, con pilares biarticulados.

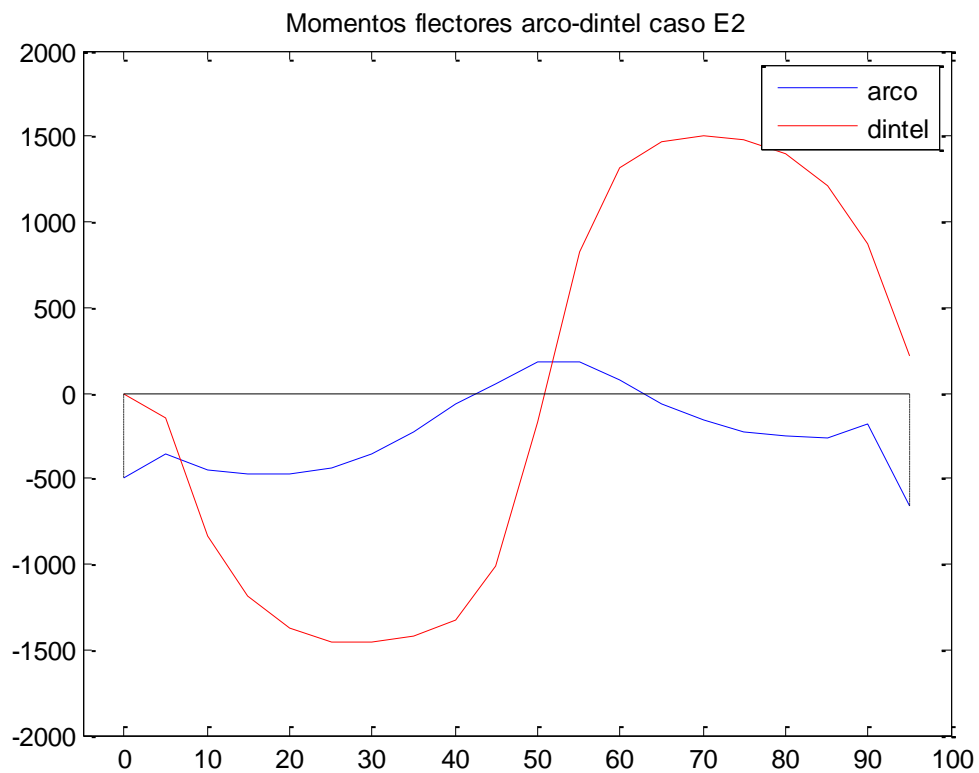
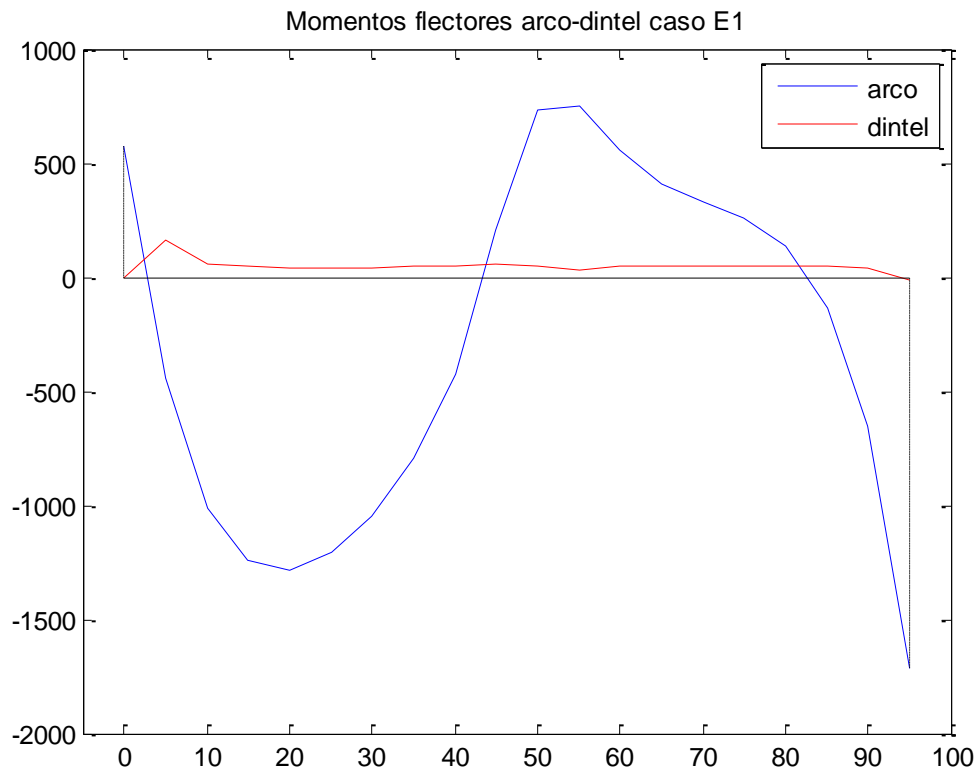
De este modo volvemos a tener dos casos de estudio (E1 y E2) con las mismas geométricas y cargas antes expuestas, pero con la variación de fijación de pilares citada.

4.1.1. Resultados del modelo propuesto

- Axiles arco-dintel:



- **Momentos flectores:**



- **Corrimientos verticales:**

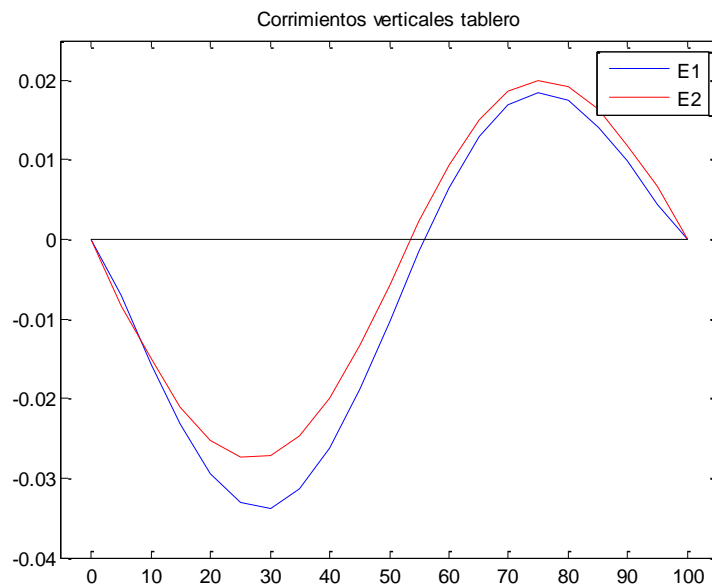


Tabla resumen de resultados

			Resultados	
			Pilares biempotrados	Pilares biarticulados
E1	Momentos (kn·m)	Arco (máx)	1717	3308
		Empotramiento Vano	1286	2094
	Dintel	<< my (arco)	<< my (arco)	
Deflexiones(m)			0.034	0.076
E2	Momentos (kn·m)	Arco	<< my (dintel)	<< my (dintel)
		Empotramiento Vano	1458	3033
	Dintel	1458	3033	
Deflexiones(m)			0.03	0.048

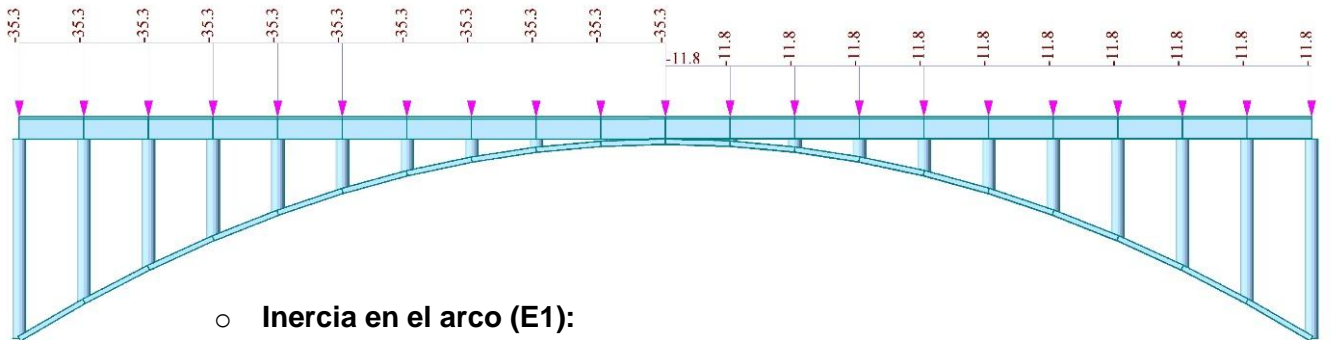
Tabla 4.1.2.1

- **Movimientos horizontales arco y dintel para pilares biarticulados y biempotrados:**

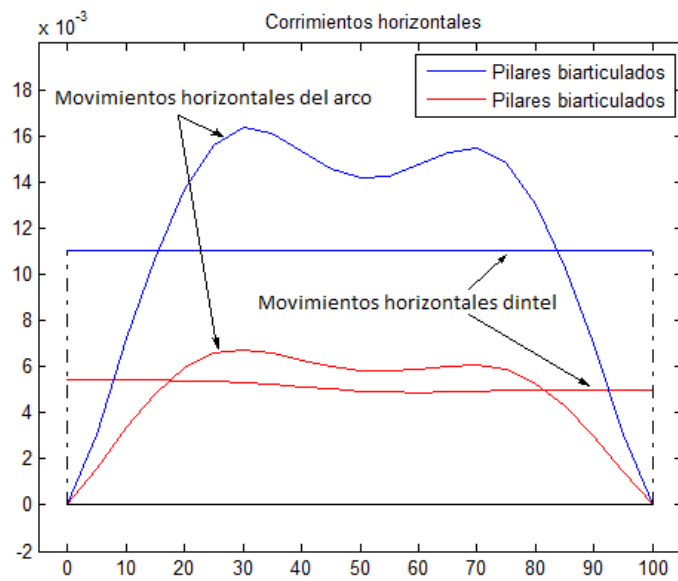
El estudio se ha realizado sobre el mismo caso que el apartado anterior, puente arco de 100 metros de luz y 15 metros de flecha. Este será sometido tanto a una **carga anti simétrica**, como a una **carga simétrica**. Con la intención de ver la importancia de la carga anti funicular.

J. Manterola, en el estudio que efectúa en su libro, sólo toma el caso E2, aunque en nuestro caso se ha realizado el estudio para los dos puentes que estamos estudiando (casos E1 y E2).

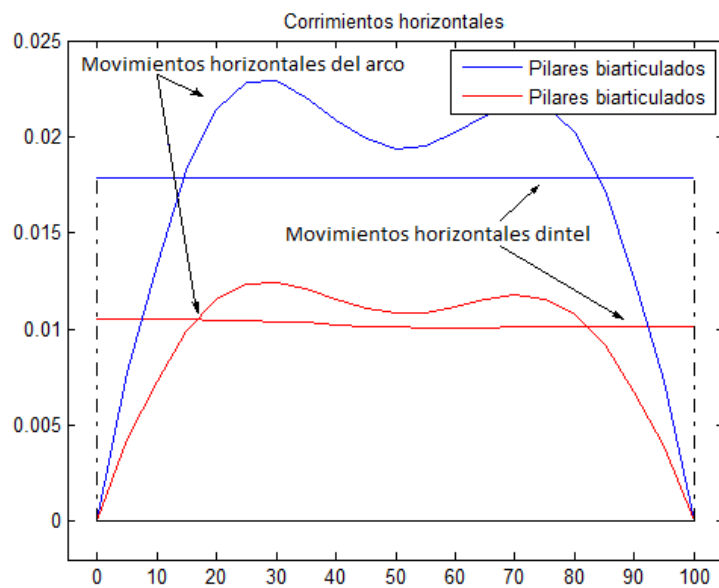
a) Carga anti simétrica



○ Inercia en el arco (E1):



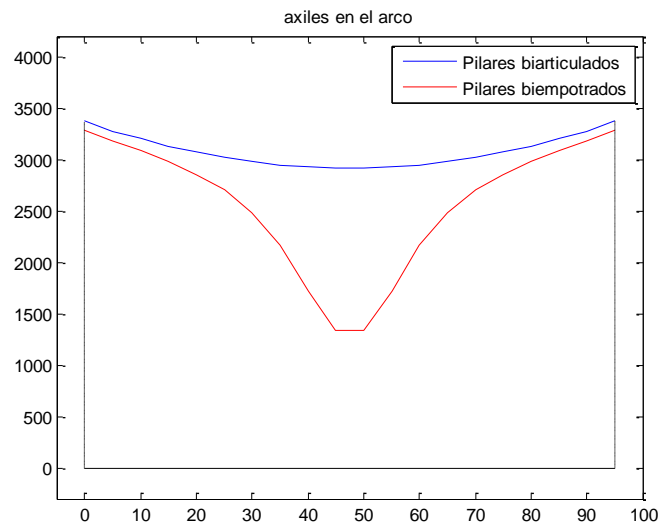
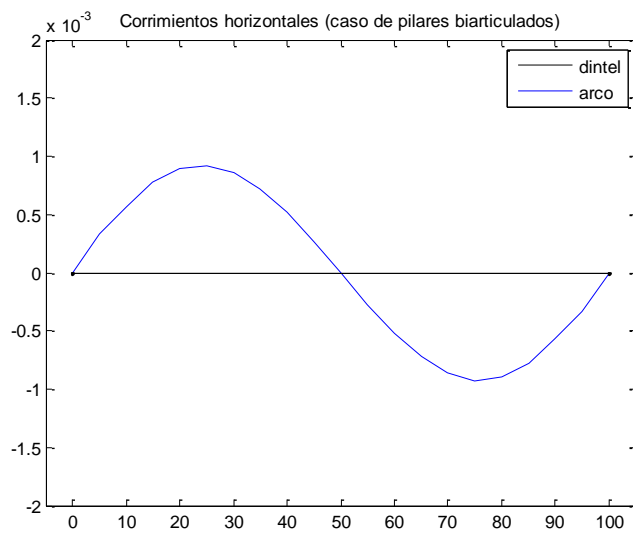
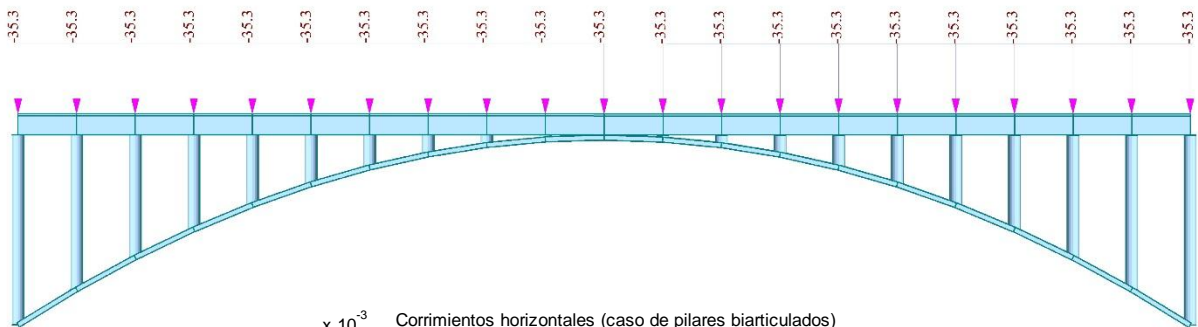
○ Inercia en el dintel (E2):



b) Carga simétrica

Si en vez de carga anti-simétrica consideramos una carga igual repartida por todo el dintel de 3.6 t/m (35.32 kn/m) observamos el mismo comportamiento. Se siguen produciendo movimientos horizontales.

En este caso es indiferente que caso tomar (E1 o E2) ya que, como se ha mostrado en el primer apartado, los axiles en el arco (que es lo que pretendemos analizar) no varían.



4.1.2. Análisis de resultados

Si analizamos los resultados obtenidos tras el empotramiento de pilares en arco y dintel observamos unos cambios muy significativos.

En el caso de pilares biarticulados, éstos tenían la única función de igualar los corrimientos verticales del arco y del tablero, pero no afectando de forma significativa a los esfuerzos. En el momento en que fijamos los pilares en sus extremos, éstos adquieren una importancia estructural más notable, ya que hacen que arco, tablero y pilares formen un solo elemento estructural.

Como se observa en el apartado de resultados, se han considerado (además de los dos casos que venimos estudiando, E1 y E2) dos puentes iguales, uno sometido a carga anti simétrica (como se ha estado aplicando anteriormente) y otro a carga simétrica, con el objetivo de ver la influencia de esta simetría en los movimientos horizontales que sufre la estructura.

De este modo me dispongo a exponer las conclusiones en esfuerzos sobre el caso de carga anti simétrica para después dividir el problema en carga simétrica y anti simétrica y analizar los corrimientos horizontales.

- **Axiles**

Observamos que la distribución clásica de axiles que obteníamos en el caso de pilares biarticulados se pierde, apareciendo un comportamiento conjunto.

Tanto en el caso E1 como en el E2 se aprecia que en la zona central del puente el dintel pasa a ser el que soporta mayores axiles, descargándose así el arco. Esto se debe a que en dicha zona central los pilares son muy cortos, coartándose el desplazamiento horizontal relativo arco-tablero debido a la rigidez a flexión de dichos pilares.

Como hemos dicho esto crea un trabajo conjunto arco-tablero que afectara tanto a los momentos flectores como a los corrimientos verticales.

- **Momentos flectores**

Si atendemos a los momentos flectores de la estructura y comparamos frente a los resultados del caso de pilares biarticulados observamos un decremento de éstos notable, tanto en el caso E1 como en el E2.

La tabla 4.1.2.1 en el apartado de resultados recoge la comparativa para momentos y corrimientos verticales entre los dos casos de pilares.

De este modo podemos afirmar que en el caso E1 se produce una reducción de los momentos del 61.41%, mientras en el E2 obtenemos una reducción del 48%.

- **Corrimientos verticales**

Si volvemos a ir a la tabla 4.1.2.1 y comparamos los movimientos verticales de los dos casos, para E1 y E2, apreciamos una reducción de estos del 44.7% para el caso E1 y del 62.5%.

Las reducciones que obtiene j. Manterola son del 50% para el E1 y del 65% para el E2, pudiendo dar nuestro modelo como válido.

- **Corrimientos horizontales**

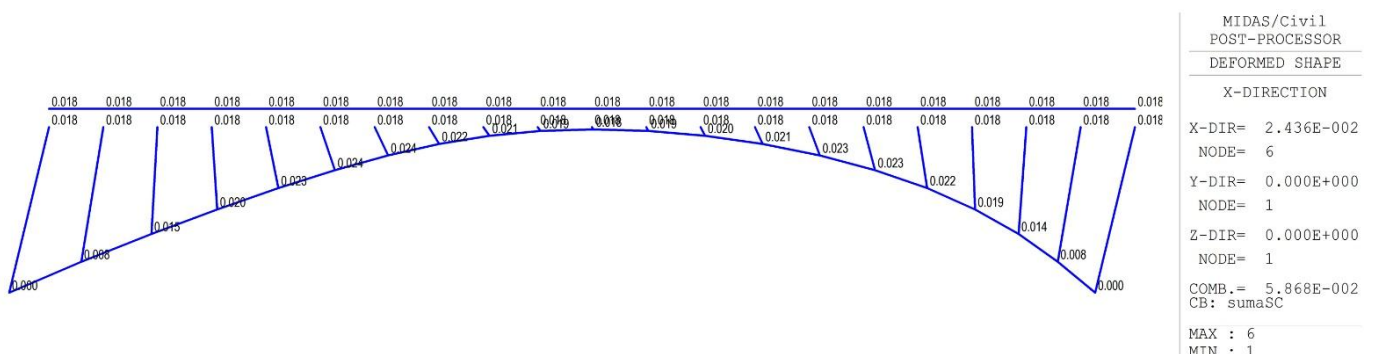
Diferenciamos dos casos, en función de la forma en que se distribuye la carga:

- **Carga anti simétrica**

Si representamos los movimientos horizontales del arco y del tablero observamos cómo el dintel experimenta un movimiento horizontal constante en toda su longitud. Por otro lado, el arco no tiene un movimiento constante, siendo en los extremos mucho menor que el del dintel. Conforme nos acercamos a la clave del puente observamos como los movimientos del arco se hacen mayores, sobrepasando en cierto punto a los del dintel.

Como comparativa entre pilares articulados y empotrados denotamos que el comportamiento (el explicado anteriormente) es el mismo en ambos casos, pero con unos valores menores para el caso biempotrado.

Los pilares realizarán el movimiento relativo arco-dintel. Cuando los pilares son biarticulados este movimiento longitudinal no causa esfuerzos sobre ellos. No pasa lo mismo en el caso del empotramiento de pilares, ya que éstos con su rigidez se oponen a la deformación. De esta manera se originan importantes esfuerzos a flexión y cortante, lo que produce la disminución de axil en el arco y aumento en el dintel ya citada anteriormente.



4.1.3. Conclusiones

Las conclusiones que podemos sacar son:

- La distribución clásica de axiles que obteníamos en el caso de pilares biarticulados se pierde, apareciendo un comportamiento conjunto.
- En la zona central del puente el dintel pasa a ser el que soporta mayores axiles, descargándose así el arco ya que los pilares son muy cortos, coartándose el desplazamiento horizontal relativo arco-tablero debido a la rigidez a flexión de dichos pilares.
- Con el empotramiento de pilares observamos una clara disminución de los movimientos verticales.
- Los movimientos horizontales para carga simétrica hacen que el dintel experimente un movimiento horizontal constante en toda su longitud. Por otro lado, el arco no tiene un movimiento constante, siendo en los extremos mucho menor que el del dintel. Conforme nos acercamos a la clave del puente observamos como los movimientos del arco se hacen mayores, sobrepasando en cierto punto a los del dintel.
- En cambio, para carga anti simétrica el dintel no experimenta movimiento horizontal, mientras que el arco si se mueve. Éste experimenta un movimiento hacia el interior del puente tal y como se mostraba en la imagen del apartado de análisis de resultados.

4.2. Triangulación de tímpanos

Al igual que en el estudio del empotramiento de pilares, se observará el comportamiento del puente tanto ante carga anti simétrica como ante carga simétrica.

Se ha tomado para el estudio el caso E2 (rigidez en el dintel), aunque esto no es determinante ya que se atenderá a los axiles en el arco y las deflexiones.

De este modo tenemos un puente arco con rigidez predominante en el tablero, pilares biarticulados en disposición triangular como se muestra en la imagen 4.2.1, sometido a dos casos de carga: uno de carga uniforme distribuida de 35.32 kN/m y otro con carga anti simétrica de 35.32 y 11.18 kN/m. El arco se encuentra biempotrado y el hormigón tiene las características indicadas en el primer apartado de este estudio.

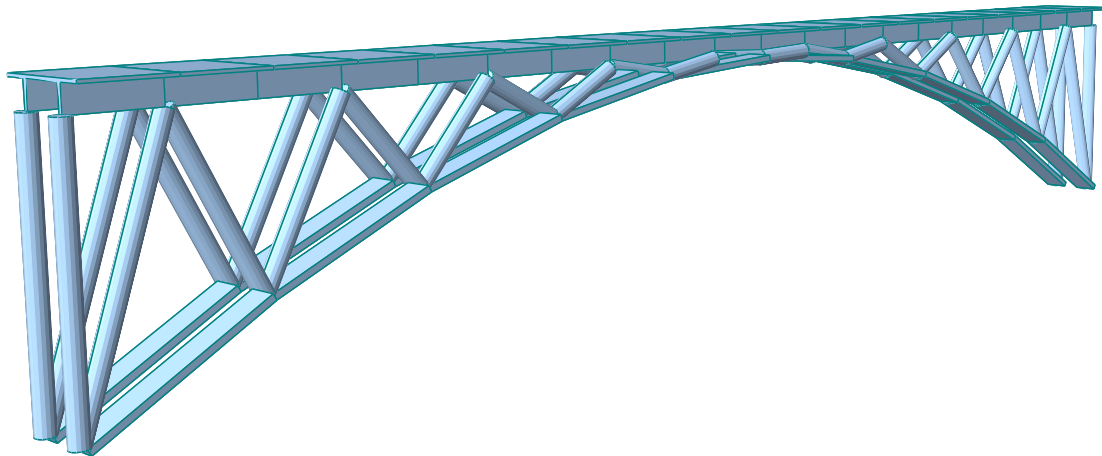
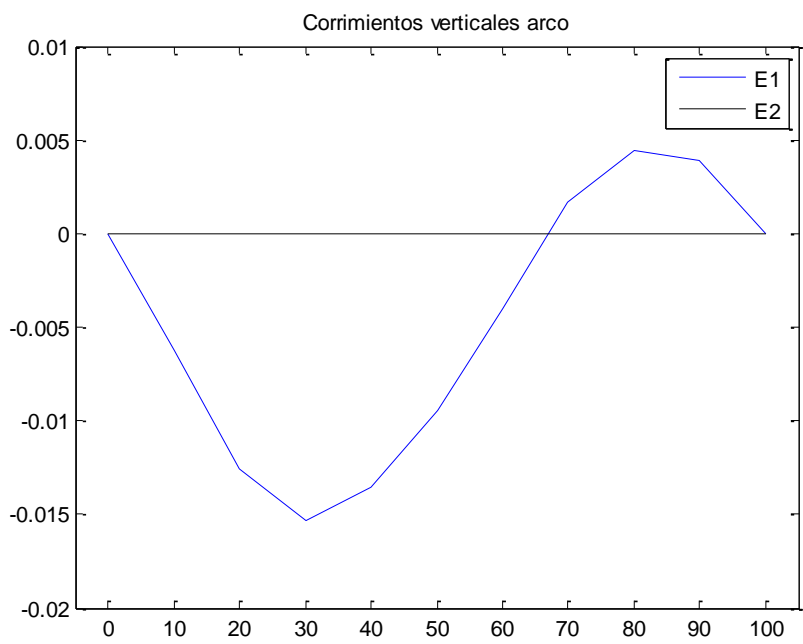
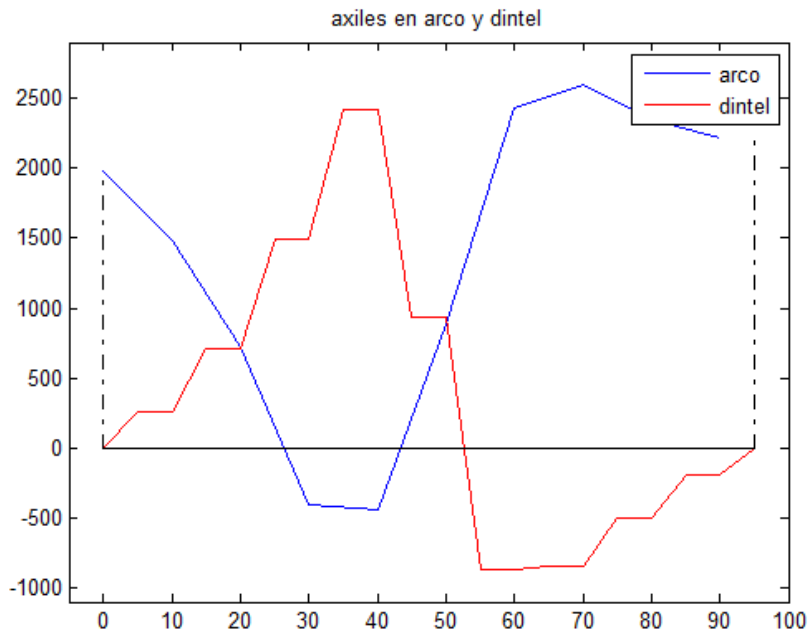
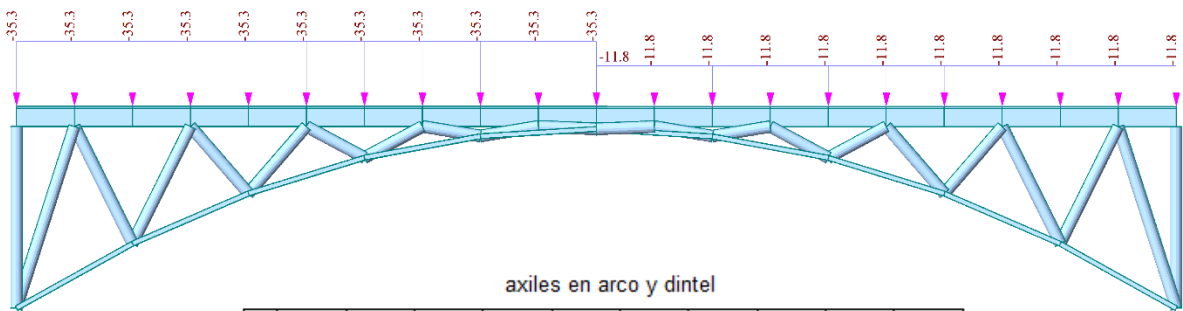


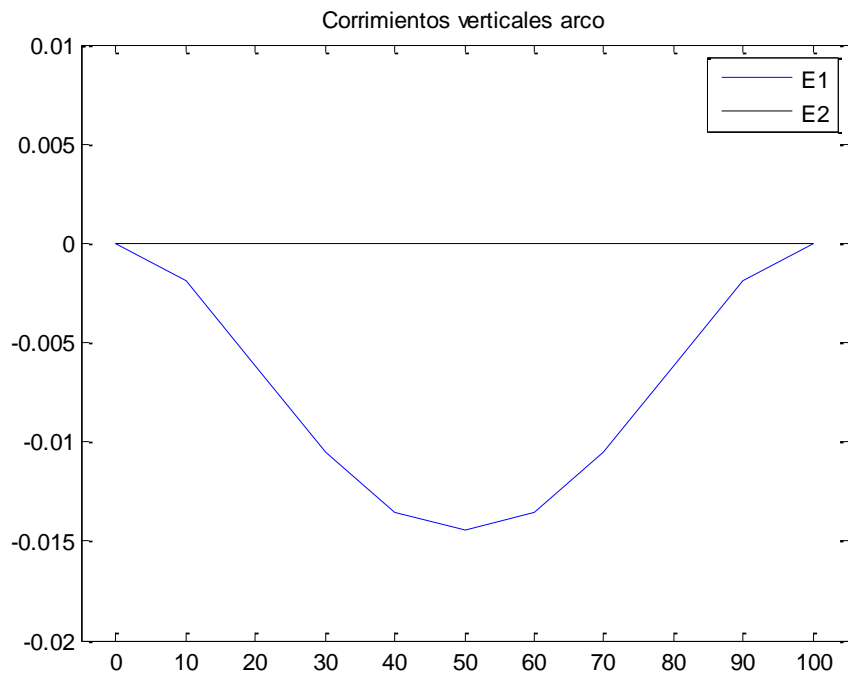
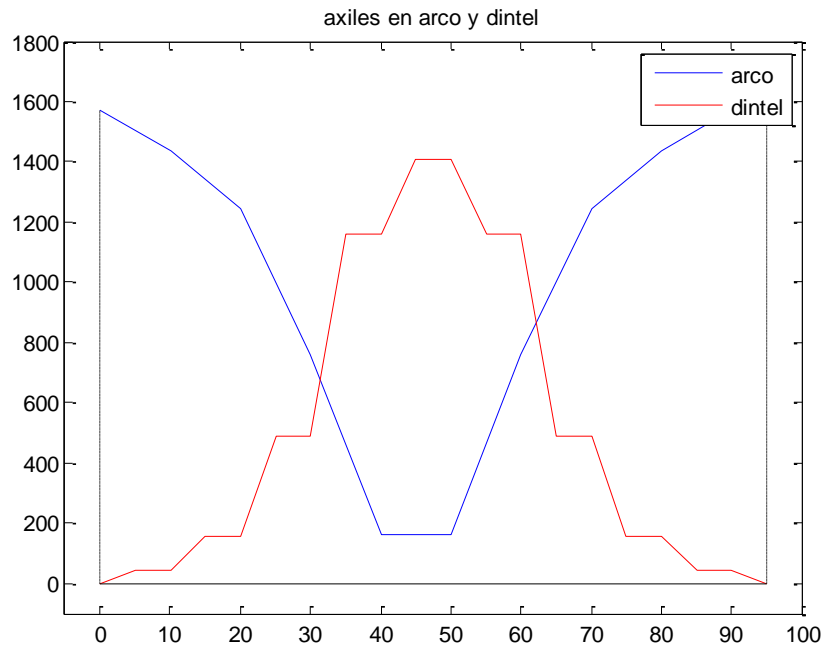
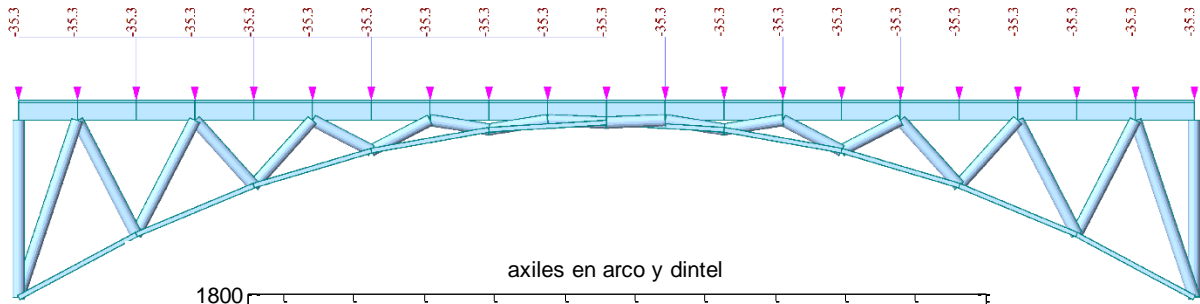
Imagen 4.2.1

4.2.1. Resultados del modelo propuesto

- Carga anti simétrica:



- Carga simétrica:



4.2.2. Análisis de resultados

En este apartado se ha introducido la variación de triangular los pilares que conforman el tímpano entre dintel y arco. Como se aprecia en los resultados (axiles arco-tablero y corrimientos verticales), el comportamiento del conjunto de la estructura es completamente diferente al caso de pilares verticales, aun tratándose en ambos casos de pilares biarticulados.

En primera instancia se observa que, al igual que cuando hemos empotrado pilares verticales, estos no solo llevan a cabo la función de igualar los corrimientos verticales del tablero y el arco (transmitiendo axiles únicamente), sino que también adquieren una importancia en los movimientos horizontales relativos. De esta forma, y sin perderse la tipología de puente arco (las fuerzas horizontales en los cimientos del arco son de vital importancia), la estructura adquiere un comportamiento conjunto arco-tablero equiparable (a modo de símil) a un dintel cuya cabeza de superior sería nuestro tablero y la cabeza inferior sería el arco.

Es por esto que la flexión, que en el caso simple de pilares biarticulados verticales era asumida por el elemento (dintel o arco) que llevara mayor rigidez, ahora se reparte entre arco y tablero. Es simple su visualización mediante los diagramas de axiles que se muestran en el apartado de resultados, observándose que los axiles pasan de comprimir el arco en los extremos del puente, a ganar mayor importancia en el dintel en el centro de este, dándose incluso casos donde en la zona central el arco se encuentra traccionado.

Este comportamiento se podría interpretar como que la triangulación de pilares crea un trabajo conjunto entre arco y tablero, formando “un solo elemento estructural”.

De este modo, la flexión que siempre lleva todo arco en el centro bajo la acción de cargas centradas o descentradas, acaba produciendo tracciones (o compresiones muy pequeñas) en el arco en torno al centro del puente. Esto es igual para carga simétrica como para anti simétrica. (véase los resultados para ambas)

Esta conclusión nos permite afirmar que desaparecen las flexiones del arco y el tablero en sí mismas, quedando solo flexiones secundarias del orden de la décima parte de las que obtendríamos en el caso de pilares biarticulados verticales.

Las péndolas inclinadas de unión toman axiles de signo contrario en péndolas sucesivas, lo mismo que pasa en cualquier viga.

4.2.3. Conclusiones

Del análisis de resultados extraemos:

- El triangulado de los pilares de unión provoca que estos no solo igualan los movimientos verticales arco-tablero, sino que también comienzan a afectar en los movimientos horizontales. Así es como consideramos que la triangulación provoca un trabajo conjunto entre arco y dintel.
- Este trabajo conjunto hace que los axiles se repartan entre arco y tablero, teniendo más importancia en el arco en la zona próxima a los extremos y, por otro lado, mayor importancia en el tablero en el centro.
- Esto es debido a que la flexión, antes tarea de uno de los elementos (tablero o arco), ahora pasa a ser tarea de ambos.
- De este modo, la flexión que siempre lleva todo arco en el centro bajo la acción de cargas centradas o descentradas, acaba produciendo tracciones (o compresiones muy pequeñas) en el arco en torno al centro del puente.
- Las péndolas inclinadas de unión toman axiles de signo contrario en péndolas sucesivas, lo mismo que pasa en cualquier viga.

4.3. Empotramiento del arco

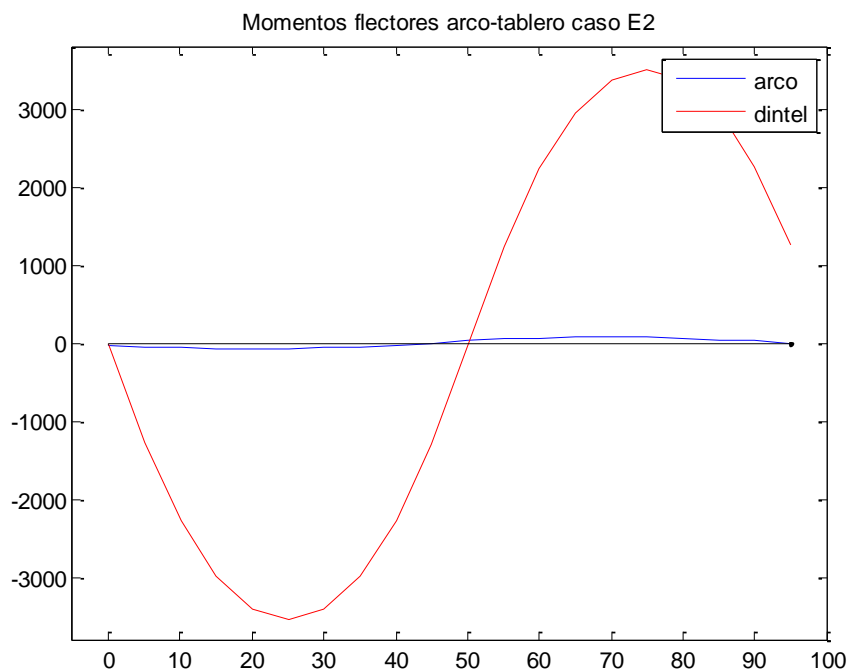
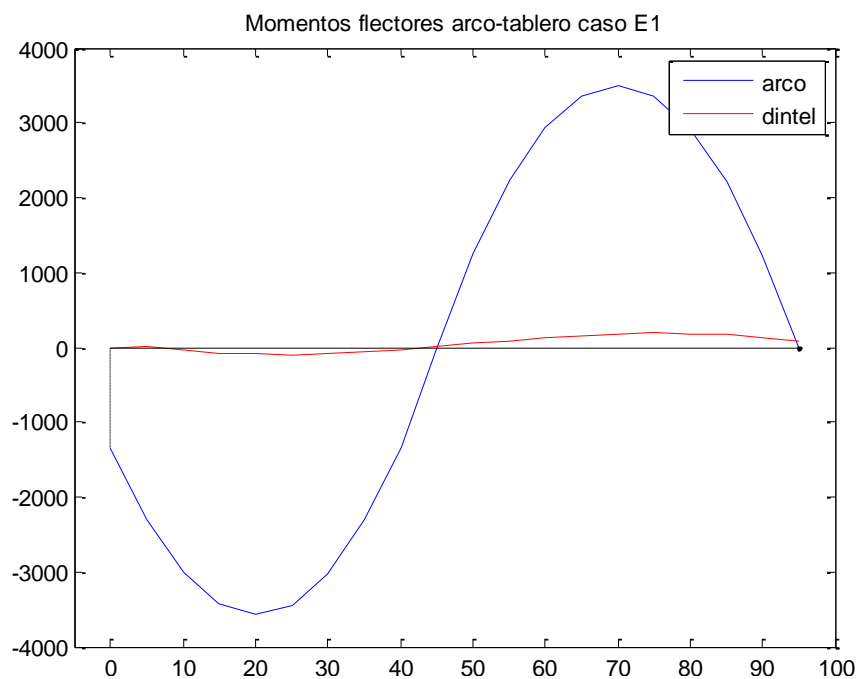
Por último, y para concluir el estudio del comportamiento de un puente arco bajo variaciones estructurales, se plantea la modificación de los apoyos (cimientos) del arco, aplicando sobre este una configuración biapoyada.

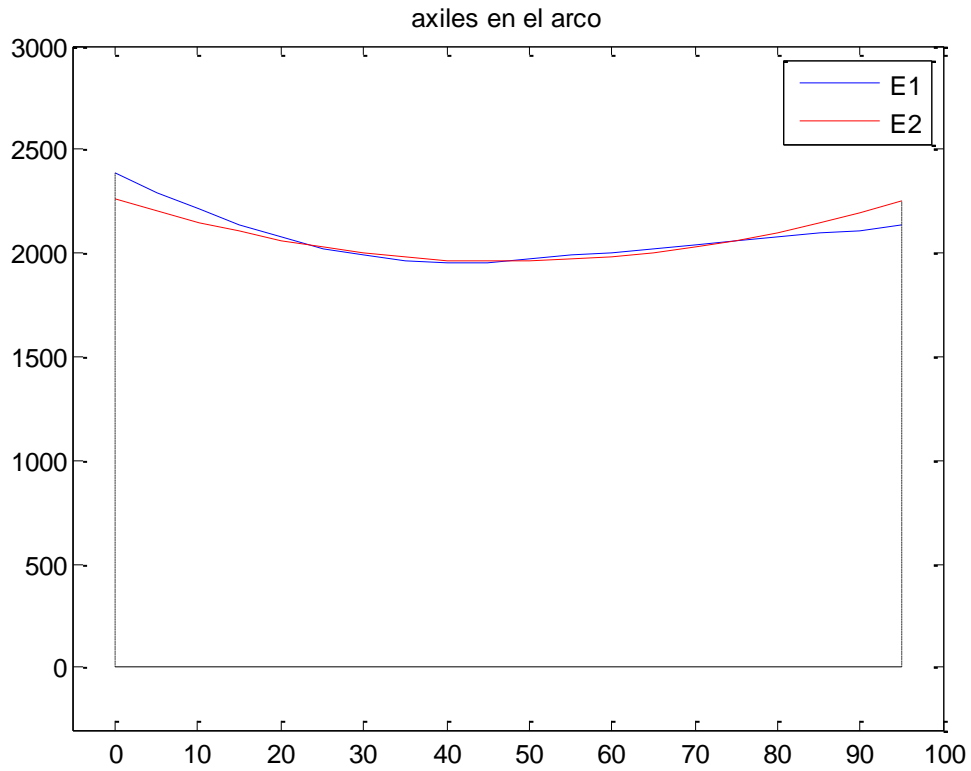
De este modo se irán mostrando los resultados obtenidos y se realizara una comparación con los que recogimos en el primer apartado (arco biempotrado).

Se pretende observar las ventajas e inconvenientes de cada tipo de fijación para intentar obtener un criterio mejor en la elección de ambas.

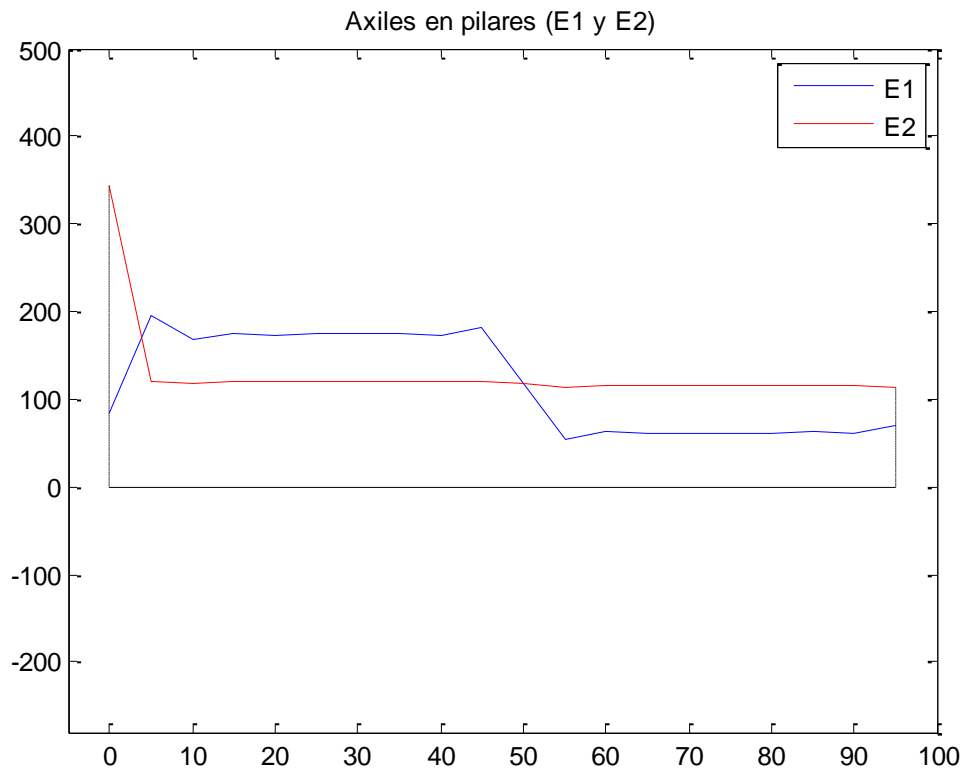
4.3.1. Resultados del modelo propuesto

- **Arco biempotrado**
- **Momentos flectores:**





- **Axiles en pilares:**



- **Corrimientos verticales:**

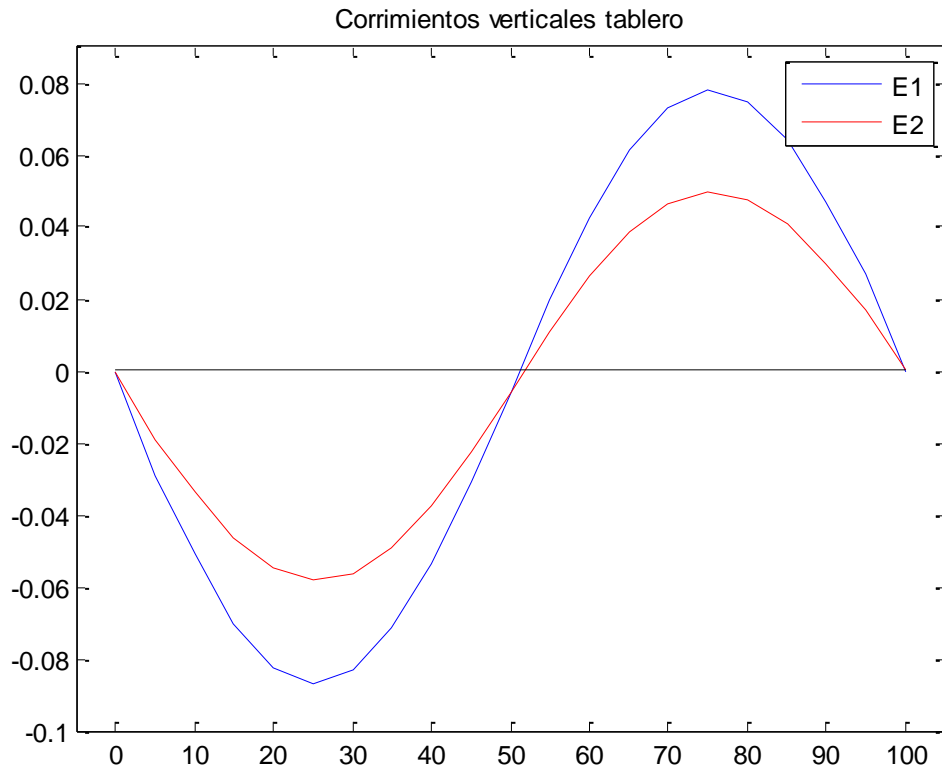


Tabla resumen de resultados

			Resultados		
			Arco biempotrado	Arco biarticulado	
E1	Axiles(kn)	Arco	1960	1955	
		Pilares	$0 < x < l/2$	174.2	178.48
	$L/2 < x < l$		61.38	61.26	
	Momentos (kn·m)	Arco	Empotramiento	-	3308
			Vano	3578	2094
Deflexiones(m)		Dintel	<< my (arco)	<< my (arco)	
E2	Axiles(kn)	Arco	1960	1955	
		Pilares	Se reparte como semisuma	120	120
	Momentos (kn·m)		Arco	Empotramiento	<< my (dintel)
		Vano		3555	3033
	Deflexiones(m)		Dintel	0.058	0.048

Tabla 4.3.1.1

4.3.2. Análisis de resultados

Tras la realización del modelo de arco biapoyado observamos que las diferencias de valores de los esfuerzos y deflexiones con respecto al caso biempotrado no son demasiado grandes. Aun así, podemos apreciar ciertos cambios, que a priori pueden ser intuitivos, que podemos confirmar mediante el modelo realizado.

Se procederá a continuación a evaluar los resultados de la tabla 4.3.1.1 para esfuerzos y movimientos verticales:

- Axiles en el arco:

Los axiles en el arco se mantienen constantes, al igual que con arco biempotrado. Si habría que tener en cuenta que el cimiento del arco en este caso será diferente y dichos axiles afectarán de distinta manera en el apoyo.

- Axiles en pilares:

Se mantienen la misma distribución, y con valores muy próximos, en ambos casos.

Además, se puede seguir afirmando que el dintel en el caso E2, al llevar la rigidez, transmite aproximadamente la misma carga a todos los pilares, teniendo ésta el valor de la semisuma de los axiles obtenidos en el caso E1 (rigidez en el arco) en donde los pilares soportan la carga directa que tengan encima.

- Momentos flectores:

El comportamiento es el mismo: en el caso de rigidez en el arco (E1), los momentos flectores se concentrarán en este; mientras que cuando la rigidez recae sobre el tablero (E2), dicho tablero será el encargado de soportar la flexión.

Como comparativa entre los dos modelos, observando la tabla 4.3.1.1, podemos apreciar un aumento en el caso E1 de los momentos flectores en el vano del 70% respecto al valor que obteníamos con el empotramiento del arco. Es evidente que dichos momentos tenderían a subir, ya que en el caso E1 es el arco el que soporta la flexión, y los empotramientos de éste soportaban gran parte de los momentos.

En el caso E2 también se aprecia un aumento, pero de mucho menor valor al comentado. En este caso, los momentos en el dintel aumentan un 14% aproximadamente.

- **Corrimientos verticales:**

Como consecuencia directa de los efectos del empotramiento en el arco, también se van a producir un incremento de los movimientos verticales de la estructura con respecto al caso de arco biarticulado.

De nuevo, si atendemos a la tabla 4.3.1.1 podemos apreciar un incremento de las flechas verticales para el caso E1 del 5%. Por otro lado, en el caso e2 obtenemos un incremento del 20%.

No son unas diferencias de un valor desmesurado, pero si ponen de manifiesto las variaciones en los apoyos que hemos llevado a cabo.

4.3.3. Conclusiones

Como conclusiones podemos decir que:

- Los axiles en el arco se mantienen constantes, al igual que con arco biempotrado.
- En el caso de axiles en pilares se mantiene la misma distribución, y con valores muy próximos, en ambos casos.
- El comportamiento de los flectores es el mismo es el mismo que caso de arco biempotrado (el elemento que recoge la rigidez es el que soporta la flexión).
- Siguiendo con la flexión se observa un pequeño incremento de los resultados respecto a arco empotrado ya que en el caso apoyado no hay un empotramiento con rigidez a flexión.

5. Resumen de conclusiones.

Reuniendo las conclusiones de los apartados tenemos:

- **Para puente original ($f=L/6.6$), de 100 m de luz y 15 de flecha, bajo carga anti simétrica:**
 - Los momentos flectores ante la carga anti funicular son recogidos por el elemento que aporta la rigidez principal a la estructura
 - El axil en el arco es aproximadamente constante
 - En el caso E1 el tablero se limita a transmitir la carga que tienen encima debido a su escasa rigidez. De este modo podemos notar el salto de la asimetría en la carga.
 - En el E2, al soportar la rigidez el tablero, este no hace más que transmitir una carga uniforme
 - Respecto a las flechas, en el caso de rigidez en el tablero (E2), éste reparte la carga sobre el arco de manera uniforme, en cambio, en el caso E1 se transmite la carga que tenga encima el tablero directamente al arco. Es por ello, que la carga que se transmite es mayor a la semisuma en la mitad del puente, obteniendo así flechas mayores.
- **Puente original bajo distintas relaciones flecha-luz bajo carga anti funicular:**
 - Un incremento notable entre los valores de los axiles conforme disminuimos la flecha (en $L/16$ es en torno a 3 veces mayor al obtenido en $L/5$).
 - Grandes incrementos en los momentos flectores en el arco con la reducción de flecha.
 - Reducciones también en los momentos del dintel, pero de un valor muy pequeño, despreciable frente a los incrementos en el arco.
 - Apreciamos un aumento de los corrimientos verticales conforme disminuimos la flecha (en torno a 3 y 4 veces mayores).
 - Observando los diagramas de esfuerzos y de desplazamientos comparativos en el apartado anterior debemos denotar que el crecimiento de éstos con la disminución de flecha que venimos destacando se produce de una manera “exponencial”. Así es que entre valores de relación flecha-luz medios ($1/5 - 1/7$) el crecimiento se produce se forma gradual, pero cuando llegamos a valores mayores como $1/10$ se experimenta un aumento exponencial.

- **Caso original bajo distintas relaciones flecha-luz:**

- Observamos un incremento del axil conforme disminuimos la flecha. Dicho aumento, además, evoluciona de manera más rápida cuando superamos relaciones flecha-luz superiores a $1/7$.
- El comportamiento de pilares se mantiene igual en todos los casos. Se puede apreciar un leve incremento conforme disminuimos la flecha, pero de un valor despreciable.
- Los momentos flectores, como hemos explicado en el apartado de análisis de resultados (3.3.2.) sufren un incremento conforme bajamos las flechas en la zona de mayor sobrecarga. En cambio, en la zona con sobrecarga menor se produce un decremento de los momentos con el aumento de la relación flecha-Luz.
- Podemos además afirmar que estos incrementos y decrementos son de la misma proporción.
- En el caso de carga no funicular observamos como el punto en que los momentos se vuelven nulos se desplaza hacia la derecha gradualmente con la disminución de flecha. Esto no provoca otra cosa que un comportamiento “anti simétrico” en los momentos. Denotamos cómo dicho punto se mantiene en torno al valor de $L/2.2$ ($x=45.5$ m) pero conforme aumentamos la relación flecha-Luz llegamos hasta un llegar a una posición en $L/2$ ($x=50$ m).
- el valor de los movimientos verticales se atenúa conforme disminuimos la flecha. Así es que obtenemos valores para el caso $L/5$ de 5 veces el valor de las deflexiones para $L/16$. Además, también apreciamos el desplazamiento del punto donde se vuelven los desplazamientos nulos.

- **Variación de las C.C.:**

- **Empotramiento de los pilares:**

- La distribución clásica de axiles que obteníamos en el caso de pilares biarticulados se pierde, apareciendo un comportamiento conjunto.
- En la zona central del puente el dintel pasa a ser el que soporta mayores axiles, descargándose así el arco ya que los pilares son muy cortos, coartándose el desplazamiento horizontal relativo arco-tablero debido a la rigidez a flexión de dichos pilares.
- Con el empotramiento de pilares observamos una clara disminución de los movimientos verticales.
- Los movimientos horizontales para carga simétrica hacen que el dintel experimente un movimiento horizontal constante en toda su longitud. Por otro

lado, el arco no tiene un movimiento constante, siendo en los extremos mucho menor que el del dintel. Conforme nos acercamos a la clave del puente observamos como los movimientos del arco se hacen mayores, sobrepasando en cierto punto a los del dintel.

- En cambio, para carga anti simétrica el dintel no experimenta movimiento horizontal, mientras que el arco si se mueve. Éste experimenta un movimiento hacia el interior del puente tal y como se mostraba en la imagen del apartado de análisis de resultados.

- o **Triangulación de pilares:**

- El triangulado de los pilares de unión provoca que estos no solo igualan los movimientos verticales arco-tablero, sino que también comienzan a afectar en los movimientos horizontales. Así es como consideramos que la triangulación provoca un trabajo conjunto entre arco y dintel.
- Este trabajo conjunto hace que los axiles se repartan entre arco y tablero, teniendo más importancia en el arco en la zona próxima a los extremos y, por otro lado, mayor importancia en el tablero en el centro.
- Esto es debido a que la flexión, antes tarea de uno de los elementos (tablero o arco), ahora pasa a ser tarea de ambos.
- De este modo, la flexión que siempre lleva todo arco en el centro bajo la acción de cargas centradas o descentradas, acaba produciendo tracciones (o compresiones muy pequeñas) en el arco en torno al centro del puente.
- Las péndolas inclinadas de unión toman axiles de signo contrario en péndolas sucesivas, lo mismo que pasa en cualquier viga.

- o **Empotramiento del arco:**

- Los axiles en el arco se mantienen constantes, al igual que con arco biempotrado.
- En el caso de axiles en pilares se mantiene la misma distribución, y con valores muy próximos, en ambos casos.
- El comportamiento de los flectores es el mismo es el mismo que caso de arco biempotrado (el elemento que recoge la rigidez es el que soporta la flexión).
- Siguiendo con la flexión se observa un pequeño incremento de los resultados respecto a arco empotrado ya que en el caso apoyado no hay un empotramiento con rigidez a flexión.

6. Bibliografía.

- Manterola, J.. (2006). *Puentes: Apuntes para su Diseño, Cálculo y Construcción. (VOL.I)* . España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos..
- Manterola, J.. (2006). *Puentes: Apuntes para su Diseño, Cálculo y Construcción. (VOL.II)* . España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos..

ANEXO DE CÓDIGOS

Contenido

ANEXO DE CÓDIGOS	1
1. Diagrama de esfuerzos y deflexiones	3
2. Diagrama de esfuerzos para pilares empotrados	7
3. Diagrama de axiles en arco pilares biarticulado.....	11
4. Diagrama de axiles arco.....	14
5. Desplazamientos verticales modelo pilares biarticulado.....	16
6. Comparativa grafica relaciones flecha	18

1. Diagrama de esfuerzos y deflexiones

```
%DIAGRAMA DE ESFUERZOS Y DEFLEXIONES S/RESULTADOS

[A,AA,AAA]=xlsread('esfuerzosE1.xlsx');
[B,BB,BBB]=xlsread('deflexionesE1.xlsx');
[C,CC,CCC]=xlsread('esfuerzosE2.xlsx');
[D,DD,DDD]=xlsread('deflexionesE2.xlsx');
A(1,:)=[];
AA(1,:)=[];
AAA(1,:)=[];
B(1,:)=[];
BB(1,:)=[];
BBB(1,:)=[];
C(1,:)=[];
CC(1,:)=[];
CCC(1,:)=[];
D(1,:)=[];
DD(1,:)=[];
DDD(1,:)=[];

%los (-2*) es para que el diagrama salga como a MANTEROLA y para tener
en
%cuanta las dos filas de arcos/pilares

n=40;

% vi:   TABLERO (elem 41-60):      80:2:119
%       ARCO(1-20;21-40):         1:2:39      ;   40:2:79
%       PILARES(61-81;82-120):    120:2:161   ;   162:2:239

% Uz va por nodos:
%       TABLERO (elem 43-63):      42:62
%       ARCO(1-21;22-42):         0:20       ;   20:41

%PLOTTEAR      plot(1:5:100,C(vi,4),'k');
%              x      columna
close all
%% axiles arco
vp=2:2:size(A,1);
```

```

vi=1:2:39;
h1=[A(1,4);C(1,4)];
h2=[A(39,4);C(39,4)];
plot(0:5:95,-2*A(vi,4),'b');
hold on
plot(0:5:95,-2*C(vi,4),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(-min(h1),1),-2*(-1:-1:min(h1)),'k-.')
hold on
plot(ones(-min(h2),1)*95,-2*(-1:-1:min(h2)),'k-.')
title('axiles en el arco')
legend('E1','E2')
axis([-5 100 -300 5600])

```

```

%% axiles pilares

```

```

vp=2:2:size(A,1);
vi=120:2:159;
h1=[0;A(120,4);C(120,4)];
h2=[0;A(159,4);C(159,4)];
plot(0:5:95,-2*A(vi,4),'b');
hold on
plot(0:5:95,-2*C(vi,4),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),-2*[min(h1);max(h1)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-2*[min(h2);max(h2)],'k-.')
title('Axiles en pilares (E1 y E2)')
legend('E1','E2')
axis([-5 100 -280 600])

```

```

%% My E1

```

```

figure()
vp=2:2:size(A,1);
viA=1:2:39;
viT=80:2:119;
h3=[0;2*A(1,8)];
h4=[0;2*A(39,8)];

```



```

plot(0:5:95,-2*A(viA,8),'b');
hold on
plot(0:5:95,-1*A(viT,8),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),-1*[min(h3);max(h3)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-1*[min(h4);max(h4)],'k-.')
title('Momentos flectores arco-tablero caso E1')
legend('arco','dintel')
axis([-5 100 -3500 3000])

```

```

%% My E2

```

```

figure()
vp=2:2:size(A,1);
viA=1:2:39;
viT=80:2:119;
h3=[0;C(1,8)];
h4=[0;C(39,8)];
plot(0:5:95,-2*C(viA,8),'b');
hold on
plot(0:5:95,-1*C(viT,8),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),-1*[min(h3);max(h3)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-1*[min(h4);max(h4)],'k-.')
title('Momentos flectores arco-tablero caso E2')
legend('arco','dintel')
axis([-5 100 -3800 3800])

```

```

%% Uz tablero

```

```

figure()
vp=2:2:size(B,1);
vi=42:62;
plot(0:5:100,smooth(B(vi,5),5),'b');
hold on
plot(0:5:100,smooth(D(vi,5),5),'r');
hold on

```

```
plot(0:5:100,zeros(1,21),'k')
title('Corrimientos verticales tablero')
legend('E1','E2')
axis([-5 105 -0.08 0.04])
```

2. Diagrama de esfuerzos para pilares empotrados

```
%DIAGRAMA DE ESFUERZOS S/RESULTADOS PARA ESTUDIO DE PILARES EMPOTRADOS
```

```
[A,AA,AAA]=xlsread('esfuerzosE1.xlsx');  
[B,BB,BBB]=xlsread('deflexionesE1.xlsx');  
[C,CC,CCC]=xlsread('esfuerzosE2.xlsx');  
[D,DD,DDD]=xlsread('deflexionesE2.xlsx');  
A(1,:)=[];  
AA(1,:)=[];  
AAA(1,:)=[];  
B(1,:)=[];  
BB(1,:)=[];  
BBB(1,:)=[];  
C(1,:)=[];  
CC(1,:)=[];  
CCC(1,:)=[];  
D(1,:)=[];  
DD(1,:)=[];  
DDD(1,:)=[];
```

```
%los (-2*) es para que el diagrama salga como a MANTEROLA y para tener  
en
```

```
%cuenta las dos filas de arcos/pilares
```

```
n=40;
```

```
% vi:   TABLERO (elem 41-60):   80:2:119  
%       ARCO(1-20;21-40):       1:2:39   ;   40:2:79  
%       PILARES(61-81;82-120):  120:2:161 ;   162:2:239
```

```
% Uz va por nodos:
```

```
%       TABLERO (elem 43-63):   42:62  
%       ARCO(1-21;22-42):       0:20     ;   20:41
```

```
%PLOTTEAR      plot(1:5:100,C(vi,4),'k');
```

```
%              x      columna
```

```
close all
```

```
%% axiles arco y dintel E1
```

```
vp=2:2:size(A,1);
```

```

viA=1:2:39;
viT=80:2:119;
h1=[A(1,4);C(1,4)];
h2=[A(39,4);C(39,4)];
plot(0:5:95,-2*A(viA,4),'b');
hold on
plot(0:5:95,-1*A(viT,4),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(-min(h1),1),-2*(-1:-1:min(h1)),'k-.')
hold on
plot(ones(-min(h2),1)*95,-2*(-1:-1:min(h2)),'k-.')
title('axiles en arco y dintel (E1)')
legend('arco','dintel')
axis([-5 100 -700 2600])

```

```

%% axiles arco y dintel E2

```

```

vp=2:2:size(A,1);
viA=1:2:39;
viT=80:2:119;
h1=[A(1,4);C(1,4)];
h2=[A(39,4);C(39,4)];
plot(0:5:95,-2*C(viA,4),'b');
hold on
plot(0:5:95,-1*C(viT,4),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(-min(h1),1),-2*(-1:-1:min(h1)),'k-.')
hold on
plot(ones(-min(h2),1)*95,-2*(-1:-1:min(h2)),'k-.')
title('axiles en el arco y dintel (E2)')
legend('arco','dintel')
axis([-5 100 -700 2650])

```

```

%% axiles pilares MANTEROLA NO LO HACE

```

```

vp=2:2:size(A,1);
vi=120:2:159;
h1=[0;A(120,4);C(120,4)];
h2=[0;A(159,4);C(159,4)];

```

```

plot(0:5:95,-1*A(vi,4),'b');
hold on
plot(0:5:95,-1*C(vi,4),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),-1*[min(h1);max(h1)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-1*[min(h2);max(h2)],'k-.')
title('Axiles en pilares (E1 y E2)')
axis([-5 100 -150 250])

```

```
%% My E1
```

```

figure()
vp=2:2:size(A,1);
viA=1:2:39;
viT=80:2:119;
h3=[0;A(1,8)];
h4=[0;A(39,8)];
plot(0:5:95,-2*A(viA,8),'b');
hold on
plot(0:5:95,-1*A(viT,8),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),-2*[min(h3);max(h3)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-2*[min(h4);max(h4)],'k-.')
title('Momentos flectores arco-dintel caso E1')
legend('arco','dintel')
axis([-5 100 -2000 1000])

```

```
%% My E2
```

```

figure()
vp=2:2:size(A,1);
viA=1:2:39;
viT=80:2:119;
h3=[0;C(1,8)];
h4=[0;C(39,8)];
plot(0:5:95,-2*C(viA,8),'b');
hold on

```

```

plot(0:5:95,-1*C(viT,8),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),-2*[min(h3);max(h3)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-2*[min(h4);max(h4)],'k-.')
title('Momentos flectores arco-dintel caso E2')
legend('arco','dintel')
axis([-5 100 -2000 2000])

```

```

%% Uz tablero

```

```

figure()
vp=2:2:size(B,1);
vi=42:62;
plot(0:5:100,2*smooth(B(vi,5),5),'b');
hold on
plot(0:5:100,smooth(D(vi,5),5),'r');
hold on
plot(0:5:100,zeros(1,21),'k')
title('Corrimientos verticales tablero')
legend('E1','E2')
axis([-5 105 -0.04 0.025])

```

3. Diagrama de axiles en arco pilares biarticulado.

%DIAGRAMA DE AXILES EN ARCO PILARES BIART-BIEMP INTRODUCIR PARA CADA CASO (E1 o E2)

```
[A,AA,AAA]=xlsread('esfuerzosBIART.xlsx');
[B,BB,BBB]=xlsread('deflexionesBIART.xlsx');
[C,CC,CCC]=xlsread('esfuerzosBIEMP.xlsx');
[D,DD,DDD]=xlsread('deflexionesBIEMP.xlsx');
A(1,:)=[];
AA(1,:)=[];
AAA(1,:)=[];
B(1,:)=[];
BB(1,:)=[];
BBB(1,:)=[];
C(1,:)=[];
CC(1,:)=[];
CCC(1,:)=[];
D(1,:)=[];
DD(1,:)=[];
DDD(1,:)=[];
```

%los (-2*) es para que el diagrama salga como a MANTEROLA y para tener en

%cuenta las dos filas de arcos/pilares

```
n=40;
```

```
% vi:   TABLERO (elem 41-60):   80:2:119
%       ARCO (1-20;21-40):     1:2:39   ;   40:2:79
%       PILARES (61-81;82-120): 120:2:161 ;   162:2:239
```

```
% Uz va por nodos:
```

```
%       TABLERO (elem 43-63):   42:62
%       ARCO (1-21;22-42):     0:20   ;   20:41
```

```
%PLOTTEAR      plot(1:5:100,C(vi,4),'k');
```

```
%              x      columna
```

```
close all
```

```
%% axiles arco
```

```

vp=2:2:size(A,1);
vi=1:2:39;
h1=[A(1,4);C(1,4)];
h2=[A(39,4);C(39,4)];
plot(0:5:95,-2*A(vi,4),'b');
hold on
plot(0:5:95,-2*C(vi,4),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(-min(h1),1),-2*(-1:-1:min(h1)),'k-.')
hold on
plot(ones(-min(h2),1)*95,-2*(-1:-1:min(h2)),'k-.')
title('axiles en el arco')
legend('Pilares biarticulados','Pilares biempotrados')
axis([-5 100 -300 4200])

```

```

%% UX BIART dintel y arco

```

```

figure()
vp=2:2:size(B,1);
viT=42:62;
viA=21:41;
plot(0:5:100,smooth(B(viT,3),5),'k');
hold on
plot(0:5:100,smooth(B(viA,3),5),'b');
hold on
plot(0:5:100,zeros(1,21),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),[0;B(42,3)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*100,[0;B(62,3)],'k-.')
title('Corrimientos horizontales (caso de pilares biarticulados)')
legend('dintel','arco')
axis([-5 105 -0.001 0.001])

```

```

%% UX BIEMP dintel y arco

```

```

figure()
vp=2:2:size(B,1);
viT=42:62;
viA=21:41;
plot(0:5:100,smooth(D(viT,3),5),'b');

```



```
hold on
plot(0:5:100,smooth(D(viA,3),5),'r');
hold on
plot(0:5:100,zeros(1,21),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),[0;B(42,3)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*100,[0;B(62,3)],'k-.')
title('Corrimientos horizontales (caso de pilares biempotrados)')
legend('dintel','arco')
axis([-5 105 -0.002 0.005])
```

4. Diagrama de axiles arco

```
%DIAGRAMA DE AXILES ARCO-DINTEL CASO TRIANGULADO Y UZ

[A,AA,AAA]=xlsread('esfuerzosBIART.xlsx');
[B,BB,BBB]=xlsread('deflexionesBIART.xlsx');

A(1,:)=[];
AA(1,:)=[];
AAA(1,:)=[];
B(1,:)=[];
BB(1,:)=[];
BBB(1,:)=[];

%los (-2*) es para que el diagrama salga como a MANTEROLA y para tener
en
%cuanta las dos filas de arcos/pilares

n=40;

% vi:   TABLERO (elem 21-40):      40:2:79
%       ARCO(1-10;11-20):        1:2:19   ;   20:2:39
%       PILARES(41-62;63-84):    80:2:123  ;   124:2:167

% Uz va por nodos:
%       TABLERO (elem 23-43):     22:42
%       ARCO(1-11;12-22):        0:10     ;   11:21

%PLOTTEAR      plot(1:5:100,C(vi,4),'k');
%              x      columna
close all
%% axiles arco y dintel El
vp=2:2:size(A,1);
viA=1:2:19;
viT=40:2:79;
plot(0:10:95,-1*A(viA,4),'b');
hold on
plot(0:5:95,-1*A(viT,4),'r');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
```

```
hold on
plot(zeros(2,1),-1*[0;A(1,4)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-1*[0;A(39,4)],'k-.')
title('axiles en arco y dintel')
legend('arco','dintel')
axis([-5 100 -100 1800])
```

```
%% Uz arco
figure()
vp=2:2:size(B,1);
vi=22:2:42;
plot(0:10:100,2*smooth(B(vi,5),5),'b');
hold on
plot(0:5:100,zeros(1,21),'k')
title('Corrimientos verticales arco')
legend('E1','E2')
axis([-5 105 -0.02 0.01])
```

5. Desplazamientos verticales modelo pilares biarticulado.

```
%DESPLAZAMIENTOS VERTICALES MODELO PILARES BIART-PILARES BIEMP

[B,BB,BBB]=xlsread('deflexionesBIART.xlsx');
[D,DD,DDD]=xlsread('deflexionesBIEMP.xlsx');

B(1,:)=[];
BB(1,:)=[];
BBB(1,:)=[];

D(1,:)=[];
DD(1,:)=[];
DDD(1,:)=[];

%los (-2*) es para que el diagrama salga como a MANTEROLA y para tener
en
%cuenta las dos filas de arcos/pilares

n=40;

% vi:   TABLERO (elem 41-60):      80:2:119
%       ARCO(1-20;21-40):         1:2:39   ;   40:2:79
%       PILARES(61-81;82-120):    120:2:161 ;   162:2:239

% Uz va por nodos:
%       TABLERO (elem 43-63):      42:62
%       ARCO(1-21;22-42):         0:20     ;   21:41

%PLOTEAR      plot(1:5:100,C(vi,4),'k');
%              x      columna
close all
%% UX BIEMP-BIART dintel y arco
figure()
vp=2:2:size(B,1);
viT=42:62;
viA=21:41;
plot(0:5:100,smooth(B(viT,3),5),'b');
hold on
plot(0:5:100,smooth(D(viT,3),5),'r');
```

```
hold on
plot(0:5:100,smooth(B(viA,3),5),'b');
hold on
plot(0:5:100,smooth(D(viA,3),5),'r');
hold on
plot(0:5:100,zeros(1,21),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),[0;B(42,3)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*100,[0;B(62,3)],'k-.')
title('Corrimientos verticales tablero')
legend('Pilares biarticulados','Pilares biarticulados')
axis([-5 105 -0.002 0.025])
```

6. Comparativa grafica relaciones flecha

%COMPARATIVA GRAFICA RELACIONES FLECHA-LUZ

%f=L/5

```
[A,AA,AAA]=xlsread('esfuerzos5E1.xlsx');
[B,BB,BBB]=xlsread('deflexiones5E1.xlsx');
[C,CC,CCC]=xlsread('esfuerzos5E2.xlsx');
[D,DD,DDD]=xlsread('deflexiones5E2.xlsx');
A(1,:)=[];
AA(1,:)=[];
AAA(1,:)=[];
B(1,:)=[];
BB(1,:)=[];
BBB(1,:)=[];
C(1,:)=[];
CC(1,:)=[];
CCC(1,:)=[];
D(1,:)=[];
DD(1,:)=[];
DDD(1,:)=[];
```

%f=L/6.6

```
[E,EE,EEE]=xlsread('esfuerzos66E1.xlsx');
[F,FF,FFF]=xlsread('deflexiones66E1.xlsx');
[G,GG,GGG]=xlsread('esfuerzos66E2.xlsx');
[H,HH,HHH]=xlsread('deflexiones66E2.xlsx');
E(1,:)=[];
EE(1,:)=[];
EEE(1,:)=[];
F(1,:)=[];
FF(1,:)=[];
FFF(1,:)=[];
G(1,:)=[];
GG(1,:)=[];
GGG(1,:)=[];
H(1,:)=[];
HH(1,:)=[];
HHH(1,:)=[];
```

%f=L/10

```

[I, II, III]=xlsread('esfuerzos10E1.xlsx');
[J, JJ, JJJ]=xlsread('deflexiones10E1.xlsx');
[K, KK, KKK]=xlsread('esfuerzos10E2.xlsx');
[L, LL, LLL]=xlsread('deflexiones10E2.xlsx');
I(1, :)=[];
II(1, :)=[];
III(1, :)=[];
J(1, :)=[];
JJ(1, :)=[];
JJJ(1, :)=[];
K(1, :)=[];
KK(1, :)=[];
KKK(1, :)=[];
L(1, :)=[];
LL(1, :)=[];
LLL(1, :)=[];

```

```
%f=L/16
```

```

[M, MM, MMM]=xlsread('esfuerzos16E1.xlsx');
[N, NN, NNN]=xlsread('deflexiones16E1.xlsx');
[O, OO, OOO]=xlsread('esfuerzos16E2.xlsx');
[P, PP, PPP]=xlsread('deflexiones16E2.xlsx');
M(1, :)=[];
MM(1, :)=[];
MMM(1, :)=[];
N(1, :)=[];
NN(1, :)=[];
NNN(1, :)=[];
O(1, :)=[];
OO(1, :)=[];
OOO(1, :)=[];
P(1, :)=[];
PP(1, :)=[];
PPP(1, :)=[];

```

%los (-2*) es para que el diagrama salga como a MANTEROLA y para tener en

%cuenta las dos filas de arcos/pilares

```
n=40;
```

```

% vi:   TABLERO (elem 41-60):   80:2:119
%       ARCO(1-20;21-40):      1:2:39   ;   40:2:79
%       PILARES(61-81;82-120): 120:2:161 ;   162:2:239

% Uz va por nodos:
%       TABLERO (elem 43-63):   42:62
%       ARCO(1-21;22-42):      0:20     ;   20:41

%PLOTTEAR      plot(1:5:100,C(vi,4),'k');
%              x      columna
close all
%% axiles arco
vp=2:2:size(A,1);
vi=1:2:39;

%5
h1=[A(1,4);C(1,4)];
h2=[A(39,4);C(39,4)];
plot(0:5:95,-2*A(vi,4),'b');
hold on

%6.6
h1=[E(1,4);G(1,4)];
h2=[E(39,4);G(39,4)];
plot(0:5:95,-2*E(vi,4),'r');
hold on

%10
h1=[I(1,4);K(1,4)];
h2=[I(39,4);K(39,4)];
plot(0:5:95,-2*I(vi,4),'g');
hold on

%16
h1=[M(1,4);O(1,4)];

```



```

h2=[M(39,4);O(39,4)];
plot(0:5:95,-2*M(vi,4),'m');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(-min(h1),1),-2*(-1:-1:min(h1)),'k-.')
hold on
plot(ones(-min(h2),1)*95,-2*(-1:-1:min(h2)),'k-.')

title('axiles en el arco')

legend('f=L/5(E1)', 'f=L/6.6(E1)', 'f=L/10(E1)', 'f=L/16(E1)')

axis([-5 140 -300 5600])

%% axiles pilares
vp=2:2:size(A,1);
vi=120:2:159;

%5
h1=[0;A(120,4);C(120,4)];
h2=[0;A(159,4);C(159,4)];
plot(0:5:95,-2*A(vi,4),'b');
hold on
plot(0:5:95,-2*C(vi,4),'b-.');
hold on

%6
h1=[0;E(120,4);G(120,4)];
h2=[0;E(159,4);G(159,4)];
plot(0:5:95,-2*E(vi,4),'r');
hold on
plot(0:5:95,-2*G(vi,4),'r-.');
hold on

%10
h1=[0;I(120,4);K(120,4)];

```

```

h2=[0;I(159,4);K(159,4)];
plot(0:5:95,-2*I(vi,4),'g');
hold on
plot(0:5:95,-2*K(vi,4),'g-.');
hold on

%16
h1=[0;M(120,4);O(120,4)];
h2=[0;M(159,4);O(159,4)];
plot(0:5:95,-2*M(vi,4),'m');
hold on
plot(0:5:95,-2*O(vi,4),'m-.');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),-2*[min(h1);max(h1)],'k-.')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-2*[min(h2);max(h2)],'k-.')

title('Axiles en pilares (E1 y E2)')
legend('f=L/5 (E1)', 'f=L/5 (E2)', 'f=L/6.6 (E1)', 'f=L/6.6 (E2)', 'f=L/10 (E1)',
'f=L/10 (E2)', 'f=L/16 (E1)', 'f=L/16 (E2)')
axis([-5 100 -280 600])

%% My E1
figure()
vp=2:2:size(A,1);
viA=1:2:39;
viT=80:2:119;

%5
h3=[0;2*A(1,8)];
h4=[0;2*A(39,8)];
plot(0:5:95,-2*A(viA,8),'b');
hold on
plot(0:5:95,-1*A(viT,8),'b-.');
hold on

```

```

%6.6
h3=[0;2*E(1,8)];
h4=[0;2*E(39,8)];
plot(0:5:95,-2*E(viA,8),'r');
hold on
plot(0:5:95,-1*E(viT,8),'r.-');
hold on

%10
h3=[0;2*I(1,8)];
h4=[0;2*I(39,8)];
plot(0:5:95,-2*I(viA,8),'g');
hold on
plot(0:5:95,-1*I(viT,8),'g.-');
hold on

%16
h3=[0;2*M(1,8)];
h4=[0;2*M(39,8)];
plot(0:5:95,-2*M(viA,8),'m');
hold on
plot(0:5:95,-1*M(viT,8),'m.-');
hold on
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k')
hold on
plot(zeros(2,1),-1*[min(h3);max(h3)],'k.-')
hold on
plot(ones(2,1)*95,-1*[min(h4);max(h4)],'k.-')

title('Momentos flectores arco-tablero caso E1')
legend('arco','dintel','f=L/5','f=L/6.6','f=L/10','f=L/16')
axis([-5 100 -3500 3000])

%% My E2
figure()
vp=2:2:size(A,1);
viA=1:2:39;

```

```
viT=80:2:119;
```

```
%5
```

```
h3=[0;C(1,8)];
```

```
h4=[0;C(39,8)];
```

```
plot(0:5:95,-2*C(viA,8),'b');
```

```
hold on
```

```
plot(0:5:95,-1*C(viT,8),'b-.');
```

```
hold on
```

```
%6.6
```

```
h3=[0;G(1,8)];
```

```
h4=[0;G(39,8)];
```

```
plot(0:5:95,-2*G(viA,8),'r');
```

```
hold on
```

```
plot(0:5:95,-1*G(viT,8),'r-.');
```

```
hold on
```

```
%10
```

```
h3=[0;K(1,8)];
```

```
h4=[0;K(39,8)];
```

```
plot(0:5:95,-2*K(viA,8),'g');
```

```
hold on
```

```
plot(0:5:95,-1*K(viT,8),'g-.');
```

```
hold on
```

```
%16
```

```
h3=[0;O(1,8)];
```

```
h4=[0;O(39,8)];
```

```
plot(0:5:95,-2*O(viA,8),'m');
```

```
hold on
```

```
plot(0:5:95,-1*O(viT,8),'m-.');
```

```
hold on
```

```
plot(0:5:95,zeros(1,20),'k');
```

```
hold on
```

```
plot(zeros(2,1),-1*[min(h3);max(h3)],'k-.');
```

```
hold on
```

```
plot(ones(2,1)*95,-1*[min(h4);max(h4)],'k-.');
```

```

title('Momentos flectores arco-tablero caso E2')
legend('arco', 'dintel', 'f=L/5', 'f=L/6.6', 'f=L/10', 'f=L/16')
axis([-5 110 -3800 3800])

%% Uz tablero
%E1
figure()
vp=2:2:size(B,1);
vi=42:62;

%5
plot(0:5:100,2*smooth(B(vi,5),5),'b');
hold on

%6.6
plot(0:5:100,2*smooth(F(vi,5),5),'r');
hold on

%10
plot(0:5:100,2*smooth(J(vi,5),5),'g');
hold on

%16
plot(0:5:100,2*smooth(N(vi,5),5),'m');
hold on

plot(0:5:100,zeros(1,21),'k')

title('Corrimientos verticales tablero (E1)')
legend('f=L/5 (E1)', 'f=L/6.6 (E1)', 'f=L/10 (E1)', 'f=L/16 (E1)')
axis([-5 105 -0.1 0.135])

```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%E2
```

```
figure()
```

```
vp=2:2:size(B,1);
```

```
vi=42:62;
```

```
%5
```

```
plot(0:5:100,smooth(D(vi,5),5),'b.-');
```

```
hold on
```

```
%6.6
```

```
plot(0:5:100,smooth(H(vi,5),5),'r.-');
```

```
hold on
```

```
%10
```

```
plot(0:5:100,smooth(L(vi,5),5),'g.-');
```

```
hold on
```

```
%16
```

```
plot(0:5:100,smooth(P(vi,5),5),'m.-');
```

```
hold on
```

```
plot(0:5:100,zeros(1,21),'k')
```

```
title('Corrimientos verticales tablero (E2)')
```

```
legend('f=L/5 (E2) ','f=L/6.6 (E2) ','f=L/10 (E2) ','f=L/16 (E2)')
```

```
axis([-5 105 -0.08 0.085])
```

ANEXO DE DIAGRAMAS DE ESFUERZOS (MIDAS CIVIL)

Contenido

ANEXO DE DIAGRAMAS DE ESFUERZOS (MIDAS CIVIL)	1
1. Puente original ($f=L/6.6$), 100 m de luz, carga anti simétrica, arco biempotrado (E1 y E2):	3
a. E1.....	3
- Momentos flectores	
- Axiles	
- Corrimientos verticales	
b. E2.....	3
- Momentos flectores	
- Axiles	
- Corrimientos verticales	
2. Variaciones de la relación flecha-luz:	10
a. $f=L/5$	10
- Momentos flectores	
- Axiles	
- Corrimientos verticales	
b. $f=L/10$	10
- Momentos flectores	
- Axiles	
- Corrimientos verticales	
c. $f=L/16$	10
- Momentos flectores	
- Axiles	
- Corrimientos verticales	

1. Puente original ($f=L/6.6$), 100 m de luz, carga anti simétrica, arco biempotrado (E1 y E2):

a. E1

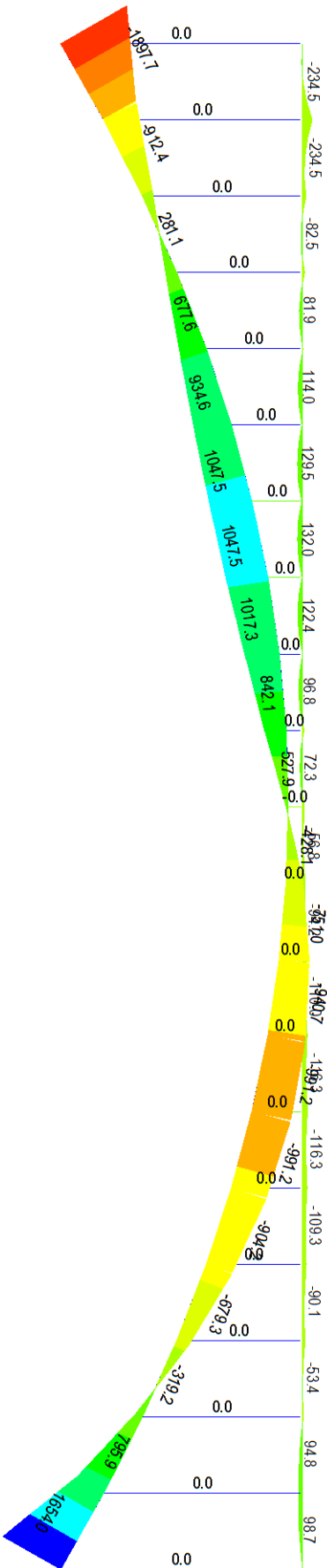
- Momentos flectores
- Axiles
- Corrimientos verticales

b. E2

- Momentos flectores
- Axiles
- Corrimientos verticales

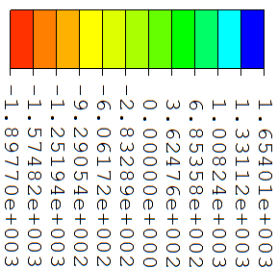
E1

Momentos Flectores



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-Y



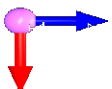
CB: suma SC

MAX : 20
MIN : 1

FILE: ModeloMANT~
UNIT: KN*m
DATE: 07/21/2016

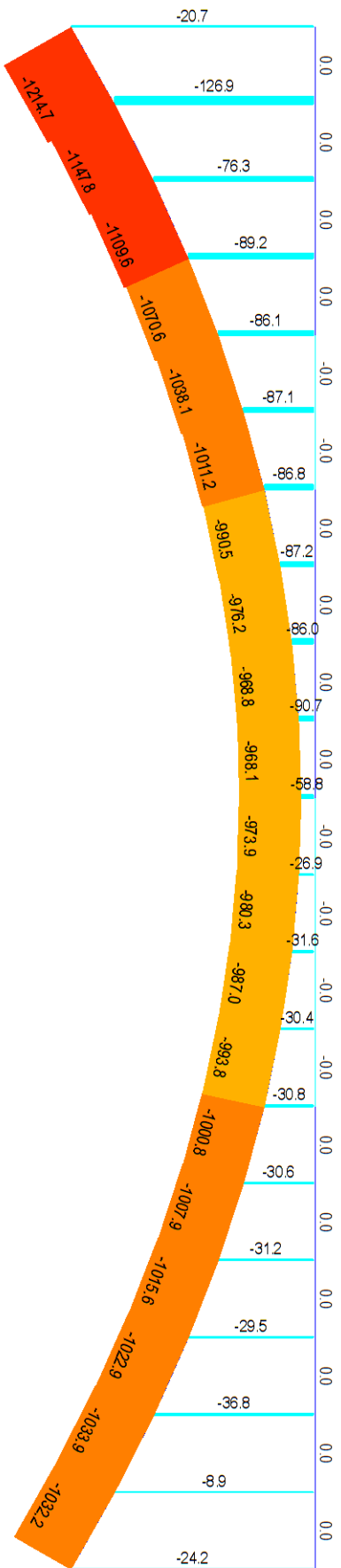
VIEW-DIRECTION

X : 0.000
Y : -1.000
Z : 0.000



E1

Axiles



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

2.762332e-006
0.000000e+000
-2.20861e+002
-3.31291e+002
-4.41722e+002
-5.52152e+002
-6.62583e+002
-7.73013e+002
-8.83444e+002
-9.93874e+002
-1.10430e+003
-1.21474e+003

CB : suma SC

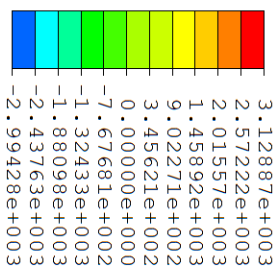
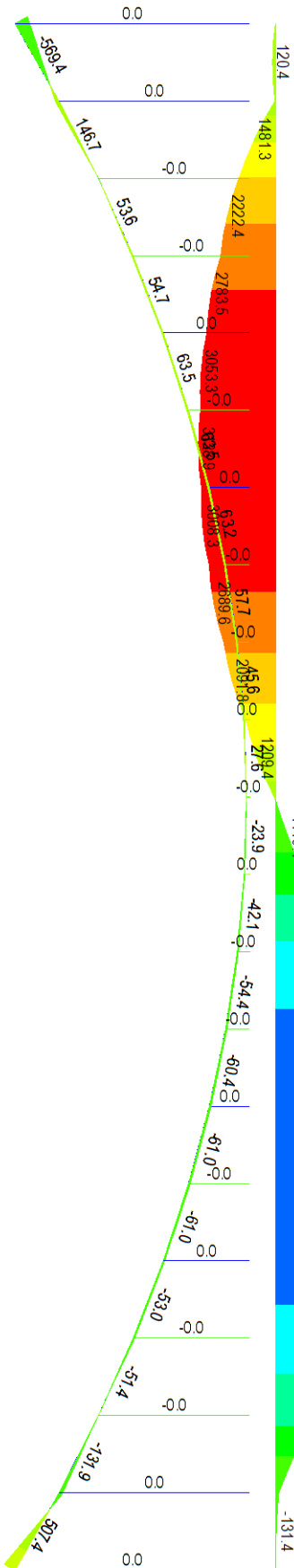
MAX : 48
MIN : 21

FILE : ModelomANT~
UNIT : KN
DATE : 07/21/2016

VIEW-DIRECTION
X : 0.000
Y : -1.000
Z : 0.000

E2

Momentos Flectores



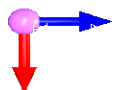
CB : sumasc

MAX : 46
MIN : 56

FILE : Modelomant~
UNIT : KN*m
DATE : 07/21/2016

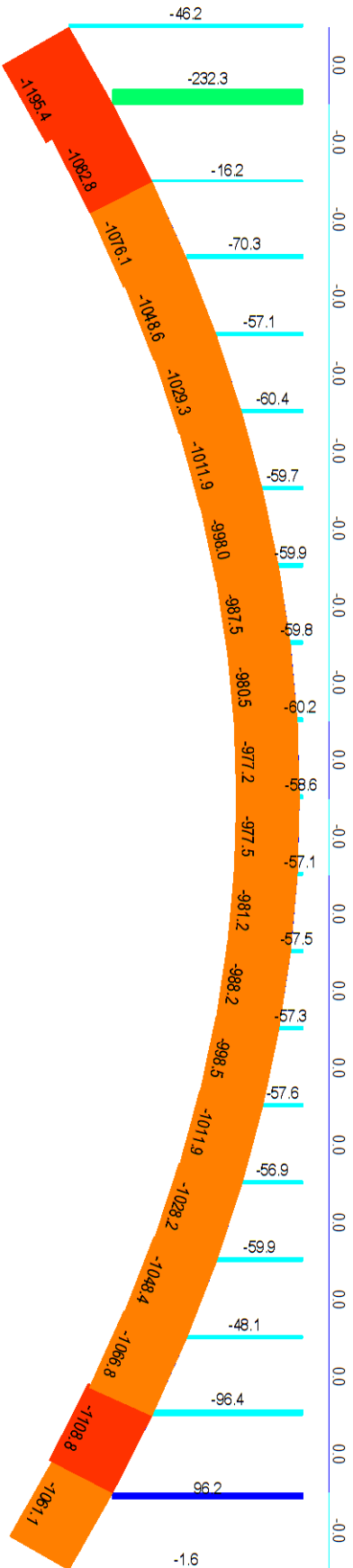
VIEW-DIRECTION

X : 0.000
Y : -1.000
Z : 0.000



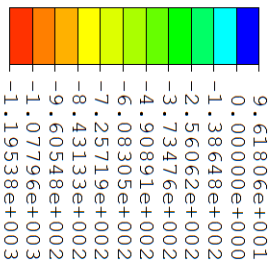
E2

Axiles



MIDAS/civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL



CB: sumasc

MAX : 101

MIN : 1

FILE: ModelOMANT~

UNIT: kN

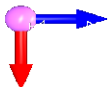
DATE: 07/21/2016

VIEW-DIRECTION

X: 0.000

Y: -1.000

Z: 0.000

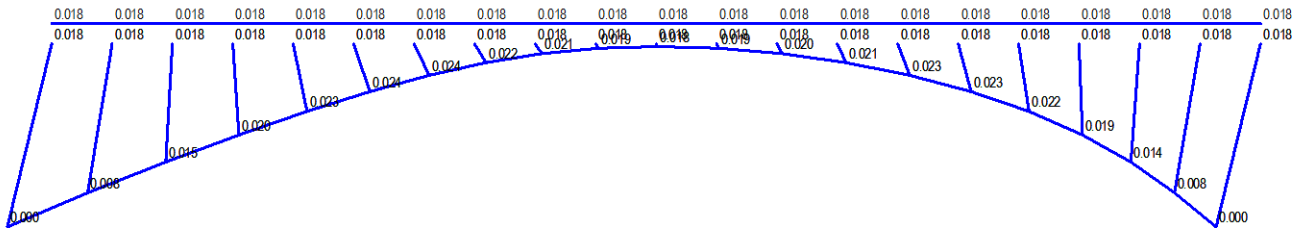


E2

Movimientos HORIZONTALES

Movimientos

ademic version

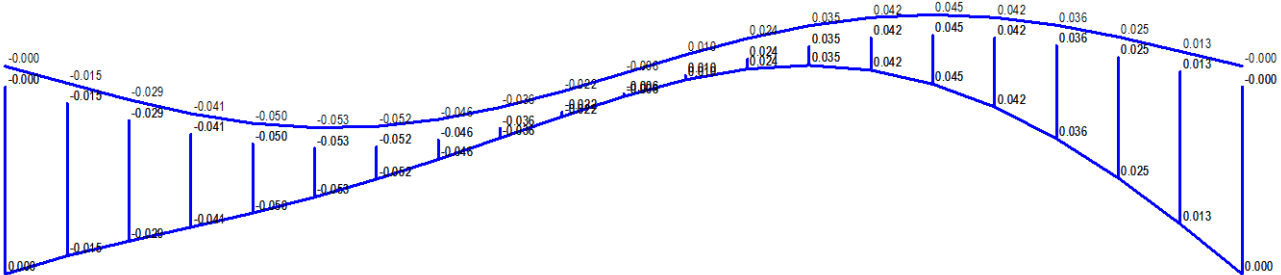


```
MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
X-DIRECTION
X-DIR= 2.436E-002
NODE= 6
Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Z-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
COMB.= 5.868E-002
CB: sumaSC
MAX : 6
MIN : 1
FILE: ModeloMANT~
UNIT: m
DATE: 07/21/2016
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000
```



Movimientos VERTICALES

ademic version



```
MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
Z-DIRECTION
X-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Z-DIR= -5.339E-002
NODE= 48
COMB.= 5.868E-002
CB: sumaSC
MAX : 37
MIN : 48
FILE: ModeloMANT~
UNIT: m
DATE: 07/21/2016
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000
```



2. Variaciones de la relación flecha-luz:

a. $f=L/5$

- Momentos flectores
- Axiles
- Corrimientos verticales

b. $f=L/10$

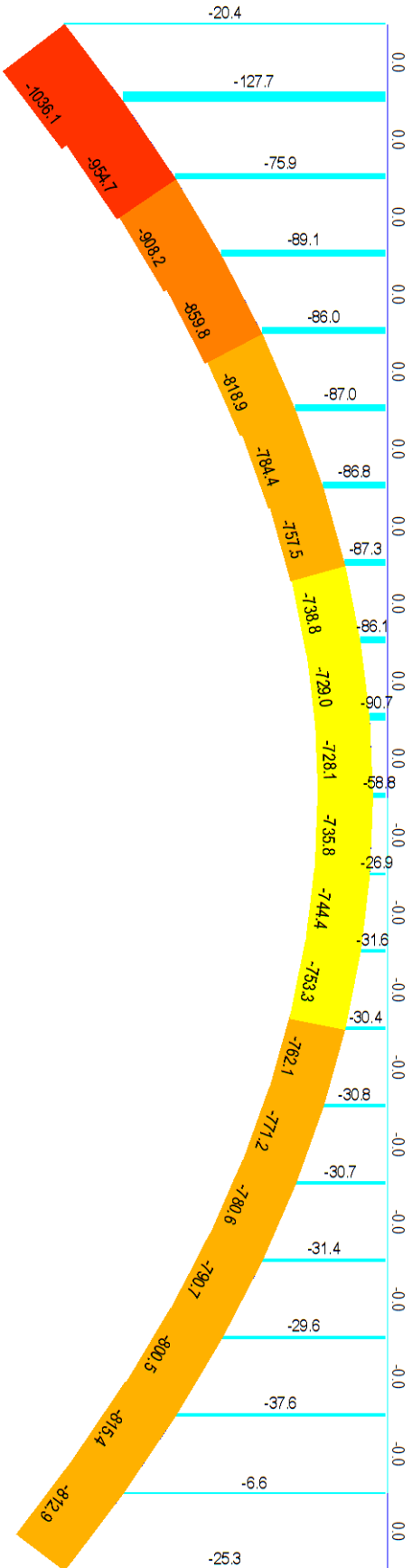
- Momentos flectores
- Axiles
- Corrimientos verticales

c. $f=L/16$

- Momentos flectores
- Axiles
- Corrimientos verticales

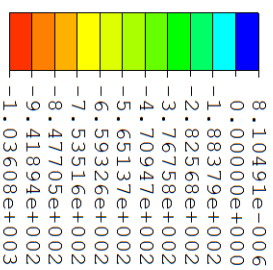
L/5

E1; Axiles



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL



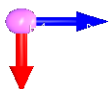
CB: suma SC

MAX : 48
MIN : 21

FILE: ModelOMANT~
UNIT: kN
DATE: 07/26/2016

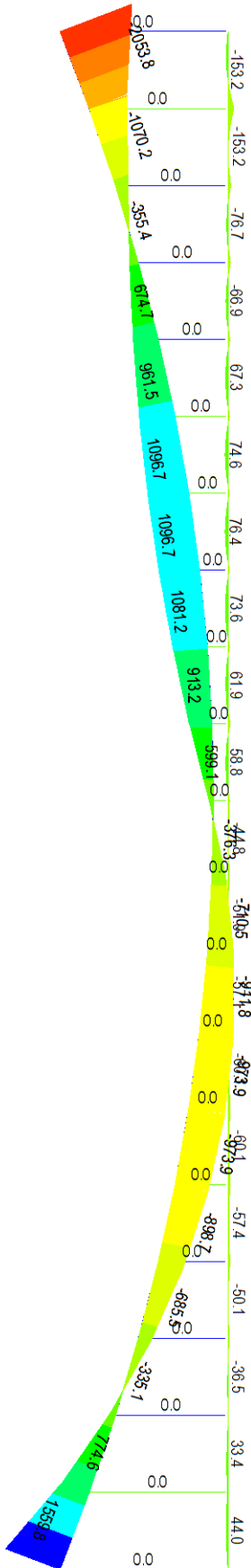
VIEW-DIRECTION

X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000



L/10

E1; Momentos Flectores



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

1.55984e+003
1.23133e+003
9.02819e+002
5.74307e+002
2.45794e+002
0.00000e+000
-4.11232e+002
-7.39744e+002
-1.06826e+003
-1.39677e+003
-1.72528e+003
-2.05380e+003

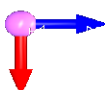
CB: suma SC

MAX : 20
MIN : 21

FILE: Modelomant~
UNIT: kN*m
DATE: 07/26/2016

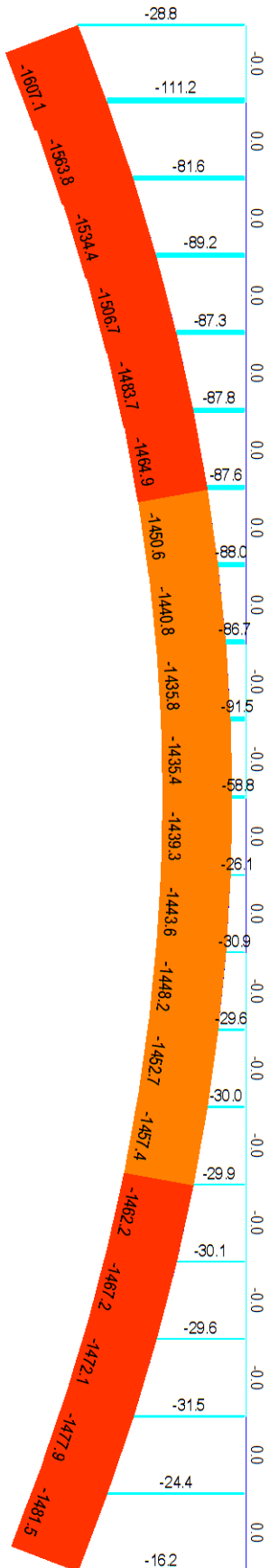
VIEW-DIRECTION

X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000



L/10

E1; Axiles



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

2.27023e-006
0.00000e+000
-2.92207e+002
-4.38311e+002
-5.84414e+002
-7.30518e+002
-8.76621e+002
-1.16883e+003
-1.31493e+003
-1.46104e+003
-1.60714e+003

CB: suma SC
MAX : 51
MIN : 21
FILE: ModelomANT~
UNIT: kN
DATE: 07/26/2016

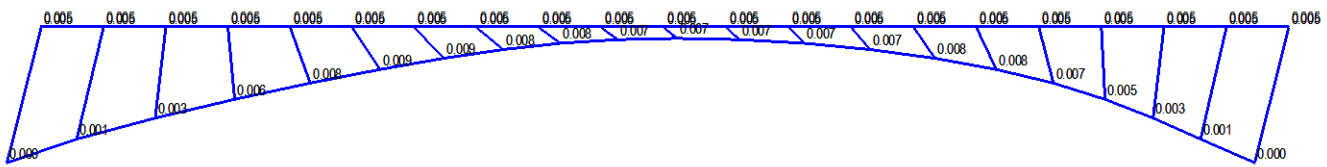
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

L/10

E1; Movimientos

Movimientos HORIZONTALES

ademic version



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE

X-DIRECTION

X-DIR= 8.884E-003
NODE= 28

Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1

Z-DIR= 0.000E+000
NODE= 1

COMB.= 3.738E-002
CB: suma SC

MAX : 28
MIN : 1

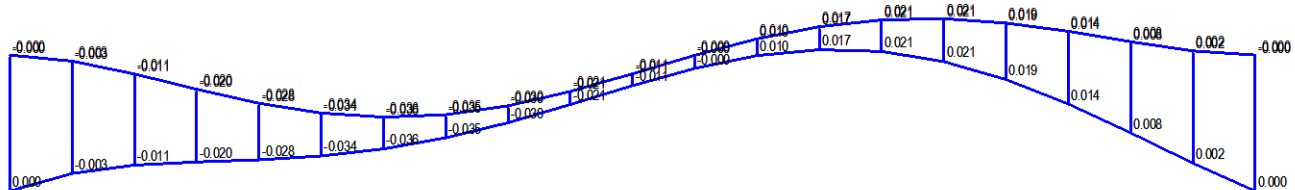
FILE: ModeloMANT~
UNIT: m
DATE: 07/26/2016

VIEW-DIRECTION

X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Movimientos VERTICALES

ademic version



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE

Z-DIRECTION

X-DIR= 0.000E+000
NODE= 1

Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1

Z-DIR= -3.631E-002
NODE= 49

COMB.= 3.738E-002
CB: suma SC

MAX : 16
MIN : 49

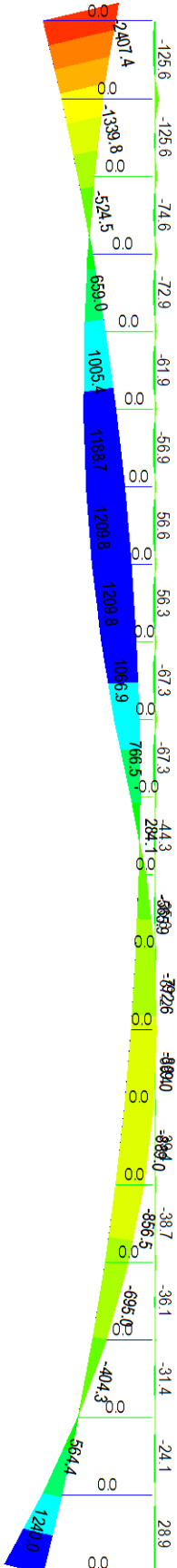
FILE: ModeloMANT~
UNIT: m
DATE: 07/26/2016

VIEW-DIRECTION

X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

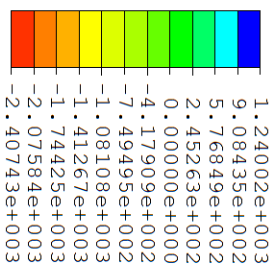
L/16

E1; Momentos Flectores



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT - y



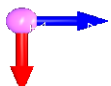
CB: suma SC

MAX : 20
MIN : 1

FILE: ModeloMANT~
UNIT: KN*m
DATE: 07/26/2016

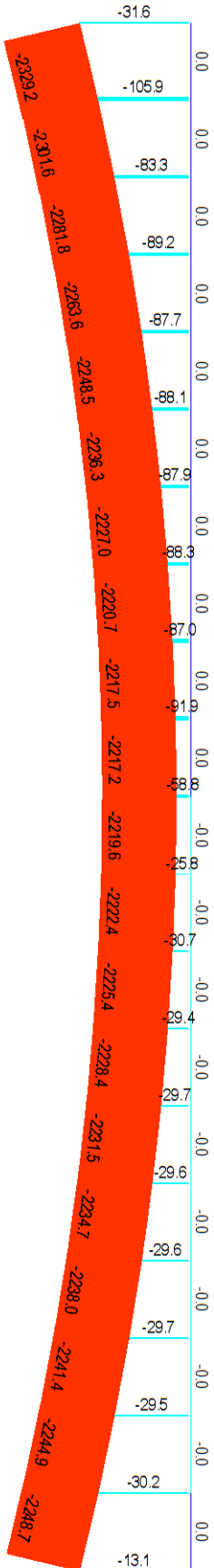
VIEW-DIRECTION

X : 0.000
Y : -1.000
Z : 0.000



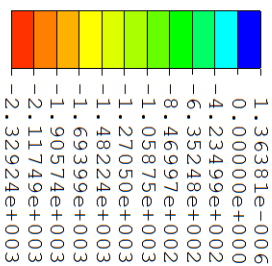
L/16

E1; Axiles



MIDAS/CIVIL
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL



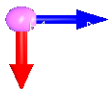
CB: suma SC

MAX : 49
MIN : 21

FILE: ModeloMANT~
UNIT: KN
DATE: 07/26/2016

VIEW-DIRECTION

X : 0.000
Y : -1.000
Z : 0.000

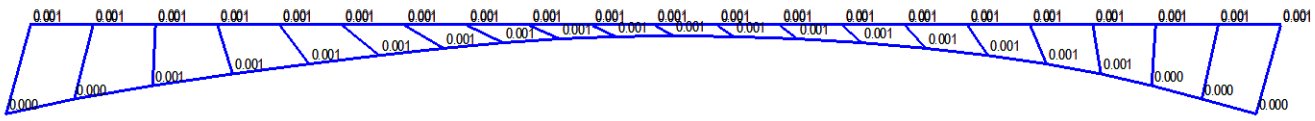


L/16

E1; Movimientos

Movimientos HORIZONTALES

emic version

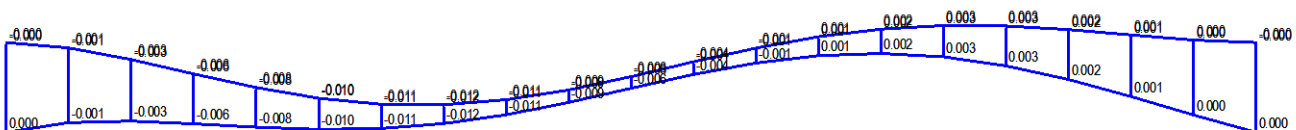


```
MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
X-DIRECTION
X-DIR= 1.478E-003
NODE= 7
Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Z-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
COMB.= 1.163E-002
CB: suma SC
MAX : 7
MIN : 1
FILE: ModeloMANT~
UNIT: m
DATE: 07/26/2016
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y:-1.000
Z: 0.000
```



Movimientos VERTICALES

emic version



```
MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
Z-DIRECTION
X-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Z-DIR= -1.155E-002
NODE= 50
COMB.= 1.163E-002
CB: suma SC
MAX : 37
MIN : 50
FILE: ModeloMANT~
UNIT: m
DATE: 07/26/2016
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y:-1.000
Z: 0.000
```

