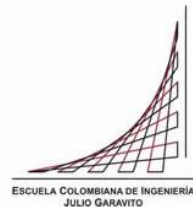


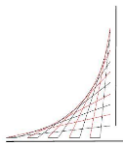
# **Maestría en ingeniería civil**

**Análisis comparativo del diseño a flexión de vigas postensadas para placas de cimentación, evaluadas mediante el método rígido tradicional y el método de interacción suelo estructura**

**Juan Fernando Lozano Sepúlveda**

**Bogotá, 13 de diciembre de 2020**





**Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito**

Maestría en ingeniería – énfasis en estructuras

Juan Fernando Lozano Sepúlveda

Tesis de Maestría

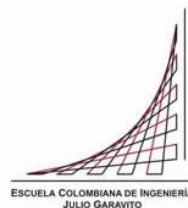
---

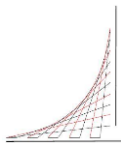
## **Maestría en ingeniería civil**

### **Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en estructuras**

**Jaime E. Garzón Moreno**  
**Director**

**Bogotá, 13 de diciembre de 2020**

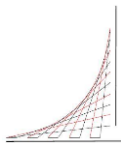




## TABLA DE CONTENIDO

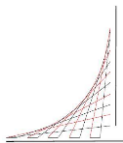
1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. OBJETIVOS .....	12
2.1. Objetivo General.....	12
2.2. Objetivos Específicos .....	12
3. MARCO TEÓRICO .....	13
3.1. Interacción suelo estructura .....	13
3.1.1. Factores que modifican la distribución las presiones en el terreno .....	13
3.1.2. Distribución de las presiones en el terreno .....	14
3.1.3. Enfoques de diseño para cimentaciones combinadas .....	15
3.2. Estructuras de concreto presforzado .....	16
3.2.1. Pérdidas del presfuerzo.....	17
3.2.2. Pérdidas iniciales.....	17
3.2.3. Pérdidas a largo plazo.....	19
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	21
4.1. Características de la superestructura.....	21
4.2. Datos del estudio geotécnico .....	22
4.3. Materiales .....	23
4.3.1. Concreto reforzado .....	23
4.3.2. Acero de presfuerzo .....	24
4.3.3. Acero de refuerzo .....	24
5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL .....	25
5.1. Peso estimado inicial del edificio.....	25
5.2. Análisis de cargas .....	26
5.3. Definición De La Placa De Cimentación .....	27
5.3.1. Sección transversal de la placa de cimentación .....	27
5.3.2. Espesor de la losa de cimentación.....	27
5.3.3. Segundo momento de área (inercia) de la sección compuesta .....	29
5.4. Presión actuante.....	30
5.5. Centro de masa, centro de rigidez y excentricidad .....	31
5.5.1. Centro de masa de la placa de cimentación .....	31
5.5.2. Centro de cargas de la placa de cimentación .....	31
5.5.3. excentricidad .....	32
5.5.4. Centrado de cargas .....	34
5.6. Alivio de presiones .....	34
5.7. Análisis de la placa de cimentación .....	35

---



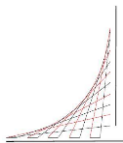
---

5.7.1.	Placa de cimentación de 2.00 m de altura .....	35
5.7.2.	Placa de cimentación de 1.50 m de altura .....	40
5.7.3.	Presiones en el terreno suelo tipo 1 – $K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$ .....	41
5.7.4.	Presiones en el terreno suelo tipo 2 – $K_s = 20000 \text{ kN/m}^3$ .....	42
5.7.5.	Presiones en el terreno suelo tipo 3 – $K_s = 60000 \text{ kN/m}^3$ .....	43
5.7.6.	Diagrama de presiones en las vigas .....	44
5.7.7.	Diagramas de momentos de flexión en vigas de cimentación .....	46
6.	DISEÑO DE VIGAS POSTENSADAS .....	50
6.1.	DISEÑO DE VIGA POSTENSADA DE 2.00 m DE ALTURA .....	50
6.1.1.	Momento máximo .....	50
6.1.2.	Propiedades geométricas de la sección.....	51
6.1.3.	Método de la carga balanceada .....	52
6.1.4.	Fuerza de postensado .....	55
6.1.5.	Trazado inicial del cable .....	55
6.1.6.	Cargas equivalentes .....	55
6.1.7.	Número estimado de cables de postensado .....	56
6.1.8.	Pérdidas del presfuerzo.....	57
6.1.9.	Pérdidas por fricción y curvatura .....	58
6.1.10.	Pérdidas por asentamiento de cuña.....	59
6.1.11.	Pérdidas iniciales del presfuerzo en los cables .....	60
6.1.12.	Pérdidas por acortamiento elástico .....	63
6.1.13.	Pérdidas a largo plazo .....	65
6.2.	DISEÑO DE VIGA POSTENSADA DE 1.50 m DE ALTURA .....	71
6.3.	DISEÑO DE VIGA POSTENSADA DE 1.30 m DE ALTURA .....	71
7.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS .....	72
7.1.	Presiones actuantes en el terreno.....	72
7.2.	Momentos de flexión en las vigas de cimentación.....	74
7.2.1.	Placa de cimentación de 2.00 m de altura .....	76
7.2.2.	Placa de cimentación de 1.50 m de altura .....	78
7.2.3.	Placa de cimentación de 1.30 m de altura .....	80
7.3.	Fuerzas efectivas .....	82
7.4.	Fuerza de tensionamiento necesaria .....	84
8.	CONCLUSIONES .....	86
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	88
	ANEXOS.....	89



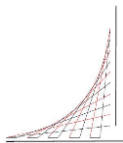
## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Viga simple con carga distribuida .....	16
Figura 2. Viga simple con un cable interior con excentricidad con respecto al eje neutro .....	16
Figura 3. Esfuerzos actuantes en la sección .....	17
Figura 4. Vista en alzado de la edificación – ejes literales .....	21
Figura 5. Vista en alzado de la edificación – ejes numerales .....	21
Figura 6. Sección transversal de la placa aligerada de cimentación (sistema viga T invertida) .....	27
Figura 7. Placa de cimentación - Vista en planta .....	28
Figura 8. Presión actuante en el terreno .....	33
Figura 9. Modelo matemático de la placa - Vista tridimensional .....	35
Figura 10. Aplicación de cargas muertas en la placa .....	36
Figura 11. Aplicación de cargas vivas en placa .....	36
Figura 12. Esfuerzos en suelo tipo 1 por cargas de servicio .....	37
Figura 13. Esfuerzos en suelo tipo 2 por cargas de servicio .....	38
Figura 14. Esfuerzos en suelo tipo 3 por cargas de servicio .....	39
Figura 15. Modelo matemático de la placa - Vista tridimensional .....	40
Figura 16. Esfuerzos en suelo tipo 1 por cargas de servicio .....	41
Figura 17. Esfuerzos en suelo tipo 2 por cargas de servicio .....	42
Figura 18. Esfuerzos en suelo tipo 3 por cargas de servicio .....	43
Figura 19. Sección transversal de la viga postensada de 2.00 m de altura .....	51
Figura 20. Ancho aferente de cargas para viga principal .....	52
Figura 21. Cargas sobre la viga .....	53
Figura 22. Esquema de la máxima flecha tentativa del cable en la viga .....	54
Figura 23. Esquema del cable teórico inicial para media sección longitudinal de la viga .....	55
Figura 24. Tramos del cable teórico .....	55
Figura 25. Cargas equivalentes, mostradas para media sección de viga .....	56
Figura 26. Posición de los cables en diferentes puntos en la viga .....	57
Figura 27. Identificación de los cables del postensado en la viga .....	58
Figura 28. Esfuerzos luego de pérdidas por fricción y curvatura etapa de tensionamiento 1 .....	63
Figura 29. Esfuerzos luego de pérdidas por fricción y curvatura etapa de tensionamiento 2 .....	64



## ÍNDICE DE TABLAS

Gráfico 1. Diagrama de presiones en el terreno - Viga Eje C.....	44
Gráfico 2. Diagrama de presiones en el terreno - Viga Eje B.....	44
Gráfico 3. Diagrama de presiones en el terreno - Viga Eje A.....	45
Gráfico 4. Comparación del diagrama de momentos Viga Eje C.....	46
Gráfico 5. Comparación del diagrama de momentos Viga Eje B.....	47
Gráfico 6. Comparación del diagrama de momentos Viga Eje A.....	48
Gráfico 7. Diagrama de momentos para cargas muerta y viva – Método rígido.....	50
Gráfico 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 1 y 2.....	60
Gráfico 9. Pérdidas por fricción y curvatura cables 3 y 4.....	60
Gráfico 10. Pérdidas por fricción y curvatura cables 5 y 6.....	61
Gráfico 11. Pérdidas por fricción y curvatura cables 7 y 8.....	61
Gráfico 12. Pérdidas por fricción y curvatura cables 9 y 10.....	61
Gráfico 13. Pérdidas por fricción y curvatura cables 11 y 12.....	62
Gráfico 14. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14.....	62
Gráfico 15. Fuerzas en los cables 1 y 2.....	67
Gráfico 16. Fuerzas en los cables 3 y 4.....	67
Gráfico 17. Fuerzas en los cables 5 y 6.....	68
Gráfico 18. Fuerzas en los cables 7 y 8.....	68
Gráfico 19. Fuerzas en los cables 9 y 10.....	69
Gráfico 20. Fuerzas en los cables 11 y 12.....	69
Gráfico 21. Fuerzas en los cables 13 y 14.....	70
Gráfico 22. Presiones en el terreno en placa de 2.00 m para diferentes valores de $K_s$ .....	72
Gráfico 23. Presiones en el terreno en placa de 1.50 m para diferentes valores de $K_s$ .....	73
Gráfico 24. Presiones en el terreno en placa de 1.30 m para diferentes valores de $K_s$ .....	73
Gráfico 25. Comparación del diagrama de momentos viga 2.00 m Eje C.....	74
Gráfico 26. Comparación del diagrama de momentos viga 1.50 m Eje C.....	74
Gráfico 27. Comparación del diagrama de momentos viga 1.30 m Eje C.....	75
Gráfico 28. Momentos negativos en placa de 2.00 m para diferentes valores de $K_s$ .....	77
Gráfico 29. Momentos positivos en placa de 2.00 m para diferentes valores de $K_s$ .....	77
Gráfico 30. Momentos negativos en placa de 1.50 m para diferentes valores de $K_s$ .....	79
Gráfico 31. Momentos positivos en placa de 1.50 m para diferentes valores de $K_s$ .....	79
Gráfico 32. Momentos negativos en placa de 1.30 m para diferentes valores de $K_s$ .....	81
Gráfico 33. momentos positivos en placa de 1.30 m para diferentes valores de $K_s$ .....	81
Gráfico 34. Fuerzas efectivas en los cables para– Etapa de tensionamiento 1.....	82
Gráfico 35. Fuerzas efectivas en los cables – Etapa de tensionamiento 2.....	82
Gráfico 36. Fuerzas efectivas en los cables para diferentes alturas de placa – Fuerza total.....	83
Gráfico 37. Fuerza de tensionamiento total aplicada en cada placa.....	84
Gráfico 38. Fuerza promedio aplicada en el torón.....	84
Gráfico 39. Número de cables necesarios en cada placa.....	85



**Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito**

Maestría en ingeniería – énfasis en estructuras

Juan Fernando Lozano Sepúlveda

Tesis de Maestría

---

La tesis de maestría titulada Análisis comparativo del diseño a flexión de vigas postensadas para placas de cimentación, evaluadas mediante el método rígido tradicional y el método de interacción suelo estructura, presentada por Juan Fernando Lozano Sepúlveda, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Estructuras.

---

Director de la tesis  
Jaime E. Garzón Moreno

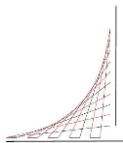
---

Jurado  
Luis Enrique Aycardi Fonseca

---

Jurado  
Carlos E. Palomino

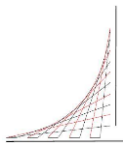
Bogotá, D.C., día de mes de año (fecha de aceptación del trabajo por parte del jurado)



## **Dedicatoria**

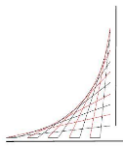
A mis padres por su invaluable amor y entrega, por darme la fuerza para afrontar cada propósito en la vida.





## **Agradecimientos**

A Dios por encima de todas las cosas, a mis padres. También quiero agradecer a todos mis profesores de la maestría, de quienes he tenido la fortuna de recibir tan valioso conocimiento a lo largo de estos años de aprendizaje, especialmente a mi director de tesis, el ing. Jaime Erasmo Garzón, al ing. Jairo Uribe Escamilla, Luis Enrique Aycardi y al ing. Carlos Palomino.

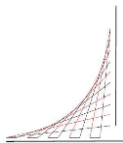


## RESUMEN

El siguiente trabajo está dirigido básicamente a realizar una comparación del diseño de vigas postensadas empleadas como elementos de cimentación, para ello, se han realizado dos tipos de análisis con el propósito de encontrar, para cada método, una respuesta diferente del terreno (distribución de presiones) y seguidamente, los momentos de flexión actuantes en las vigas. Las dos metodologías corresponden al método rígido simplificado usado tradicionalmente en el diseño de cimentaciones y la otra metodología obedece al método de interacción suelo estructura, usando el modelo simplificado de Winkler. Una vez encontrados los valores de los momentos de flexión actuantes en las vigas de cimentación, se procedió a realizar el diseño del postensado, estableciendo un número de cables, un trazado o trayectoria de los mismos y la estimación de las fuerzas necesarias para lograr un comportamiento adecuado del sistema. Al realizar una evaluación comparativa de los resultados calculados por las dos metodologías se podrá obtener un orden de magnitudes en los resultados y poder apreciar la sensibilidad de los mismos (correspondientes a las fuerzas internas de los elementos que conforman una placa de cimentación aligerada como vigas y viguetas), en función de las propiedades del suelo de cimentación. Finalmente, esto permitirá que el ingeniero diseñador pueda tomar en consideración un punto de vista diferente al obtenido de un modelo simplificado y de ésta forma, realizar una toma de decisiones del lado de la seguridad. Para el desarrollo del trabajo, se analizaron placas de 1.30 m, 1.50 m y 2.00 m de altura, evaluadas para tres tipos de suelo diferentes, para un total de 9 modelos matemáticos.

## ABSTRACT

The following work is basically aimed at making a comparison of the design of post-tensioned beams used as foundation elements, for this, two types of analysis have been carried out with the purpose of finding, for each method, a different response of the terrain (pressure distribution) and then the bending moments acting on the beams. The two methodologies correspond to the simplified rigid method traditionally used in the design of foundations and the other methodology, the soil-structure interaction method, using the simplified Winkler model. Once the values of the bending moments acting on the foundation beams had been found, the post-tensioning design was carried out, establishing a number of cables, a route or trajectory of the same and the estimation of the forces necessary to achieve a behavior proper system. When carrying out a comparative evaluation of the results calculated by the two methodologies, it will be possible to obtain an order of magnitudes in the results and to be able to appreciate their sensitivity (corresponding to the internal forces of the elements that make up a lightened foundation plate such as beams and joists), depending on the properties of the foundation soil. Finally, this will allow the designer engineer to take into consideration a different point of view than that obtained from a simplified model and thus, make a decision-making on the safety side. For the development of the work, plates of 1.30 m, 1.50 m and 2.00 m in height were analyzed, evaluated for three different types of soil, for a total of 9 mathematical models.



## 1. INTRODUCCIÓN

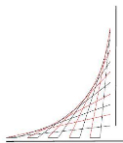
El análisis y diseño de las cimentaciones directas (zapatas aisladas, zapatas combinadas, placas de cimentación, etc.) ha estado ligado tradicionalmente al uso de metodologías simplificadas, basadas principalmente en los principios de la estática. Estas teorías se fundamentan en hipótesis bien establecidas: equilibrio de fuerzas, equilibrio de momentos, cimientos indeformables (para la etapa de análisis), comportamiento elástico del terreno, entre otras no menos importantes.

Las consideraciones mencionadas anteriormente, han permitido el diseño de cimientos durante años y con resultados satisfactorios, sin embargo, estos resultados están principalmente expresados en términos de fuerzas en los cimientos, y los datos en el terreno de cimentación se limitan únicamente a una estimación de la presión en el suelo. Gracias a los avances tecnológicos en la ingeniería y al desarrollo de poderosas herramientas computacionales, en la actualidad, es posible solucionar complejos sistemas de ecuaciones que, con las limitaciones del pasado, eran poco viables en la práctica de la ingeniería civil y con esto, ha sido posible el empleo de métodos modernos de análisis como los elementos finitos y la interacción suelo estructura – ISE, cuyos modelos matemáticos obedecen principalmente a sistemas matriciales.

El siguiente trabajo corresponde al análisis y diseño de una placa de cimentación aligerada, formada por viguetas orientadas en una dirección y con transmisión de cargas a vigas principales postensadas.

Para desarrollar el trabajo, se han empleado 3 metodologías de análisis. La primera metodología corresponde al análisis de la placa de cimentación mediante el método rígido tradicional. La segunda metodología, corresponde al método flexible, conocido como el método de Winkler, que es un poco más aproximado a la realidad y finalmente, se empleará una tercera metodología, basada en el método de semiespacio elástico, en la cual, se modela también el suelo de cimentación, con el propósito de obtener, a diferencia de métodos anteriores, esfuerzos y deformaciones en el suelo adyacente de la edificación y de esta manera contar con un orden de magnitudes de resultados que permitan una mejor toma de decisiones en el momento de proyectar la cimentación.

Es importante mencionar que el hecho de realizar un análisis de interacción suelo estructura consistió básicamente en mostrar las principales diferencias en los momentos de flexión obtenidos para las vigas que conforman el sistema de placa de cimentación y mostrar la importancia de contar con varios métodos de análisis que permitieran encontrar diferencias importantes en el diseño del presforzado en las viga de cimentación.



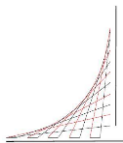
## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Realizar el análisis comparativo del diseño a flexión de las vigas postensadas que conforman un sistema de cimentación tipo placa aligerada, compuesta por vigas y viguetas y evaluadas mediante métodos tradicionales de análisis y por un método moderno denominado interacción suelo estructura, con el propósito de determinar las principales diferencias entre ambas metodologías y establecer un orden de magnitudes en cuanto al diseño del sistema de cimentación.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el análisis de diferentes placas de cimentación mediante análisis por el método ISE con el fin de obtener una mejor aproximación de los diagramas de corte y momento en las vigas postensadas que forman la losa de cimentación.
- Obtener una mejor distribución de los esfuerzos de flexión en las vigas postensadas con el fin de optimizar el trazado, cantidad y fuerza necesaria de presfuerzo en los cables del postensado.
- Obtener una distribución más real de los esfuerzos actuantes en el suelo de cimentación.
- Evaluar parámetros de rigidez cimiento-suelo de cimentación para placas de cimentación, cimentadas sobre diferentes tipos de suelo.
- Demostrar las ventajas económicas de diseñar losas de cimentación postensadas analizadas mediante ISE.



### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Interacción suelo estructura**

Los métodos de interacción suelo estructura son métodos modernos de análisis estructural de cimentaciones, en donde las expresiones matemáticas que describen los mecanismos de interacción entre la estructura y el suelo, tienen una complejidad numérica mucho más elaborada que los métodos tradicionales basados en la rigidez absoluta del cimiento. Su complejidad es tal que estos métodos están íntimamente relacionados con el uso de programas de computadora, que emplean el análisis matricial para resolver las ecuaciones del problema, pues resolver estos métodos de manera manual, hacen que su uso en la práctica sea inviable.

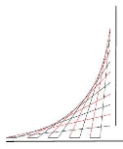
Desde el punto de vista del diseño estructural, una de las mayores importancias del método radica en que la distribución de las presiones en el terreno, las deformaciones en el suelo y el cimiento, la rigidez del cimiento, entre otras, son variables que modifican sensiblemente la respuesta (momentos, cortantes, etc.) del sistema de cimentación ante la aplicación de un sistema de cargas.

##### **3.1.1. Factores que modifican la distribución las presiones en el terreno**

El principal objetivo de una cimentación o fundación, es transmitir las cargas de una estructura al terreno de manera segura y que las presiones y los asentamientos se encuentren dentro de ciertos valores permisibles. El mecanismo de respuesta del terreno, ante la aplicación de un sistema de fuerzas de una superestructura (edificación o viaducto) obedece a una presión en el suelo, que se equilibra con las fuerzas aplicadas, dando lugar a los momentos de flexión y fuerzas cortantes en los elementos estructurales y que son magnitudes de primordial importancia en el diseño estructural de los elementos de una cimentación.

De acuerdo con lo anterior, es muy importante un cálculo acertado de la presión en el terreno, pues de esta van a depender las fuerzas internas en los elementos estructurales. La distribución de la presión en el suelo depende de los siguientes factores:

- Rigidez del cimiento
- Forma del cimiento
- Tipo de suelo
- Forma de la carga aplicada



### 3.1.2. Distribución de las presiones en el terreno

#### 3.1.2.1. Longitud característica

De acuerdo con la metodología de Winlker, el parámetro que mide la rigidez del cimiento, está representado mediante la siguiente expresión:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{Bk_s}{4EI}}$$

En donde

- $\lambda$  Factor de amortiguación del sistema
- $B$  Ancho del cimiento
- $k_s$  Módulo de reacción del suelo
- $E$  Módulo de elasticidad del material del cimiento
- $I$  Momento de inercia del cimiento

Las unidades que resultan al calcular el factor de amortiguación, corresponden al inverso de la unidad de longitud. Al calcular el inverso de dicha expresión,  $1/\lambda$  se obtiene la denominada longitud característica. En 1946 Hetenyi definió valores límite de la longitud característica para establecer el grado de rigidez de un cimiento.

La siguiente tabla muestra valores que sirven para establecer el grado de rigidez de una viga de cimentación, en función del factor de amortiguación:

Intervalo de $\lambda L$	Identificación de la viga	Criterio para distribución de la presión de contacto
$\lambda L < \pi/4$	Viga rígida	Distribución lineal
$\pi/4 \leq \lambda L \leq \pi$	Flexibilidad media	Fundación elástica
$\lambda L > \pi$	Viga flexible	Fundación elástica

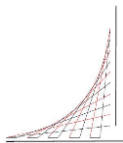
Tabla 1. Clasificación del cimiento de acuerdo con su grado de rigidez

#### 3.1.2.2. Cimentaciones flexibles

Las cimentaciones flexibles se definen como aquellas en las cuales se cumple que  $\lambda L > \pi$ . En dicha condición, el cimiento no ofrece resistencia a flexión y, por lo tanto, las reacciones y las fuerzas aplicadas son de forma y magnitud aproximada, pero con sentido contrario.

#### 3.1.2.3. Cimentaciones rígidas

Las cimentaciones son rígidas cuando  $\lambda L < \pi/4$ . En esta condición, el asentamiento presentado en el suelo es uniforme siempre y cuando la resultante de las cargas coincida con el centroide geométrico del cimiento.



### **3.1.3. Enfoques de diseño para cimentaciones combinadas**

Para el diseño de cimentaciones combinadas, como en el caso de las placas aligeradas de cimentación, se pueden usar 3 enfoques diferentes que se basan en diferentes suposiciones. A continuación, se describen brevemente.

#### **3.1.3.1. Método rígido**

Conocido también como método rígido simplificado o convencional, es el método que ha sido empleado tradicionalmente en el diseño estructural de las cimentaciones, el cual se basa en dos principios básico:

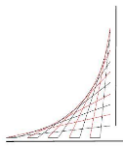
- El cimiento es perfectamente rígido, lo que resulta en que las deflexiones relativas a lo largo del elemento estructural, no afectan las presiones en el suelo.
- La distribución de presiones en el terreno es línea, por lo tanto, se puede encontrar una resultante que pasa por el centroide geométrico del diagrama de presiones.

#### **3.1.3.2. Modelo de Fundación elástica con subrasante elástica simplificada**

También conocido como el método de Winkler, la rigidez del cimiento se toma como el producto  $EI$ . El suelo se reemplaza por una cama de resortes que tienen las mismas propiedades y que trabajan de manera independiente entre sí.

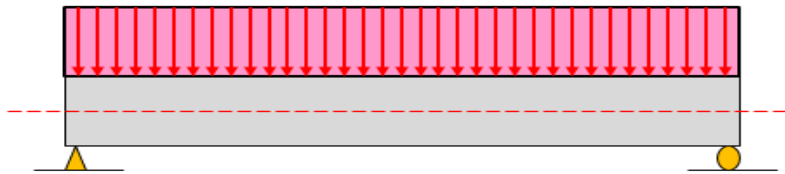
#### **3.1.3.3. Fundación y subrasante elásticas**

Al igual que el modelo de Winkler, la rigidez de cimiento se toma como  $EI$ , sin embargo, la subrasante corresponde a un medio elástico e isotrópico.



### 3.2. Estructuras de concreto presforzado

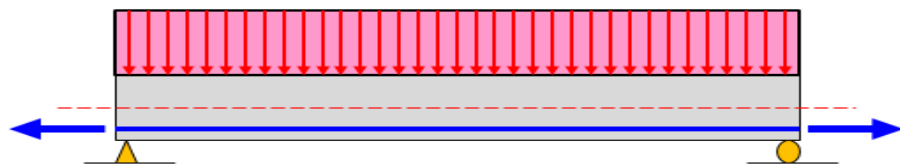
El concreto presforzado obedece a una técnica constructiva del concreto, patentada por el ingeniero francés Eugene Freyssinet en 1935 y que corresponde básicamente a la aplicación de una fuerza de compresión mediante un gato de tensionamiento que reacciona contra unos arreglos o anclajes.



*Figura 1. Viga simple con carga distribuida*

Para una viga simple, estáticamente determinada, con una carga uniformemente distribuida, como se muestra en la figura anterior, si la viga se mantiene dentro del rango elástico, las cargas exteriores, naturalmente generan unos esfuerzos a nivel interior.

Si se aplica una carga de compresión, con cierta excentricidad con respecto al eje neutro de la viga, mediante la aplicación de una fuerza de tensión en un arreglo de cables de acero de alta resistencia, como la mostrada en la figura siguiente, se dará lugar a una nueva condición de esfuerzos que impuesta y que puede modificarse según la condición deseada.



*Figura 2. Viga simple con un cable interior con excentricidad con respecto al eje neutro*

La siguiente figura muestra esquemáticamente los esfuerzos resultantes al aplicar una fuerza de presfuerzo:



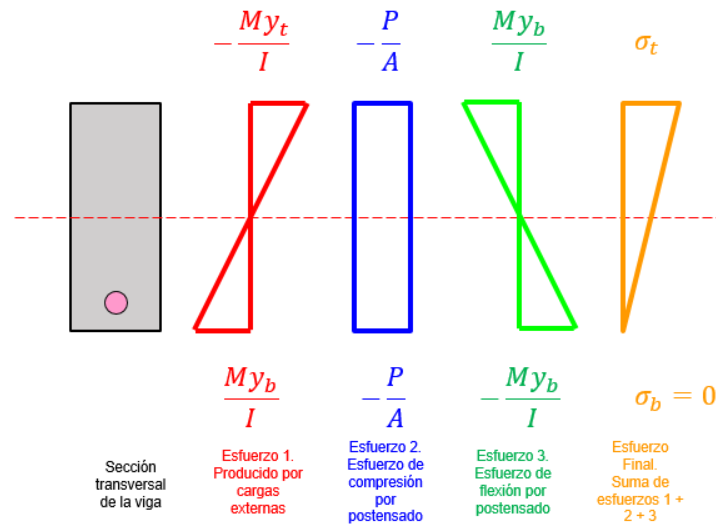
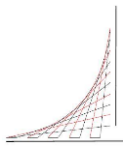


Figura 3. Esfuerzos actuantes en la sección

En los primeros intentos de lograr la perfección de la técnica del presfuerzo, antes de Freyssinet, no llegaron a resultados satisfactorios, pues no sería sino hasta 1935 que el aclamado ingeniero francés, se dio cuenta de que la fuerza aplicada en el acero sufría pérdidas y que, además, debían usarse aceros de alta resistencia. A continuación, se nombran de manera las pérdidas que sufre el sistema de la fuerza de presfuerzo.

### 3.2.1. Pérdidas del presfuerzo

Las pérdidas del presfuerzo pueden clasificarse en pérdidas inmediatas y pérdidas diferidas en el tiempo o pérdidas a largo plazo:

$$P_i = P_j - \Delta_{pi}$$

$$P_e = P_i - \Delta_{lp}$$

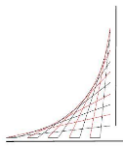
En donde:

- $P_i$       Fuerza inicial
- $P_j$       Fuerza en el gato
- $P_e$       Fuerza efectiva
- $\Delta_{pi}$     Pérdidas iniciales
- $\Delta_{lp}$     Pérdidas a largo plazo

### 3.2.2. Pérdidas iniciales

Las pérdidas iniciales se clasifican a su vez en:

- Pérdidas por fricción y curvatura
- Pérdidas por asentamiento de cuña
- Pérdidas por acortamiento elástico



### 3.2.2.1. Pérdidas por fricción y curvatura

El comportamiento de la curva, para cada tramo está dado por la siguiente ecuación:

$$y = \frac{y_{sup} - y_{inf}}{(L_c)^2} \cdot x^2 + y_{inf}$$

Derivando la ecuación anterior, se obtiene para cada tramo, la variación angular,  $\alpha$ .

Con la ecuación del cable para cada tramo, se pueden calcular las pérdidas por fricción y curvatura con la siguiente expresión:

$$\Delta P_i = P_i \cdot (1 - e^{-(Kx + \mu\alpha)})$$

En donde:

$\Delta P_i$	Pérdida de la fuerza de presfuerzo
$P_i$	Fuerza de presfuerzo medida en el punto $i$ (No debe confundirse con la fuerza inicial)
$e$	Base de los logaritmos neperianos
$K$	Coefficiente de fricción (efecto wobble)
$\mu$	Coefficiente de fricción
$\alpha$	Suma de los valores absolutos del cambio angular de la trayectoria de acero de presfuerzo desde el extremo de elevación, o desde el extremo de elevación más cercano si la tensión se realiza por igual en ambos extremos, hasta el punto bajo investigación (radianes)

### 3.2.2.2. Pérdidas por asentamiento de cuña

Las pérdidas por asentamiento de cuña corresponden a la pérdida del presfuerzo por el efecto que se produce en el instante en el que se suelta el gato. Se produce un desplazamiento y la respectiva pérdida. La pérdida por asentamiento de cuña de un elemento que está sometido a fricción y curvatura afecta sólo a una parte de la longitud. En general, las pérdidas por asentamiento de cuña dependen del equipo mecánico empleado en el tensionamiento. Para efectos de este trabajo, se emplea:

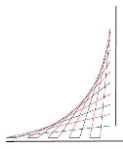
$$\delta = 5 \text{ mm}$$

El alargamiento en el cable está dado por la siguiente expresión.

$$\Delta_l = \frac{PL}{AE}$$

$$\Delta_l = f_{sp} \cdot \frac{L}{E_{ps}}$$

$$X = \sqrt{\frac{\delta \cdot A_{ps} \cdot E_{ps} \cdot l_1}{2Z}}$$



### 3.2.2.3. Pérdidas por acortamiento elástico

El acortamiento elástico se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{ES} = \frac{N - 1}{2N} \cdot \frac{E_{ps}}{E_{ci}} \cdot f_{cgp}$$

En donde:

- $N$  Número de veces que se tensiona en cada etapa
- $E_{ps}$  Módulo de elasticidad del acero de presfuerzo
- $E_{ci}$  Módulo de elasticidad del concreto el día que se realizó la transferencia
- $f_{cgp}$  Esfuerzo en el centro de gravedad del cable en la zona de máximo momento

### 3.2.3. Pérdidas a largo plazo

Las pérdidas a largo plazo,  $\Delta LP$ , o pérdidas diferidas en el tiempo son las siguientes:

- $SH$  Pérdidas por retracción del fraguado (SHRINKAGE)
- $CR_c$  Pérdidas por flujo plástico del concreto (CREEP)
- $CR_s$  Pérdidas por relajación del acero de presfuerzo

Las pérdidas a largo plazo se calculan usando el método aproximado.

#### 3.2.3.1. Pérdidas por retracción del fraguado – SHRINKAGE

Las pérdidas por retracción del fraguado se pueden calcular mediante la siguiente ecuación:

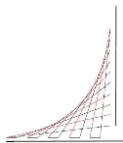
$$SH = 83\gamma_h\gamma_{st}$$

En donde:

- $\gamma_h$  Factor de corrección para humedad relativa del ambiente, según 5.9.5.3 de CCP-14
- $\gamma_{st}$  Factor de corrección de la resistencia del concreto en el instante de la transferencia del presfuerzo

Reemplazando los valores, se tiene:

$$SH = 83 \times 0.90 \times 0.972 = 72.63 \text{ N/mm}^2$$



### 3.2.3.2. Pérdidas por flujo plástico del concreto – CREEP

Las pérdidas por flujo plástico se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$CR_c = 1.45\gamma_h\gamma_{st}f_{pi}A_{ps}/A_g$$

En donde:

$f_{pi}$  Esfuerzo del acero de presfuerzo inmediatamente antes de la transferencia y luego de producirse las pérdidas por fricción y curvatura, medido en el punto crítico de la viga (punto de momento máximo).

$A_{ps}$  Área total de acero de presfuerzo

$A_g$  Área de la sección compuesta

### 3.2.3.3. Pérdidas por relajación del acero de presfuerzo

La relajación del acero, depende del tipo de torón empleado.

Torones de baja relajación

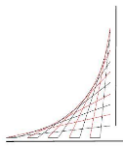
$$CR_s = 16 \text{ N/mm}^2$$

Torones relevados de esfuerzos

$$CR_s = 69 \text{ N/mm}^2$$

Las pérdidas totales a largo plazo son:

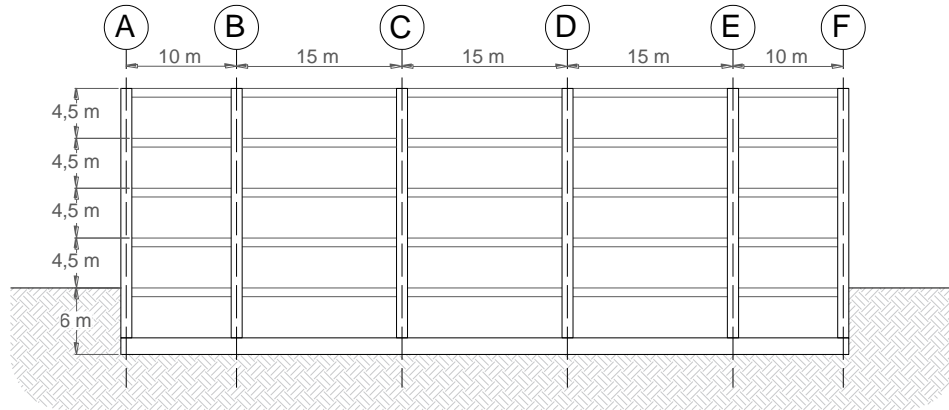
$$\Delta LP = SH + CR_c + CR_s$$



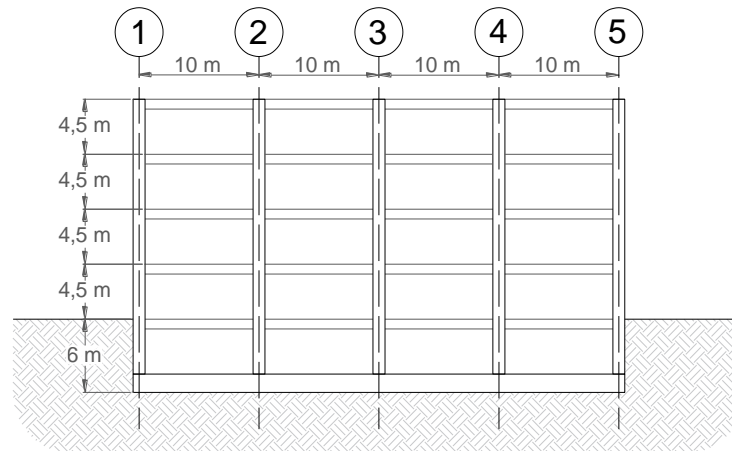
## 4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 4.1. Características de la superestructura

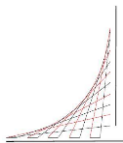
Las siguientes imágenes muestran la geometría general de la edificación:



*Figura 4. Vista en alzado de la edificación – ejes literales*



*Figura 5. Vista en alzado de la edificación – ejes numerales*



#### 4.2. Datos del estudio geotécnico

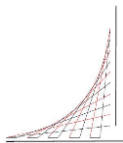
Utilizando un modelo de resorte de 2 parámetros, se tiene que la rigidez del suelo está dada por la siguiente ecuación:

$$k_s = \frac{\sigma_{adm}}{\delta}$$

Para los modelos de las placas de cimentación evaluadas mediante la metodología de ISE, es fundamental analizar el comportamiento de las vigas postensadas que conforman la placa para diferentes tipos de suelos. La siguiente tabla muestra los valores de las presiones admisibles en el terreno y los asentamientos máximos permisibles asociados a diferentes tipos de suelo.

Suelo	Capacidad admisible	Asentamiento máximo	Rigidez del resorte
	$\sigma_{adm} (kN/m^2)$	$\delta (m)$	$k_s (kN/m^3)$
Suelo tipo 1	50	1.00	5.000
Suelo tipo 2	150	0.75	20.000
Suelo tipo 3	300	0.50	60.000

*Tabla 2. Datos del terreno*



### **4.3. Materiales**

A continuación, se reflejan las principales propiedades mecánicas de los materiales empleados en el diseño de las vigas postensadas de cimentación:

#### **4.3.1. Concreto reforzado**

##### **4.3.1.1. Resistencia a la compresión del concreto**

La resistencia nominal a la compresión del concreto utilizado para la cimentación, es:

$$f'c = 35 \text{ MPa} (350 \text{ kg/cm}^2)$$

##### **4.3.1.2. Módulo de elasticidad del concreto**

El módulo de elasticidad del concreto,  $E_c$ , depende de la resistencia nominal a la compresión y se calculó en MPa con la siguiente ecuación:

$$E_c = 4700\sqrt{f'c}$$

$$E_c = 24,870.06 \text{ MPa}$$

##### **4.3.1.3. Coeficiente de Poisson**

Se ha empleado un coeficiente de Poisson típico del concreto igual a 0.20.

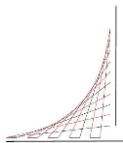
$$\mu = 0.20$$

##### **4.3.1.4. Módulo de cortante**

El módulo de cortante se obtiene con la siguiente ecuación:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

$$G = 10,362.53 \text{ MPa}$$



#### **4.3.2. Acero de presfuerzo**

##### **4.3.2.1. Resistencia a la cedencia del acero**

La resistencia a la fluencia o cedencia del acero de presfuerzo, es:

$$f_{py} = 1700 \text{ MPa } (17000 \text{ kg/cm}^2)$$

##### **4.3.2.2. Resistencia a la rotura del acero**

$$f_{pu} = 1890 \text{ MPa } (18900 \text{ kg/cm}^2)$$

##### **4.3.2.3. Módulo de elasticidad del acero**

El módulo de elasticidad del acero empleado en los cables del postensado es ligeramente menor que el módulo de elasticidad del acero convencional:

$$E_{ps} = 198.000 \text{ MPa}$$

#### **4.3.3. Acero de refuerzo**

##### **4.3.3.1. Resistencia a la cedencia del acero**

La resistencia a la fluencia o cedencia del acero, es:

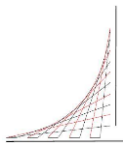
$$F_y = 420 \text{ MPa } (4200 \text{ kg/cm}^2)$$

##### **4.3.3.2. Módulo de elasticidad del acero**

El módulo de elasticidad del acero, en MPa, es:

$$E = 200.000 \text{ MPa}$$





## **5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

### **5.1. Peso estimado inicial del edificio**

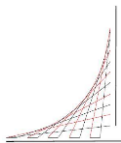
La superestructura de la edificación pesa aproximadamente  $10 \text{ kN/m}^2$  incluyendo carga muerta y carga viva, por lo tanto, la carga total del edificio estimada inicialmente será igual al número de niveles por el peso aproximado de cada nivel:

Presión actuante estimada del edificio

$$10 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ Niveles} = 50 \text{ kN/m}^2$$

A continuación, se presenta el análisis de la placa de cimentación compuesta por viguetas de concreto reforzado y vigas de concreto presforzado.

Para aquellos suelos en los cuales la capacidad portante del terreno sea menor a la presión actuante, se considerará el alivio del terreno correspondiente a la excavación del material existente. Por el contrario, si la capacidad portante es mayor al esfuerzo actuante en el terreno, este análisis no considerará dicho alivio de esfuerzos.

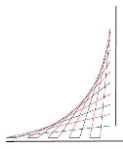


## 5.2. Análisis de cargas

Las cargas producidas por cada columna en el terreno, se han calculado de acuerdo con las áreas aferentes de cada columna. El análisis se ha realizado considerando las cargas muertas y vivas en la edificación. La siguiente tabla muestra las cargas en cada columna.

COLUMNA	C. Muerta	C. Viva	D + L
	(kN)	(kN)	(kN)
A - 1	1,540.54	250.00	1,790.54
A - 2	2,541.09	500.00	3,041.09
A - 3	2,541.09	500.00	3,041.09
A - 4	2,541.09	500.00	3,041.09
A - 5	1,540.54	250.00	1,790.54
B - 1	3,041.36	625.00	3,666.36
B - 2	5,542.72	1,250.00	6,792.72
B - 3	5,542.72	1,250.00	6,792.72
B - 4	5,542.72	1,250.00	6,792.72
B - 5	3,041.36	625.00	3,666.36
C - 1	3,541.63	750.00	4,291.63
C - 2	6,543.26	1,500.00	8,043.26
C - 3	6,543.26	1,500.00	8,043.26
C - 4	6,543.26	1,500.00	8,043.26
C - 5	3,541.63	750.00	4,291.63
D - 1	3,541.63	750.00	4,291.63
D - 2	6,543.26	1,500.00	8,043.26
D - 3	6,543.26	1,500.00	8,043.26
D - 4	6,543.26	1,500.00	8,043.26
D - 5	3,541.63	750.00	4,291.63
E - 1	3,041.36	625.00	3,666.36
E - 2	5,542.72	1,250.00	6,792.72
E - 3	5,542.72	1,250.00	6,792.72
E - 4	5,542.72	1,250.00	6,792.72
E - 5	3,041.36	625.00	3,666.36
F - 1	1,540.54	250.00	1,790.54
F - 2	2,541.09	500.00	3,041.09
F - 3	2,541.09	500.00	3,041.09
F - 4	2,541.09	500.00	3,041.09
F - 5	1,540.54	250.00	1,790.54
<b>Σ</b>	<b>120,256.52</b>	<b>26,000.00</b>	<b>146,256.52</b>

Tabla 3. Cargas transmitidas por la edificación a la placa de cimentación



### 5.3. Definición De La Placa De Cimentación

#### 5.3.1. Sección transversal de la placa de cimentación

Para la placa de cimentación se emplea un sistema aligerado, que está compuesto por vigas de cimentación secundarias (viguetas) orientadas en una dirección, apoyadas sobre las vigas de cimentación principales (postensadas). La siguiente figura muestra la sección transversal de la placa de cimentación:

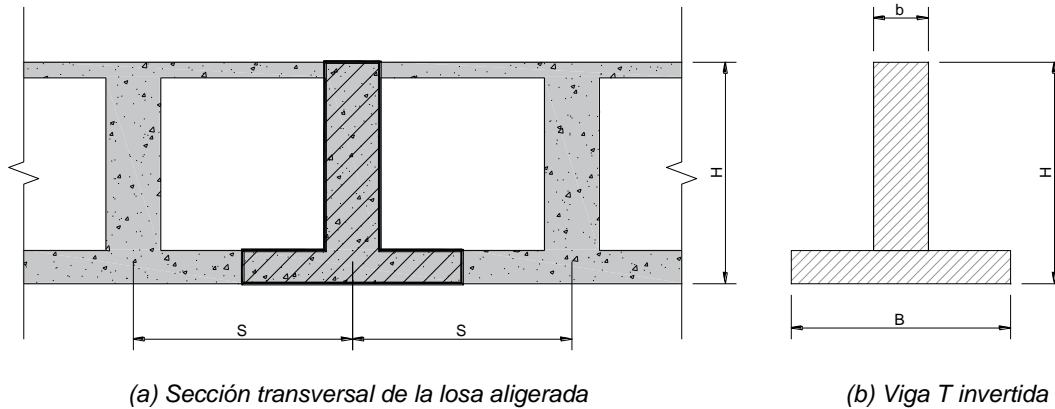


Figura 6. Sección transversal de la placa aligerada de cimentación (sistema viga T invertida)

En la figura anterior, se puede notar en la parte a (izquierda) una sección transversal típica de la losa aligerada, en la cual se puede observar una franja central, que corresponde al sistema tipo T que se forma en los elementos de concreto reforzado correspondiente a las vigas principales y secundarias del sistema y que se muestra en la parte derecha (b), de la misma figura.

Para las vigas de la placa de cimentación, se han supuesto con un ancho de 50 cm.

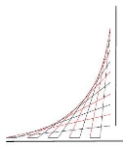
#### 5.3.2. Espesor de la losa de cimentación

El espesor de la placa de cimentación se ha definido mediante un proceso iterativo, empleando la ecuación de Winkler, la cual se muestra a continuación:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_s \cdot B}{4 \cdot E_c \cdot I}}$$

El parámetro de rigidez del sistema tipo viga T invertida se ha definido multiplicando la ecuación anterior por el valor de la mayor longitud entre ejes de columnas para las vigas. La siguiente relación muestra la variación entre la rigidez necesaria para lograr un cimiento rígido y un cimiento flexible:

$$\begin{aligned} \text{Si } \beta L < \frac{\pi}{4} &\rightarrow \text{Cimiento rígido} \\ \text{Si } \frac{\pi}{4} \leq \beta L \leq \pi &\rightarrow \text{Cimiento con rigidez intermedia} \\ \text{Si } \beta L > \pi &\rightarrow \text{Cimiento flexible} \end{aligned}$$



De acuerdo con los parámetros establecidos anteriormente, se proyectan diferentes espesores de placa de cimentación para cada tipo de suelo.

La geometría tentativa de cada uno de los elementos que componen la placa de cimentación se describe a continuación:

b (m)	0.25	Ancho de viguetas
h (m)	1.25	Altura de las viguetas
$t_{sup}$ (m)	0.07	Espesor de la losa superior
$t_{inf}$ (m)	0.15	Espesor de la losa inferior
$h_L$ (m)	1.08	Altura libre de la vigueta (viga secundaria)
s (m)	1.03	Separación entre ejes de viguetas

Tabla 4. Datos de la geometría de la placa de cimentación

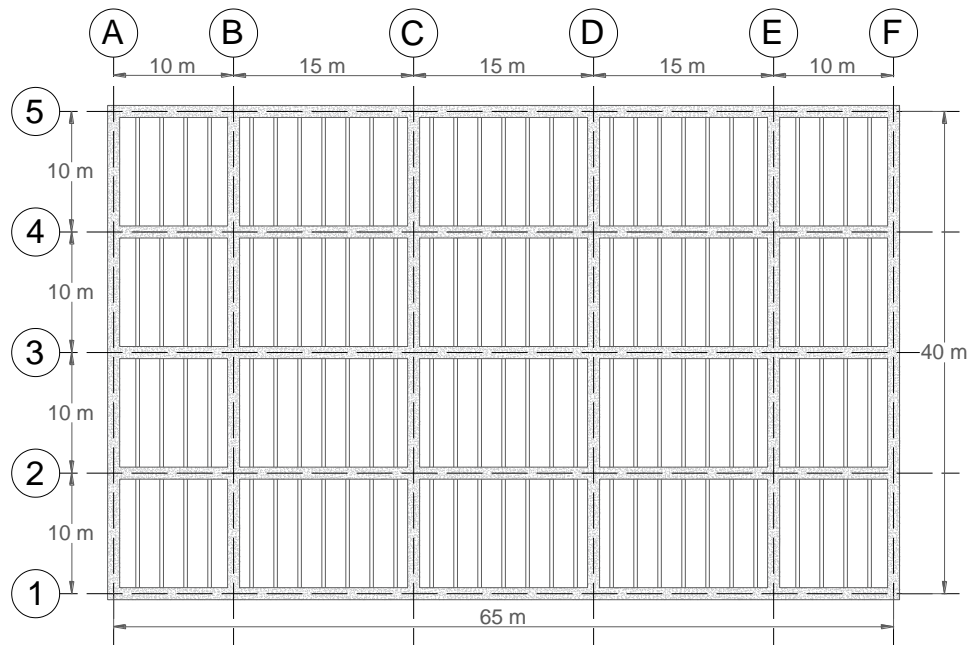
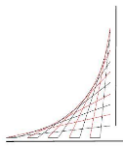


Figura 7. Placa de cimentación - Vista en planta



### 5.3.3. Segundo momento de área (inercia) de la sección compuesta

El segundo momento de área o momento de inercia de la sección compuesta (viga T invertida), se ha calculado según el teorema de Steiner o teorema de los ejes paralelos. La tabla que resume los cálculos se muestra a continuación:

Figura	b	h	A	A·y	I	cg <sub>y</sub>	d <sub>i</sub>	A·d <sub>i</sub> <sup>2</sup>	I + A·d <sub>i</sub> <sup>2</sup>
	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> ·cm)	(cm <sup>4</sup> )	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> ·cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> ·cm <sup>2</sup> )
Patín	100	15	7.50	1,500	11,250	28,125	-40	2,453,233	2,481,358
Alma	25	110	70.00	2,750	192,500	2,772,917	22	1,338,127	4,111,044
Σ	-	-	-	4,250	203,750	2,801,042	-	3,791,360	6,592,402

Tabla 5. Momento de inercia de la sección compuesta (viga T invertida)

El centro de gravedad de la sección, medido desde la fibra inferior del cimiento es:

$$y_b = 47.94 \text{ cm}$$

El segundo momento de área de la sección transversal, es:

$$I_{viga T} = 0.0659 \text{ m}^4$$

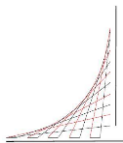
El valor de la inercia fue empleado en la ecuación que define el parámetro de rigidez del cimiento.

Una vez definida la geometría de la losa, se procede a la evaluación de cargas de esta y con esto, se podrá finalmente calcular el peso actuante en la edificación. Vale la pena resaltar que, aunque no se haya realizado un análisis detallado de las vigas aéreas, por simplicidad, se ha supuesto que el considerar el peso de la losa uniforme en toda el área de los entrepisos, es equivalente a considerar el peso de las vigas.

El peso por m<sup>2</sup>, por el peso propio de la placa de cimentación, se muestra en la siguiente tabla:

Losa sup.	1.68	Peso de la losa superior por m <sup>2</sup>
Losa inf.	3.60	Peso de la losa inferior por m <sup>2</sup>
Viguetas	6.18	Peso de las viguetas por m <sup>2</sup>
Casetón	0.30	Peso del casetón por m <sup>2</sup>
Acabados	1.20	Peso de los acabados por m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>12.96</b>	<b>Carga muerta total placa de cimentación por m<sup>2</sup></b>

Tabla 6. Carga muerta por m<sup>2</sup> producida por la placa de cimentación



#### **5.4. Presión actuante**

El peso total del edificio, incluyendo la carga muerta y la carga viva es igual a:

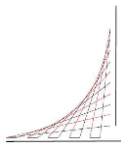
$$P_{edificio} = 142,496.99 \text{ kN}$$

El área total de la cimentación es:

$$A_{cimentación} = 2,408.00 \text{ m}^2$$

La presión actuante en el terreno es:

$$\sigma_{act} = \frac{P}{A} = 59.18 \text{ kN/m}^2$$



## 5.5. Centro de masa, centro de rigidez y excentricidad

### 5.5.1. Centro de masa de la placa de cimentación

Por simetría, el centro de masa de la placa de cimentación se encuentra localizado en el centro geométrico de la placa.

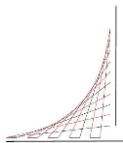
### 5.5.2. Centro de cargas de la placa de cimentación

La siguiente tabla muestra la carga que baja por cada columna, necesaria para calcular el centro de cargas de la placa de cimentación:

COLUMNA	Coordenadas		Cálculo de momentos		
	X	Y	P <sub>TOTAL</sub>	P.x	P.y
	(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)
A - 1	0.00	0.00	3,282.19	0.00	0.00
A - 2	0.00	12.50	6,572.81	0.00	82,160.16
A - 3	0.00	27.50	7,121.25	0.00	195,834.38
A - 4	0.00	42.50	6,572.81	0.00	279,344.53
A - 5	0.00	55.00	3,282.19	0.00	180,520.31
B - 1	15.00	0.00	6,938.44	104,076.56	0.00
B - 2	15.00	12.50	14,616.56	219,248.44	182,707.03
B - 3	15.00	27.50	15,896.25	238,443.75	437,146.88
B - 4	15.00	42.50	14,616.56	219,248.44	621,203.91
B - 5	15.00	55.00	6,938.44	104,076.56	381,614.06
C - 1	35.00	0.00	7,852.50	274,837.50	0.00
C - 2	35.00	12.50	16,627.50	581,962.50	207,843.75
C - 3	35.00	27.50	18,090.00	633,150.00	497,475.00
C - 4	35.00	42.50	16,627.50	581,962.50	706,668.75
C - 5	35.00	55.00	7,852.50	274,837.50	431,887.50
D - 1	55.00	0.00	7,852.50	431,887.50	0.00
D - 2	55.00	12.50	16,627.50	914,512.50	207,843.75
D - 3	55.00	27.50	18,090.00	994,950.00	497,475.00
D - 4	55.00	42.50	16,627.50	914,512.50	706,668.75
D - 5	55.00	55.00	7,852.50	431,887.50	431,887.50
E - 1	75.00	0.00	6,938.44	520,382.81	0.00
E - 2	75.00	12.50	14,616.56	1,096,242.19	182,707.03
E - 3	75.00	27.50	15,896.25	1,192,218.75	437,146.88
E - 4	75.00	42.50	14,616.56	1,096,242.19	621,203.91
E - 5	75.00	55.00	6,938.44	520,382.81	381,614.06
F - 1	90.00	0.00	3,282.19	295,396.88	0.00
F - 2	90.00	12.50	6,572.81	591,553.13	82,160.16
F - 3	90.00	27.50	7,121.25	640,912.50	195,834.38
F - 4	90.00	42.50	6,572.81	591,553.13	279,344.53
F - 5	90.00	55.00	3,282.19	295,396.88	180,520.31
<b>Σ</b>	-	-	<b>305,775.00</b>	<b>13,759,875.00</b>	<b>8,408,812.50</b>

Tabla 7. Cálculo del centro de cargas de la cimentación

El centro de cargas se calcula para las dos direcciones de análisis. Para la dirección  $x$ , se tiene:



$$cc_x = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i}$$

Para la dirección en  $y$ :

$$cc_y = \frac{\sum P_i \cdot y_i}{\sum P_i}$$

### 5.5.3. excentricidad

La siguiente tabla muestra las coordenadas del centro de masa y el centro de cargas de la placa de cimentación:

punto	Coord. X	Coord. Y
C. de masa	32.5	20
C. de cargas	32.5	20

*Tabla 8. Centro de masa y centro de carga de la placa de cimentación*

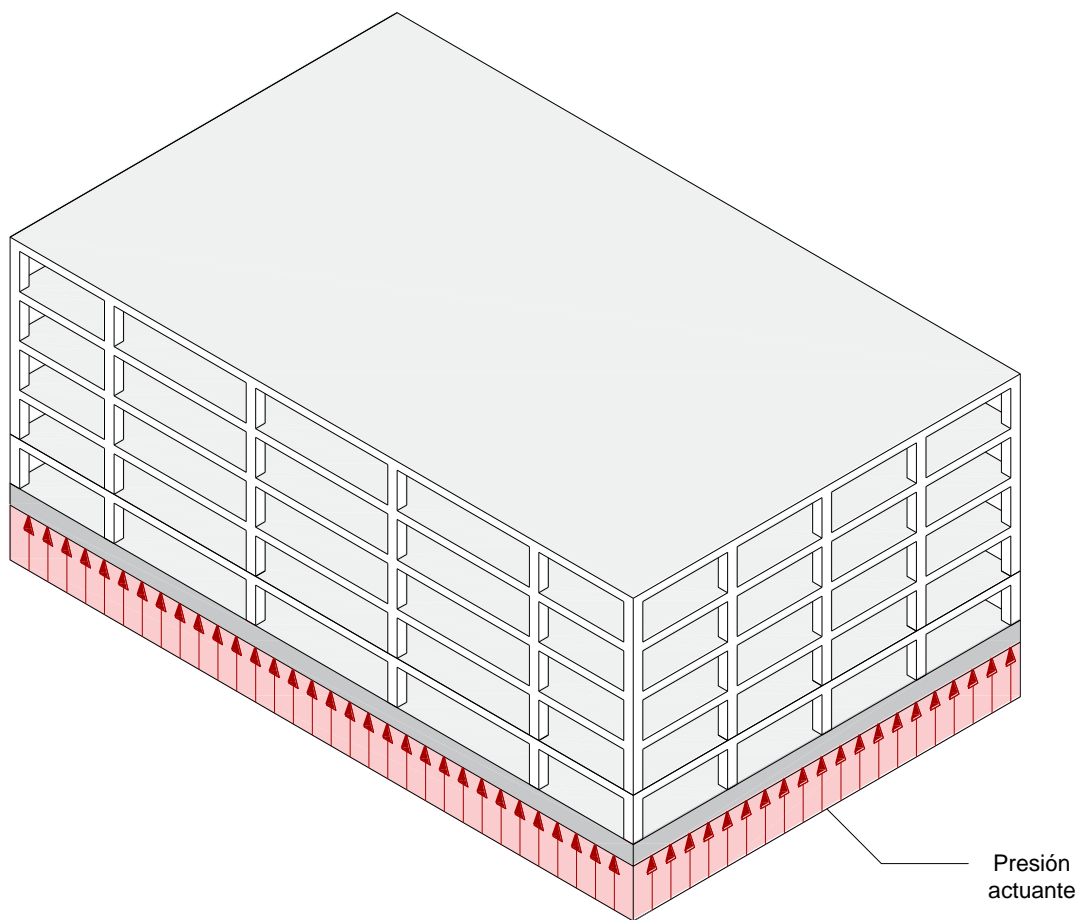
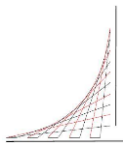
Las excentricidades, calculadas para cada dirección de análisis, se muestran en la siguiente tabla:

$e_x$ (m)	0.00	Excentricidad en X
$e_y$ (m)	0.00	Excentricidad en Y

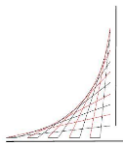
*Tabla 9. Excentricidad entre el centro de masa y el centro de cargas*

De acuerdo con el análisis realizado previamente, se puede notar que el centro de masa y el centro de cargas de la placa de cimentación están localizados en el mismo punto, por lo tanto, se tienen excentricidades iguales a 0 y entonces, la presión actuante en el terreno puede suponerse uniforme. La siguiente figura muestra de manera esquemática lo referido anteriormente:





*Figura 8. Presión actuante en el terreno*



#### **5.5.4. Centrado de cargas**

Como ya se mencionó anteriormente, proyectar la losa con cargas excéntricas, seguramente ocasionará problemas por asentamientos diferencias, por lo tanto, se deben centrar las cargas. Para anular la excentricidad, es necesario, adicionar una carga y un momento necesario para tener la carga centrada.

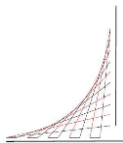
Como el centro de cargas está desplazado hacia la izquierda con respecto al centro geométrico de la losa, debe aumentarse el peso del edificio hacia la derecha. Se emplea la siguiente expresión:

$$\frac{\Sigma P_i \cdot d_i + P_a \cdot d_a}{\Sigma P_i + P_a} = CM$$

En donde:

$\Sigma P_i \cdot d_i$	Sumatoria del producto de las cargas verticales por su respectivo brazo de palanca
$P_a$	Carga adicional necesaria para centrar las cargas
$d_a$	Distancia al punto de aplicación de la carga adicional
$CM$	Centro de masa

#### **5.6. Alivio de presiones**



## 5.7. Análisis de la placa de cimentación

### 5.7.1. Placa de cimentación de 2.00 m de altura

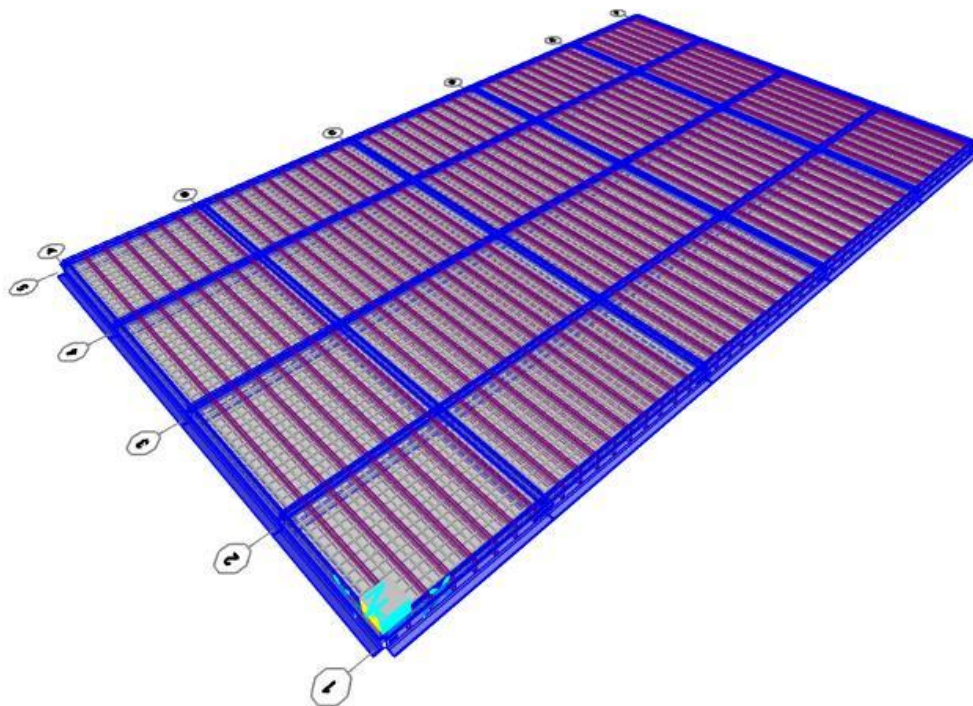


Figura 9. Modelo matemático de la placa - Vista tridimensional

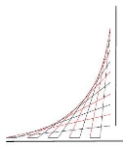


Figura 10. Aplicación de cargas muertas en la placa

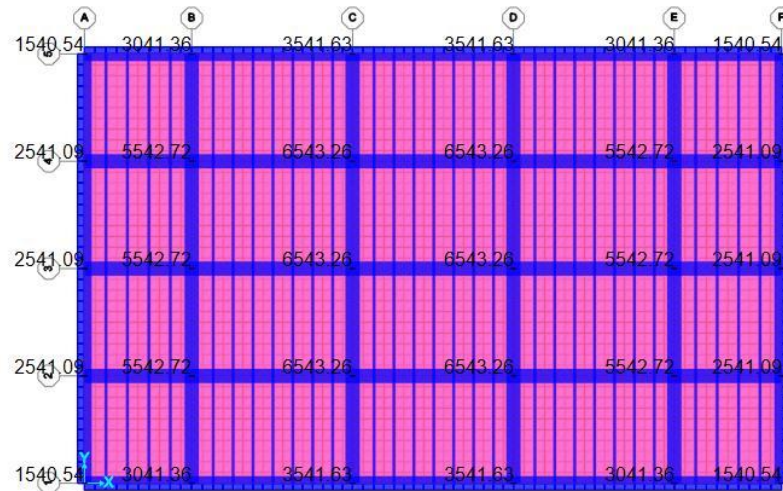
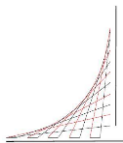
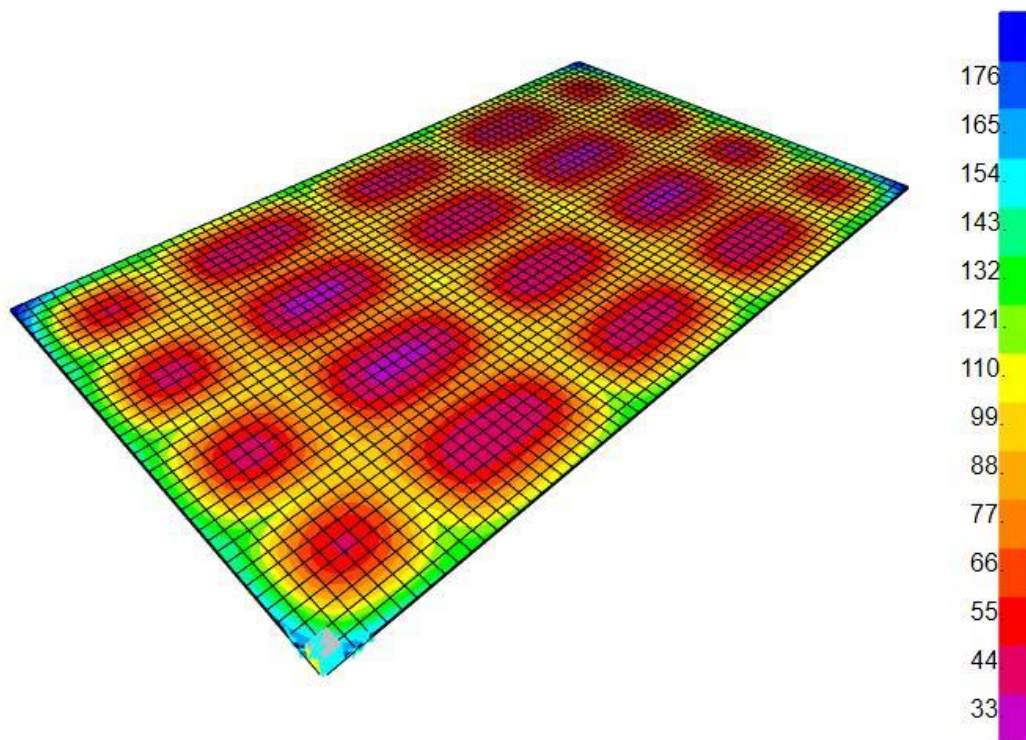


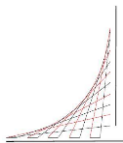
Figura 11. Aplicación de cargas vivas en placa



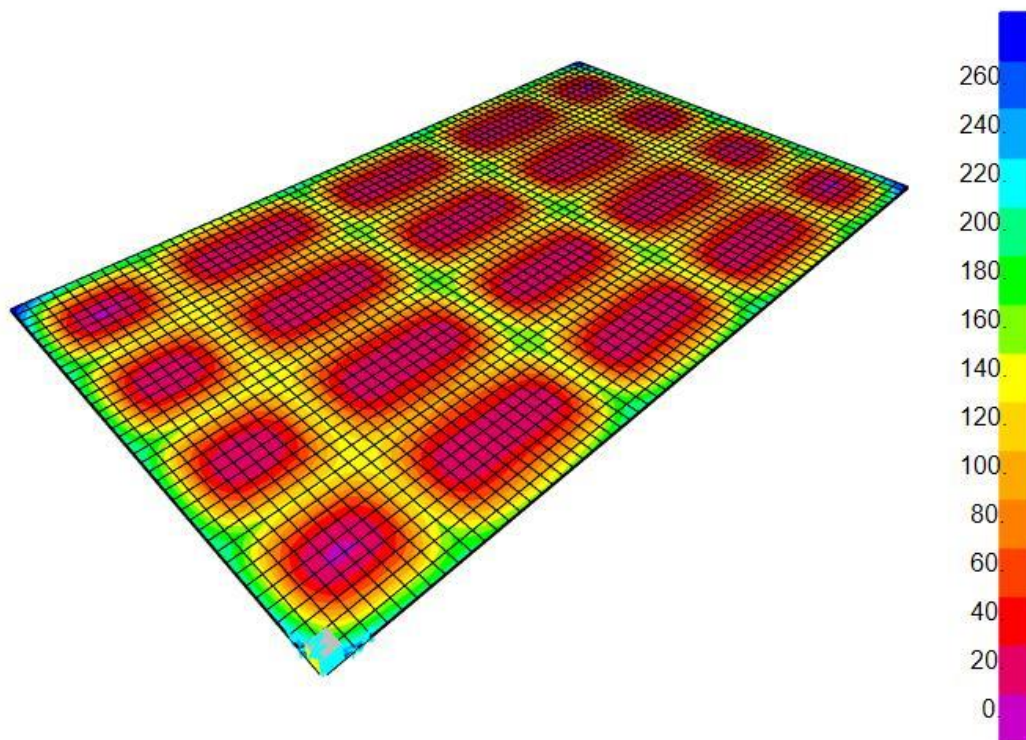
**5.7.1.1. Presiones en el terreno suelo tipo 1 –  $K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$**



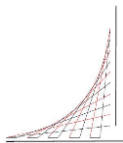
*Figura 12. Esfuerzos en suelo tipo 1 por cargas de servicio*



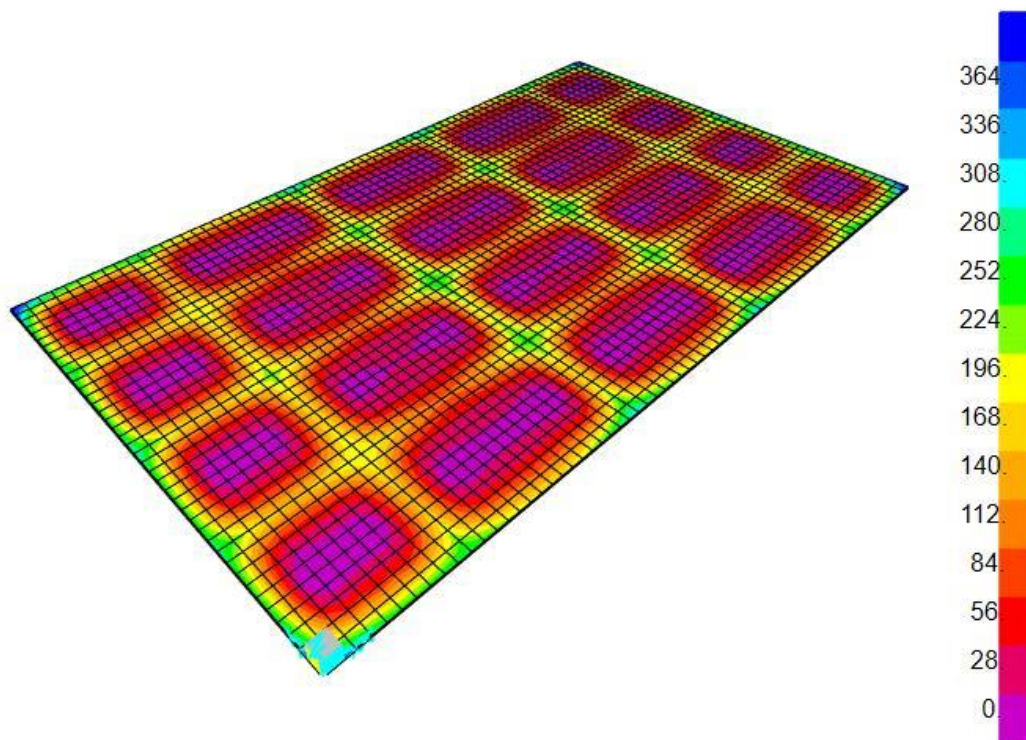
**5.7.1.2. Presiones en el terreno suelo tipo 2 –  $K_s = 20000 \text{ kN/m}^3$**



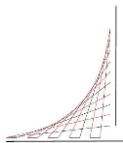
*Figura 13. Esfuerzos en suelo tipo 2 por cargas de servicio*



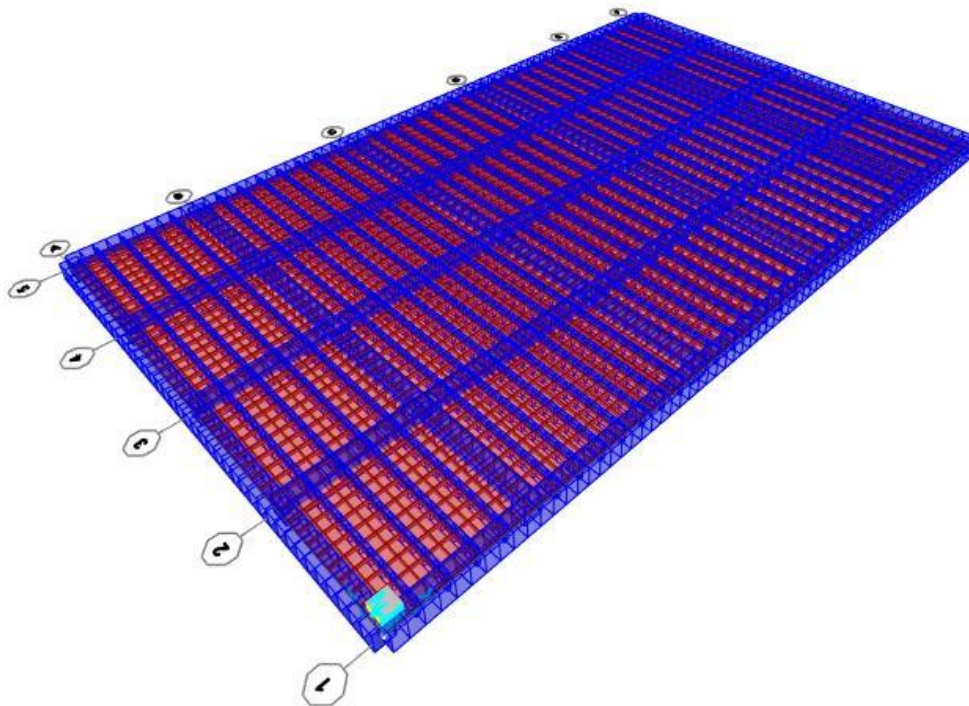
**5.7.1.3. Presiones en el terreno suelo tipo 3 –  $K_s = 60000 \text{ kN/m}^3$**



*Figura 14. Esfuerzos en suelo tipo 3 por cargas de servicio*

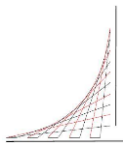


### 5.7.2. Placa de cimentación de 1.50 m de altura

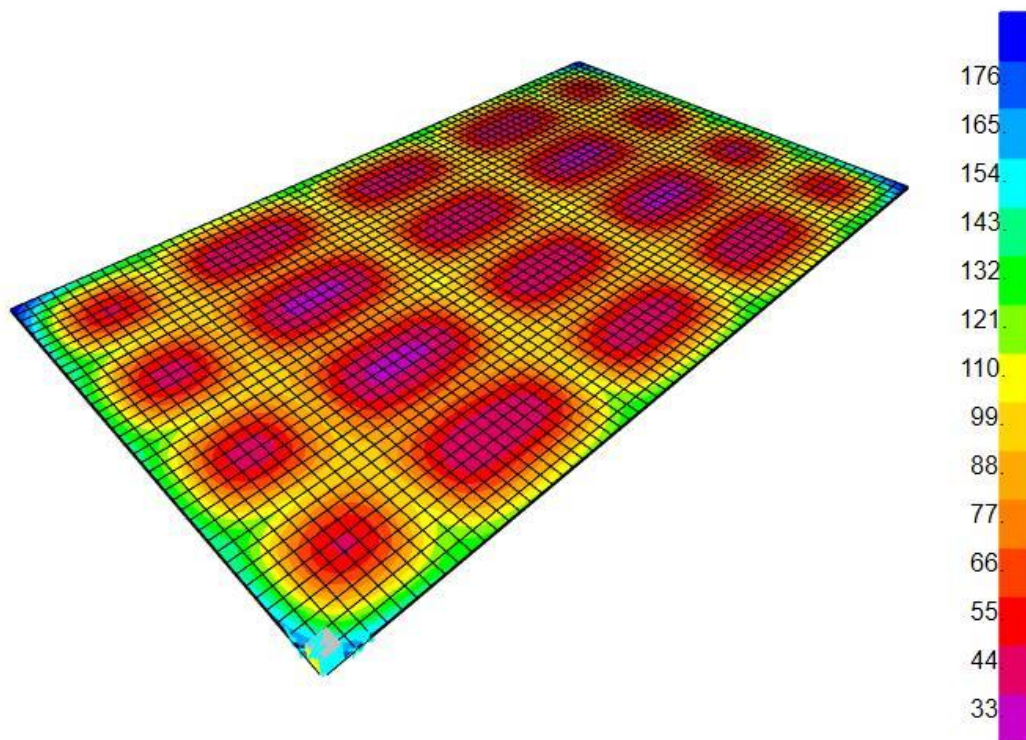


*Figura 15. Modelo matemático de la placa - Vista tridimensional*

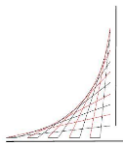




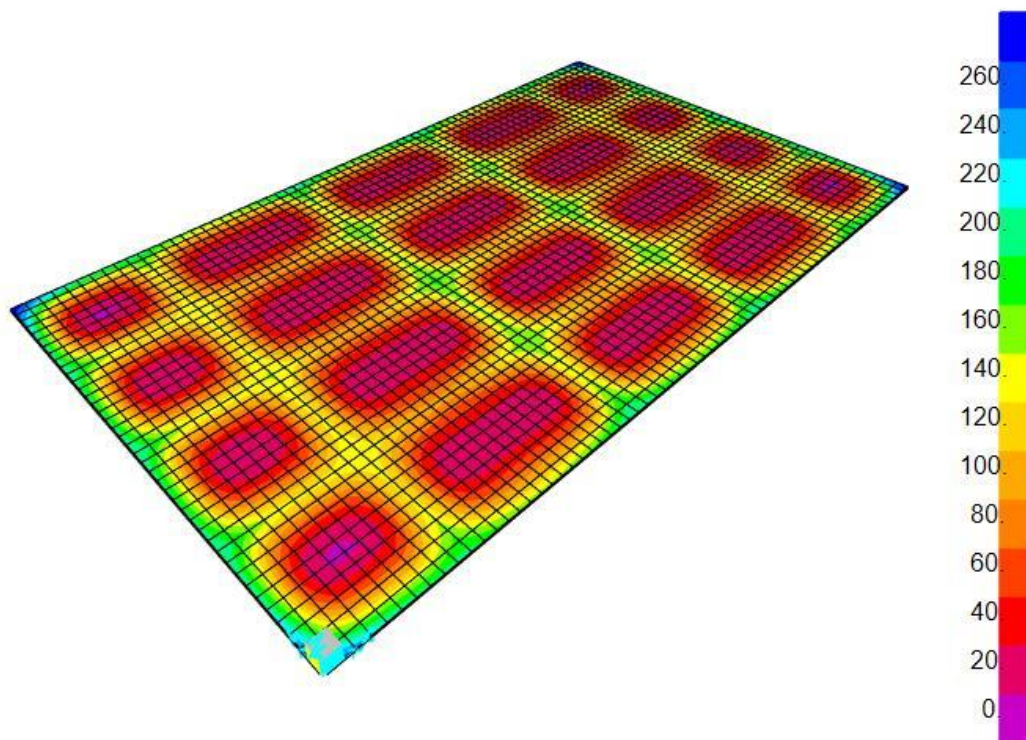
**5.7.3. Presiones en el terreno suelo tipo 1 –  $K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$**



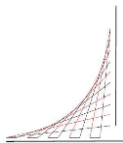
*Figura 16. Esfuerzos en suelo tipo 1 por cargas de servicio*



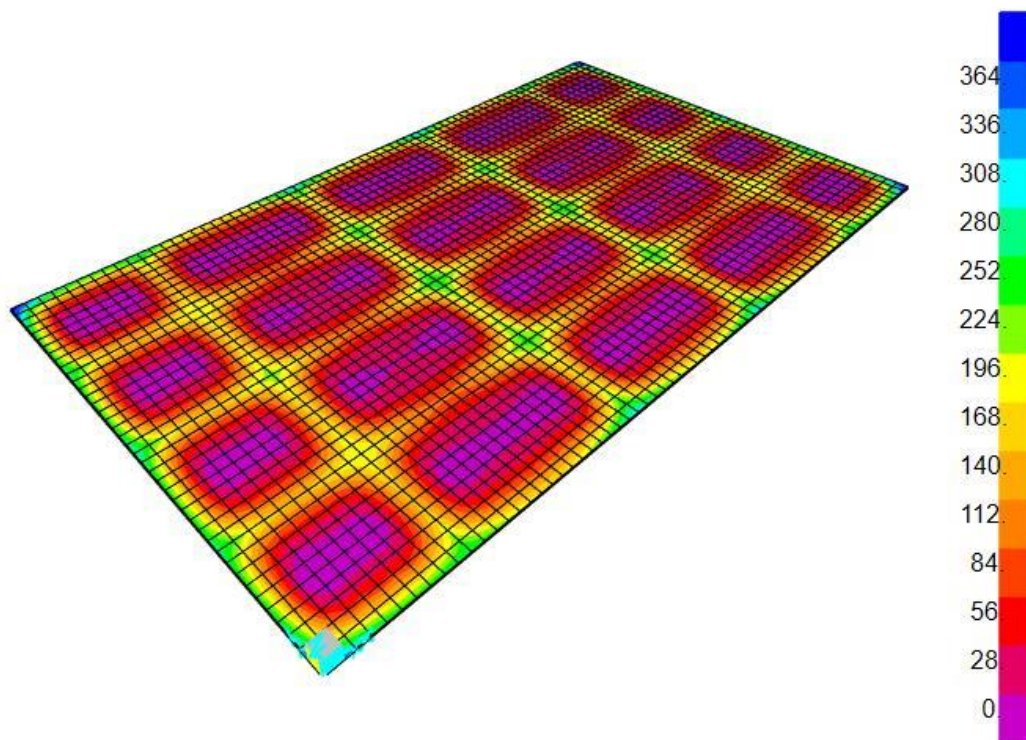
**5.7.4. Presiones en el terreno suelo tipo 2 –  $K_s = 20000 \text{ kN/m}^3$**



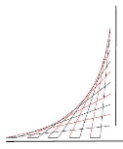
*Figura 17. Esfuerzos en suelo tipo 2 por cargas de servicio*



**5.7.5. Presiones en el terreno suelo tipo 3 –  $K_s = 60000 \text{ kN/m}^3$**



*Figura 18. Esfuerzos en suelo tipo 3 por cargas de servicio*



### 5.7.6. Diagrama de presiones en las vigas

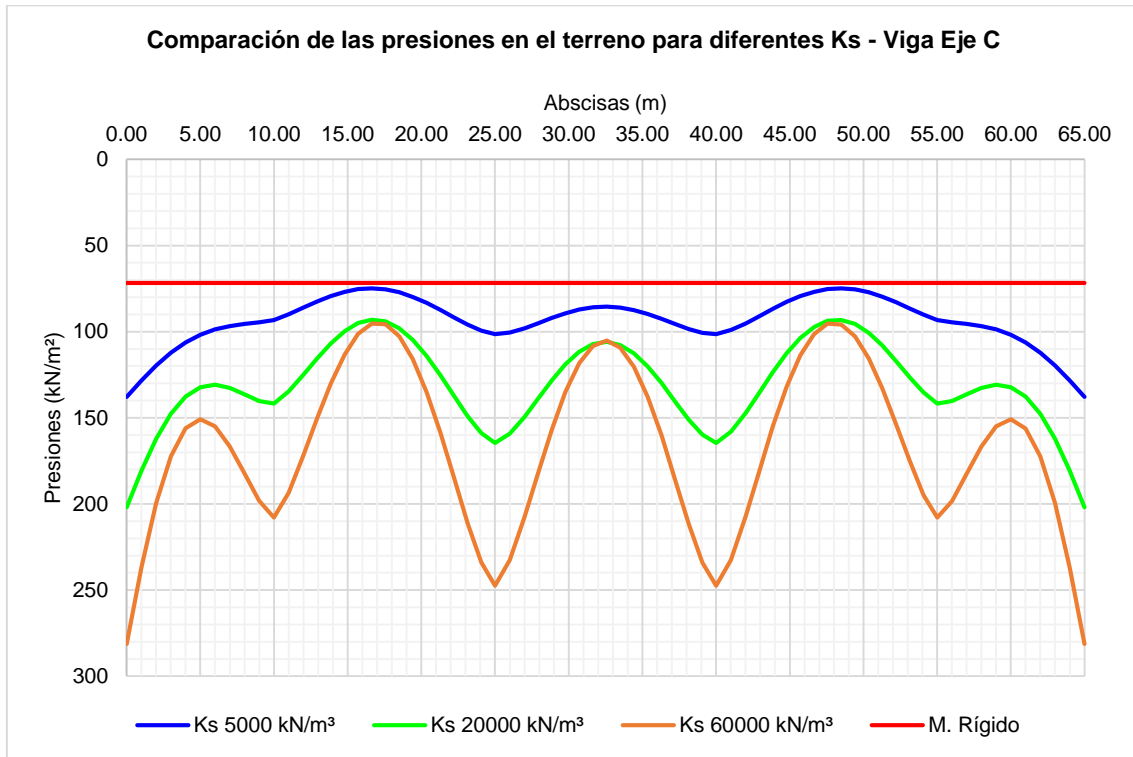


Gráfico 1. Diagrama de presiones en el terreno - Viga Eje C

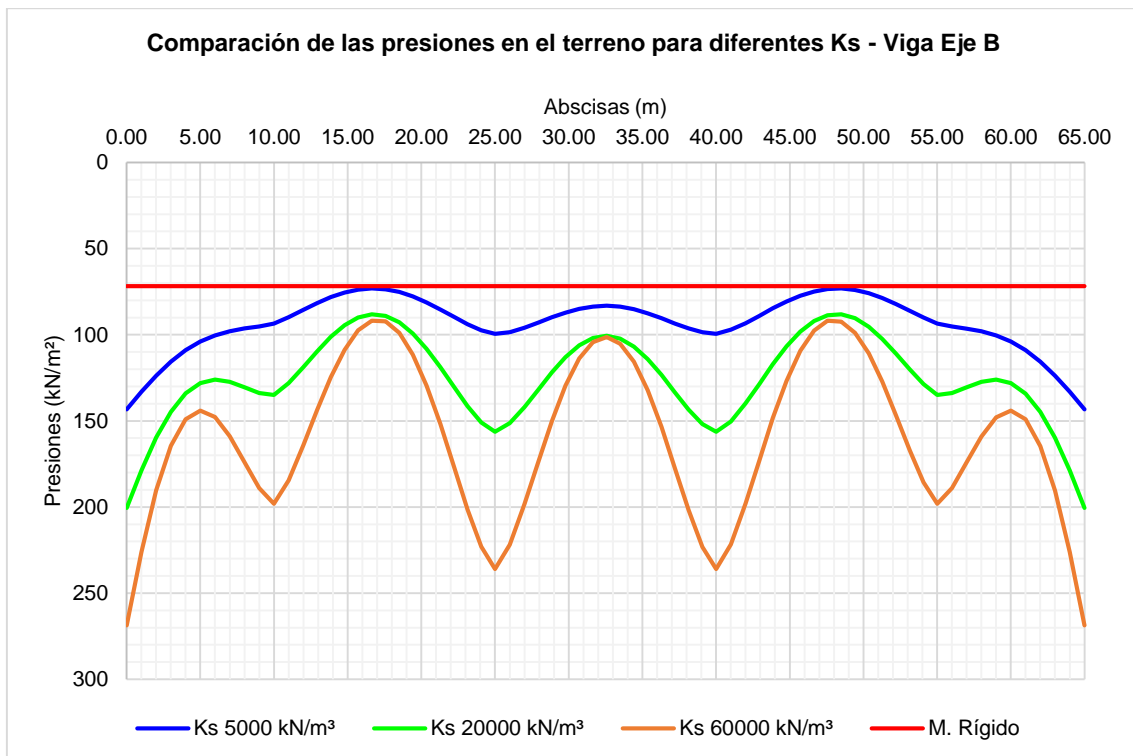


Gráfico 2. Diagrama de presiones en el terreno - Viga Eje B

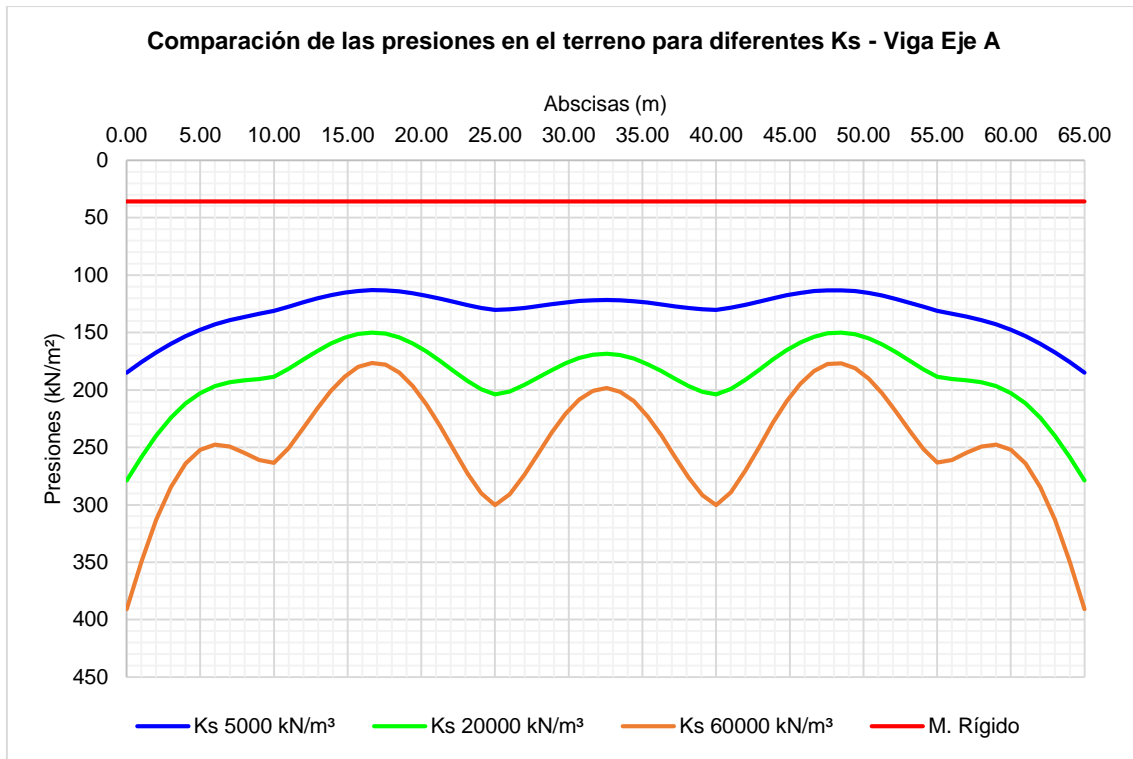
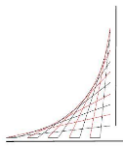
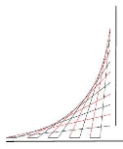


Gráfico 3. Diagrama de presiones en el terreno - Viga Eje A



### 5.7.7. Diagramas de momentos de flexión en vigas de cimentación

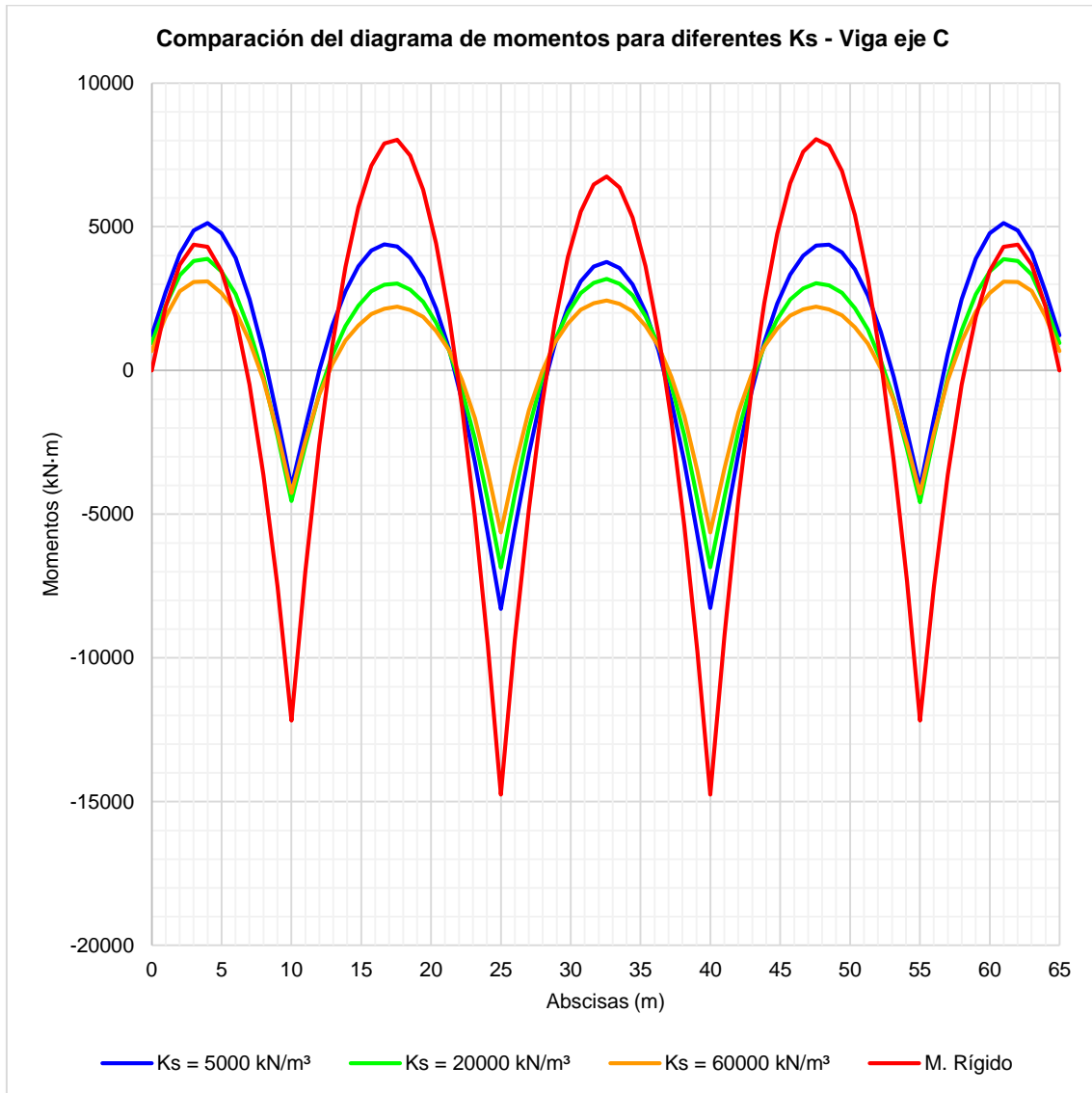


Gráfico 4. Comparación del diagrama de momentos Viga Eje C

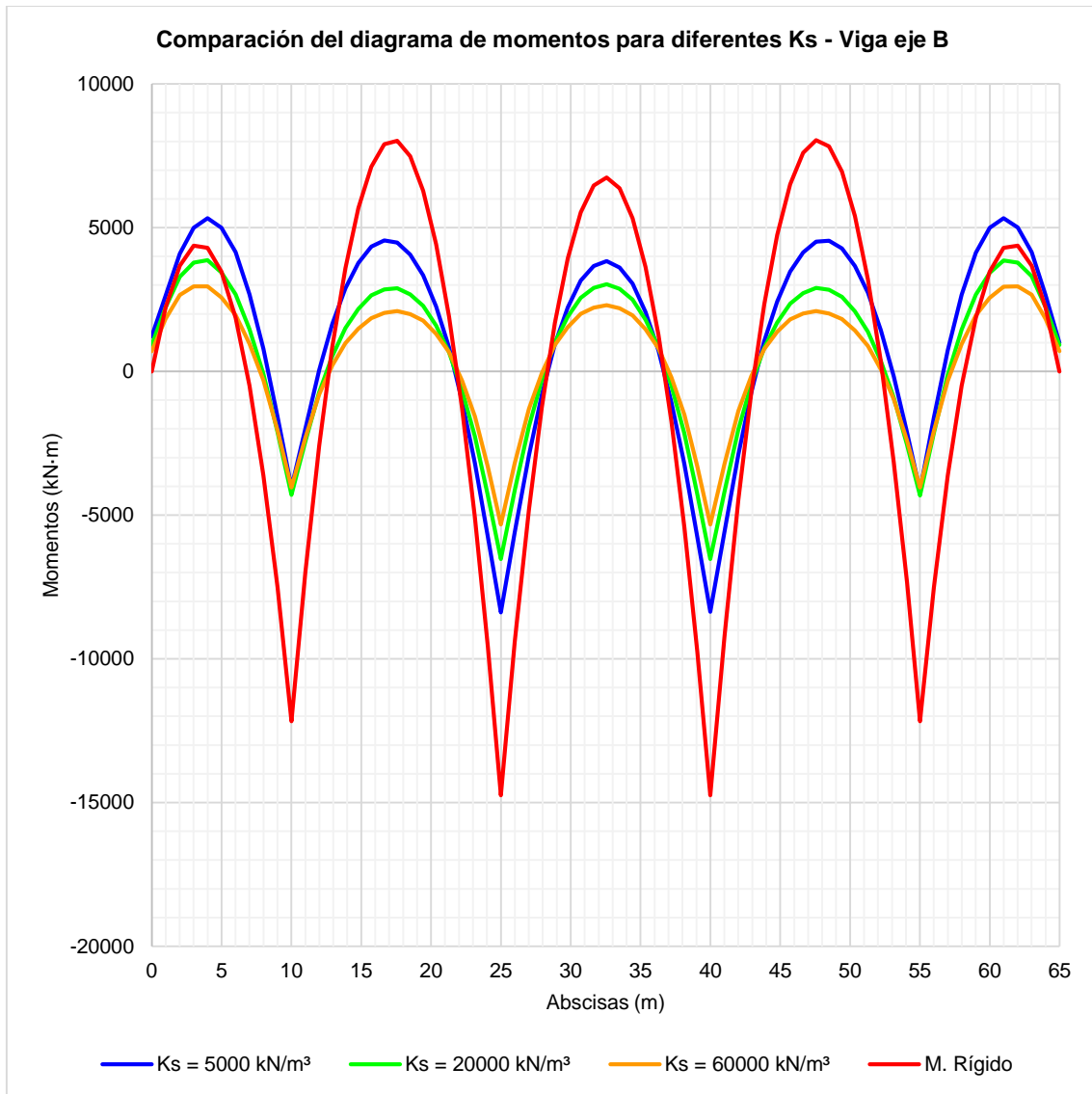
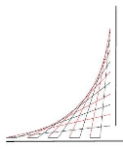


Gráfico 5. Comparación del diagrama de momentos Viga Eje B

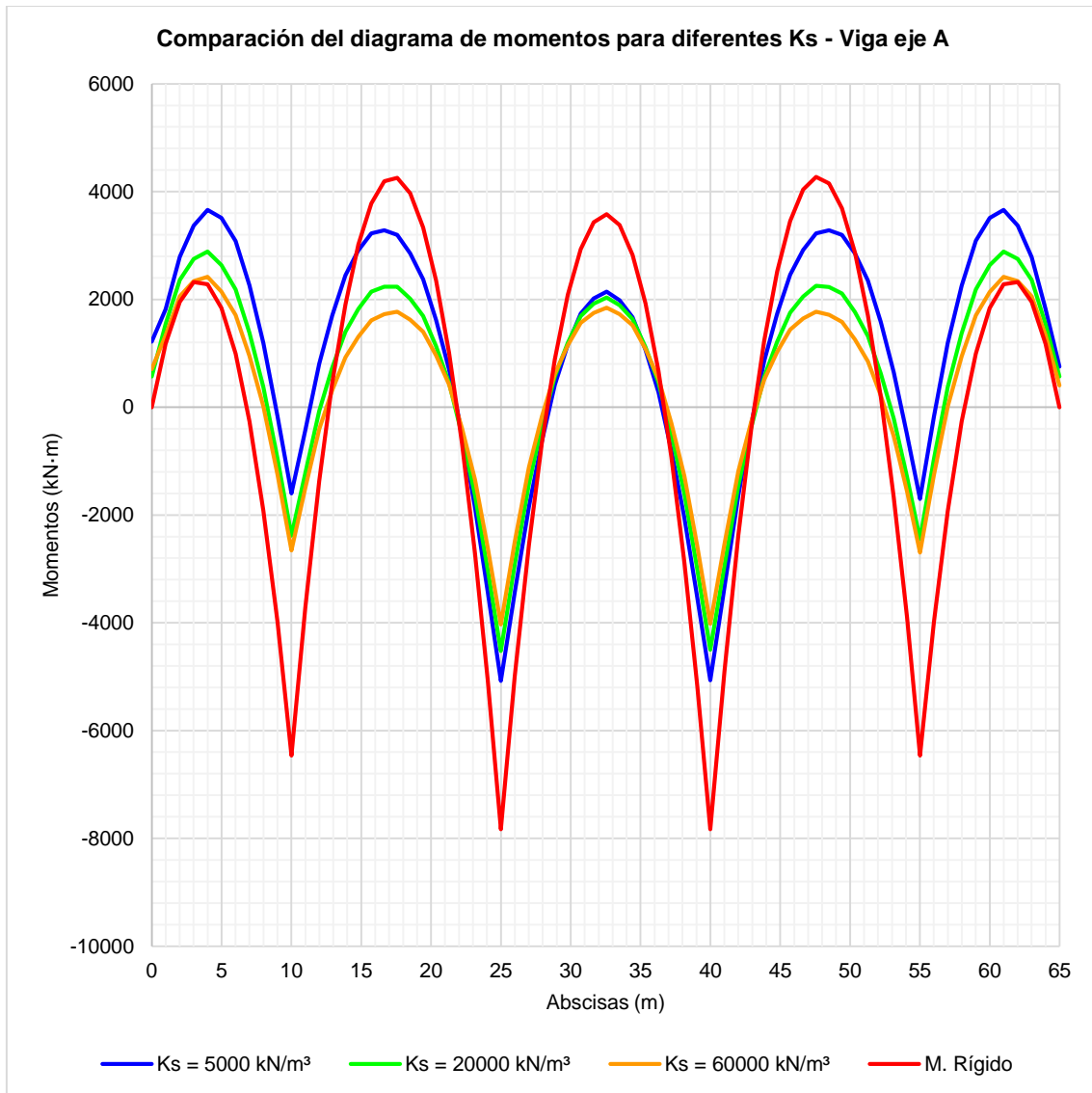
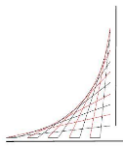
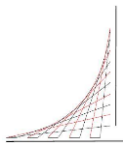
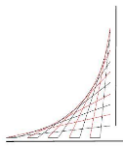


Gráfico 6. Comparación del diagrama de momentos Viga Eje A







## 6. DISEÑO DE VIGAS POSTENSADAS

El diseño de las vigas postensadas se realiza por medio del método de la carga balanceada por ser este de gran uso en la práctica del diseño estructural de elementos presforzados continuos como vigas.

### 6.1. DISEÑO DE VIGA POSTENSADA DE 2.00 m DE ALTURA

La siguiente figura muestra el diagrama de momentos por carga muerta y viva para el diseño de la placa de cimentación por el método rígido.

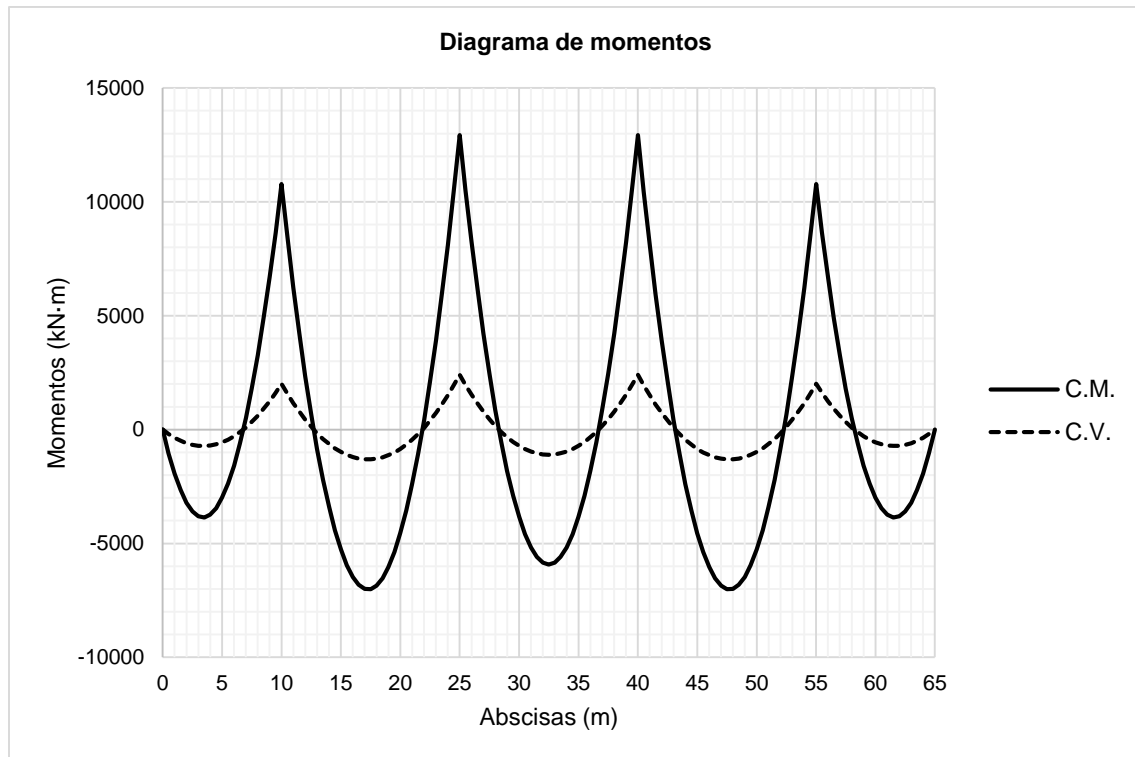
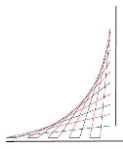


Gráfico 7. Diagrama de momentos para cargas muerta y viva – Método rígido

#### 6.1.1. Momento máximo

De acuerdo con el análisis realizado por el método rígido, se obtiene el momento máximo (en apoyos intermedios):

$$M_{max} = 15,346.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



### 6.1.2. Propiedades geométricas de la sección

La siguiente figura muestra la geometría de la sección transversal de la viga de 2.00 m de altura total:

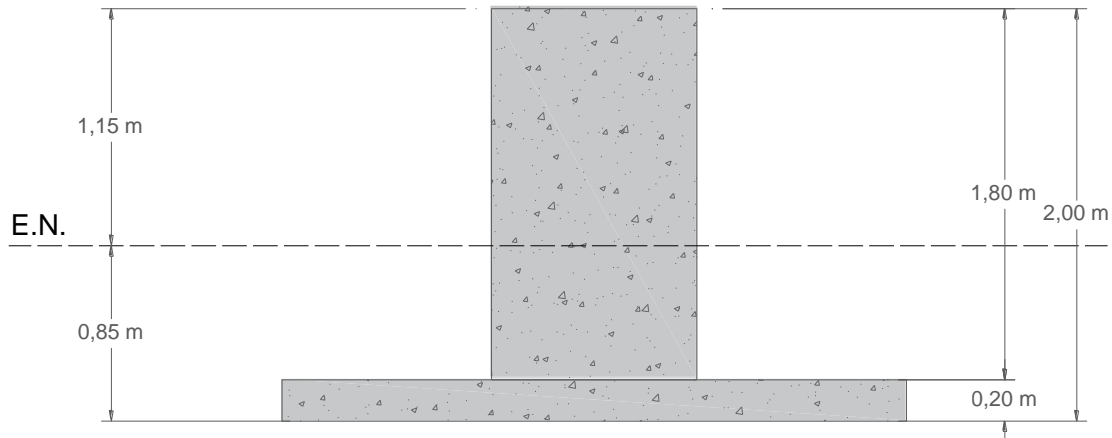


Figura 19. Sección transversal de la viga postensada de 2.00 m de altura

La siguiente tabla muestra las propiedades geométricas de la sección compuesta:

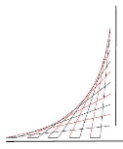
Sección	Área (cm <sup>2</sup> )	Y <sub>i</sub> (cm)	A × Y <sub>i</sub> (cm <sup>3</sup> )	I <sub>o</sub> (cm <sup>4</sup> )	d <sub>i</sub> (cm)	A × d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
Viga	18,000	110.00	1,980,000	48,600,000	25.26	11,481,309.6
Losa	6,082	10.00	60,821	202,737	-74.74	33,978,955.8
<b>TOTAL</b>	<b>24,082.1</b>		<b>2,040,821.0</b>	<b>48,802,736.8</b>		<b>45,460,265.5</b>

Tabla 10. Propiedades geométricas de la sección simple

Las propiedades geométricas de la sección, son las siguientes:

y <sub>t</sub> (cm)	115.26	Distancia medida desde el centroide a la fibra superior de la sección
y <sub>b</sub> (cm)	84.74	Distancia medida desde el centroide a la fibra inferior de la sección
I <sub>c</sub> (cm <sup>4</sup> )	94,263,002	Momento de inercia de la sección
S <sub>t</sub> (cm <sup>3</sup> )	817,860	Relación entre el momento de inercia I <sub>c</sub> y la distancia a la fibra extrema y <sub>t</sub>
S <sub>b</sub> (cm <sup>3</sup> )	1,112,323	Relación entre el momento de inercia I <sub>c</sub> y la distancia a la fibra extrema y <sub>b</sub>
r <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	3,914	radio de giro al cuadrado

Tabla 11. Propiedades geométricas de la sección compuesta



### 6.1.3. Método de la carga balanceada

La carga uniformemente distribuida por unidad de longitud sobre la viga (kN/m), calculada por el método rígido, es igual al producto de la carga uniformemente distribuida por unidad de área (kN/m<sup>2</sup>) multiplicada por la respectiva aferencia. La siguiente figura muestra la franja de carga correspondiente a la viga sobre el eje 3:

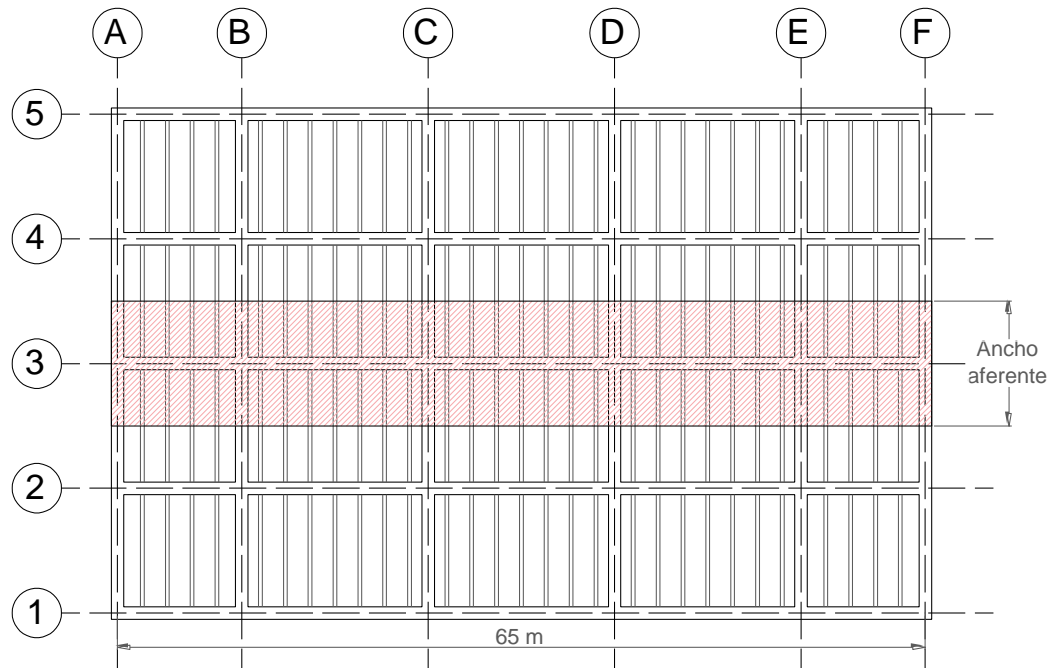


Figura 20. Ancho aferente de cargas para viga principal

Las cargas sobre la viga se pueden obtener con la siguiente expresión:

$$w = w' \cdot B_a$$

En donde:

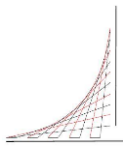
- $w'$  Carga uniforme por unidad de área, dada en kN/m<sup>2</sup>
- $w$  Carga uniforme por unidad de longitud, dada en kN/m
- $B_a$  Ancho aferente de la viga

Para carga muerta, incluyendo el peso propio, se tiene:

$$w_D = 59.23 \text{ kN/m}^2 \times 10 \text{ m} = 592.3 \text{ kN/m}$$

Y para carga viva:

$$w_L = 12.5 \text{ kN/m}^2 \times 10 \text{ m} = 125 \text{ kN/m}$$



La siguiente figura muestra el modelo de las cargas aplicadas (reacción del terreno) sobre la viga:

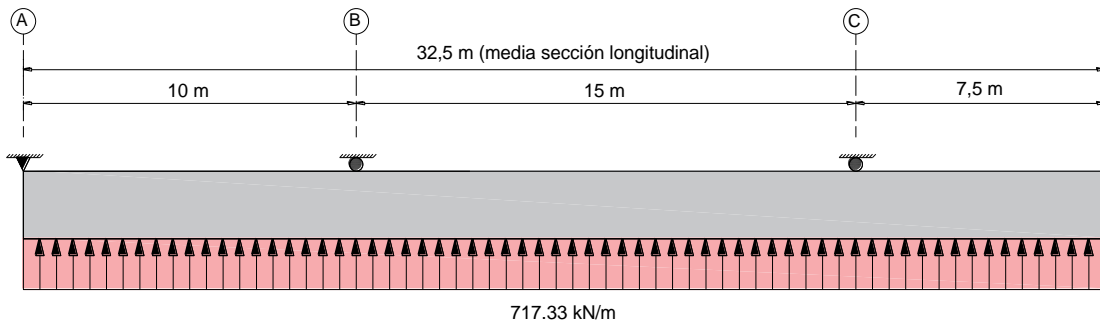


Figura 21. Cargas sobre la viga

Se busca la carga necesaria proyectando la máxima excentricidad posible del cable. El máximo momento ocurre en los apoyos intermedios.

Se supone que se balancea el 100% de la carga total, es decir, se considera completamente la carga muerta total y la carga viva total, por lo tanto, se trata entonces de calcular el valor de la fuerza necesaria en el cable para anular los esfuerzos de flexión, mediante la siguiente ecuación:

$$w_{eq} = \frac{8Py}{L^2}$$

El momento máximo ocurre en los apoyos intermedios. Se introduce en el cable la mayor excentricidad posible, descontando 100 mm desde la fibra superior de la viga al eje del ducto y abajo, 300 mm medidos a partir de la fibra superior de la placa en contacto directo con el terreno al eje del ducto, tal como lo muestra la siguiente figura:

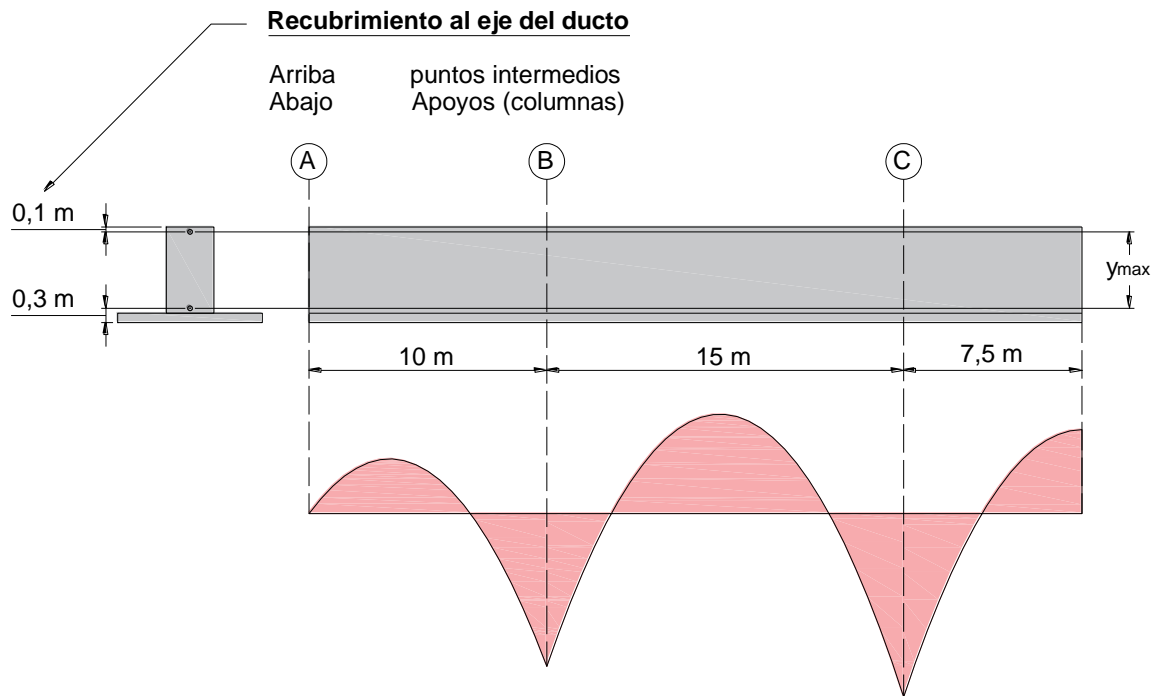
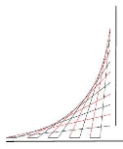
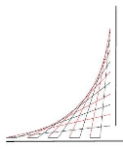


Figura 22. Esquema de la máxima flecha tentativa del cable en la viga

se tiene:

$$y_{max} = 1.60 \text{ m}$$



#### 6.1.4. Fuerza de postensado

La carga necesaria para eliminar los esfuerzos de flexión producidos por las cargas de servicio, se obtiene despejando la carga  $P$ , de la ecuación correspondiente a la carga equivalente:

$$P = w_{eq} \cdot L^2 / 8y$$

Se obtiene entonces el valor de la fuerza axial necesaria de tensionamiento en el cable:

$$P = 12,609.23 \text{ kN}$$

#### 6.1.5. Trazado inicial del cable

Para el cálculo de las cargas equivalentes es necesario realizar un trazado inicial del cable, el cual se proyecta como se estableció anteriormente, tratando de lograr la máxima excentricidad posible. La siguiente figura muestra de manera esquemática el trazado preliminar del cable, que posteriormente será dividido en un mayor número real de cables:

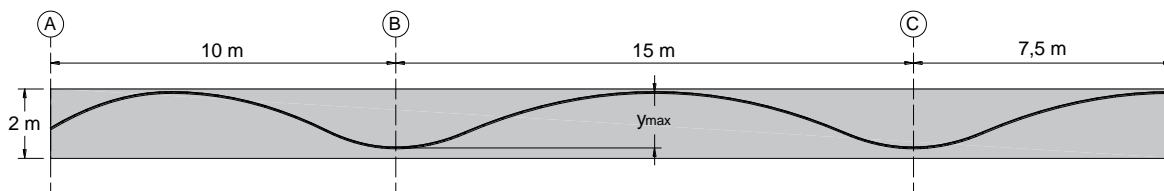


Figura 23. Esquema del cable teórico inicial para media sección longitudinal de la viga

La imagen anterior corresponde al esquema del trazado inicial del cable de acuerdo con el método de la carga balanceada. Es importante recordar que, para este trazado inicial, se introdujo la mayor excentricidad posible del cable en los vanos intermedios y solo en los extremos se tiene una excentricidad igual a 0, en donde se obtiene un momento igual a 0.

#### 6.1.6. Cargas equivalentes

La siguiente figura muestra los tramos en los que se ha dividido la viga:

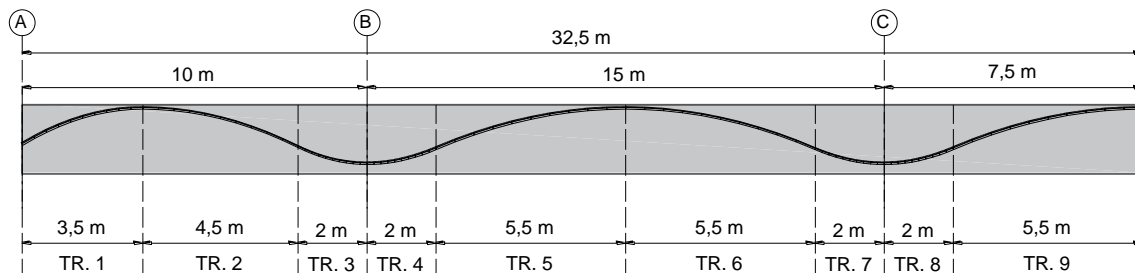
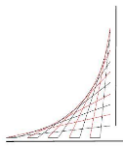


Figura 24. Tramos del cable teórico

Para cada tramo se ha calculado la carga equivalente,  $w_{eq}$ , (suponiendo la fuerza de postensado uniforme), con la siguiente ecuación:



$$w_{eq} = \frac{8Py}{L^2}$$

Las cargas equivalentes, calculadas para cada tramo, se muestran a continuación:

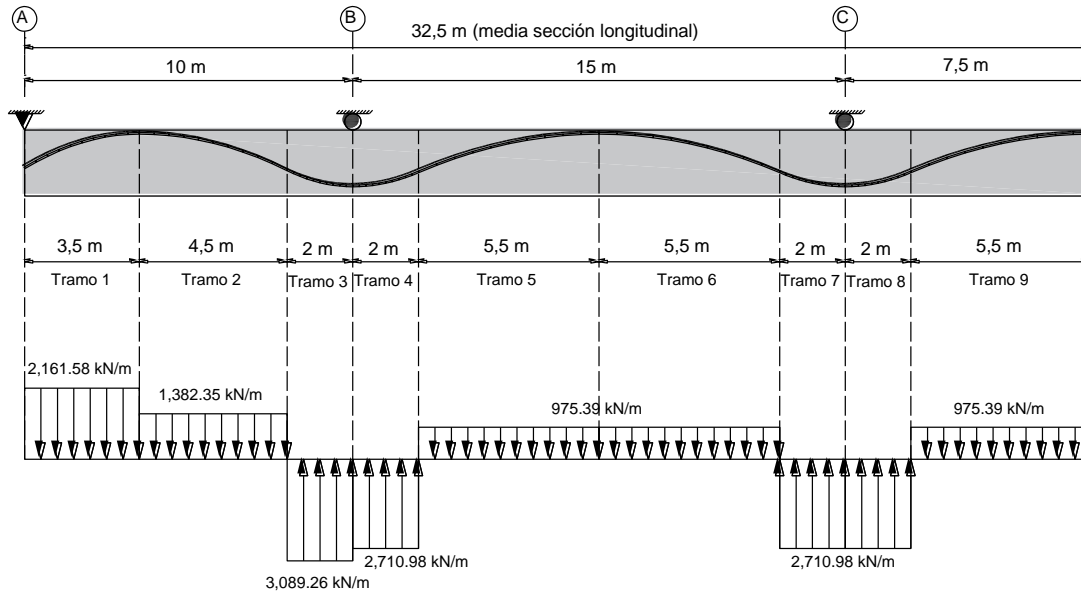


Figura 25. Cargas equivalentes, mostradas para media sección de viga

La fuerza del postensado necesaria para calcular las cargas equivalentes, mostradas en la figura anterior, se consideró constante a lo largo de la viga, sin embargo, es claro que la fuerza luego de realizar el tensionamiento, se empiezan a producir pérdidas instantáneas y diferidas en el tiempo. Es por eso que la fuerza con la que se obtuvieron las cargas equivalentes, es una fuerza efectiva y, por lo tanto, la carga aplicada en el gato debe ser mayor.

### 6.1.7. Número estimado de cables de postensado

Para estimar el número de cables, se supondrá inicialmente que luego de producirse todas las pérdidas del presfuerzo (inmediatas y a largo plazo), los cables quedan trabajando bajo una fuerza entre los 140 y 160 kN para torones de 3/5". Escogiendo un valor de fuerza en los bales de 140 kN, se tiene:

$$N = \frac{P}{P_{cable}} = \frac{12609,73 \text{ kN}}{140 \text{ kN}} = 90 \text{ cables}$$

De acuerdo con lo descrito en párrafos anteriores, con el propósito de considerar las pérdidas del postensado, se supone un número mayor de cables. Se tiene:

$$N = 168 \text{ cables}$$

El tensionamiento de la viga se ha supuesto en 2 etapas. La siguiente figura muestra los arreglos de cables en diferentes secciones en la viga:



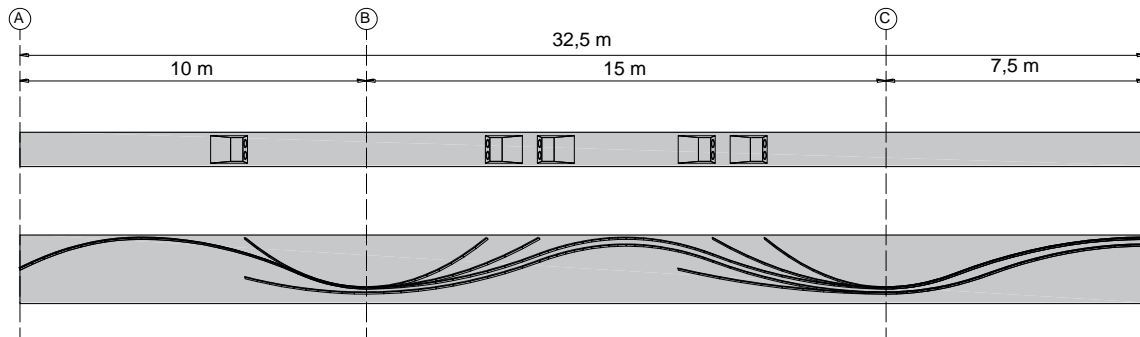
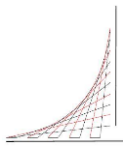


Figura 26. Posición de los cables en diferentes puntos en la viga

En la figura anterior, cada se tienen 14 cables, cada uno compuesto por 12 torones de 3/5".

### 6.1.8. Pérdidas del presfuerzo

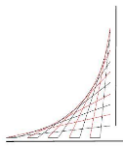
La carga calculada en pasos anteriores, necesaria para eliminar los esfuerzos de flexión en la viga, obedece a la fuerza de presfuerzo efectiva. El número de cables supuesto, mayor al calculado para la fuerza efectiva, obedece entonces a la consideración de suponer unas pérdidas que se van a presentar a lo largo de los cables. Las siguientes expresiones muestran lo anteriormente referido:

$$P_i = P_j - \Delta_{pi}$$

$$P_e = P_i - \Delta_{lp}$$

En donde:

$P_i$	Fuerza inicial
$P_j$	Fuerza en el gato
$P_e$	Fuerza efectiva
$\Delta_{pi}$	Pérdidas iniciales
$\Delta_{lp}$	Pérdidas a largo plazo



### 6.1.9. Pérdidas por fricción y curvatura

La siguiente figura muestra la identificación de los cables del postensado:

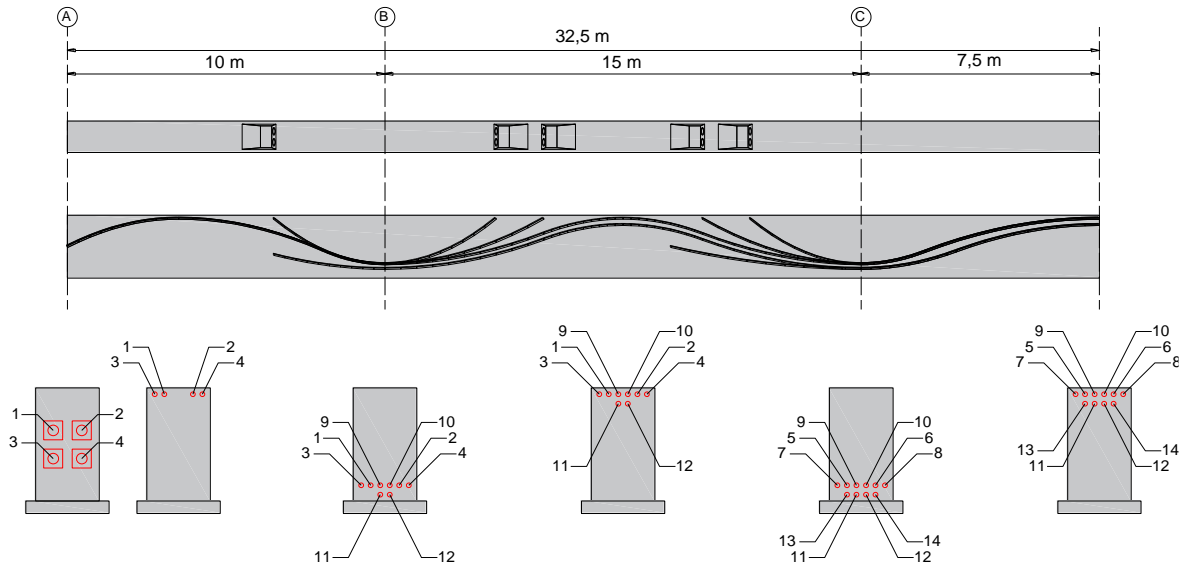


Figura 27. Identificación de los cables del postensado en la viga

El comportamiento de la curva, para cada tramo está dado por la siguiente ecuación:

$$y = \frac{y_{sup} - y_{inf}}{(L_c)^2} \cdot x^2 + y_{inf}$$

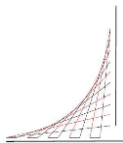
Derivando la ecuación anterior, se obtiene para cada tramo, la variación angular,  $\alpha$ .

Con la ecuación del cable para cada tramo, se pueden calcular las pérdidas por fricción y curvatura con la siguiente expresión:

$$\Delta P_i = P_i \cdot (1 - e^{-(Kx + \mu\alpha)})$$

En donde:

- $\Delta P_i$  Pérdida de la fuerza de presfuerzo
- $P_i$  Fuerza de presfuerzo medida en el punto  $i$  (No debe confundirse con la fuerza inicial)
- $e$  Base de los logaritmos neperianos
- $K$  Coeficiente de fricción (efecto wobble)
- $\mu$  Coeficiente de fricción
- $\alpha$  Suma de los valores absolutos del cambio angular de la trayectoria de acero de presfuerzo desde el extremo de elevación, o desde el extremo de elevación más cercano si la tensión se realiza por igual en ambos extremos, hasta el punto bajo investigación (radianes)



### 6.1.10. Pérdidas por asentamiento de cuña

Las pérdidas por asentamiento de cuña corresponden a la pérdida del presfuerzo por el efecto que se produce en el instante en el que se suelta el gato. Se produce un desplazamiento y la respectiva pérdida. La pérdida por asentamiento de cuña de un elemento que está sometido a fricción y curvatura afecta sólo a una parte de la longitud. En general, las pérdidas por asentamiento de cuña dependen del equipo mecánico empleado en el tensionamiento. Para efectos de este trabajo, se emplea:

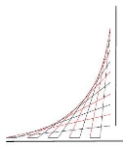
$$\delta = 5 \text{ mm}$$

El alargamiento en el cable está dado por la siguiente expresión.

$$\Delta_l = \frac{PL}{AE}$$

$$\Delta_l = f_{sp} \cdot \frac{L}{E_{ps}}$$

$$X = \sqrt{\frac{\delta \cdot A_{ps} \cdot E_{ps} \cdot l_1}{2Z}}$$



### 6.1.11. Pérdidas iniciales del presfuerzo en los cables

A continuación, se muestran las gráficas que permiten evidenciar las pérdidas por fricción y curvatura en los cables del postensado. Se puede notar también el efecto por asentamiento de cuña.

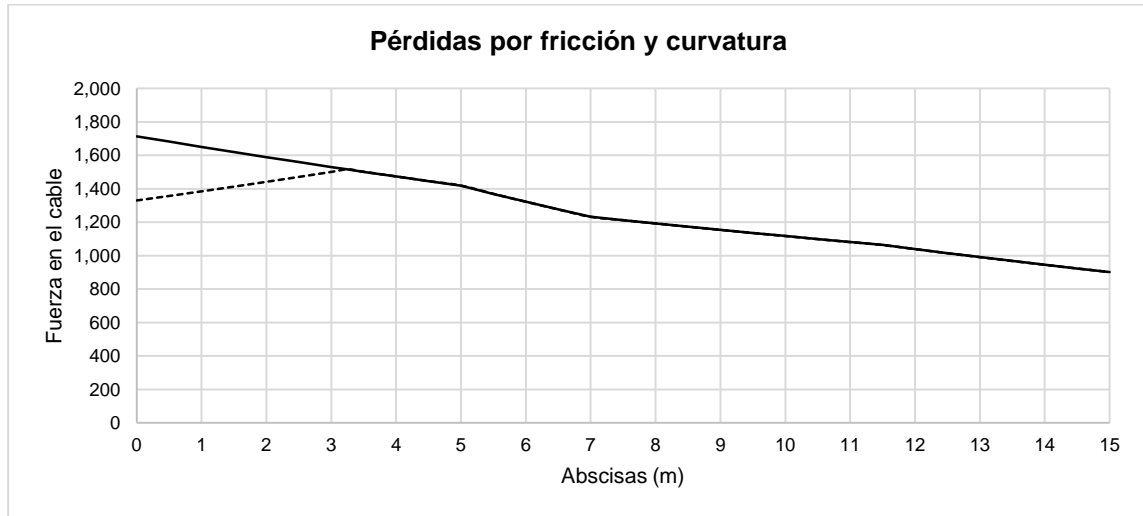


Gráfico 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 1 y 2

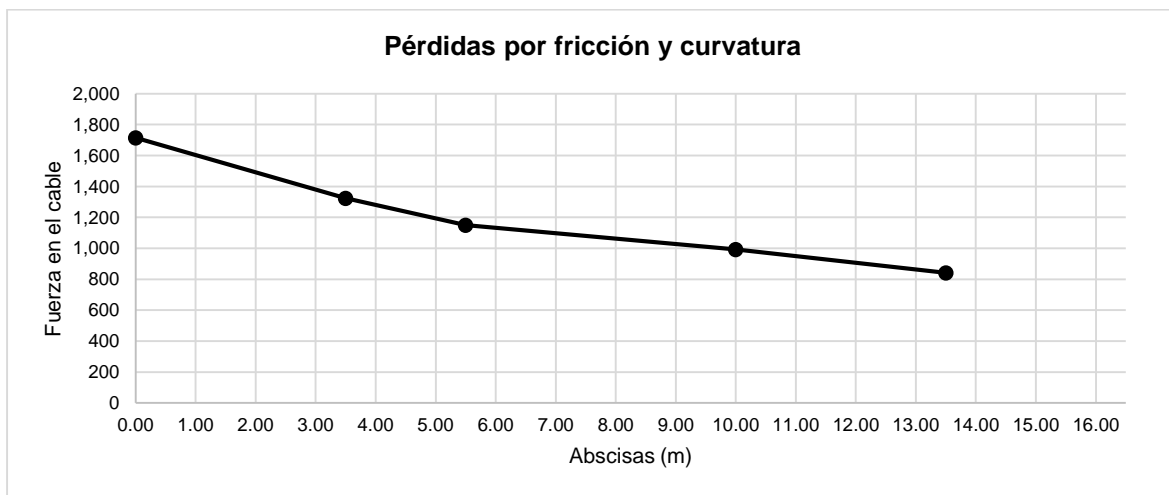


Gráfico 9. Pérdidas por fricción y curvatura cables 3 y 4

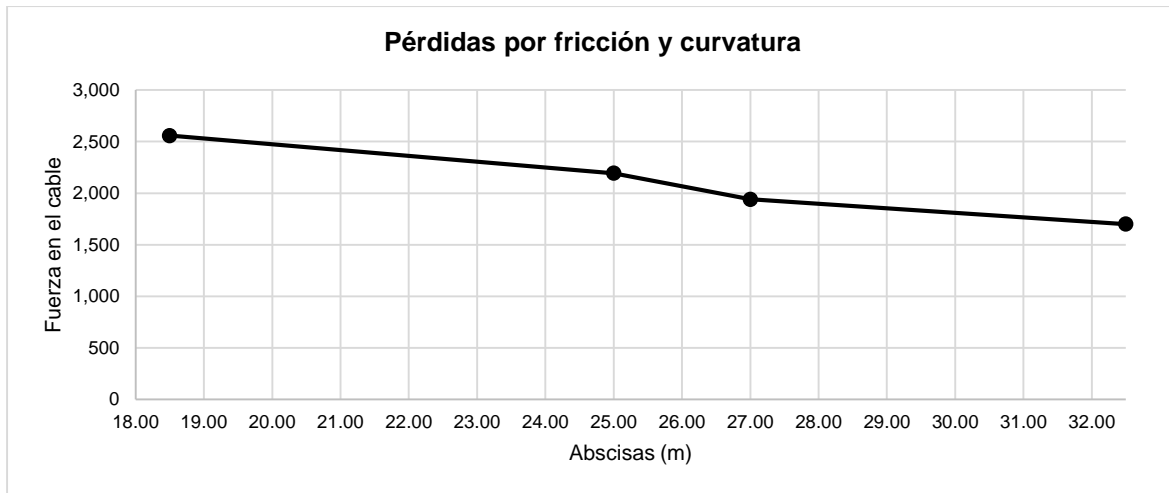
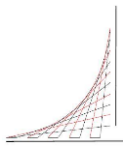


Gráfico 10. Pérdidas por fricción y curvatura cables 5 y 6

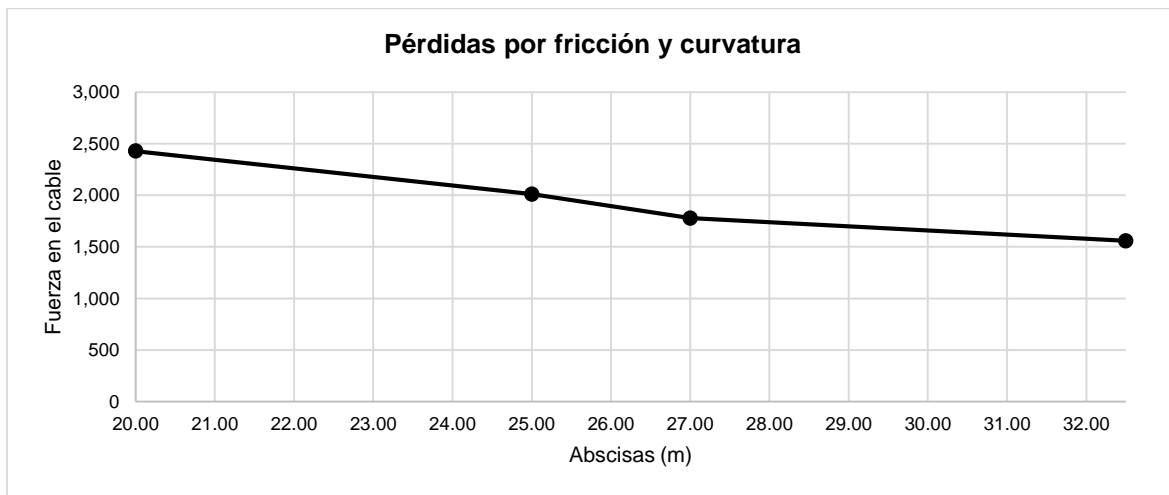


Gráfico 11. Pérdidas por fricción y curvatura cables 7 y 8

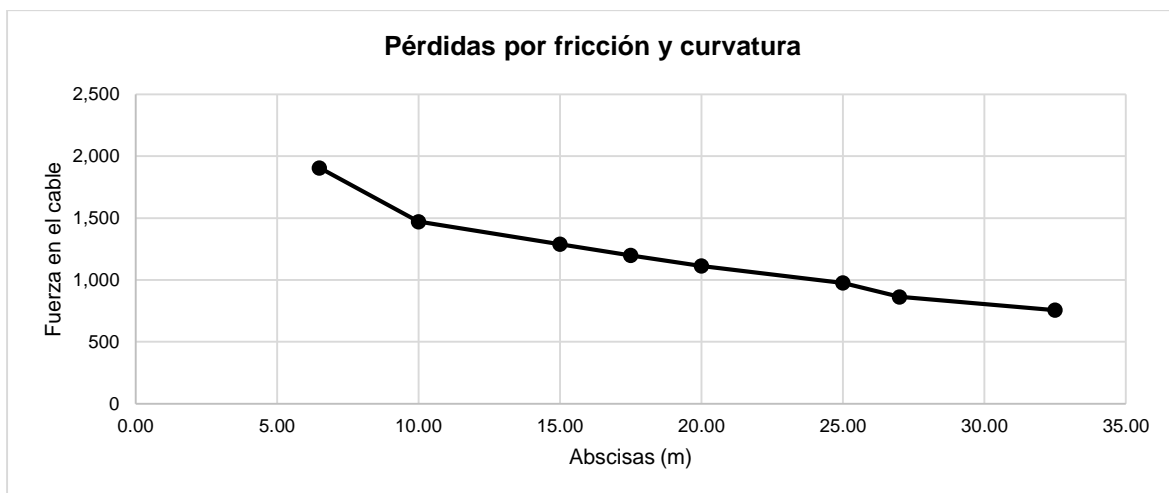


Gráfico 12. Pérdidas por fricción y curvatura cables 9 y 10

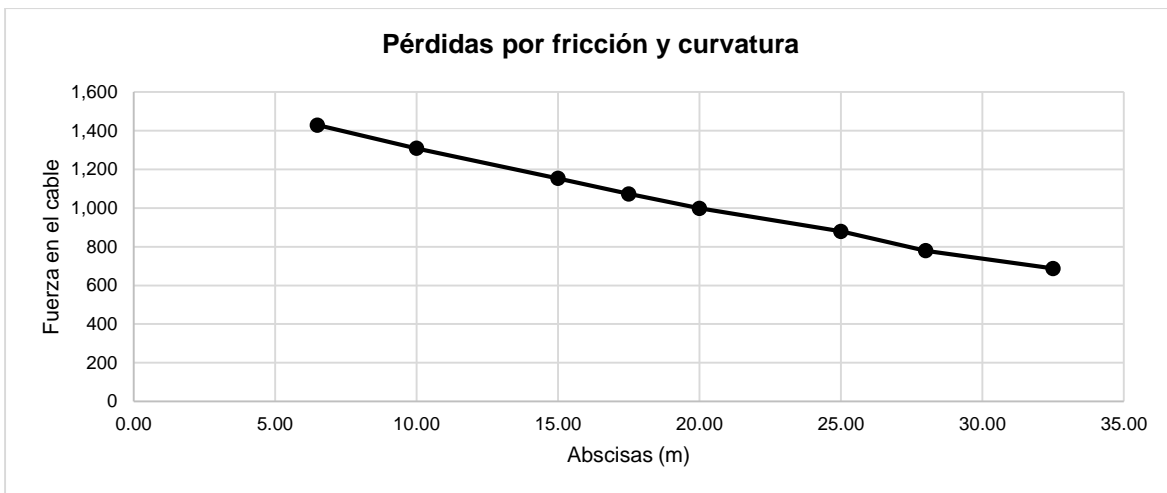
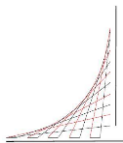


Gráfico 13. Pérdidas por fricción y curvatura cables 11 y 12

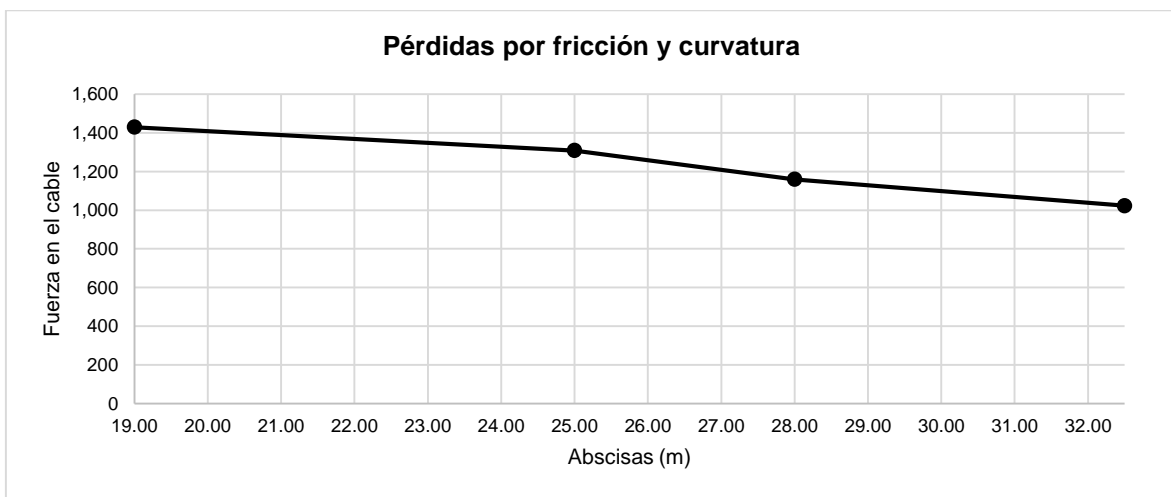
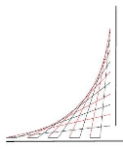


Gráfico 14. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14



### 6.1.12. Pérdidas por acortamiento elástico

El acortamiento elástico se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{ES} = \frac{N - 1}{2N} \cdot \frac{E_{ps}}{E_{ci}} \cdot f_{cgp}$$

En donde:

- $N$  Número de veces que se tensiona en cada etapa
- $E_{ps}$  Módulo de elasticidad del acero de presfuerzo
- $E_{ci}$  Módulo de elasticidad del concreto el día que se realizó la transferencia
- $f_{cgp}$  Esfuerzo en el centro de gravedad del cable en la zona de máximo momento

Las pérdidas por acortamiento elástico se calculan para 2 etapas de tensionamiento. En la primera etapa, se supone que se aplica el 100 % de la carga muerta por peso propio y en la segunda etapa, se aplica el 100 % de la carga muerta total (descontando la carga por peso propio, la cual se considera en la primera etapa).

El esfuerzo en el centro de gravedad del cable del postensado, se calcula en la zona de máximo momento positivo, en la fibra inferior de la sección. El momento máximo por peso propio, para la primera etapa de tensionamiento es:

$$M_{pp} = 3,818.12 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Por otra parte, el momento máximo por carga muerta:

$$M_D = 7,603.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

En la figura mostrada a continuación, se muestran los esfuerzos de flexión producidos por el peso propio y el esfuerzo axial y de flexión, por la fuerza de presfuerzo, medidos en el punto de máximo momento:

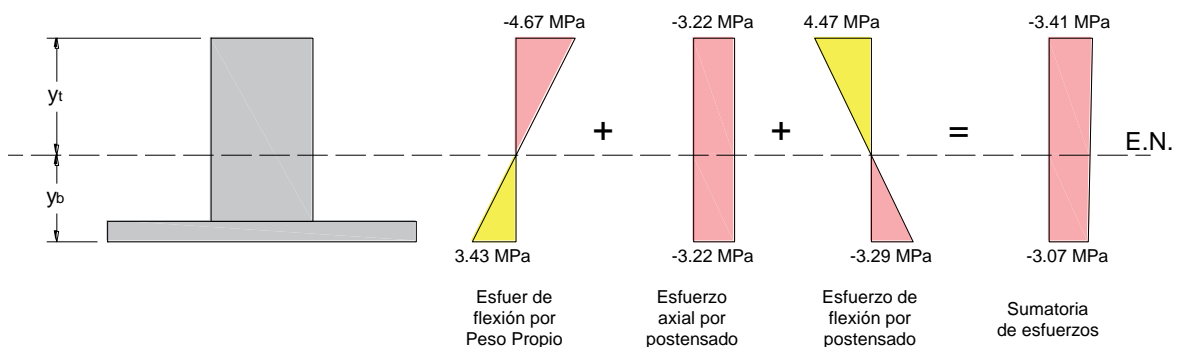


Figura 28. Esfuerzos luego de pérdidas por fricción y curvatura etapa de tensionamiento 1

La siguiente figura muestra los esfuerzos producidos por la carga muerta total y los correspondientes esfuerzos axiales y de flexión por el postensado:

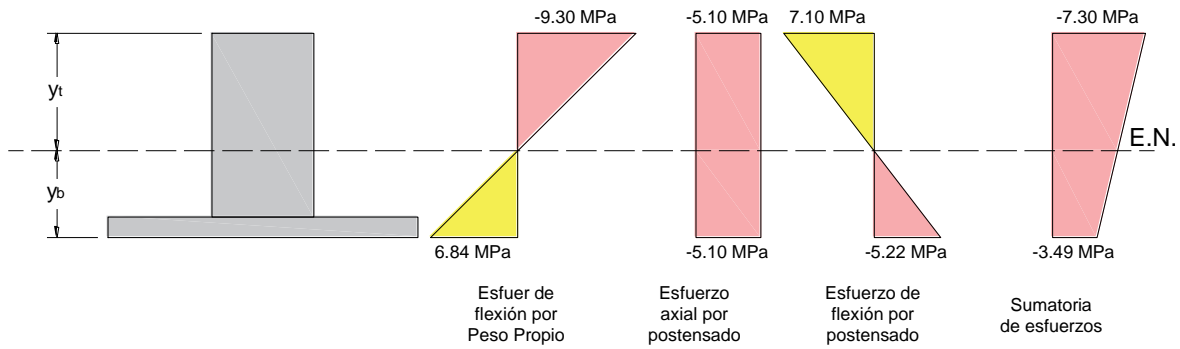
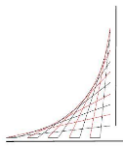


Figura 29. Esfuerzos luego de pérdidas por fricción y curvatura etapa de tensionamiento 2

Con base en los diagramas de esfuerzos mostrados anteriormente, se pueden calcular los esfuerzos en cada etapa, a la altura del centro de gravedad del cable, como la sumatoria de esfuerzos calculados en dicho punto.

Para la primera etapa de tensionamiento, se tiene un esfuerzo de compresión igual a:

$$f_{cg} = -3.14 \text{ MPa}$$

Y para la segunda etapa de tensionamiento, un esfuerzo de compresión de:

$$f_{cg} = -4.20 \text{ MPa}$$

Se supone que en la primera etapa se realizan 8 tensionamientos y en la segunda etapa 6. Cada uno para un cable de 12 torones de 6/5", para un total de 468 torones. Las pérdidas por acortamiento elástico en la primera etapa, son:

$$\Delta P_{ES} = \frac{N - 1}{2N} \cdot \frac{E_s}{E_{ci}} f_{cgp}$$

$$\Delta P_{ES} = \frac{8 - 1}{2(8)} \cdot \frac{198,000 \text{ MPa}}{27,806 \text{ MPa}} \cdot 3.14 \text{ MPa} = 9.77 \text{ MPa}$$

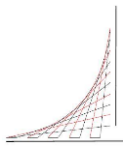
Las pérdidas por acortamiento elástico para la carga muerta total, son las siguientes:

$$\Delta P_{ES} = \frac{6 - 1}{2(6)} \cdot \frac{198,000 \text{ MPa}}{23,072.71 \text{ MPa}} \cdot 4.20 \text{ MPa} = 12.47 \text{ MPa}$$

Las pérdidas totales por acortamiento elástico corresponden a la sumatoria de las pérdidas producidas en las diferentes etapas de tensionamiento:

$$\Delta P_{ES} = 22.25 \text{ MPa}$$





### 6.1.13. Pérdidas a largo plazo

Las pérdidas a largo plazo,  $\Delta LP$ , o pérdidas diferidas en el tiempo son las siguientes:

$SH$  Pérdidas por retracción del fraguado (SHRINKAGE)

$CR_c$  Pérdidas por flujo plástico del concreto (CREEP)

$CR_s$  Pérdidas por relajación del acero de presfuerzo

Las pérdidas a largo plazo se calculan usando el método aproximado.

#### 6.1.13.1. Pérdidas por retracción del fraguado – SHRINKAGE

Las pérdidas por retracción del fraguado se pueden calcular mediante la siguiente ecuación:

$$SH = 83\gamma_h\gamma_{st}$$

En donde:

$\gamma_h$  Factor de corrección para humedad relativa del ambiente, según 5.9.5.3 de CCP-14

$\gamma_{st}$  Factor de corrección de la resistencia del concreto en el instante de la transferencia del presfuerzo

Reemplazando los valores, se tiene:

$$SH = 83 \times 0.90 \times 0.972 = 72.63 \text{ N/mm}^2$$

#### 6.1.13.2. Pérdidas por flujo plástico del concreto – CREEP

Las pérdidas por flujo plástico se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$CR_c = 1.45\gamma_h\gamma_{st}f_{pi}A_{ps}/A_g$$

En donde:

$f_{pi}$  Esfuerzo del acero de presfuerzo inmediatamente antes de la transferencia y luego de producirse las pérdidas por fricción y curvatura, medido en el punto crítico de la viga (punto de momento máximo).

$A_{ps}$  Área total de acero de presfuerzo

$A_g$  Área de la sección compuesta

$$CR_c = 1.45 \times 0.90 \times 0.972 \times 736 \text{ N/mm}^2 \times 26,880 \text{ mm}^2 / 2'408,210.49 \text{ mm}^2$$

$$CR_c = 10.43 \text{ N/mm}^2$$

#### 6.1.13.3. Pérdidas por relajación del acero de presfuerzo

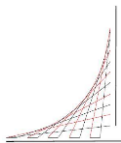
La relajación del acero, depende del tipo de torón empleado.

Torones de baja relajación

$$CR_s = 16 \text{ N/mm}^2$$

Torones relevados de esfuerzos

$$CR_s = 69 \text{ N/mm}^2$$



Se emplean torones de baja relajación, por lo tanto:

$$CR_s = 16 \text{ MPa}$$

Las pérdidas totales a largo plazo son:

$$\Delta LP = SH + CR_c + CR_s$$

$$\Delta LP = 99.05 \text{ MPa}$$

Estas pérdidas se consideran constantes a lo largo de toda la sección. En términos de fuerzas, la magnitud de las pérdidas por cada cable, se obtiene multiplicando el área de acero de presfuerzo del cable por el respectivo valor de  $\Delta LP$ . La siguiente tabla muestra la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas diferidas o a largo plazo:

	As (mm <sup>2</sup> )	$\Delta f_{pLT}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\Delta LP$ (kN)
Cable 1	1680.00	99.05	166.41
Cable 2	1680.00	99.05	166.41
Cable 3	1680.00	99.05	166.41
Cable 4	1680.00	99.05	166.41
Cable 5	1680.00	99.05	166.41
Cable 6	1680.00	99.05	166.41
Cable 7	1680.00	99.05	166.41
Cable 8	1680.00	99.05	166.41
Cable 9	1680.00	99.05	166.41
Cable 10	1680.00	99.05	166.41
Cable 11	1680.00	99.05	166.41
Cable 12	1680.00	99.05	166.41
Cable 13	1680.00	99.05	166.41
Cable 14	1680.00	99.05	166.41
Cable 15	1680.00	99.05	166.41
Cable 16	1680.00	99.05	166.41
TOTALES	26,880.00	1,584.83	2,662.51

Tabla 12. Fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas a largo plazo

#### 6.1.13.4. Fuerzas efectivas en los cables

Las siguientes graficas muestran las fuerzas en los cables:

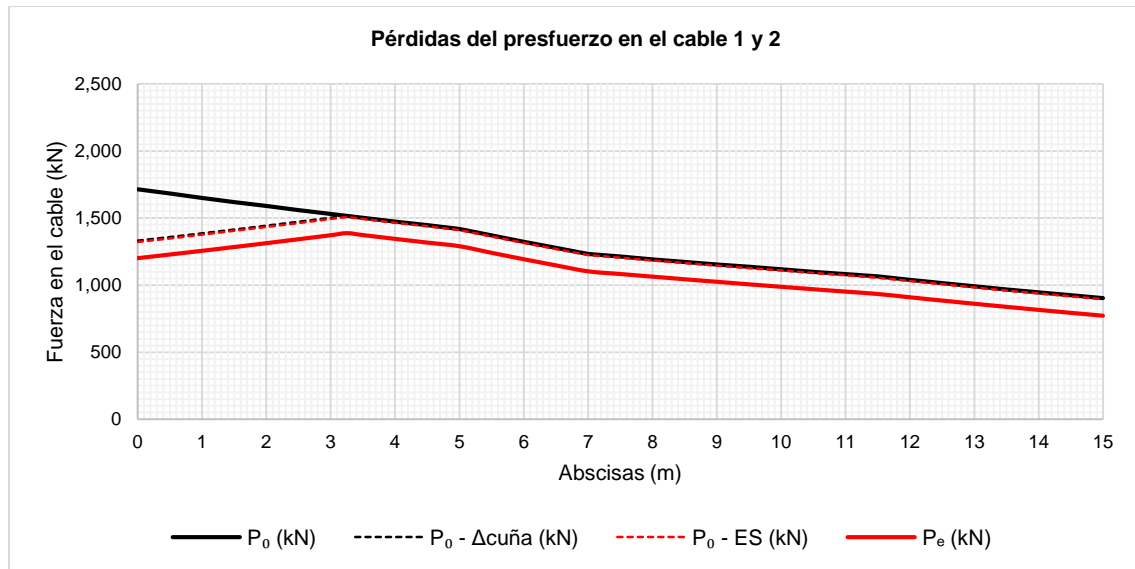
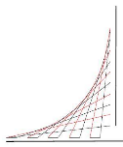


Gráfico 15. Fuerzas en los cables 1 y 2

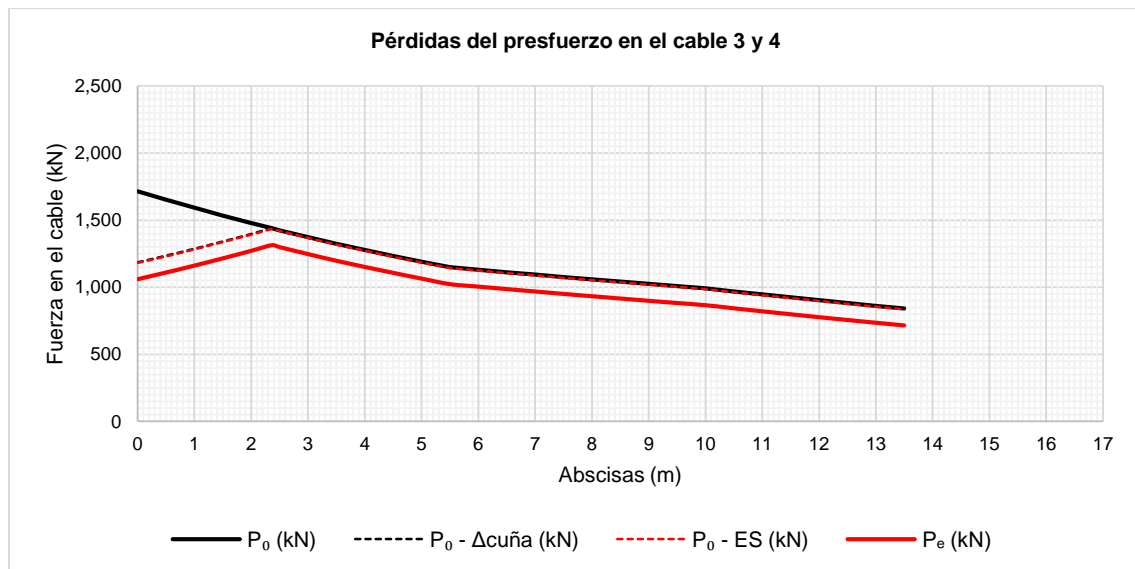


Gráfico 16. Fuerzas en los cables 3 y 4

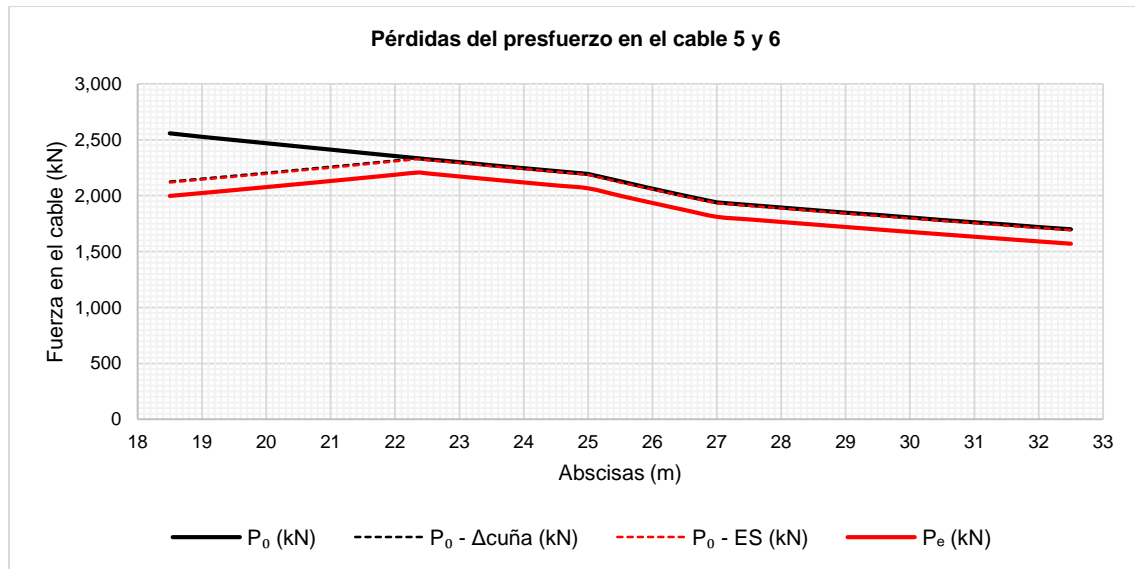
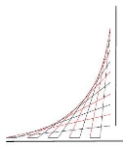


Gráfico 17. Fuerzas en los cables 5 y 6

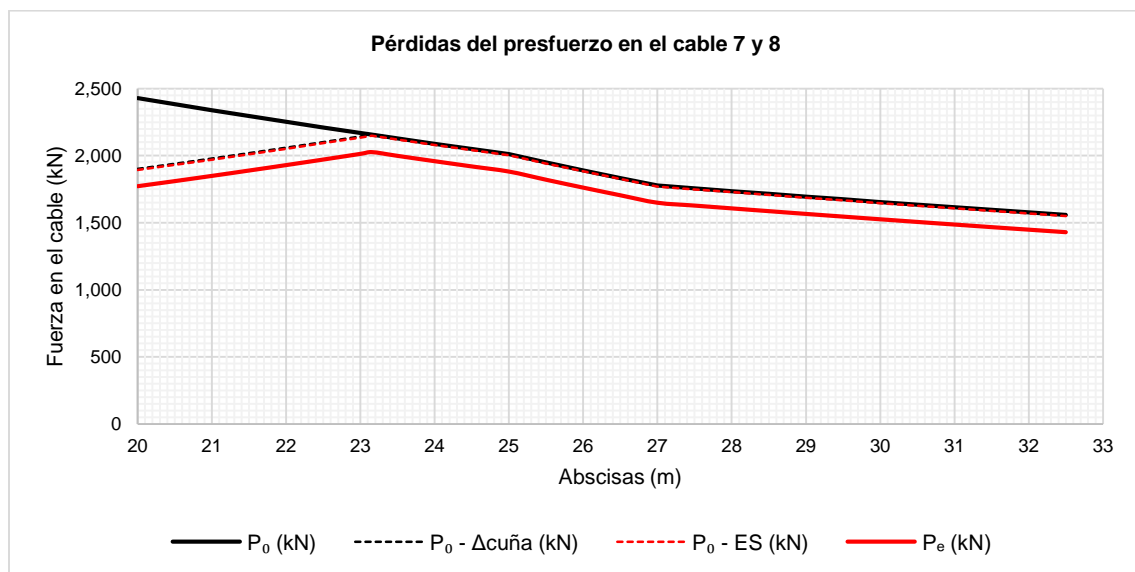


Gráfico 18. Fuerzas en los cables 7 y 8

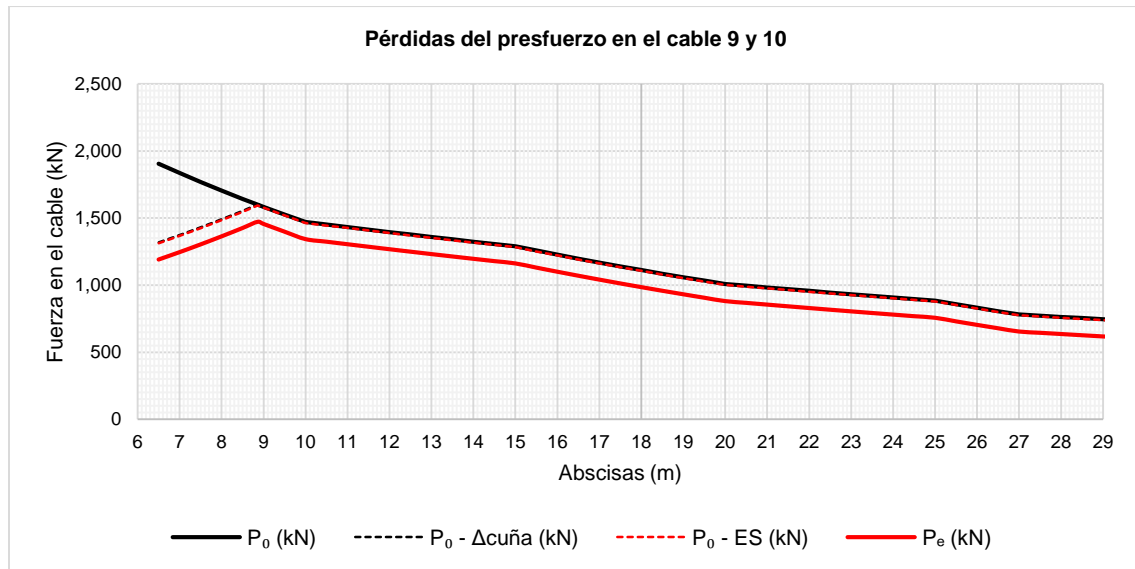
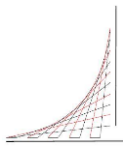


Gráfico 19. Fuerzas en los cables 9 y 10

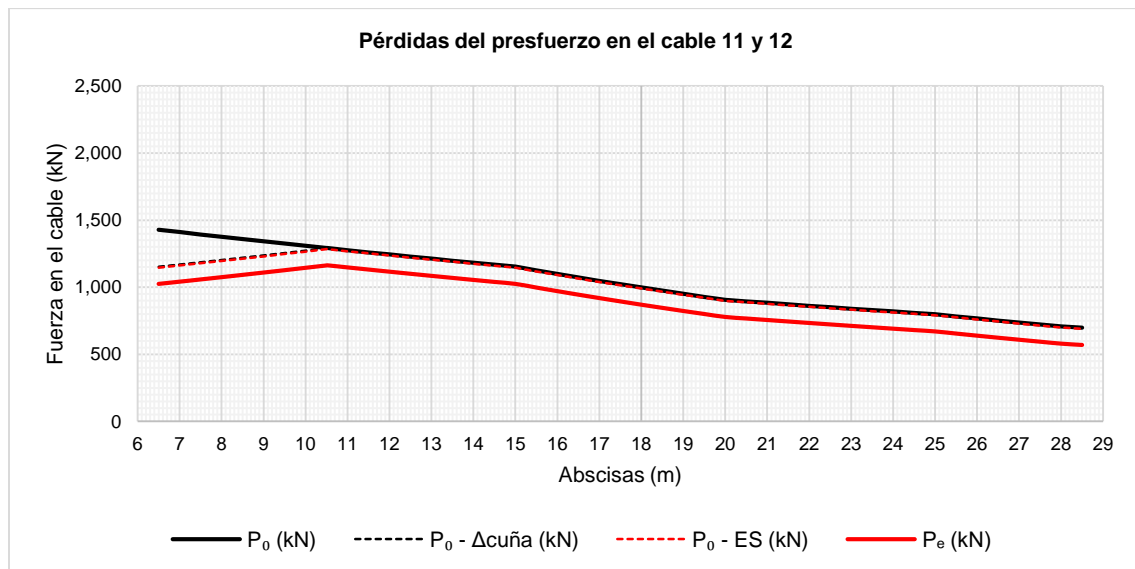


Gráfico 20. Fuerzas en los cables 11 y 12

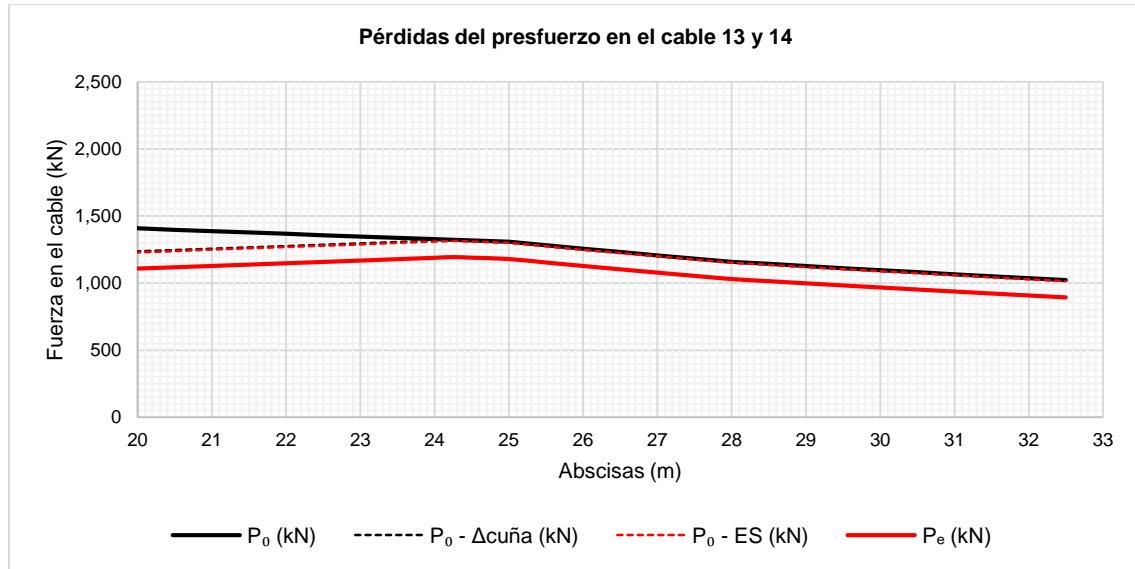
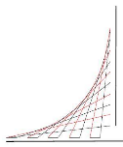
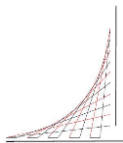


Gráfico 21. Fuerzas en los cables 13 y 14

Los resultados obtenidos para el análisis de la viga postensada se muestran en el **Anexo 01**.

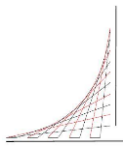


## **6.2. DISEÑO DE VIGA POSTENSADA DE 1.50 m DE ALTURA**

Los resultados obtenidos para el análisis de la viga postensada se muestran en el **Anexo 02**.

## **6.3. DISEÑO DE VIGA POSTENSADA DE 1.30 m DE ALTURA**

Los resultados obtenidos para el análisis de la viga postensada se muestran en el **Anexo 03**.



## 7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

La comparación de las vigas para diferentes alturas no es el mejor análisis, puesto que las variables empleadas en el proceso iterativo hasta lograr la validez de los resultados, tales como geometría y configuración de los cables, pueden no ser el mejor punto de análisis. Conviene más estudiar los resultados entre vigas para diferentes alturas.

### 7.1. Presiones actuantes en el terreno

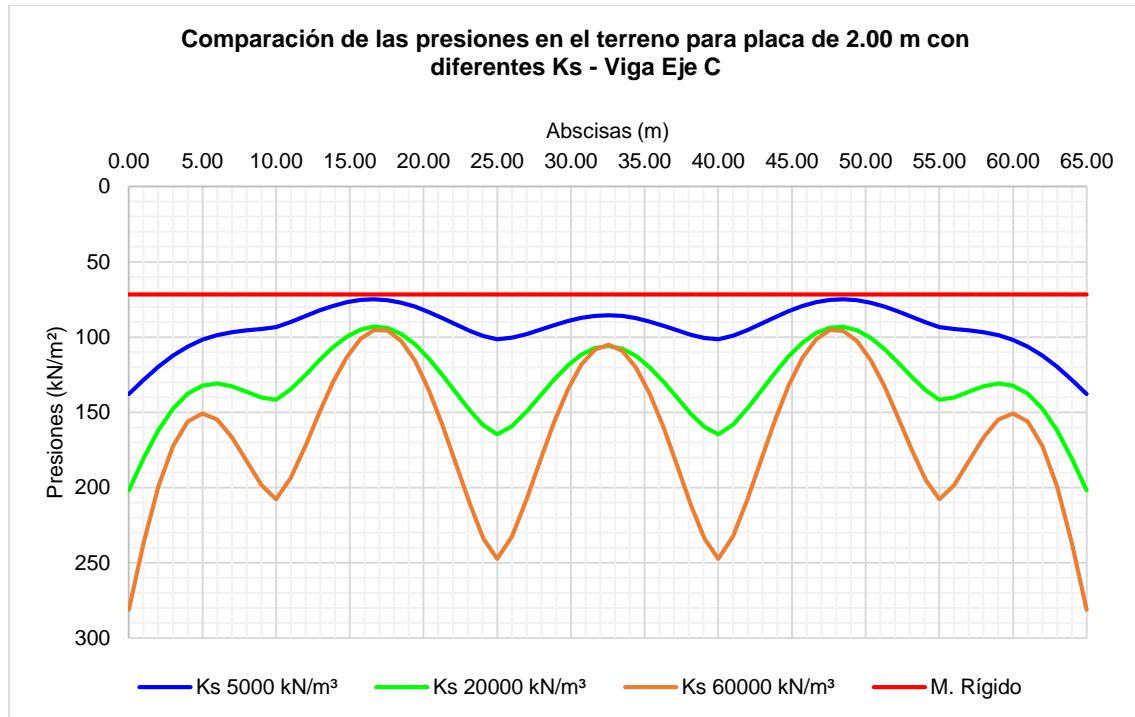


Gráfico 22. Presiones en el terreno en placa de 2.00 m para diferentes valores de Ks



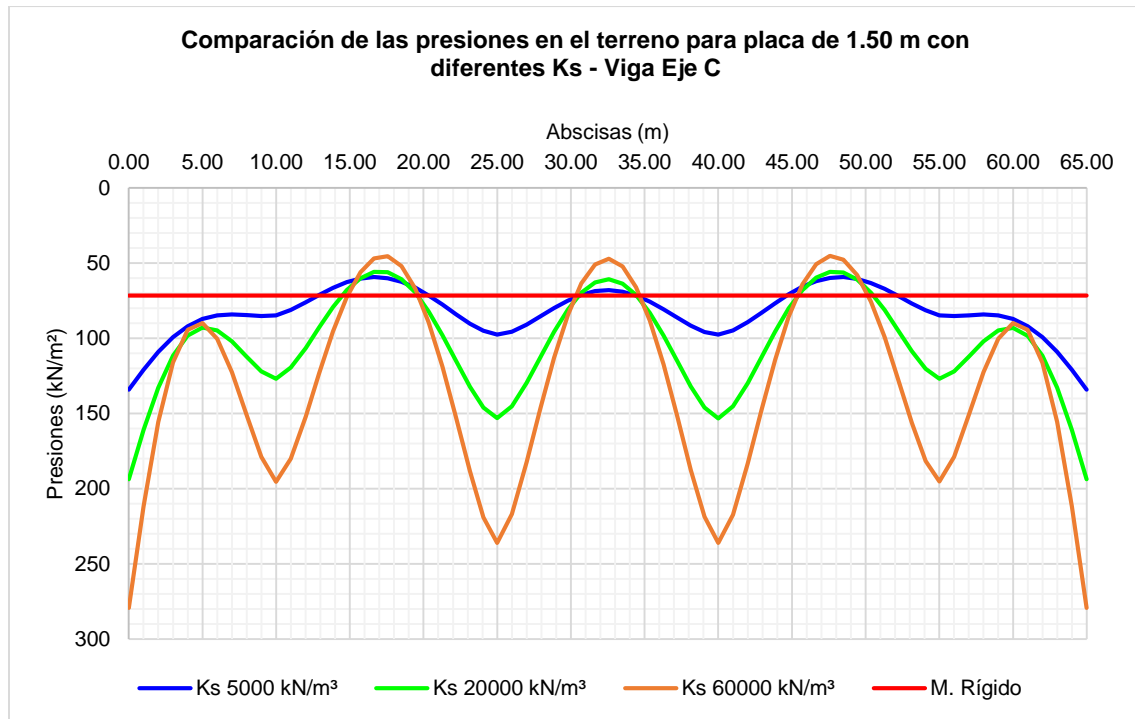
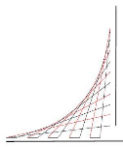


Gráfico 23. Presiones en el terreno en placa de 1.50 m para diferentes valores de Ks

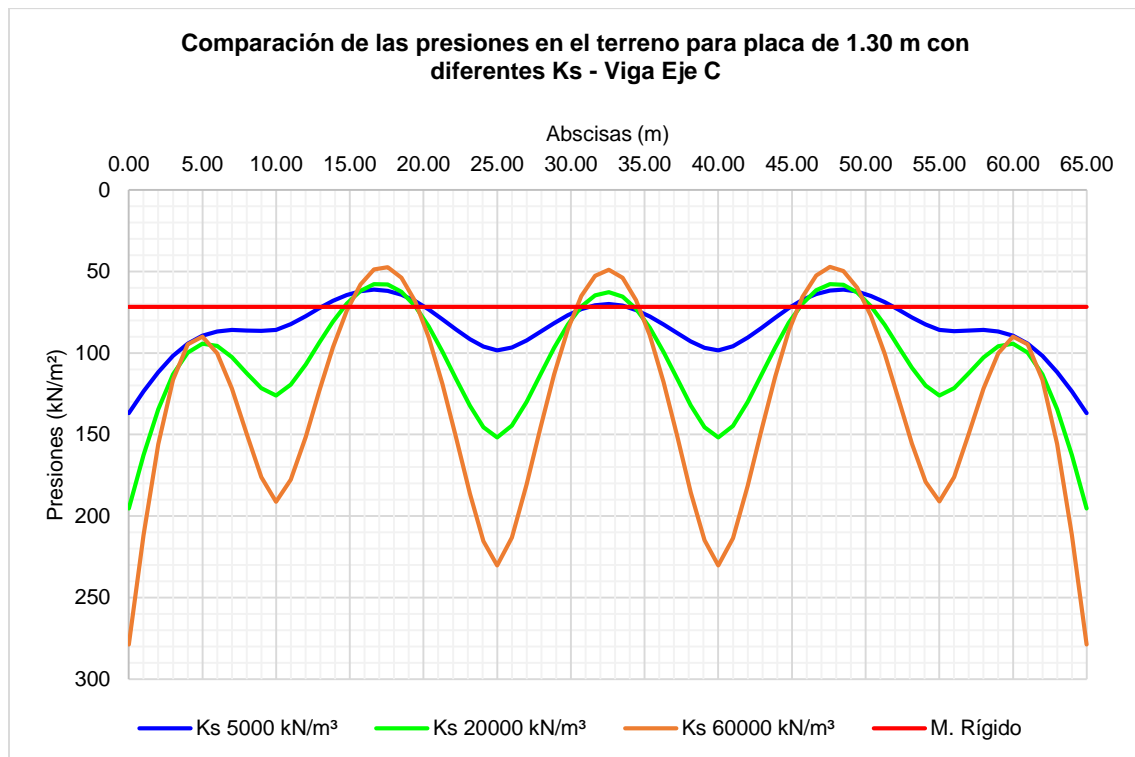
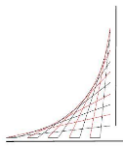


Gráfico 24. Presiones en el terreno en placa de 1.30 m para diferentes valores de Ks



## 7.2. Momentos de flexión en las vigas de cimentación

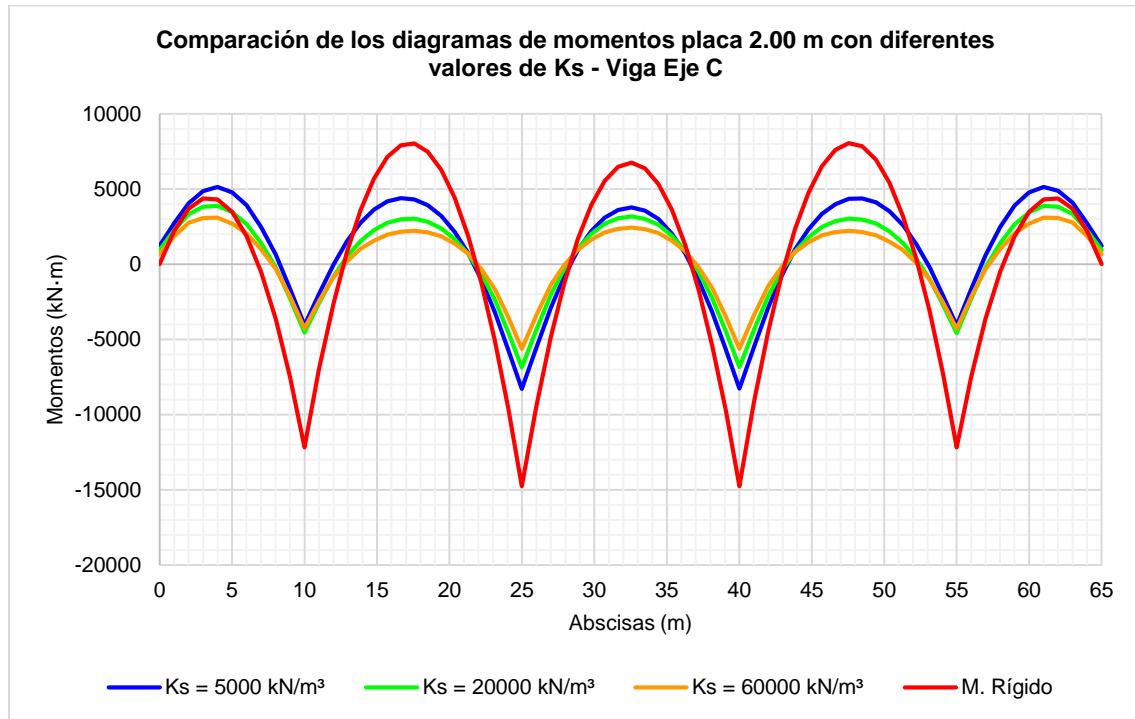


Gráfico 25. Comparación del diagrama de momentos viga 2.00 m Eje C

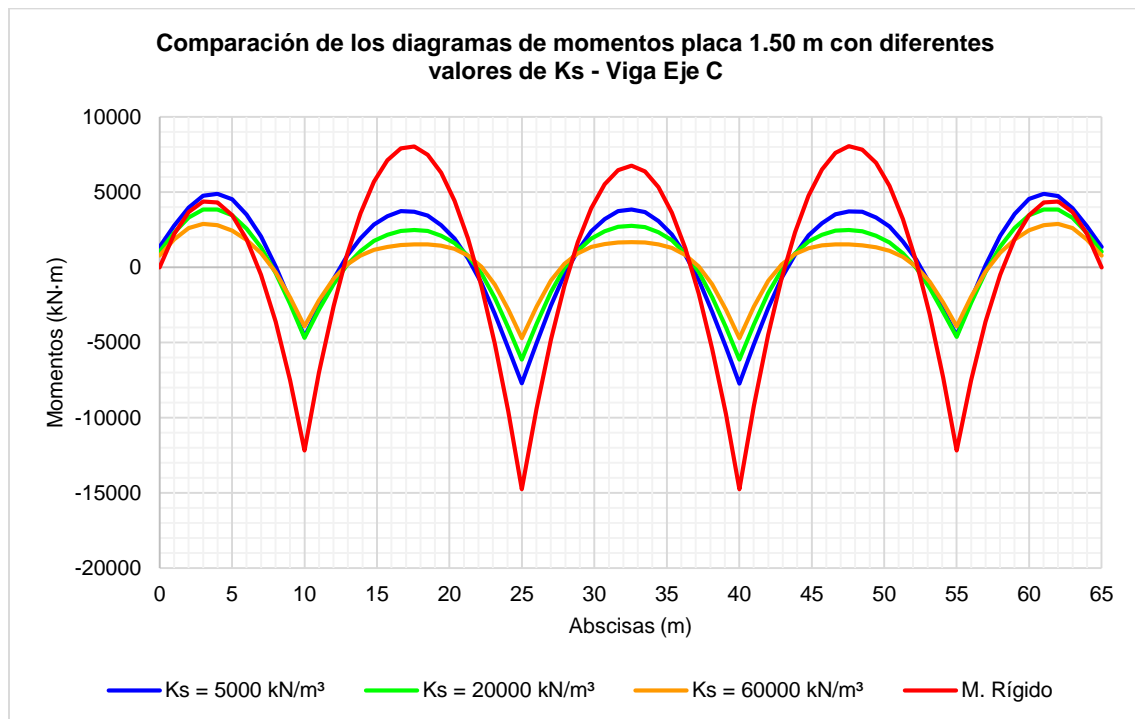


Gráfico 26. Comparación del diagrama de momentos viga 1.50 m Eje C

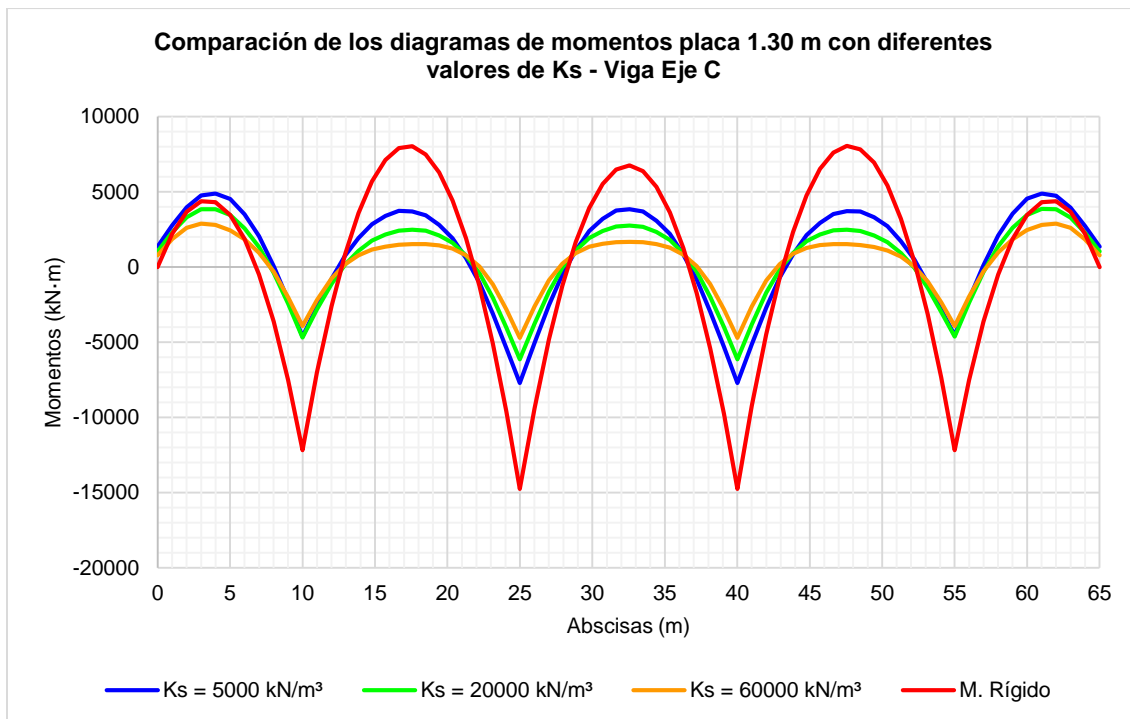
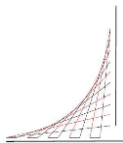
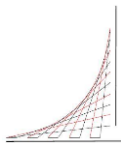


Gráfico 27. Comparación del diagrama de momentos viga 1.30 m Eje C



En las tablas mostradas a continuación, se pueden notar importantes diferencias en cuanto a los momentos de flexión obtenidos para diferentes espesores de placa, evaluadas por las 2 metodologías anteriormente descritas.

### 7.2.1. Placa de cimentación de 2.00 m de altura

	M. Rígido	Ks 5.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 20.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 60.000 kN/m <sup>3</sup>	
	M (kN·m)	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%
Viga Eje A	7,830.31	5,079.57	64.87%	4,520.46	57.73%	4,031.12	51.48%
Viga Eje B	14,751.21	8,387.17	56.86%	6,531.69	44.28%	5,331.27	36.14%
Viga Eje C	14,751.21	8,289.90	56.20%	6,855.50	46.47%	5,635.58	38.20%
Viga Eje D	14,751.21	8,289.90	56.20%	6,855.50	46.47%	5,635.58	38.20%
Viga Eje E	14,751.21	8,387.17	56.86%	6,531.69	44.28%	5,331.27	36.14%
Viga Eje F	7,830.31	5,079.57	64.87%	4,520.46	57.73%	4,031.12	51.48%

Tabla 13. Comparación de los momentos negativos en placa de 2.00 m para diferentes valores de Ks

	M. Rígido	Ks 5.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 20.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 60.000 kN/m <sup>3</sup>	
	M (kN·m)	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%
Viga Eje A	4,271.13	3,662.15	85.74%	2,888.97	67.64%	2,417.09	56.59%
Viga Eje B	8,046.21	5,332.16	66.27%	3,865.19	48.04%	2,953.83	36.71%
Viga Eje C	8,046.21	5,132.32	63.79%	3,884.57	48.28%	3,095.44	38.47%
Viga Eje D	8,046.21	5,132.32	63.79%	3,884.57	48.28%	3,095.44	38.47%
Viga Eje E	8,046.21	5,332.16	66.27%	3,865.19	48.04%	2,953.83	36.71%
Viga Eje F	4,271.13	3,662.15	85.74%	2,888.97	67.64%	2,417.09	56.59%

Tabla 14. Comparación de los momentos positivos en placa de 2.00 m para diferentes valores de Ks

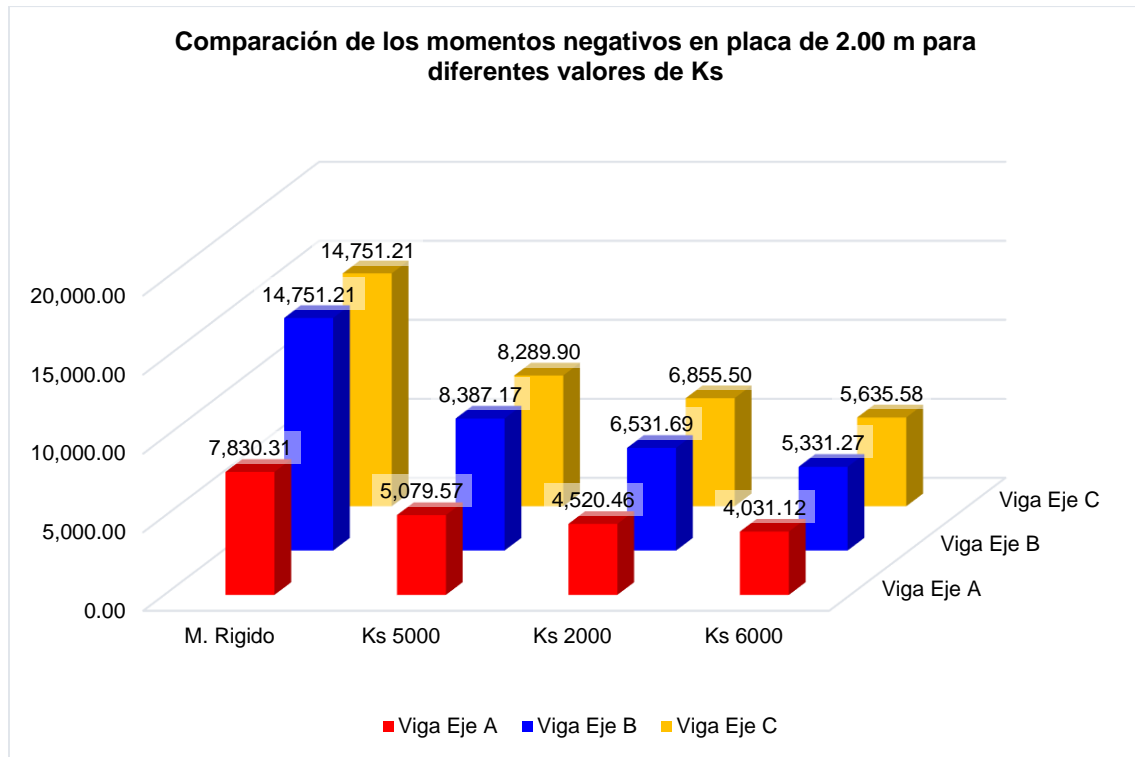
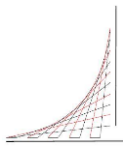


Gráfico 28. Momentos negativos en placa de 2.00 m para diferentes valores de Ks

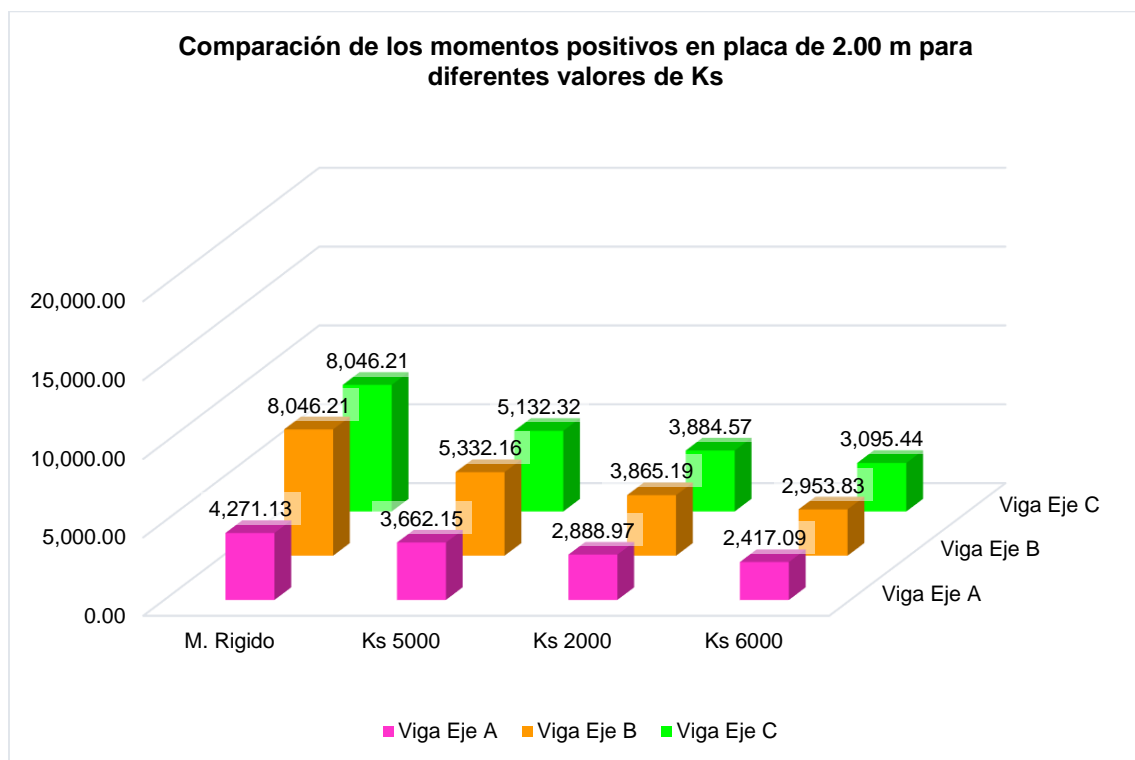
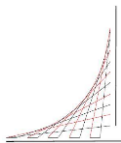


Gráfico 29. Momentos positivos en placa de 2.00 m para diferentes valores de Ks



### 7.2.2. Placa de cimentación de 1.50 m de altura

	M. Rígido	Ks 5.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 20.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 60.000 kN/m <sup>3</sup>	
	M (kN·m)	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%
Viga Eje A	7,830.31	5,123.40	65.43%	4,457.71	56.93%	3,788.12	48.38%
Viga Eje B	14,751.21	7,948.49	53.88%	6,120.20	41.49%	4,693.85	31.82%
Viga Eje C	14,751.21	8,083.04	54.80%	6,322.62	42.86%	4,853.03	32.90%
Viga Eje D	14,751.21	8,083.04	54.80%	6,322.62	42.86%	4,853.03	32.90%
Viga Eje E	14,751.21	7,948.49	53.88%	6,120.20	41.49%	4,693.85	31.82%
Viga Eje F	7,830.31	5,123.40	65.43%	4,457.71	56.93%	3,788.12	48.38%

Tabla 15. Comparación de los momentos negativos en placa de 1.50 m para diferentes valores de Ks

	M. Rígido	Ks 5.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 20.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 60.000 kN/m <sup>3</sup>	
	M (kN·m)	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%
Viga Eje A	4,271.13	3,675.51	86.05%	3,013.55	70.56%	2,423.33	56.74%
Viga Eje B	8,046.21	4,996.35	62.10%	3,835.57	47.67%	2,757.72	34.27%
Viga Eje C	8,046.21	5,143.60	63.93%	3,898.68	48.45%	2,878.93	35.78%
Viga Eje D	8,046.21	5,143.60	63.93%	3,898.68	48.45%	2,878.93	35.78%
Viga Eje E	8,046.21	4,996.35	62.10%	3,835.57	47.67%	2,757.72	34.27%
Viga Eje F	4,271.13	3,675.51	86.05%	3,013.55	70.56%	2,423.33	56.74%

Tabla 16. Comparación de los momentos positivos en placa de 2.00 m para diferentes valores de Ks

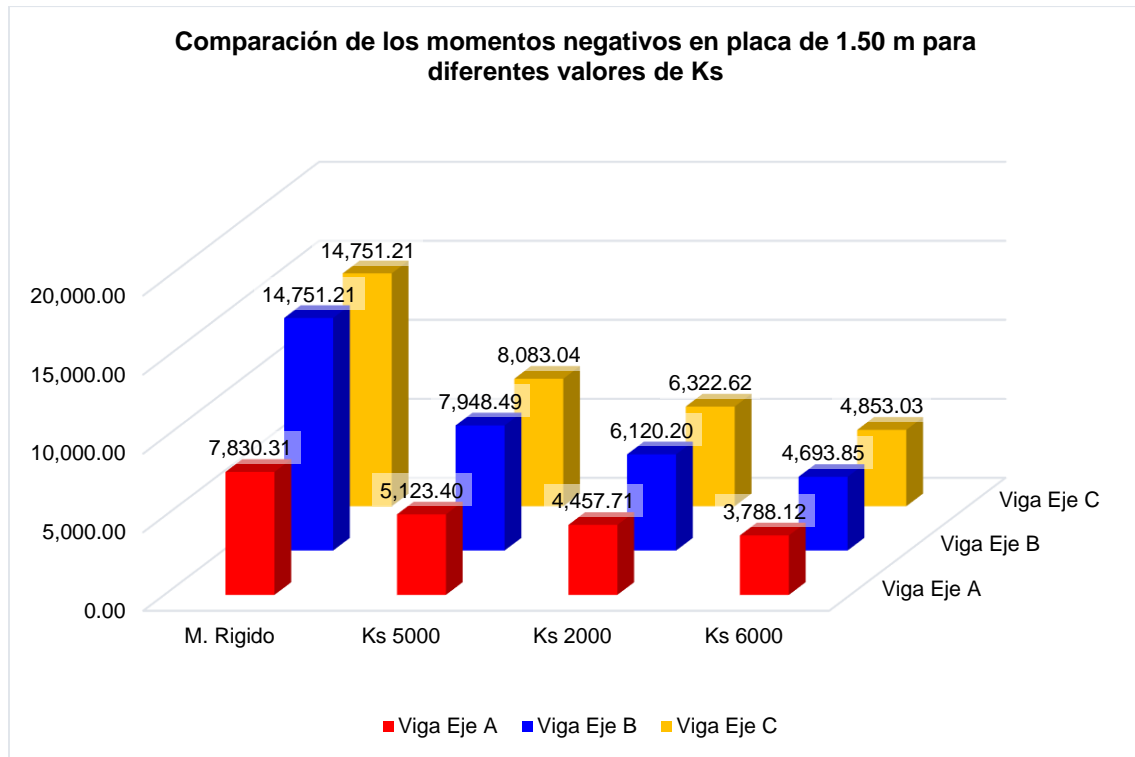
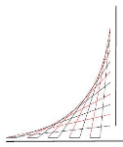


Gráfico 30. Momentos negativos en placa de 1.50 m para diferentes valores de Ks

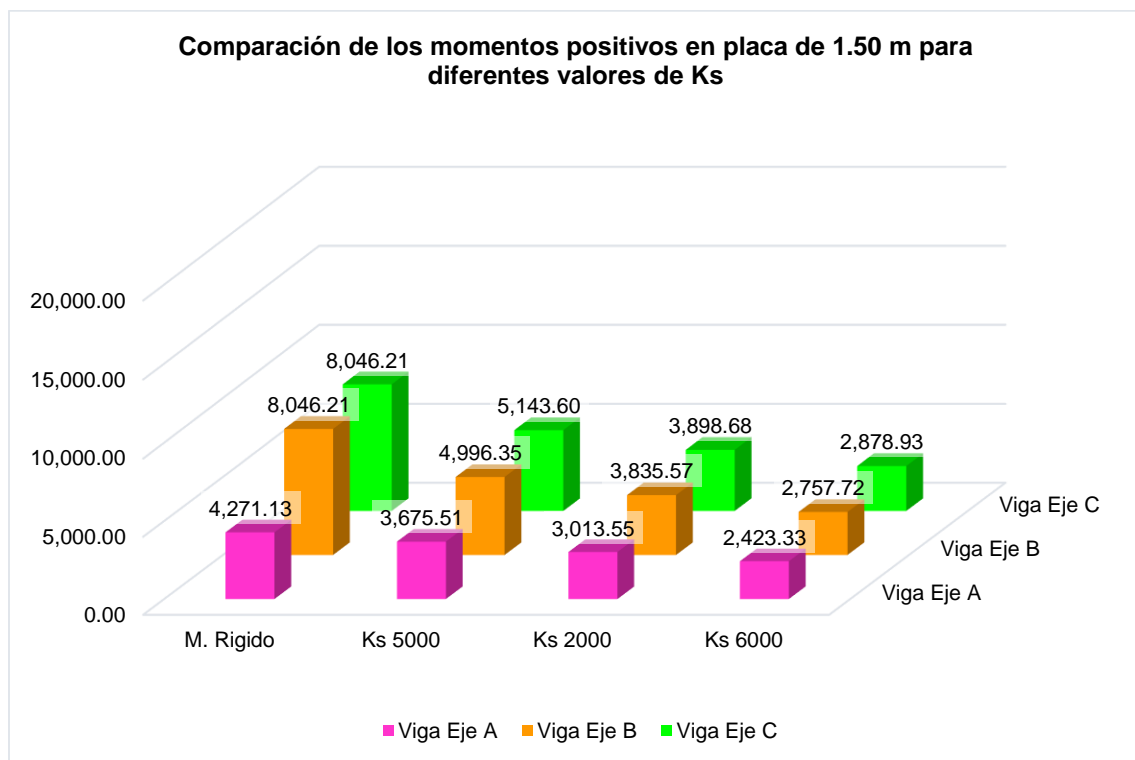
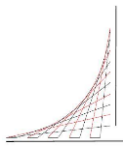


Gráfico 31. Momentos positivos en placa de 1.50 m para diferentes valores de Ks



**7.2.3. Placa de cimentación de 1.30 m de altura**

	M. Rígido	Ks 5.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 20.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 60.000 kN/m <sup>3</sup>	
	M (kN·m)	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%
<b>Viga Eje A</b>	7,830.31	5,108.91	65.25%	4,392.97	56.10%	3,725.51	47.58%
<b>Viga Eje B</b>	14,751.21	7,736.16	52.44%	5,868.86	39.79%	4,532.19	30.72%
<b>Viga Eje C</b>	14,751.21	7,718.38	52.32%	6,137.92	41.61%	4,711.63	31.94%
<b>Viga Eje D</b>	14,751.21	7,718.38	52.32%	6,137.92	41.61%	4,711.63	31.94%
<b>Viga Eje E</b>	14,751.21	7,736.16	52.44%	5,868.86	39.79%	4,532.19	30.72%
<b>Viga Eje F</b>	7,830.31	5,108.91	65.25%	4,392.97	56.10%	3,725.51	47.58%

*Tabla 17. Comparación de los momentos negativos en placa de 1.30 m para diferentes valores de Ks*

	M. Rígido	Ks 5.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 20.000 kN/m <sup>3</sup>		Ks 60.000 kN/m <sup>3</sup>	
	M (kN·m)	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%	M (kN·m)	%
<b>Viga Eje A</b>	4,271.13	3,684.46	86.26%	3,032.40	71.00%	2,428.73	56.86%
<b>Viga Eje B</b>	8,046.21	4,977.22	61.86%	3,744.68	46.54%	2,649.45	32.93%
<b>Viga Eje C</b>	8,046.21	4,884.82	60.71%	3,844.96	47.79%	2,790.77	34.68%
<b>Viga Eje D</b>	8,046.21	4,884.82	60.71%	3,844.96	47.79%	2,790.77	34.68%
<b>Viga Eje E</b>	8,046.21	4,977.22	61.86%	3,744.68	46.54%	2,649.45	32.93%
<b>Viga Eje F</b>	4,271.13	3,684.46	86.26%	3,032.40	71.00%	2,428.73	56.86%

*Tabla 18. Comparación de los momentos positivos en placa de 2.00 m para diferentes valores de Ks*



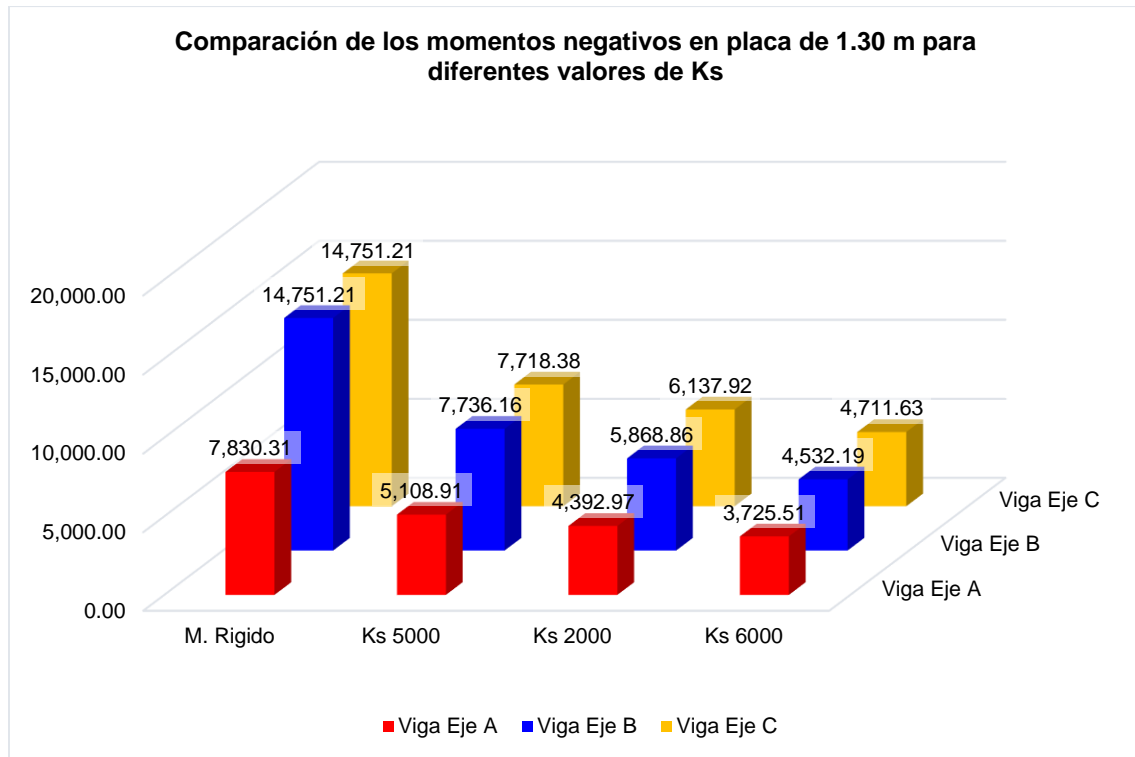
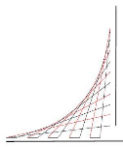


Gráfico 32. Momentos negativos en placa de 1.30 m para diferentes valores de Ks

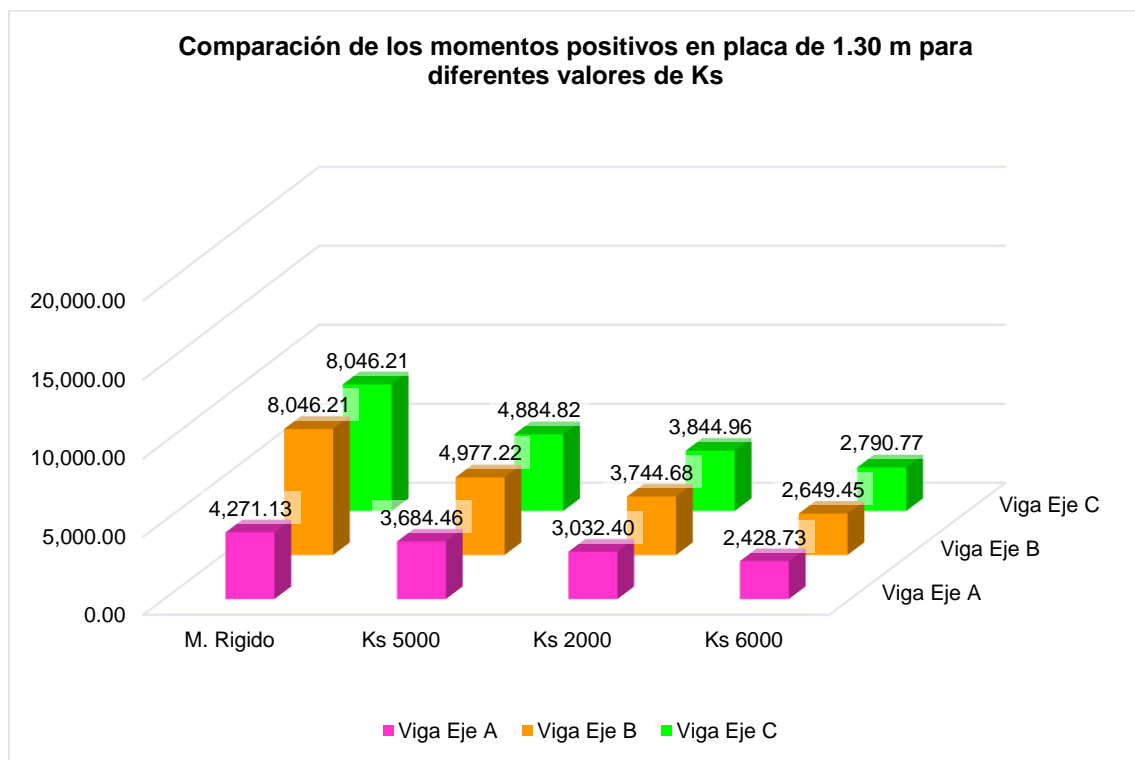
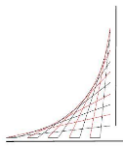


Gráfico 33. momentos positivos en placa de 1.30 m para diferentes valores de Ks



### 7.3. Fuerzas efectivas

La siguiente gráfica muestra una comparación de la variación de la fuerza efectiva actuante en la viga postensada. Cabe resaltar que los cables tienen la misma configuración. Puede notarse que la placa de cimentación (viga) de menor espesor, requiere de una fuerza mucho mayor que para vigas de alturas mayores, lo que resulta en una reducción del 10.35 % y del 36.66 % para las placas de 1.50 m y 2.00 m, respectivamente.

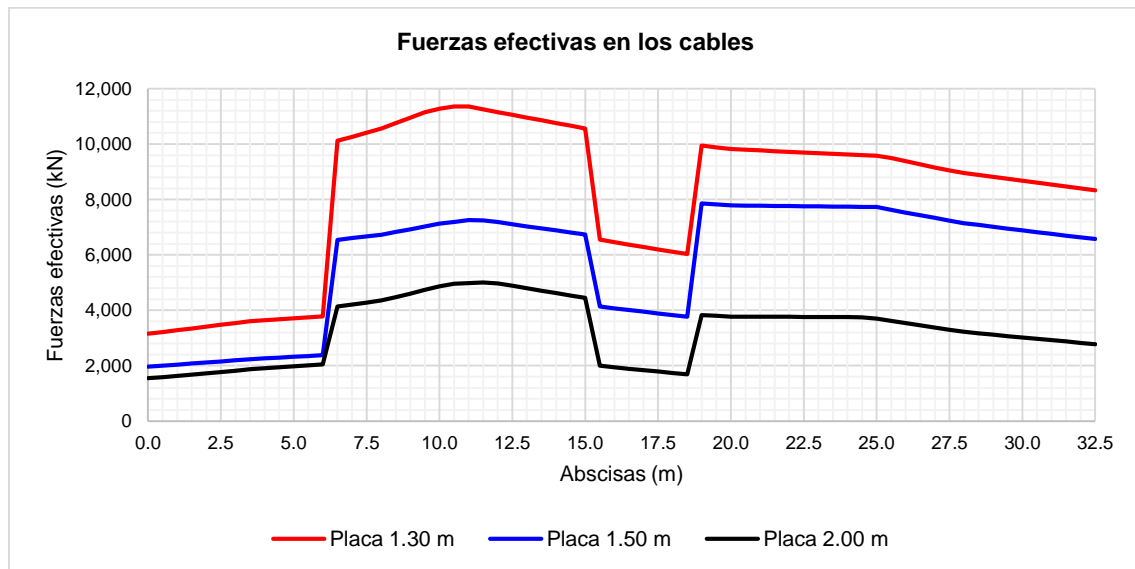


Gráfico 34. Fuerzas efectivas en los cables para – Etapa de tensionamiento 1

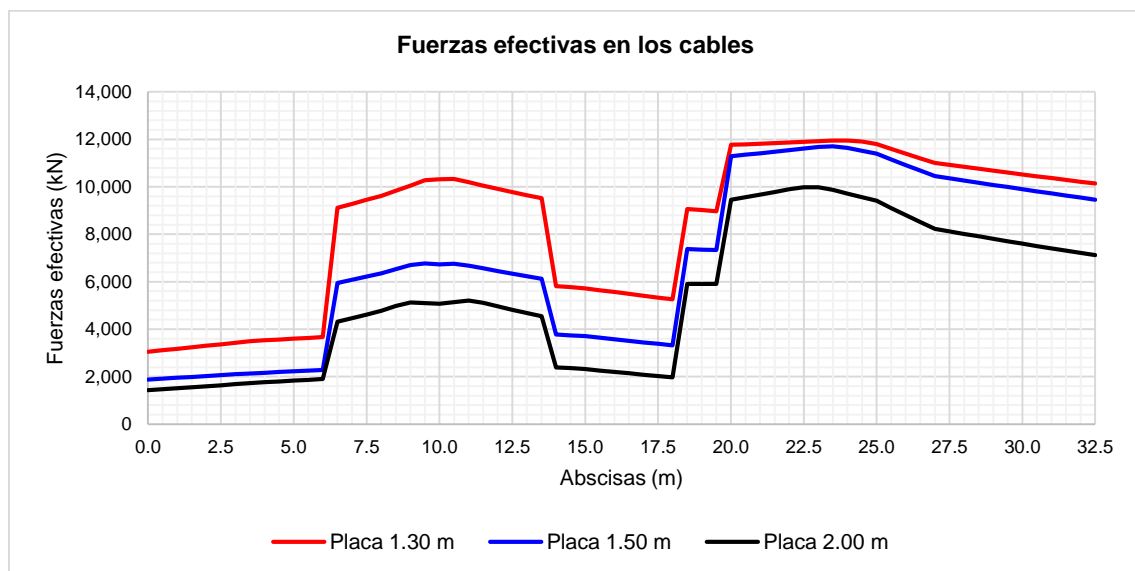


Gráfico 35. Fuerzas efectivas en los cables – Etapa de tensionamiento 2

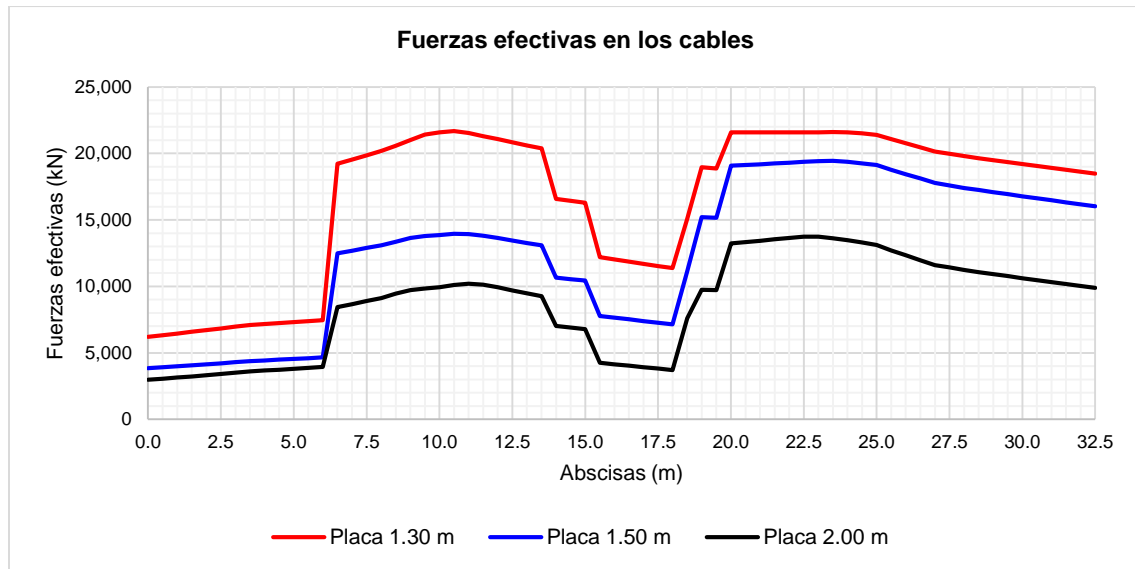
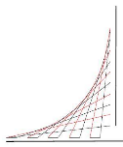
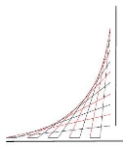


Gráfico 36. Fuerzas efectivas en los cables para diferentes alturas de placa – Fuerza total



#### 7.4. Fuerza de tensionamiento necesaria

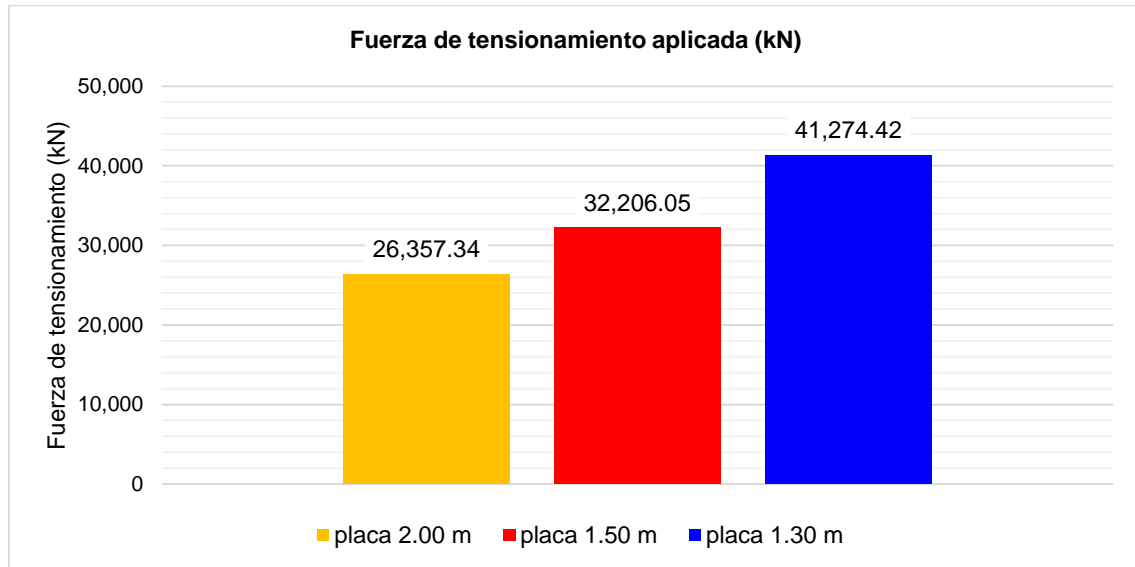


Gráfico 37. Fuerza de tensionamiento total aplicada en cada placa

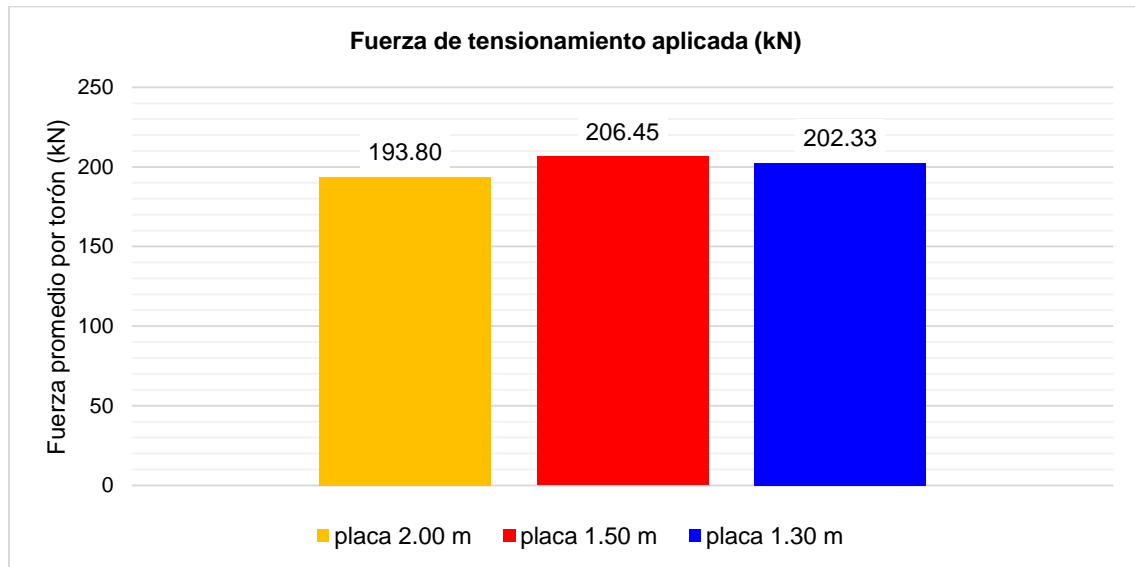


Gráfico 38. Fuerza promedio aplicada en el torón

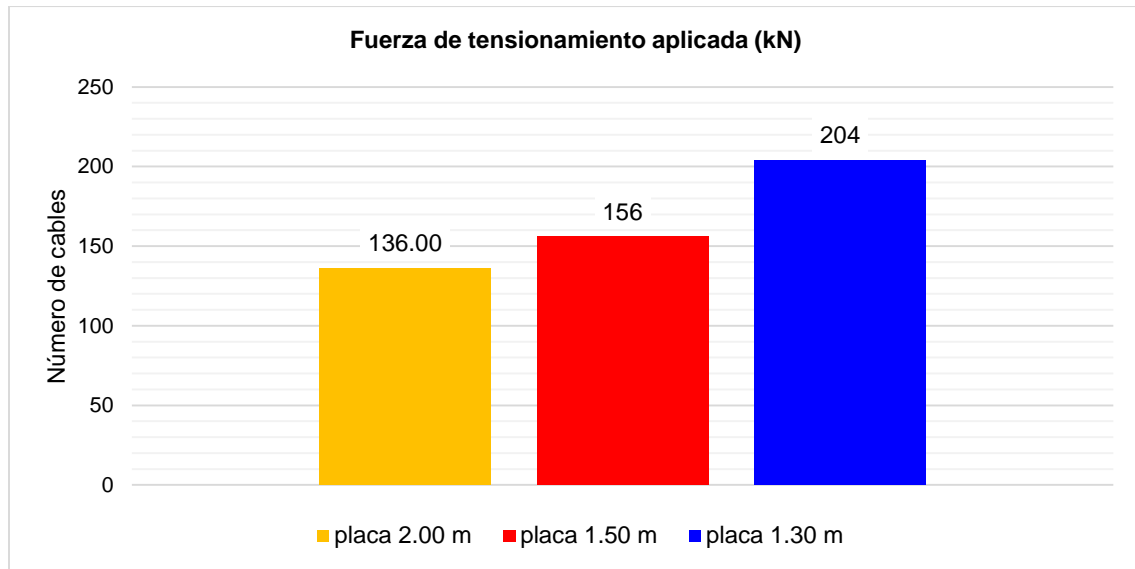
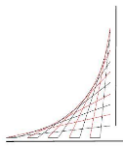
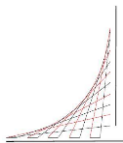
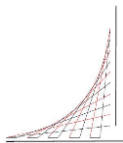


Gráfico 39. Número de cables necesarios en cada placa



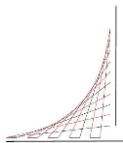
## 8. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos, se considera vital la necesidad de realizar un análisis de interacción suelo estructura en el diseño de las vigas postensadas que conforman la placa de cimentación, pues un análisis empleando el método rígido proporcionará resultados menos aproximados. Además, los resultados mostraron que los momentos obtenidos por el aproximado flexible aproximado de Winkler, son de una magnitud mucho menor que el método rígido, lo que provocaría que al diseñar por una sola metodología, no se cumpliría con la otra, y esto pudo verse al comparare los diferentes análisis realizados. El diseñar con una sola metodología puede llegar a ser peligroso y comprometer la seguridad de la estructura, por eso se recomienda hacer una comparación de los resultados obtenidos mediante el método rígido tradicional y a su vez, realizar el diseño por una metodología más aproximada y verificar que el diseño sea adecuado bajo los dos métodos de análisis.
- Basado en los resultados obtenidos, se considera importante realizar el diseño del sistema de presforzado analizado bajo las dos metodologías descritas, pues la variación de los momentos a lo largo de la viga, implica también una variación en los esfuerzos actuantes producidos por las cargas gravitacionales. Esta condición resulta en que la combinación de esfuerzos producidos por las cargas verticales y el efecto del presforzado produzcan magnitudes de esfuerzos que sobrepasen los límites de esfuerzos a compresión y tracción en el concreto establecidos en las normas y que, no puedan ser detectados mediante el método simplificado tradicional. Esto se concluye luego de comparar el diseño de las vigas postensadas analizadas por el método rígido con los momentos en las vigas analizadas por el método aproximado de interacción suelo estructura. Se observó que algunos puntos, los valores de los esfuerzos límite permitidos en el concreto eran superiores a los exigidos según las normas de diseño (NSR-10 y CCP-14) y, por lo tanto, se hace necesaria una modificación en la magnitud de las fuerzas aplicadas en los cables durante las respectivas etapas de tensionamiento.
- Para cada espesor de placa y diferente tipo de suelo analizado, se evaluó el parámetro de rigidez  $\beta$ , el cual representa la rigidez del sistema suelo-estructura, el cual depende tanto de las propiedades geométricas y mecánicas de la sección transversal y el correspondiente material empleado en su construcción y de las propiedades del suelo de cimentación. Se evidenció que para aquellos cimientos con una clasificación flexible (de acuerdo con el parámetro mencionado anteriormente), los momentos actuantes (y los correspondientes esfuerzos de flexión producidos a lo largo de la sección de la viga), presentan grandes variaciones si se comparan con metodologías tradicionales simplificadas. Lo anterior resulta en que el sistema de postensado diseñado para las vigas evaluadas por el método rígido (para efectos de obtención de esfuerzos actuantes en el terreno y los correspondientes momentos de flexión actuantes en las vigas de cimentación), deba modificarse, pues cuando se evaluaron los diferentes modelos por la metodología flexible aproximada (interacción suelo estructura), con el mismo sistema de presfuerzo (configuración de cables y fuerzas aplicadas en el gato de tensionamiento), se evidenció que en algunos puntos en la viga la magnitud de los valores de los esfuerzos permitidos en el concreto, aceptando que éste trabaja en el rango elástico, superaban los máximos esfuerzos permitidos en las normas y códigos de diseño, lo que obliga a modificar parcialmente el diseño por el método rígido y por eso se considera necesaria la evaluación de la placa de cimentación por ambos métodos.
- Una de las mayores ventajas tiene que ver con la reducción de la fuerza cortante que se presenta en los apoyos. Al contrario de puentes y placas de entepiso, las fuerzas del



postensado en los apoyos tienden a contrarrestar el efecto de las cargas gravitacionales, el cual es máximo en las uniones viga-columna.

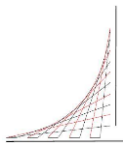
- Cuanto más flexible sea la placa de cimentación, las vigas toman más momentos, lo que se traduce en más necesidad de acero de presfuerzo y acero de refuerzo convencional. Además, se tienen mayores asentamientos diferenciales.
- La variación principal sucede con respecto a los momentos positivos, en las zonas de mayor flexibilidad de las vigas, en los puntos más alejados de los apoyos.
- En las vigas de menor peralte (altura), las pérdidas por fricción y curvatura son menores que en las vigas de 2.00 m debido a que la curvatura del cable es menor.
- Aunque las pérdidas por fricción y curvatura resulten menores en vigas de menor altura, los esfuerzos de flexión producidos por el postensado son menores que en las vigas de mayor peralte, por lo tanto, el efecto del presfuerzo se reduce y de esta forma, se necesita de una fuerza mayor para las tracciones en la viga.
- Es posible evidenciar que cuanto menor sea el peralte de las vigas, los materiales empleados, concreto y acero de presfuerzo se ven más exigidos, es por eso que, para vigas de menor altura, se necesitan concretos de resistencias mayores y un mayor número de cables y un ancho de viga mayor, para compensar los efectos de compresión en la sección.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- DELGADO VARGAS, Manuel. Interacción Suelo Estructura. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Colombia, 2012.
- FEMA; Postensioned Box – Girder Manual. Estados Unidos, 2016.
- GARZÓN MORENO, Jaime Erasmo. Notas de clase de Diseño de elementos de concreto presforzado. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Colombia, 2017
- GARZÓN MORENO, Jaime Erasmo. Notas de clase de Estructuras de cimentación y contención. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Colombia, 2018.
- GARZÓN MORENO, Jaime Erasmo. Notas de clase de Interacción Suelo Estructura. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Colombia, 2019.
- LABUDKOVA, Jana; Comparing the rigidity of the prestressed and non prestressed foundation, Estados Unidos, 2015.
- M. DAS, Braja. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. Cengage Learning Editores. México, 2012.
- QUIROGA RAMÍREZ, Juan David. Análisis comparativo de los métodos computacionales de análisis aplicados a un sistema de placa de cimentación. Colombia, 2015.
- PRIETO CAICEDO, Julio César, Programa para el trazado de cables en vigas preesforzadas continuas para puentes. Colombia 2014.
- VSL INTERNATIONA LTD; Post-tensioned foundations; Suiza; 1988.





## ANEXOS

## **ANEXO 01**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGA POSTENSADA PARA PLACA DE CIMENTACIÓN DE 2.00 m DE ALTURA TOTAL**



## TABLA DE CONTENIDO

1. PROPIEDADES DE A SECCIÓN .....	6
1.1. DATOS GENERALES .....	6
1.2. ANCHO EFECTIVO DE LA VIGA .....	6
1.3. SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA (MOMENTO DE INERCIA) DE LA SECCIÓN .....	6
2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA.....	7
2.1. CABLES 1 Y 2.....	7
2.2. CABLES 3 Y 4.....	9
2.3. CABLES 5 Y 6.....	11
2.4. CABLES 7 Y 8.....	13
2.5. CABLES 9 Y 10.....	15
2.6. CABLES 11 Y 12.....	17
2.7. CABLES 13 Y 14.....	19
3. FUERZAS EN LOS CABLES LUEGO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA	21
4. MOMENTOS PRODUCIDOS POR EL PRESFUERZO .....	22
5. PÉRDIDAS POR ACORTAMIENTO ELÁSTICO .....	23
5.1. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 1 .....	23
5.2. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 2 .....	23
6. FUERZAS EN LOS CABLES DESPUES DE PÉRDIDAS INICIALES .....	24
7. PÉRDIDAS A LARGO PLAZO.....	25
7.1. FUERZA QUE PIERDE EL CABLE.....	26
7.2. MOMENTOS .....	27
8. FUERZAS EFECTIVAS EN LOS CABLES.....	28
9. ESTADOS DE ESFUERZOS.....	33
9.1. ESTADO DE ESFUERZOS 1.....	33
9.2. ESTADO DE ESFUERZOS 2.....	34
9.3. ESTADO DE ESFUERZOS 3.....	35
9.4. ESTADO DE ESFUERZOS 4.....	36
9.5. ESTADO DE ESFUERZOS 5.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Momento de inercia de la sección compuesta .....	6
Tabla 2. Pérdidas por fricción y curvatura cables 1 y 2 .....	7
Tabla 3. Pérdidas por fricción y curvatura cables 3 y 4 .....	9
Tabla 4. Pérdidas por fricción y curvatura cables 5 y 6 .....	11
Tabla 5. Pérdidas por fricción y curvatura cables 7 y 8 .....	13
Tabla 6. Pérdidas por fricción y curvatura cables 9 y 10 .....	15
Tabla 7. Pérdidas por fricción y curvatura cables 11 y 12 .....	17
Tabla 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14 .....	19
Tabla 9. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14 .....	21
Tabla 10. Momentos producidos por el presfuerzo.....	22
Tabla 11. Fuerzas en los cables luego de pérdidas iniciales.....	24
Tabla 12. Fuerza que pierde cada cable por pérdidas a largo plazo.....	25
Tabla 13. Valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas a largo plazo .....	26
Tabla 14. Valor de los momentos producidos por las pérdidas a largo plazo .....	27
Tabla 15. Fuerzas efectivas en los cables .....	28
Tabla 16. Estado de esfuerzos 1.....	33
Tabla 17. Estado de esfuerzos 2.....	34
Tabla 18. Estado de esfuerzos 3.....	35
Tabla 19. Estado de esfuerzos 4.....	36
Tabla 20. Estado de esfuerzos 5.....	37

## TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 1 y 2 .....	8
Gráfico 2. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 3 y 4 .....	10
Gráfico 3. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 5 y 6 .....	12
Gráfico 4. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 7 y 8 .....	14
Gráfico 5. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 9 y 10 .....	16
Gráfico 6. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 11 y 12 .....	18
Gráfico 7. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 13 y 14 .....	20
Gráfico 8. Fuerza efectiva en los cables 1 y 2 .....	29
Gráfico 9. Fuerza efectiva en los cables 3 y 4 .....	29
Gráfico 10. Fuerza efectiva en los cables 5 y 6 .....	30
Gráfico 11. Fuerza efectiva en los cables 7 y 8 .....	30
Gráfico 12. Fuerza efectiva en los cables 9 y 10 .....	31
Gráfico 13. Fuerza efectiva en los cables 11 y 12 .....	31
Gráfico 14. Fuerza efectiva en los cables 13 y 14 .....	32

## 1. PROPIEDADES DE A SECCIÓN

### 1.1. DATOS GENERALES

Lv (m)	15.00	Luz de cálculo de la viga
Sv (m)	10.00	Separación entre ejes de vigas
$f'_{C\text{VIGA}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	35.00	Resistencia a la compresión del concreto de la viga
$f'_{C\text{LOSA}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	28.00	Resistencia a la compresión del concreto de la losa
$f_{py}$ (N/mm <sup>2</sup> )	1,700.00	Esfuerzo de fluencia del material

### 1.2. ANCHO EFECTIVO DE LA VIGA

$b_{efec1}$ ( $12h_{losa}+b_1$ )	340	12 veces el espesor de la losa + ancho del alma
$b_{efec2}$ (Sv)	1,000	Separación entre vigas
$b_{efec3}$ (Lv/4)	1,500	Un cuarto de la longitud
$b_{efec}$ (cm)	340	Ancho efectivo de la placa
$n = (f'_{cv}/f'_{cl})^{0.5}$	1.12	Razón modular
$b_{efec}/n$	304	Ancho efectivo de la viga para diseño

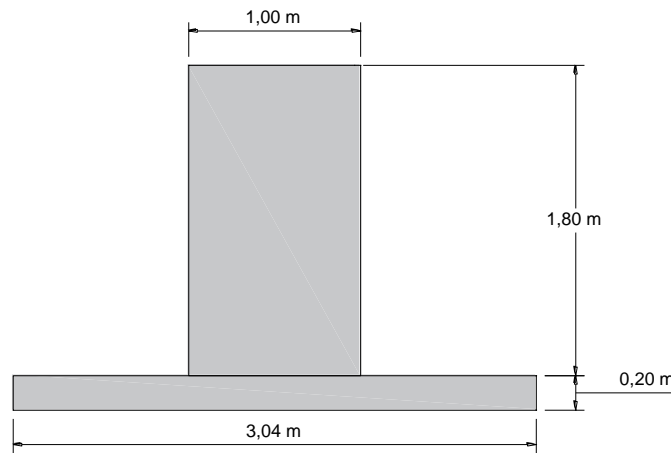


Figura 1. Sección transversal viga 2.00 m

### 1.3. SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA (MOMENTO DE INERCIA) DE LA SECCIÓN

Sección	Área (cm <sup>2</sup> )	$Y_i$ (cm)	$A \times Y_i$ (cm <sup>3</sup> )	$I_o$ (cm <sup>4</sup> )	$d_i$ (cm)	$A \times d_i^2$ (cm <sup>4</sup> )
Viga	18,000	110.00	1,980,000	48,600,000	25.26	11,481,309.6
Losa	6,082	10.00	60,821	202,737	-74.74	33,978,955.8
<b>TOTAL</b>	<b>24,082.1</b>		<b>2,040,821.0</b>	<b>48,802,736.8</b>		<b>45,460,265.5</b>

Tabla 1. Momento de inercia de la sección compuesta

$y_t$ (cm)	115.26	Distancia medida desde el centroide a la fibra superior de la sección
$y_b$ (cm)	84.74	Distancia medida desde el centroide a la fibra inferior de la sección
$I_c$ (cm <sup>4</sup> )	94,263,002	Momento de inercia de la sección
$St$ (cm <sup>3</sup> )	817,860	Relación entre el momento de inercia $I_c$ y la distancia a la fibra extrema $y_t$
$Sb$ (cm <sup>3</sup> )	1,112,323	Relación entre el momento de inercia $I_c$ y la distancia a la fibra extrema $y_b$
$r^2$ (cm <sup>2</sup> )	3,914	radio de giro al cuadrado

## 2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA

### 2.1. CABLES 1 Y 2

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	$P_0 - \Delta$ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/I (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /I (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
0.00	1.90	-	0.0000	-	-	-	1,330.77	-0.15	137.70	-0.37	-0.17	0.12	-0.54	-0.25
0.50	1.62	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,357.72	-0.39	361.65	-0.38	-0.44	0.33	-0.83	-0.06
1.00	1.38	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,385.28	-0.59	561.42	-0.39	-0.69	0.50	-1.08	0.11
1.50	1.16	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,413.42	-0.76	734.92	-0.40	-0.90	0.66	-1.30	0.26
2.00	0.97	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,442.15	-0.89	879.94	-0.41	-1.08	0.79	-1.49	0.38
2.50	0.81	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,471.44	-0.98	994.15	-0.42	-1.22	0.89	-1.64	0.47
3.00	0.68	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,501.29	-1.03	1075.12	-0.43	-1.31	0.97	-1.75	0.53
3.50	0.63	0.0007	0.1160	0.0290	0.0087	0.99	1,516.40	-1.05	1120.27	-0.44	-1.37	1.01	-1.81	0.57
4.00	0.58	0.0008	0.1160	0.0290	0.0087	0.99	1,502.13	-1.04	1125.35	-0.45	-1.38	1.01	-1.83	0.56
4.50	0.51	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,474.01	-1.00	1103.13	-0.46	-1.35	0.99	-1.81	0.54
5.00	0.46	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,446.41	-0.94	1052.28	-0.46	-1.29	0.95	-1.75	0.48
5.50	0.45	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,419.33	-0.86	971.40	-0.47	-1.19	0.87	-1.66	0.40
6.00	0.48	0.0015	0.2250	0.1125	0.0338	0.97	1,370.17	-0.74	859.07	-0.48	-1.05	0.77	-1.53	0.29
6.50	0.56	0.0015	0.2250	0.1125	0.0338	0.97	1,322.71	-0.61	713.80	-0.49	-0.87	0.64	-1.36	0.15
7.00	0.70	0.0015	0.2250	0.1125	0.0338	0.97	1,276.90	-0.45	534.05	-0.50	-0.65	0.48	-1.15	-0.02
7.50	0.90	0.0015	0.2250	0.1125	0.0338	0.97	1,232.67	-0.26	318.26	-0.50	-0.39	0.29	-0.89	-0.22
8.00	1.11	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,212.72	-0.05	64.79	-0.51	-0.08	0.06	-0.59	-0.45
8.50	1.30	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,193.10	0.14	184.28	-0.53	0.23	-0.17	-0.30	-0.70
9.00	1.46	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,173.79	0.28	376.90	-0.55	0.46	-0.34	-0.09	-0.89
9.50	1.59	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,154.80	0.37	506.03	-0.57	0.62	-0.45	0.05	-1.02
10.00	1.70	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,136.11	0.40	564.10	-0.59	0.69	-0.51	0.10	-1.10
10.50	1.79	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,117.73	0.38	553.89	-0.60	0.68	-0.50	0.08	-1.10
11.00	1.85	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,099.64	0.34	500.34	-0.61	0.61	-0.45	0.00	-1.06
11.50	1.89	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,081.84	0.27	400.98	-0.62	0.49	-0.36	-0.13	-0.98
12.00	1.90	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,064.34	0.22	333.27	-0.63	0.41	-0.30	-0.22	-0.93
12.50	1.88	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	1,039.57	0.17	248.38	-0.62	0.30	-0.22	-0.32	-0.85
13.00	1.83	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	1,015.39	0.03	51.42	-0.61	0.06	-0.05	-0.55	-0.66
13.50	1.73	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	991.76	-0.12	179.63	-0.60	-0.22	0.16	-0.82	-0.44
14.00	1.61	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	968.69	-0.31	442.48	-0.59	-0.54	0.40	-1.13	-0.19
14.50	1.44	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	946.15	-0.53	734.97	-0.58	-0.90	0.66	-1.47	0.09
15.00	1.24	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	924.14	-0.78	1055.03	-0.56	-1.29	0.95	-1.85	0.38

Tabla 2. Pérdidas por fricción y curvatura cables 1 y 2



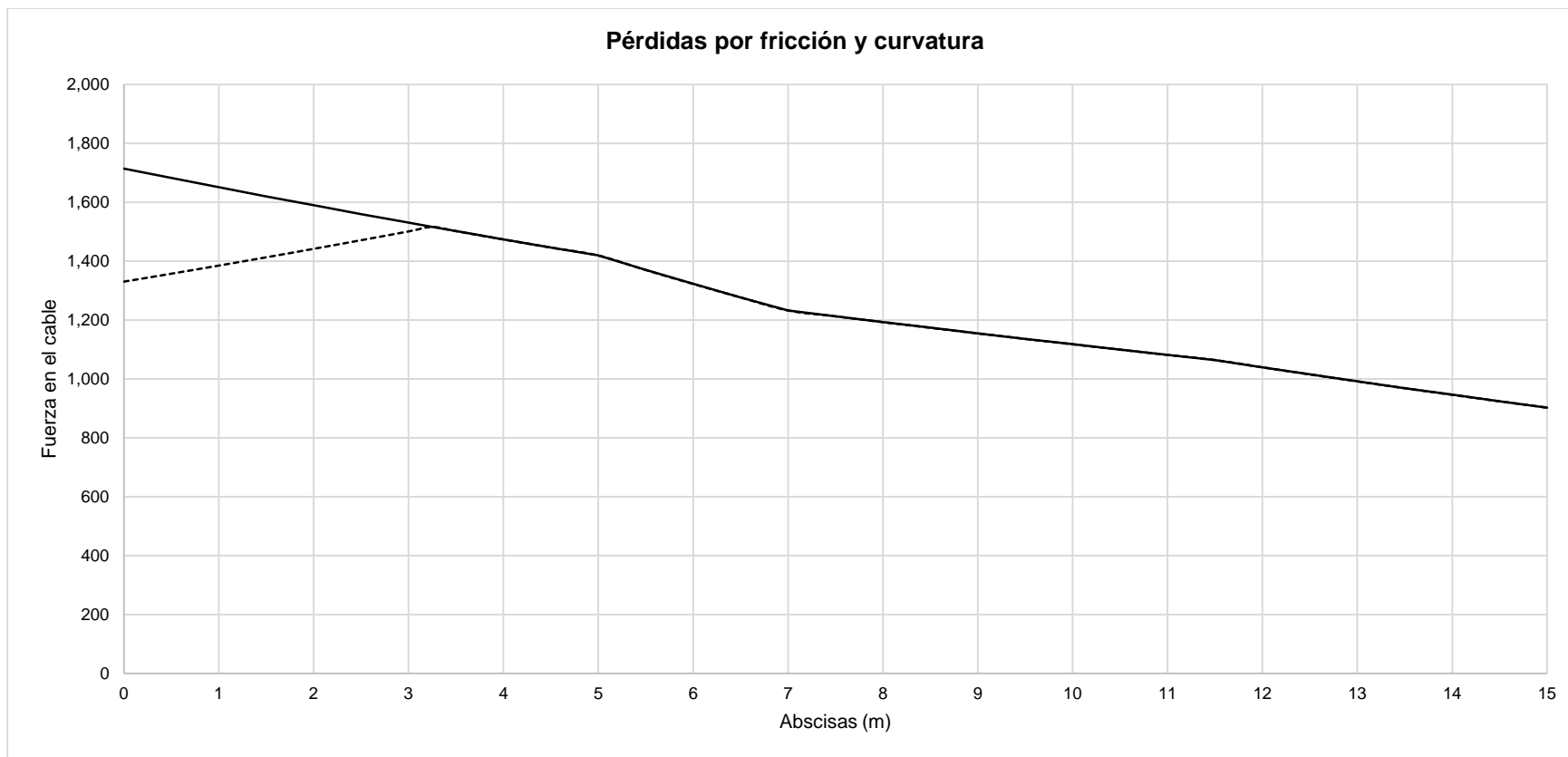


Gráfico 1. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 1 y 2

## 2.2. CABLES 3 Y 4

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
0.00	1.90	-	0.0000	-	-	-	1,186.46	-0.15	128.38	-0.35	-0.16	0.12	-0.51	-0.23
0.50	1.52	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,235.97	-0.39	337.17	-0.36	-0.41	0.30	-0.77	-0.05
1.00	1.19	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,287.74	-0.59	523.43	-0.37	-0.64	0.47	-1.01	0.10
1.50	0.92	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,341.70	-0.76	685.19	-0.38	-0.84	0.62	-1.21	0.24
2.00	0.72	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,397.76	-0.89	820.39	-0.38	-1.00	0.74	-1.39	0.35
2.50	0.60	0.0011	0.2367	0.0857	0.0257	0.97	1,439.59	-0.98	926.88	-0.39	-1.13	0.83	-1.53	0.44
3.00	0.57	0.0004	0.2367	0.0327	0.0098	0.99	1,424.95	-1.03	1002.36	-0.40	-1.23	0.90	-1.63	0.50
3.50	0.48	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,373.17	-1.05	1044.46	-0.41	-1.28	0.94	-1.69	0.53
4.00	0.45	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,323.28	-1.04	1049.19	-0.42	-1.28	0.94	-1.70	0.52
4.50	0.48	0.0015	0.2250	0.1125	0.0338	0.97	1,277.45	-1.00	1028.48	-0.43	-1.26	0.92	-1.68	0.50
5.00	0.56	0.0015	0.2250	0.1125	0.0338	0.97	1,233.20	-0.94	981.07	-0.43	-1.20	0.88	-1.63	0.45
5.50	0.70	0.0015	0.2250	0.1125	0.0338	0.97	1,190.49	-0.86	905.67	-0.44	-1.11	0.81	-1.55	0.37
6.00	0.90	0.0015	0.2250	0.1125	0.0338	0.97	1,149.25	-0.74	800.94	-0.45	-0.98	0.72	-1.43	0.27
6.50	1.11	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,130.66	-0.61	665.49	-0.45	-0.81	0.60	-1.27	0.14
7.00	1.30	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,112.36	-0.45	497.91	-0.46	-0.61	0.45	-1.07	-0.01
7.50	1.46	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,094.36	-0.26	296.72	-0.47	-0.36	0.27	-0.83	-0.20
8.00	1.59	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,076.65	-0.05	60.40	-0.48	-0.07	0.05	-0.55	-0.42
8.50	1.70	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,059.23	0.14	171.81	-0.49	0.21	-0.15	-0.28	-0.65
9.00	1.79	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,042.09	0.28	351.39	-0.51	0.43	-0.32	-0.08	-0.83
9.50	1.85	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,025.22	0.37	471.78	-0.53	0.58	-0.42	0.05	-0.95
10.00	1.89	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	1,008.63	0.40	525.93	-0.55	0.64	-0.47	0.09	-1.02
10.50	1.90	0.0015	0.0988	0.0494	0.0148	0.98	992.31	0.37	505.12	-0.57	0.62	-0.45	0.05	-1.02
11.00	1.88	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	969.22	0.28	397.67	-0.59	0.49	-0.36	-0.11	-0.95
11.50	1.83	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	946.67	0.24	351.42	-0.60	0.43	-0.32	-0.17	-0.91
12.00	1.73	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	924.65	0.13	183.27	-0.58	0.22	-0.16	-0.36	-0.75
12.50	1.61	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	903.13	-0.08	102.00	-0.56	-0.12	0.09	-0.68	-0.47
13.00	1.44	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	882.12	-0.34	440.86	-0.53	-0.54	0.40	-1.07	-0.14
13.50	1.24	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	861.60	-0.67	825.46	-0.51	-1.01	0.74	-1.52	0.23

Tabla 3. Pérdidas por fricción y curvatura cables 3 y 4

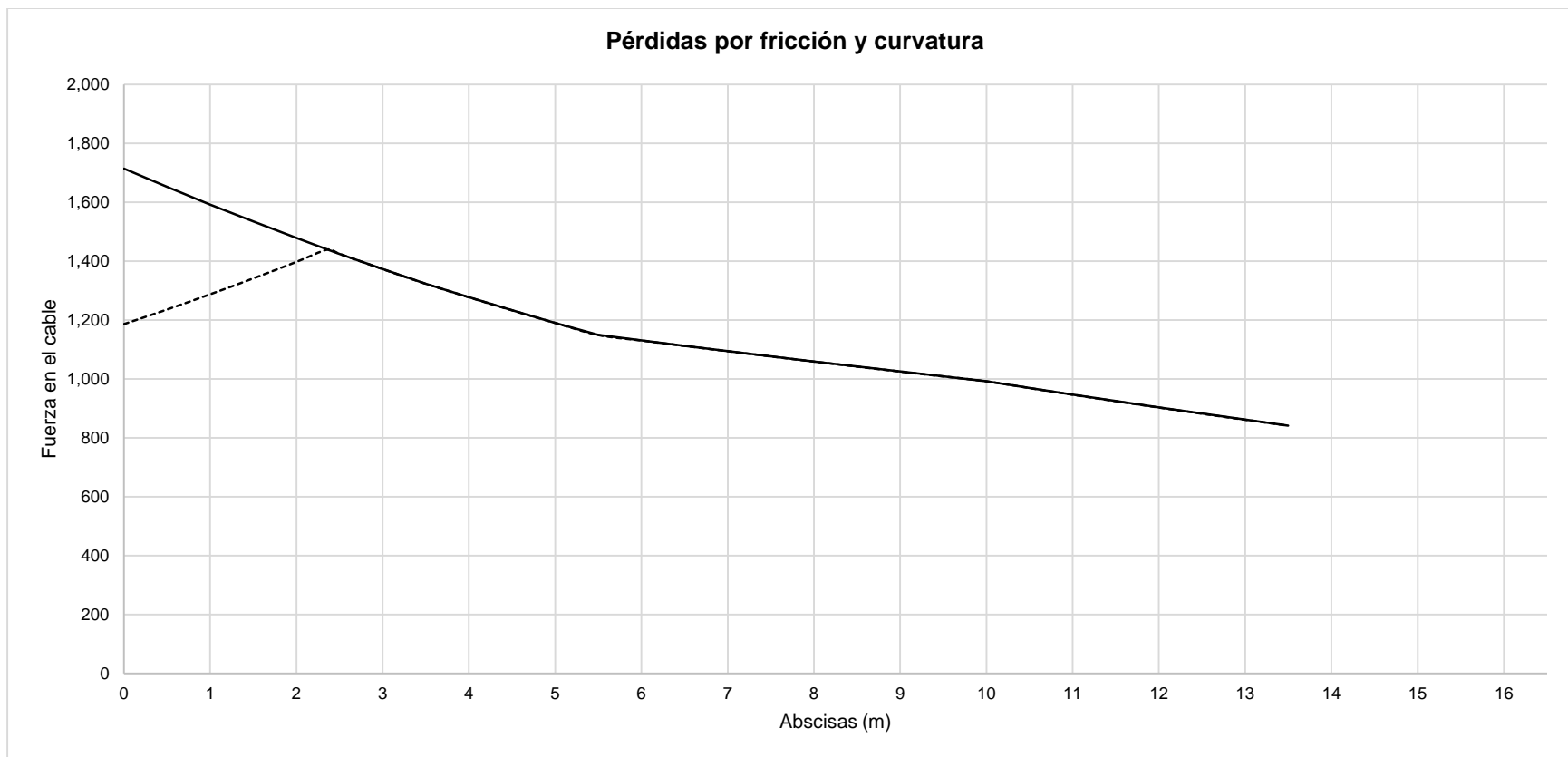


Gráfico 2. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 3 y 4

### 2.3. CABLES 5 Y 6

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
18.50	1.90	-	0.0000	-	-	-	2,126.25	-1.05	2238.00	-0.88	-2.74	2.01	-3.62	1.13
19.00	1.69	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,152.20	-0.84	1803.68	-0.89	-2.21	1.62	-3.10	0.73
19.50	1.49	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,178.50	-0.64	1395.82	-0.90	-1.71	1.25	-2.61	0.35
20.00	1.31	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,205.15	-0.46	1015.57	-0.92	-1.24	0.91	-2.16	0.00
20.50	1.14	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,232.14	-0.30	664.12	-0.93	-0.81	0.60	-1.74	-0.33
21.00	1.00	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,259.47	-0.15	342.69	-0.94	-0.42	0.31	-1.36	-0.63
21.50	0.87	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,287.14	-0.02	52.54	-0.95	-0.06	0.05	-1.01	-0.90
22.00	0.76	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,315.13	0.09	205.04	-0.96	0.25	-0.18	-0.71	-1.15
22.50	0.69	0.0011	0.0686	0.0244	0.0073	0.99	2,335.25	0.16	367.70	-0.97	0.45	-0.33	-0.52	-1.30
23.00	0.66	0.0004	0.0686	0.0099	0.0030	1.00	2,327.31	0.18	425.77	-0.97	0.52	-0.38	-0.45	-1.35
23.50	0.59	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,300.02	0.26	598.38	-0.96	0.73	-0.54	-0.22	-1.49
24.00	0.53	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,273.04	0.32	727.88	-0.94	0.89	-0.65	-0.05	-1.60
24.50	0.48	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,246.39	0.36	815.72	-0.93	1.00	-0.73	0.06	-1.67
25.00	0.46	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,220.05	0.39	863.29	-0.92	1.06	-0.78	0.13	-1.70
25.50	0.45	0.0015	0.0686	0.0343	0.0103	0.99	2,194.01	0.40	872.00	-0.91	1.07	-0.78	0.16	-1.69
26.00	0.47	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	2,127.57	0.37	793.73	-0.88	0.97	-0.71	0.09	-1.60
26.50	0.55	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	2,063.15	0.30	618.83	-0.86	0.76	-0.56	-0.10	-1.41
27.00	0.67	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	2,000.67	0.18	356.26	-0.83	0.44	-0.32	-0.40	-1.15
27.50	0.84	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	1,940.09	0.01	14.44	-0.81	0.02	-0.01	-0.79	-0.82
28.00	1.02	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,916.92	-0.18	338.38	-0.80	-0.41	0.30	-1.21	-0.49
28.50	1.19	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,894.03	-0.34	649.60	-0.79	-0.79	0.58	-1.58	-0.20
29.00	1.34	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,871.42	-0.49	920.54	-0.78	-1.13	0.83	-1.90	0.05
29.50	1.47	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,849.07	-0.62	1152.53	-0.77	-1.41	1.04	-2.18	0.27
30.00	1.58	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,826.99	-0.74	1346.83	-0.76	-1.65	1.21	-2.41	0.45
30.50	1.68	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,805.18	-0.83	1504.70	-0.75	-1.84	1.35	-2.59	0.60
31.00	1.76	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,783.62	-0.91	1627.36	-0.74	-1.99	1.46	-2.73	0.72
31.50	1.82	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,762.32	-0.97	1716.00	-0.73	-2.10	1.54	-2.83	0.81
32.00	1.86	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,741.28	-1.02	1771.78	-0.72	-2.17	1.59	-2.89	0.87
32.50	1.89	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,720.49	-1.04	1795.84	-0.71	-2.20	1.61	-2.91	0.90

Tabla 4. Pérdidas por fricción y curvatura cables 5 y 6

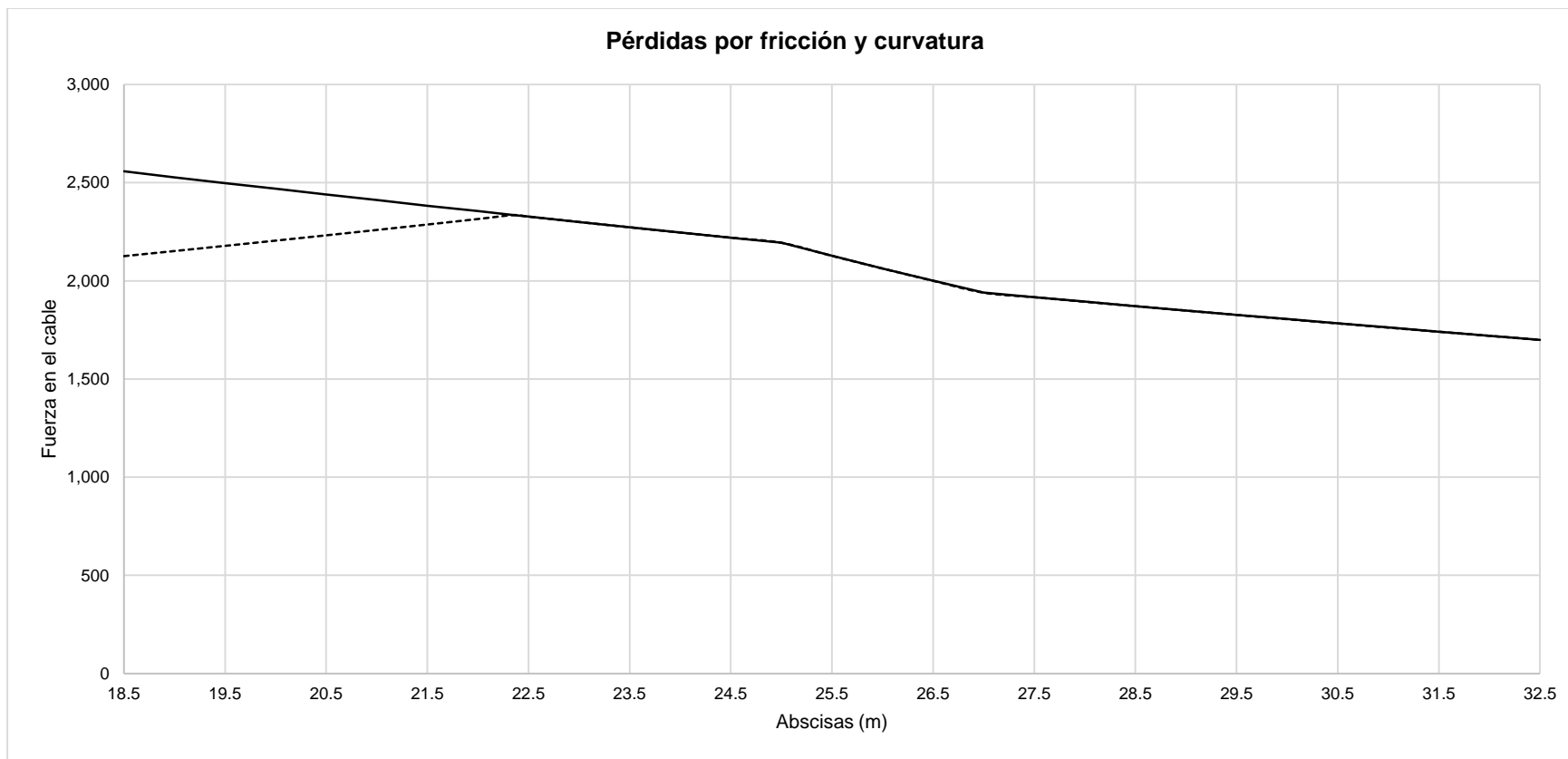


Gráfico 3. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 5 y 6

## 2.4. CABLES 7 Y 8

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
20.00	1.90	-	0.0000	-	-	-	1,901.49	-1.05	2001.43	-0.79	-2.45	1.80	-3.24	1.01
20.50	1.62	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,939.68	-0.78	1507.24	-0.81	-1.84	1.36	-2.65	0.55
21.00	1.38	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	1,978.71	-0.53	1049.82	-0.82	-1.28	0.94	-2.11	0.12
21.50	1.16	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	2,018.58	-0.31	631.93	-0.84	-0.77	0.57	-1.61	-0.27
22.00	0.97	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	2,059.28	-0.12	256.50	-0.86	-0.31	0.23	-1.17	-0.62
22.50	0.81	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	2,100.77	0.03	73.41	-0.87	0.09	-0.07	-0.78	-0.94
23.00	0.68	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	2,143.06	0.17	354.55	-0.89	0.43	-0.32	-0.46	-1.21
23.50	0.65	0.0005	0.1160	0.0177	0.0053	0.99	2,156.13	0.20	430.22	-0.90	0.53	-0.39	-0.37	-1.28
24.00	0.58	0.0010	0.1160	0.0403	0.0121	0.99	2,128.02	0.27	568.06	-0.88	0.69	-0.51	-0.19	-1.39
24.50	0.51	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	2,088.18	0.34	708.82	-0.87	0.87	-0.64	0.00	-1.50
25.00	0.46	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	2,049.08	0.38	784.68	-0.85	0.96	-0.71	0.11	-1.56
25.50	0.45	0.0015	0.1160	0.0580	0.0174	0.98	2,010.72	0.40	799.15	-0.83	0.98	-0.72	0.14	-1.55
26.00	0.47	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	1,949.83	0.37	727.42	-0.81	0.89	-0.65	0.08	-1.46
26.50	0.55	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	1,890.78	0.30	567.13	-0.79	0.69	-0.51	-0.09	-1.29
27.00	0.67	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	1,833.53	0.18	326.49	-0.76	0.40	-0.29	-0.36	-1.05
27.50	0.84	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	1,778.00	0.01	13.23	-0.74	0.02	-0.01	-0.72	-0.75
28.00	1.02	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,756.77	-0.18	310.11	-0.73	-0.38	0.28	-1.11	-0.45
28.50	1.19	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,735.80	-0.34	595.33	-0.72	-0.73	0.54	-1.45	-0.19
29.00	1.34	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,715.07	-0.49	843.64	-0.71	-1.03	0.76	-1.74	0.05
29.50	1.47	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,694.59	-0.62	1056.24	-0.70	-1.29	0.95	-2.00	0.25
30.00	1.58	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,674.36	-0.74	1234.31	-0.70	-1.51	1.11	-2.20	0.41
30.50	1.68	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,654.36	-0.83	1378.99	-0.69	-1.69	1.24	-2.37	0.55
31.00	1.76	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,634.61	-0.91	1491.40	-0.68	-1.82	1.34	-2.50	0.66
31.50	1.82	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,615.09	-0.97	1572.64	-0.67	-1.92	1.41	-2.59	0.74
32.00	1.86	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,595.81	-1.02	1623.76	-0.66	-1.99	1.46	-2.65	0.80
32.50	1.89	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	1,576.75	-1.04	1645.81	-0.65	-2.01	1.48	-2.67	0.82

Tabla 5. Pérdidas por fricción y curvatura cables 7 y 8

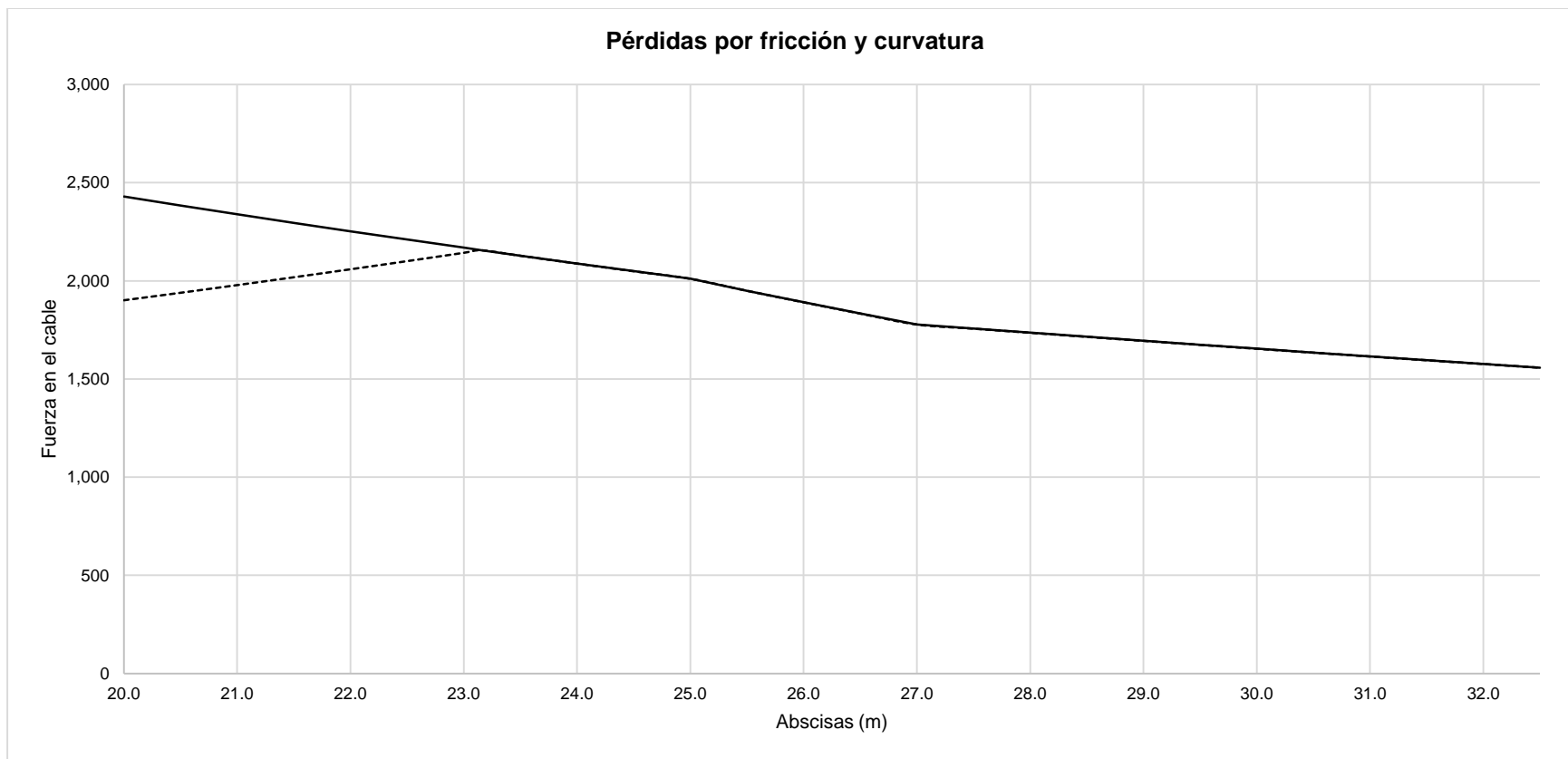


Gráfico 4. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 7 y 8

## 2.5. CABLES 9 Y 10

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	e <sup>-(k·ΔL+μ·Δα)</sup>	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y <sub>i</sub> /I (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /I (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
6.50	1.90	-	0.0000	-	-	-	1,318.29	-1.05	1387.58	-0.55	-1.70	1.25	-2.24	0.70
7.00	1.52	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,373.30	-0.67	917.18	-0.57	-1.12	0.82	-1.69	0.25
7.50	1.19	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,430.83	-0.34	489.85	-0.59	-0.60	0.44	-1.19	-0.15
8.00	0.92	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,490.78	-0.08	113.34	-0.62	-0.14	0.10	-0.76	-0.52
8.50	0.72	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,553.06	0.13	203.63	-0.64	0.25	-0.18	-0.40	-0.83
9.00	0.60	0.0011	0.2367	0.0857	0.0257	0.97	1,599.55	0.24	390.47	-0.66	0.48	-0.35	-0.19	-1.02
9.50	0.57	0.0004	0.2367	0.0327	0.0098	0.99	1,583.27	0.28	441.85	-0.66	0.54	-0.40	-0.12	-1.05
10.00	0.48	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,525.75	0.37	561.25	-0.63	0.69	-0.50	0.05	-1.14
10.50	0.45	0.0015	0.2367	0.1184	0.0355	0.96	1,470.31	0.40	584.36	-0.61	0.71	-0.53	0.10	-1.14
11.00	0.46	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,451.12	0.39	562.66	-0.60	0.69	-0.51	0.09	-1.11
11.50	0.49	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,432.17	0.36	513.64	-0.59	0.63	-0.46	0.03	-1.06
12.00	0.54	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,413.48	0.31	438.38	-0.59	0.54	-0.39	-0.05	-0.98
12.50	0.61	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,395.03	0.24	337.94	-0.58	0.41	-0.30	-0.17	-0.88
13.00	0.69	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,376.82	0.15	213.33	-0.57	0.26	-0.19	-0.31	-0.76
13.50	0.80	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,358.84	0.05	65.55	-0.56	0.08	-0.06	-0.48	-0.62
14.00	0.93	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,341.10	-0.08	104.41	-0.56	-0.13	0.09	-0.68	-0.46
14.50	1.07	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,323.60	-0.22	295.63	-0.55	-0.36	0.27	-0.91	-0.28
15.00	1.24	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,306.32	-0.39	507.19	-0.54	-0.62	0.46	-1.16	-0.09
15.50	1.42	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	1,289.27	-0.57	738.18	-0.54	-0.90	0.66	-1.44	0.13
16.00	1.59	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,258.01	-0.75	937.67	-0.52	-1.15	0.84	-1.67	0.32
16.50	1.73	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,227.52	-0.88	1079.92	-0.51	-1.32	0.97	-1.83	0.46
17.00	1.82	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,197.76	-0.98	1168.72	-0.50	-1.43	1.05	-1.93	0.55
17.50	1.88	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,168.73	-1.03	1207.71	-0.49	-1.48	1.09	-1.96	0.60
18.00	1.90	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,140.39	-1.05	1200.33	-0.47	-1.47	1.08	-1.94	0.61
18.50	1.88	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,112.75	-1.03	1149.87	-0.46	-1.41	1.03	-1.87	0.57
19.00	1.82	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,085.77	-0.98	1059.45	-0.45	-1.30	0.95	-1.75	0.50
19.50	1.73	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,059.45	-0.88	932.06	-0.44	-1.14	0.84	-1.58	0.40
20.00	1.59	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,033.77	-0.75	770.53	-0.43	-0.94	0.69	-1.37	0.26
20.50	1.42	0.0015	0.1536	0.0768	0.0230	0.98	1,008.71	-0.57	577.54	-0.42	-0.71	0.52	-1.13	0.10
21.00	1.24	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	995.54	-0.39	386.53	-0.41	-0.47	0.35	-0.89	-0.07
21.50	1.07	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	982.55	-0.22	219.46	-0.41	-0.27	0.20	-0.68	-0.21
22.00	0.93	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	969.72	-0.08	75.50	-0.40	-0.09	0.07	-0.49	-0.33
22.50	0.80	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	957.06	0.05	46.17	-0.40	0.06	-0.04	-0.34	-0.44
23.00	0.69	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	944.57	0.15	146.35	-0.39	0.18	-0.13	-0.21	-0.52
23.50	0.61	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	932.24	0.24	225.83	-0.39	0.28	-0.20	-0.11	-0.59
24.00	0.54	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	920.07	0.31	285.35	-0.38	0.35	-0.26	-0.03	-0.64
24.50	0.49	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	908.06	0.36	325.67	-0.38	0.40	-0.29	0.02	-0.67
25.00	0.46	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	896.20	0.39	347.50	-0.37	0.42	-0.31	0.05	-0.68
25.50	0.45	0.0015	0.0776	0.0388	0.0116	0.99	884.51	0.40	351.54	-0.37	0.43	-0.32	0.06	-0.68
26.00	0.47	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	857.72	0.37	319.99	-0.36	0.39	-0.29	0.04	-0.64
26.50	0.55	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	831.75	0.30	249.48	-0.35	0.31	-0.22	-0.04	-0.57
27.00	0.67	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	806.56	0.18	143.62	-0.33	0.18	-0.13	-0.16	-0.46
27.50	0.84	0.0015	0.1950	0.0975	0.0293	0.97	782.14	0.01	5.82	-0.32	0.01	-0.01	-0.32	-0.33
28.00	1.02	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	772.80	-0.18	136.42	-0.32	-0.17	0.12	-0.49	-0.20
28.50	1.19	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	763.57	-0.34	261.88	-0.32	-0.32	0.24	-0.64	-0.08
29.00	1.34	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	754.45	-0.49	371.11	-0.31	-0.45	0.33	-0.77	0.02
29.50	1.47	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	745.44	-0.62	464.64	-0.31	-0.57	0.42	-0.88	0.11
30.00	1.58	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	736.54	-0.74	542.97	-0.31	-0.66	0.49	-0.97	0.18
30.50	1.68	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	727.75	-0.83	606.61	-0.30	-0.74	0.55	-1.04	0.24
31.00	1.76	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	719.06	-0.91	656.06	-0.30	-0.80	0.59	-1.10	0.29
31.50	1.82	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	710.47	-0.97	691.80	-0.30	-0.85	0.62	-1.14	0.33
32.00	1.86	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	701.99	-1.02	714.28	-0.29	-0.87	0.64	-1.16	0.35
32.50	1.89	0.0015	0.0701	0.0350	0.0105	0.99	693.61	-1.04	723.98	-0.29	-0.89	0.65	-1.17	0.36

Tabla 6. Pérdidas por fricción y curvatura cables 9 y 10



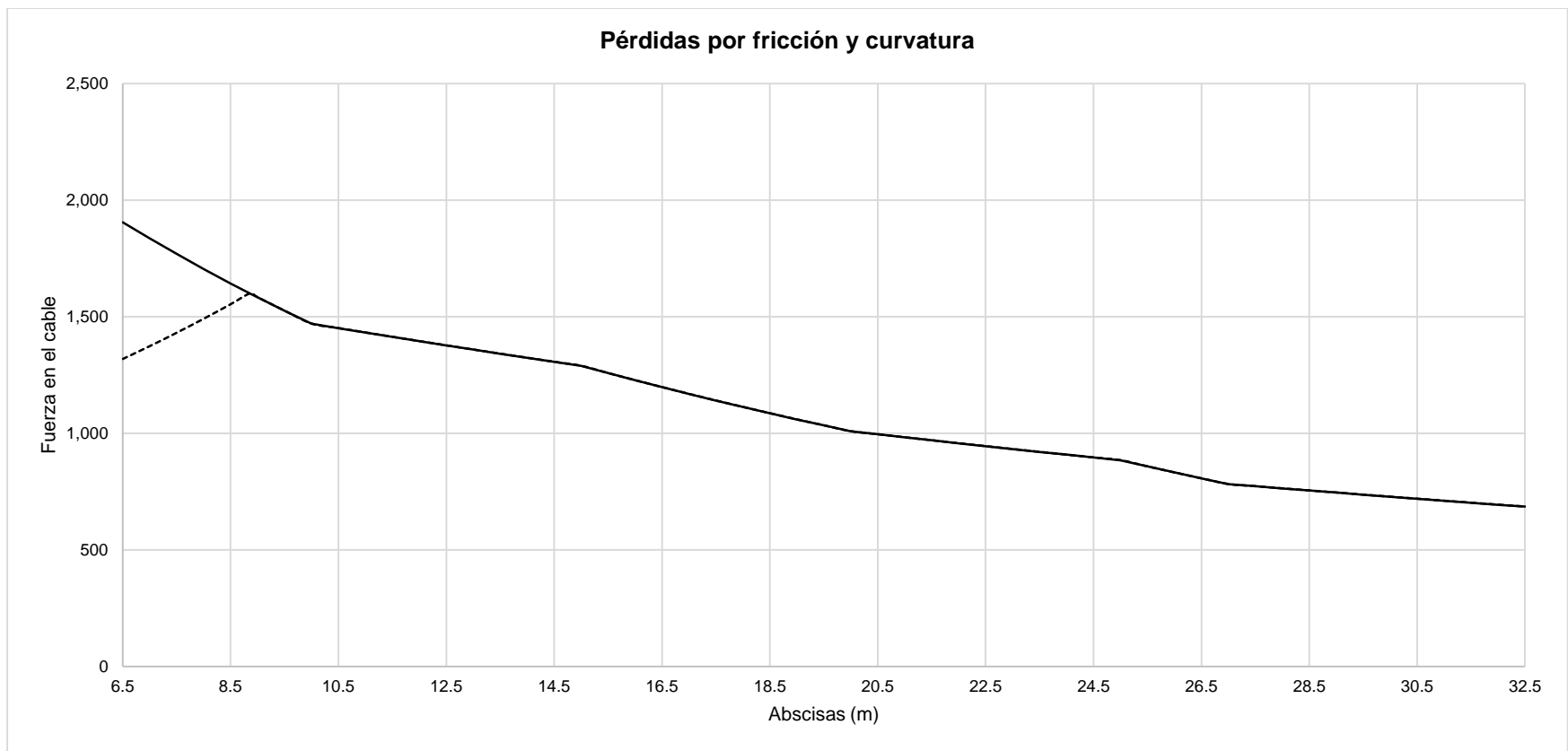


Gráfico 5. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 9 y 10

## 2.6. CABLES 11 Y 12

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y <sub>i</sub> /l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
6.50	0.75	-	0.0000	-	-	-	1,153.22	0.10	112.37	-0.48	0.14	-0.10	-0.34	-0.58
7.00	0.63	0.0015	0.0735	0.0367	0.0110	0.99	1,169.70	0.22	253.63	-0.49	0.31	-0.23	-0.18	-0.71
7.50	0.53	0.0015	0.0735	0.0367	0.0110	0.99	1,186.40	0.32	377.10	-0.49	0.46	-0.34	-0.03	-0.83
8.00	0.45	0.0015	0.0735	0.0367	0.0110	0.99	1,203.31	0.40	481.93	-0.50	0.59	-0.43	0.09	-0.93
8.50	0.38	0.0015	0.0735	0.0367	0.0110	0.99	1,220.45	0.46	567.25	-0.51	0.69	-0.51	0.19	-1.02
9.00	0.34	0.0015	0.0735	0.0367	0.0110	0.99	1,237.79	0.51	632.15	-0.51	0.77	-0.57	0.26	-1.08
9.50	0.31	0.0015	0.0735	0.0367	0.0110	0.99	1,255.35	0.54	675.70	-0.52	0.83	-0.61	0.30	-1.13
10.00	0.30	0.0015	0.0735	0.0367	0.0110	0.99	1,273.12	0.55	696.96	-0.53	0.85	-0.63	0.32	-1.16
10.50	0.31	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,290.91	0.54	694.69	-0.54	0.85	-0.62	0.31	-1.16
11.00	0.31	0.0001	0.0744	0.0017	0.0005	1.00	1,291.73	0.54	694.01	-0.54	0.85	-0.62	0.31	-1.16
11.50	0.34	0.0014	0.0744	0.0355	0.0106	0.99	1,276.22	0.51	651.18	-0.53	0.80	-0.59	0.27	-1.12
12.00	0.38	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,260.16	0.46	584.39	-0.52	0.71	-0.53	0.19	-1.05
12.50	0.45	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,244.31	0.40	496.03	-0.52	0.61	-0.45	0.09	-0.96
13.00	0.53	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,228.65	0.31	386.96	-0.51	0.47	-0.35	-0.04	-0.86
13.50	0.63	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,213.20	0.21	257.98	-0.50	0.32	-0.23	-0.19	-0.74
14.00	0.76	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,197.94	0.09	109.90	-0.50	0.13	-0.10	-0.36	-0.60
14.50	0.90	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,182.87	-0.05	56.49	-0.49	-0.07	0.05	-0.56	-0.44
15.00	1.05	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,167.99	-0.21	240.44	-0.49	-0.29	0.22	-0.78	-0.27
15.50	1.23	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	1,153.29	-0.38	441.20	-0.48	-0.54	0.40	-1.02	-0.08
16.00	1.40	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	1,125.87	-0.55	621.21	-0.47	-0.76	0.56	-1.23	0.09
16.50	1.53	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	1,099.11	-0.68	751.08	-0.46	-0.92	0.68	-1.37	0.22
17.00	1.62	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	1,072.98	-0.78	834.09	-0.45	-1.02	0.75	-1.47	0.30
17.50	1.68	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	1,047.47	-0.83	873.34	-0.43	-1.07	0.79	-1.50	0.35
18.00	1.70	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	1,022.57	-0.85	871.80	-0.42	-1.07	0.78	-1.49	0.36
18.50	1.68	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	998.26	-0.83	832.31	-0.41	-1.02	0.75	-1.43	0.33
19.00	1.62	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	974.53	-0.78	757.56	-0.40	-0.93	0.68	-1.33	0.28
19.50	1.53	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	951.36	-0.68	650.12	-0.40	-0.79	0.58	-1.19	0.19
20.00	1.40	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	928.75	-0.55	512.44	-0.39	-0.63	0.46	-1.01	0.08
20.50	1.23	0.0015	0.1504	0.0752	0.0226	0.98	906.67	-0.38	346.85	-0.38	-0.42	0.31	-0.80	-0.06
21.00	1.05	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	895.26	-0.21	184.30	-0.37	-0.23	0.17	-0.60	-0.21
21.50	0.90	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	884.00	-0.05	42.22	-0.37	-0.05	0.04	-0.42	-0.33
22.00	0.76	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	872.88	0.09	80.08	-0.36	0.10	-0.07	-0.26	-0.43
22.50	0.63	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	861.90	0.21	183.28	-0.36	0.22	-0.16	-0.13	-0.52
23.00	0.53	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	851.05	0.31	268.03	-0.35	0.33	-0.24	-0.03	-0.59
23.50	0.45	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	840.35	0.40	335.00	-0.35	0.41	-0.30	0.06	-0.65
24.00	0.38	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	829.78	0.46	384.80	-0.34	0.47	-0.35	0.13	-0.69
24.50	0.34	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	819.34	0.51	418.06	-0.34	0.51	-0.38	0.17	-0.72
25.00	0.31	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	809.03	0.54	435.37	-0.34	0.53	-0.39	0.20	-0.73
25.50	0.30	0.0015	0.0744	0.0372	0.0112	0.99	798.85	0.55	437.33	-0.33	0.53	-0.39	0.20	-0.72
26.00	0.32	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	782.90	0.53	416.42	-0.33	0.51	-0.37	0.18	-0.70
26.50	0.36	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	767.27	0.49	372.30	-0.32	0.46	-0.33	0.14	-0.65
27.00	0.44	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	751.95	0.41	306.38	-0.31	0.37	-0.28	0.06	-0.59
27.50	0.55	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	736.94	0.30	220.02	-0.31	0.27	-0.20	-0.04	-0.50
28.00	0.69	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	722.23	0.16	114.51	-0.30	0.14	-0.10	-0.16	-0.40
28.50	0.86	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	707.81	-0.01	8.89	-0.29	-0.01	0.01	-0.30	-0.29
29.00	1.04	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	698.01	-0.19	131.82	-0.29	-0.16	0.12	-0.45	-0.17
29.50	1.19	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	688.34	-0.34	237.07	-0.29	-0.29	0.21	-0.58	-0.07
30.00	1.33	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	678.81	-0.48	325.30	-0.28	-0.40	0.29	-0.68	0.01
30.50	1.44	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	669.41	-0.59	397.16	-0.28	-0.49	0.36	-0.76	0.08
31.00	1.53	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	660.14	-0.69	453.27	-0.27	-0.55	0.41	-0.83	0.13
31.50	1.61	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	651.00	-0.76	494.25	-0.27	-0.60	0.44	-0.87	0.17
32.00	1.66	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	641.98	-0.81	520.70	-0.27	-0.64	0.47	-0.90	0.20
32.50	1.69	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	633.09	-0.84	533.18	-0.26	-0.65	0.48	-0.91	0.22

Tabla 7. Pérdidas por fricción y curvatura cables 11 y 12

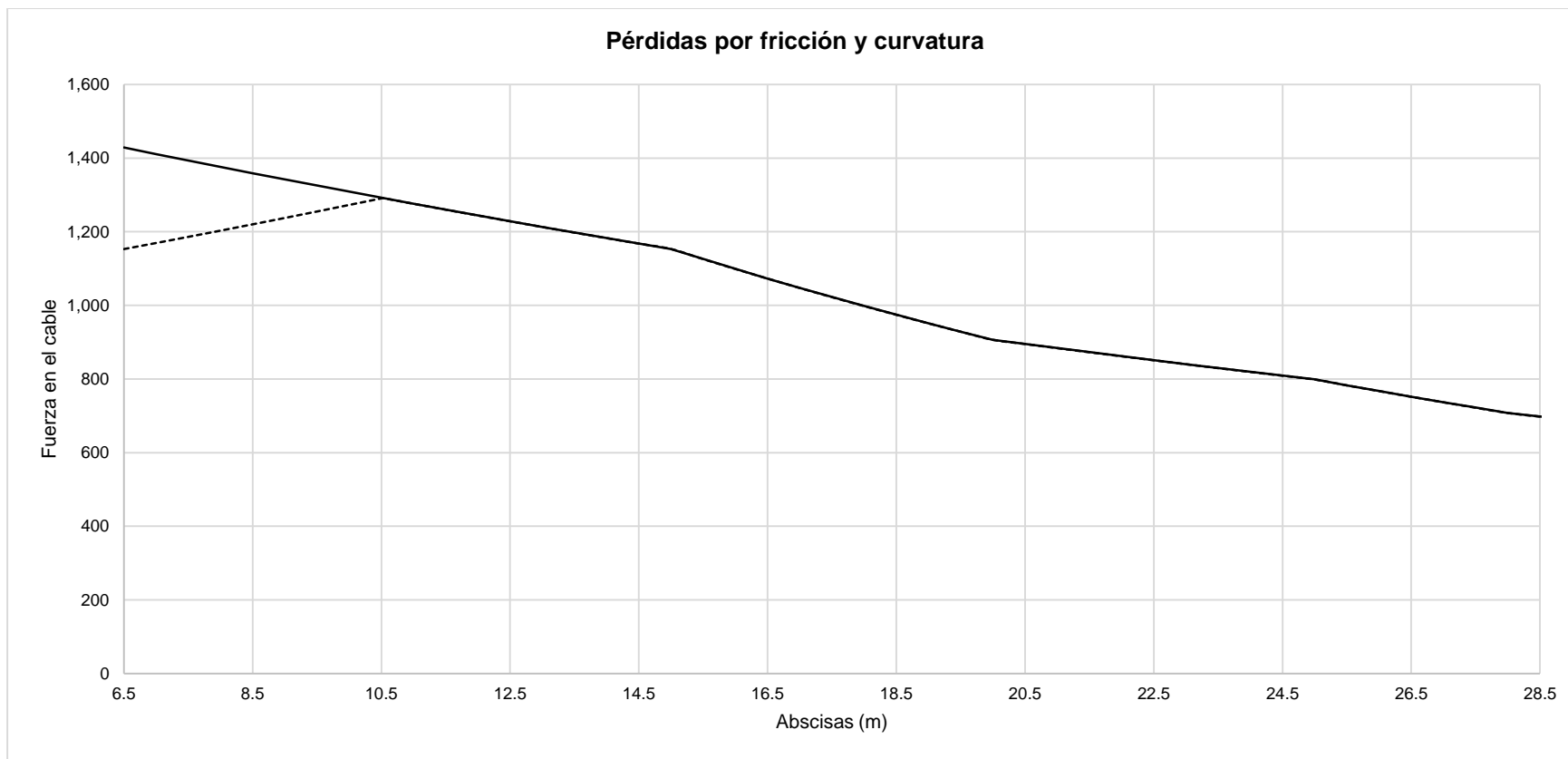


Gráfico 6. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 11 y 12

## 2.7. CABLES 13 Y 14

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
19.00	1.00	-	0.0000	-	-	-	1,217.92	-0.15	185.80	-0.51	-0.23	0.17	-0.73	-0.34
19.50	0.89	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,227.54	-0.04	50.02	-0.51	-0.06	0.04	-0.57	-0.46
20.00	0.79	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,237.24	0.06	75.88	-0.51	0.09	-0.07	-0.42	-0.58
20.50	0.69	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,247.01	0.15	191.66	-0.52	0.23	-0.17	-0.28	-0.69
21.00	0.61	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,256.86	0.24	297.04	-0.52	0.36	-0.27	-0.16	-0.79
21.50	0.54	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,266.78	0.31	391.75	-0.53	0.48	-0.35	-0.05	-0.88
22.00	0.48	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,276.78	0.37	475.53	-0.53	0.58	-0.43	0.05	-0.96
22.50	0.42	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,286.85	0.43	548.09	-0.53	0.67	-0.49	0.14	-1.03
23.00	0.38	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,296.99	0.47	609.15	-0.54	0.74	-0.55	0.21	-1.09
23.50	0.34	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,307.21	0.50	658.43	-0.54	0.81	-0.59	0.26	-1.13
24.00	0.32	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,317.50	0.53	695.64	-0.55	0.85	-0.63	0.30	-1.17
24.50	0.31	0.0008	0.0389	0.0100	0.0030	1.00	1,322.81	0.54	709.97	-0.55	0.87	-0.64	0.32	-1.19
25.00	0.30	0.0007	0.0389	0.0094	0.0028	1.00	1,318.11	0.54	715.18	-0.55	0.87	-0.64	0.33	-1.19
25.50	0.30	0.0015	0.0389	0.0194	0.0058	0.99	1,308.48	0.55	716.32	-0.54	0.88	-0.64	0.33	-1.19
26.00	0.32	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	1,282.35	0.53	682.07	-0.53	0.83	-0.61	0.30	-1.15
26.50	0.36	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	1,256.75	0.49	609.80	-0.52	0.75	-0.55	0.22	-1.07
27.00	0.44	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	1,231.66	0.41	501.83	-0.51	0.61	-0.45	0.10	-0.96
27.50	0.55	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	1,207.07	0.30	360.38	-0.50	0.44	-0.32	-0.06	-0.83
28.00	0.69	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	1,182.97	0.16	187.56	-0.49	0.23	-0.17	-0.26	-0.66
28.50	0.86	0.0015	0.1244	0.0622	0.0187	0.98	1,159.35	-0.01	14.56	-0.48	-0.02	0.01	-0.50	-0.47
29.00	1.04	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	1,143.30	-0.19	215.92	-0.47	-0.26	0.19	-0.74	-0.28
29.50	1.19	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	1,127.47	-0.34	388.31	-0.47	-0.47	0.35	-0.94	-0.12
30.00	1.33	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	1,111.85	-0.48	532.83	-0.46	-0.65	0.48	-1.11	0.02
30.50	1.44	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	1,096.46	-0.59	650.53	-0.46	-0.80	0.58	-1.25	0.13
31.00	1.53	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	1,081.27	-0.69	742.44	-0.45	-0.91	0.67	-1.36	0.22
31.50	1.61	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	1,066.30	-0.76	809.56	-0.44	-0.99	0.73	-1.43	0.29
32.00	1.66	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	1,051.54	-0.81	852.88	-0.44	-1.04	0.77	-1.48	0.33
32.50	1.69	0.0015	0.0830	0.0415	0.0124	0.99	1,036.97	-0.84	873.33	-0.43	-1.07	0.79	-1.50	0.35

Tabla 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14

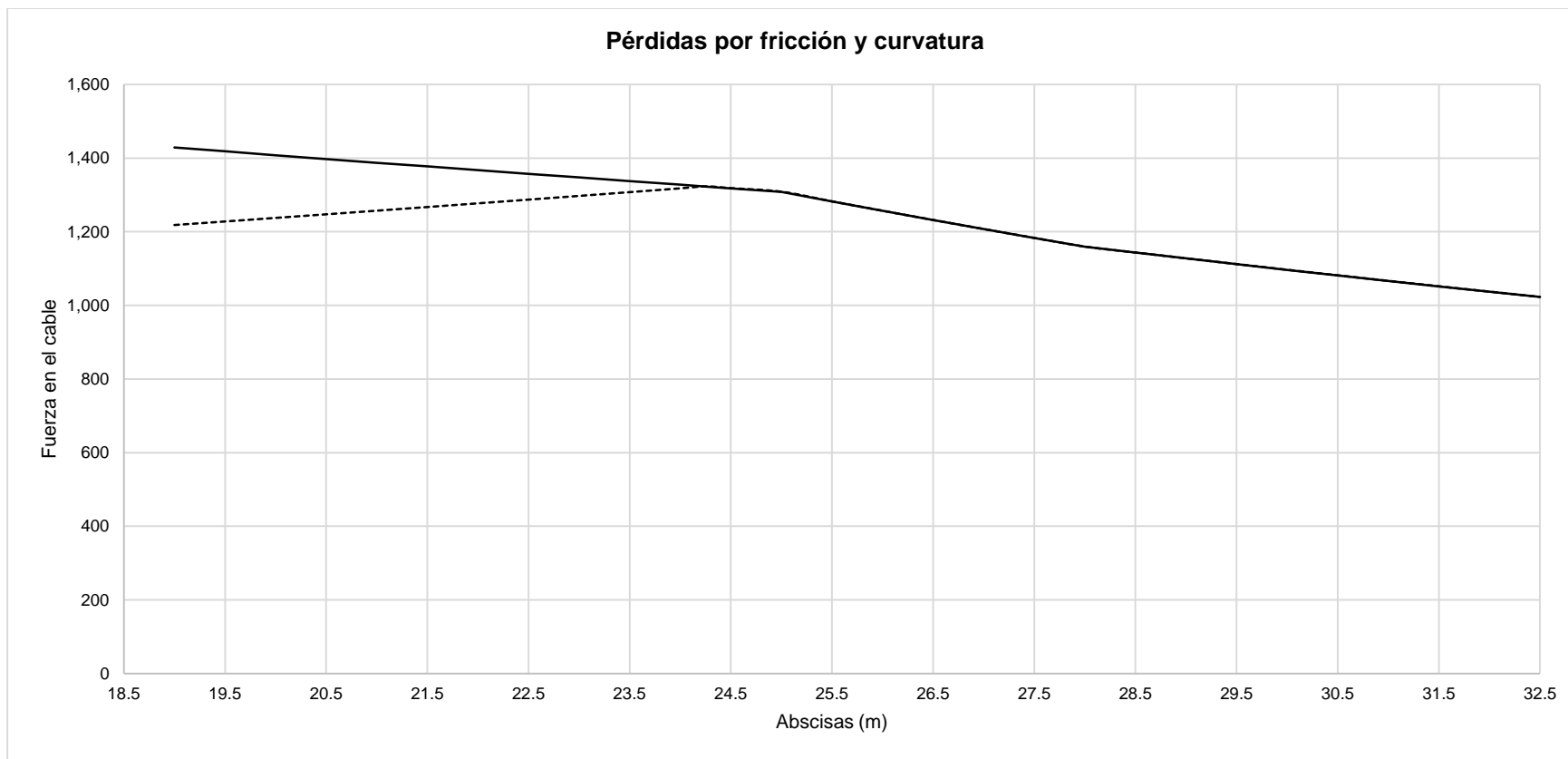


Gráfico 7. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 13 y 14

### 3. FUERZAS EN LOS CABLES LUEGO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA

ABS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(m)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)
0.0	902.6	902.6	841.6	841.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1805.3	1683.1	3488.4
1.0	946.2	946.2	882.1	882.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1892.3	1764.2	3656.5
2.0	991.8	991.8	924.6	924.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1983.5	1849.3	3832.8
3.0	1039.6	1039.6	969.2	969.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2079.1	1938.4	4017.6
4.0	1081.8	1081.8	1008.6	1008.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2163.7	2017.3	4180.9
5.0	1117.7	1117.7	1042.1	1042.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2235.5	2084.2	4319.6
6.0	1154.8	1154.8	1076.6	1076.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2309.6	2153.3	4462.9
7.0	1193.1	1193.1	1112.4	1112.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1373.3	1373.3	1169.7	1169.7	0.0	0.0	4725.6	4971.3	9696.9
8.0	1232.7	1232.7	1149.3	1149.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1490.8	1490.8	1203.3	1203.3	0.0	0.0	4872.0	5280.1	10152.0
9.0	1322.7	1322.7	1233.2	1233.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1583.3	1583.3	1237.8	1237.8	0.0	0.0	5121.0	5632.9	10754.0
10.0	1419.3	1419.3	1323.3	1323.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1470.3	1470.3	1273.1	1273.1	0.0	0.0	5384.9	5587.2	10972.1
11.0	1474.0	1474.0	1424.9	1424.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1432.2	1432.2	1276.2	1276.2	0.0	0.0	5500.4	5714.2	11214.7
12.0	1501.3	1501.3	1341.7	1341.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1395.0	1395.0	1244.3	1244.3	0.0	0.0	5491.2	5473.5	10964.6
13.0	1442.1	1442.1	1236.0	1236.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1358.8	1358.8	1213.2	1213.2	0.0	0.0	5310.7	5189.6	10500.3
14.0	1385.3	1385.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1323.6	1323.6	1182.9	1182.9	0.0	0.0	5136.3	2647.2	7783.5
15.0	1330.8	1330.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1289.3	1289.3	1153.3	1153.3	0.0	0.0	4968.1	2578.5	7546.7
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1227.5	1227.5	1099.1	1099.1	0.0	0.0	2198.2	2455.0	4653.3
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1168.7	1168.7	1047.5	1047.5	0.0	0.0	2094.9	2337.5	4432.4
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1112.7	1112.7	998.3	998.3	0.0	0.0	1996.5	2225.5	4222.0
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2152.2	2152.2	0.0	0.0	1059.5	1059.5	951.4	951.4	1217.9	1217.9	4338.6	6423.3	10761.9
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2205.1	2205.1	1901.5	1901.5	1008.7	1008.7	906.7	906.7	1237.2	1237.2	4287.8	10230.7	14518.5
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2259.5	2259.5	1978.7	1978.7	982.5	982.5	884.0	884.0	1256.9	1256.9	4281.7	10441.5	14723.2
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2315.1	2315.1	2059.3	2059.3	957.1	957.1	861.9	861.9	1276.8	1276.8	4277.4	10662.9	14940.3
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2300.0	2300.0	2143.1	2143.1	932.2	932.2	840.3	840.3	1297.0	1297.0	4274.7	10750.6	15025.3
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2246.4	2246.4	2088.2	2088.2	908.1	908.1	819.3	819.3	1317.5	1317.5	4273.7	10485.2	14758.9
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2194.0	2194.0	2010.7	2010.7	884.5	884.5	798.9	798.9	1308.5	1308.5	4214.7	10178.5	14393.1
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2063.1	2063.1	1890.8	1890.8	831.7	831.7	767.3	767.3	1256.8	1256.8	4048.0	9571.4	13619.4
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1940.1	1940.1	1778.0	1778.0	782.1	782.1	736.9	736.9	1207.1	1207.1	3888.0	9000.5	12888.5
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1894.0	1894.0	1735.8	1735.8	763.6	763.6	707.8	707.8	1159.4	1159.4	3734.3	8786.8	12521.1
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1849.1	1849.1	1694.6	1694.6	745.4	745.4	688.3	688.3	1127.5	1127.5	3631.6	8578.2	12209.8
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1805.2	1805.2	1654.4	1654.4	727.7	727.7	669.4	669.4	1096.5	1096.5	3531.7	8374.6	11906.3
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1762.3	1762.3	1615.1	1615.1	710.5	710.5	651.0	651.0	1066.3	1066.3	3434.6	8175.8	11610.4
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1720.5	1720.5	1576.8	1576.8	693.6	693.6	633.1	633.1	1037.0	1037.0	3340.1	7981.7	11321.8
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1699.9	1699.9	1557.9	1557.9	685.3	685.3	624.3	624.3	1022.6	1022.6	3293.9	7886.4	11180.3

Tabla 9. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14

#### 4. MOMENTOS PRODUCIDOS POR EL PRESFUERZO

ABS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	Pi (kN)
0.0	-136.4	-136.4	-127.5	-127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-272.8	-255.0	-527.8
1.0	-556.3	-556.3	-520.0	-520.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1112.7	-1040.0	-2152.6
2.0	-872.3	-872.3	-815.2	-815.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1744.7	-1630.5	-3375.2
3.0	-1066.3	-1066.3	-996.4	-996.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2132.5	-1992.7	-4125.2
4.0	-1116.4	-1116.4	-1043.1	-1043.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2232.9	-2086.3	-4319.2
5.0	-1044.2	-1044.2	-975.6	-975.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2088.4	-1951.2	-4039.6
6.0	-852.7	-852.7	-796.6	-796.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1705.4	-1593.2	-3298.6
7.0	-530.2	-530.2	-495.3	-495.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-912.9	-912.9	252.0	252.0	0.0	0.0	-556.5	-2816.4	-3372.8
8.0	-64.3	-64.3	-60.1	-60.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-112.8	-112.8	478.9	478.9	0.0	0.0	829.1	-345.9	483.2
9.0	374.5	374.5	349.7	349.7	0.0	0.0	0.0	0.0	440.1	440.1	628.3	628.3	0.0	0.0	2005.4	1579.6	3585.0
10.0	560.7	560.7	523.6	523.6	0.0	0.0	0.0	0.0	581.8	581.8	692.8	692.8	0.0	0.0	2507.0	2210.8	4717.8
11.0	497.4	497.4	396.0	396.0	0.0	0.0	0.0	0.0	511.3	511.3	647.3	647.3	0.0	0.0	2289.5	1814.7	4104.2
12.0	247.0	247.0	-101.6	-101.6	0.0	0.0	0.0	0.0	336.4	336.4	493.0	493.0	0.0	0.0	1479.9	469.6	1949.5
13.0	-178.6	-178.6	-821.6	-821.6	0.0	0.0	0.0	0.0	65.2	65.2	256.4	256.4	0.0	0.0	155.6	-1512.7	-1357.1
14.0	-730.4	-730.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-294.2	-294.2	-56.1	-56.1	0.0	0.0	-1573.1	-588.4	-2161.5
15.0	-1391.7	-1391.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-734.5	-734.5	-438.3	-438.3	0.0	0.0	-3660.0	-1469.0	-5128.9
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1074.2	-1074.2	-745.9	-745.9	0.0	0.0	-1491.8	-2148.5	-3640.2
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1201.0	-1201.0	-867.0	-867.0	0.0	0.0	-1734.0	-2402.1	-4136.1
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1143.2	-1143.2	-826.0	-826.0	0.0	0.0	-1651.9	-2286.4	-3938.3
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1797.2	-1797.2	0.0	0.0	-926.4	-926.4	-644.9	-644.9	-184.6	-184.6	-1659.1	-5447.1	-7106.2
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1012.0	-1012.0	-1993.3	-1993.3	-573.8	-573.8	-343.9	-343.9	75.4	75.4	-537.0	-7158.3	-7695.3
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-341.5	-341.5	-1045.7	-1045.7	-218.0	-218.0	-41.9	-41.9	295.2	295.2	506.8	-3210.5	-2703.7
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	204.4	204.4	-255.5	-255.5	45.9	45.9	181.7	181.7	472.7	472.7	1308.7	-10.6	1298.1
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	596.4	596.4	353.3	353.3	224.3	224.3	332.0	332.0	605.6	605.6	1875.1	2347.8	4222.9
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	812.9	812.9	706.2	706.2	323.4	323.4	414.2	414.2	691.6	691.6	2211.6	3684.9	5896.5
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	868.9	868.9	796.1	796.1	349.0	349.0	433.2	433.2	712.1	712.1	2290.6	4027.9	6318.5
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	616.5	616.5	564.8	564.8	247.5	247.5	368.6	368.6	606.1	606.1	1949.4	2857.7	4807.1
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	14.4	13.2	13.2	5.8	5.8	217.7	217.7	358.1	358.1	1151.7	66.7	1218.4
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-646.9	-646.9	-592.7	-592.7	-259.7	-259.7	-8.8	-8.8	-14.5	-14.5	-46.5	-2998.6	-3045.1
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1147.7	-1147.7	-1051.4	-1051.4	-460.6	-460.6	-234.4	-234.4	-385.7	-385.7	-1240.3	-5319.4	-6559.7
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1498.2	-1498.2	-1372.5	-1372.5	-601.2	-601.2	-392.6	-392.6	-646.0	-646.0	-2077.3	-6944.0	-9021.3
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1708.5	-1708.5	-1565.1	-1565.1	-685.5	-685.5	-488.5	-488.5	-803.8	-803.8	-2584.5	-7918.1	-10502.6
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1787.8	-1787.8	-1637.7	-1637.7	-717.2	-717.2	-526.8	-526.8	-866.9	-866.9	-2787.4	-8285.4	-11072.8
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-1781.1	-1781.1	-1631.7	-1631.7	-714.5	-714.5	-525.8	-525.8	-865.3	-865.3	-2782.2	-8254.7	-11036.9

Tabla 10. Momentos producidos por el presfuerzo

## 5. PÉRDIDAS POR ACORTAMIENTO ELÁSTICO

### 5.1. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 1

$M_{max}$ (kN·m)	909.40	Momento máximo actuante (por cargas de peso propio)
$y_t$ (m)	1.15	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra superior
$y_b$ (m)	0.85	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra inferior
A (m <sup>2</sup> )	2.41	Área de la sección transversal
I (m <sup>4</sup> )	0.94	Momento de inercia o segundo momento de área de la sección
$d_c$ (m)	0.38	Distancia medida desde la fibra inferior del concreto hasta el centroide del cable en la zona de máximo momento
$P_1$ (kN)	4,214.65	Fuerza de tensionamiento en la etapa 1 (luego de considerar pérdidas por fricción y curvatura)
e (m)	0.47	Distancia medida desde el eje neutro de la sección al centroide del cable en el centro de la luz
$P \cdot e$ (kN·m)	1,991.18	Momento causado por la fuerza de tensionamiento y la excentricidad del cable con respecto al E.N.
$P/A$ (MPa)	-1.75	Fuerza de compresión causada por la fuerza axial del presfuerzo
$P \cdot e \cdot e/I$ (MPa)	-1.00	Esfuerzo de compresión la zona de máximo momento a nivel del c.g. del cable, por el momento del presfuerzo
$f_{cis}$ (MPa)	-2.75	Esfuerzo de compresión a causa del tensionamiento medido en el c.g. del cable en la zona de máximo momento
$f_{b1}$ (MPa)	0.82	Esfuerzo de tracción causado por las cargas de peso propio de la viga en la fibra inferior de la sección
$f_{cim}$ (MPa)	0.46	Esfuerzo causado por cargas de peso propio, en el centro de gravedad del cable
$f_{cgp}$ (MPa)	-2.29	Esfuerzos en el centro de gravedad del cable en la zona de máximo momento

### 5.2. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 2

$M_{max}$ (kN·m)	10,288.71	Momento máximo actuante (por cargas muertas totales)
$y_t$ (m)	1.15	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra superior
$y_b$ (m)	0.85	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra inferior
A (cm <sup>2</sup> )	2.41	Área de la sección transversal
I (cm <sup>4</sup> )	0.94	Momento de inercia o segundo momento de área de la sección
$d_c$ (cm)	0.38	Distancia medida desde la fibra inferior del concreto hasta el centroide del cable en el centro de la luz
$P_2$ (kN)	10,178.47	Fuerza de tensionamiento en la etapa 2 (luego de considerar pérdidas por fricción y curvatura)
e (cm)	0.47	Distancia medida desde el eje neutro de la sección al centroide del cable en el centro de la luz
$P \cdot e$ (kN·m)	4,808.75	Momento causado por la fuerza de tensionamiento y la excentricidad del cable con respecto al E.N.
$P/A$ (MPa)	-4.23	Fuerza de compresión causada por el presfuerzo
$P \cdot e \cdot e/I$ (MPa)	-2.41	Esfuerzo de compresión en el centro de la luz a nivel del c.g. del cable, por el momento del presfuerzo
$f_{cis}$ (MPa)	-6.64	Esfuerzo de compresión a causa del tensionamiento medido en el c.g. del cable en el centro de la luz
$f_{b2}$ (MPa)	9.25	Esfuerzo causado por las cargas muertas posteriores
$f_{cim}$ (MPa)	5.16	Esfuerzo causado por la carga muerta total, en el centro de gravedad del cable
$f_{cgp}$ (MPa)	-1.48	Esfuerzos en el centro de gravedad del cable en la zona de máximo momento



## 6. FUERZAS EN LOS CABLES DESPUES DE PÉRDIDAS INICIALES

ABS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(cm)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)
0.0	894.1	894.1	835.7	835.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1788.1	1671.5	3459.6
1.0	937.6	937.6	876.3	876.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1875.2	1752.6	3627.8
2.0	983.2	983.2	918.8	918.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1966.4	1837.7	3804.1
3.0	1031.0	1031.0	963.4	963.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2062.0	1926.8	3988.8
4.0	1073.3	1073.3	1002.8	1002.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2146.5	2005.6	4152.2
5.0	1109.2	1109.2	1036.3	1036.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2218.3	2072.6	4290.9
6.0	1146.2	1146.2	1070.8	1070.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2292.5	2141.7	4434.1
7.0	1184.5	1184.5	1106.5	1106.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1366.8	1366.8	1162.1	1162.1	0.0	0.0	4693.2	4946.8	9640.0
8.0	1224.1	1224.1	1143.4	1143.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1484.3	1484.3	1195.7	1195.7	0.0	0.0	4839.6	5255.5	10095.1
9.0	1314.1	1314.1	1227.4	1227.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1576.8	1576.8	1230.2	1230.2	0.0	0.0	5088.6	5608.4	10697.1
10.0	1410.8	1410.8	1317.5	1317.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1463.9	1463.9	1265.5	1265.5	0.0	0.0	5352.5	5562.6	10915.2
11.0	1465.4	1465.4	1419.1	1419.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1425.7	1425.7	1268.6	1268.6	0.0	0.0	5468.1	5689.7	11157.8
12.0	1492.7	1492.7	1335.9	1335.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1388.6	1388.6	1236.7	1236.7	0.0	0.0	5458.8	5448.9	10907.7
13.0	1433.6	1433.6	1230.2	1230.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1352.4	1352.4	1205.6	1205.6	0.0	0.0	5278.3	5165.1	10443.4
14.0	1376.7	1376.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1317.1	1317.1	1175.2	1175.2	0.0	0.0	5103.9	2634.3	7738.2
15.0	1322.2	1322.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1282.8	1282.8	1145.7	1145.7	0.0	0.0	4935.7	2565.6	7501.4
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1221.1	1221.1	1091.5	1091.5	0.0	0.0	2183.0	2442.1	4625.1
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1162.3	1162.3	1039.9	1039.9	0.0	0.0	2079.7	2324.5	4404.2
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1106.3	1106.3	990.6	990.6	0.0	0.0	1981.3	2212.6	4193.9
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2144.5	2144.5	0.0	0.0	1053.0	1053.0	943.7	943.7	1210.3	1210.3	4308.1	6394.9	10703.0
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2197.4	2197.4	1893.7	1893.7	1002.3	1002.3	899.0	899.0	1229.6	1229.6	4257.3	10186.8	14444.2
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2251.7	2251.7	1971.0	1971.0	976.1	976.1	876.4	876.4	1249.2	1249.2	4251.2	10397.6	14648.8
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2307.4	2307.4	2051.5	2051.5	950.6	950.6	854.3	854.3	1269.2	1269.2	4246.9	10619.0	14865.9
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2292.3	2292.3	2135.3	2135.3	925.8	925.8	832.7	832.7	1289.4	1289.4	4244.2	10706.7	14950.9
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2238.6	2238.6	2080.4	2080.4	901.6	901.6	811.7	811.7	1309.9	1309.9	4243.2	10441.4	14684.6
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2186.3	2186.3	2003.0	2003.0	878.1	878.1	791.2	791.2	1300.9	1300.9	4184.2	10134.6	14318.8
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2055.4	2055.4	1883.0	1883.0	825.3	825.3	759.7	759.7	1249.1	1249.1	4017.6	9527.5	13545.0
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1932.3	1932.3	1770.3	1770.3	775.7	775.7	729.3	729.3	1199.5	1199.5	3857.6	8956.6	12814.1
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1886.3	1886.3	1728.1	1728.1	757.1	757.1	700.2	700.2	1151.7	1151.7	3703.9	8742.9	12446.8
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1841.3	1841.3	1686.8	1686.8	739.0	739.0	680.7	680.7	1119.9	1119.9	3601.2	8534.3	12135.5
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1797.4	1797.4	1646.6	1646.6	721.3	721.3	661.8	661.8	1088.8	1088.8	3501.3	8330.7	11831.9
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1754.6	1754.6	1607.3	1607.3	704.0	704.0	643.4	643.4	1058.7	1058.7	3404.1	8131.9	11536.0
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1712.7	1712.7	1569.0	1569.0	687.2	687.2	625.5	625.5	1029.4	1029.4	3309.7	7937.8	11247.5
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1692.2	1692.2	1550.2	1550.2	678.9	678.9	616.7	616.7	1015.0	1015.0	3263.4	7842.5	11105.9
P <sub>max</sub> (kN)	1493.6	1493.6	1419.1	1419.1	2319.6	2319.6	2135.3	2135.3	1576.8	1576.8	1283.3	1283.3	1310.5	1310.5	-	-	-
P <sub>max</sub> /A <sub>s</sub> (MPa)	1185.4	1185.4	1126.3	1126.3	1380.7	1380.7	1271.0	1271.0	1126.3	1126.3	1145.8	1145.8	1170.1	1170.1	-	-	-

Tabla 11. Fuerzas en los cables luego de pérdidas iniciales

## 7. PÉRDIDAS A LARGO PLAZO

Tipo relajación	Baja relajación	Tipo de relajación del acero
$f'_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	35.00	Resistencia a la compresión del concreto el día que se realizó el tensionamiento
$f_{py}$ (MPa)	1,700.00	Esfuerzo de fluencia del acero
$A_{ps}$ (mm <sup>2</sup> )	19,040.00	Área de acero de presfuerzo
$A_g$ (mm <sup>2</sup> )	2,408,210.49	Área de la sección bruta (sin la losa)
$P_0$ (kN)	14,393.13	Fuerzas en el cable después de pérdidas por fricción y curvatura
$f_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	755.94	Esfuerzo del acero de presfuerzo inmediatamente antes de la transferencia
H (%)	80.00	Humedad promedio anual, según 5.9.5.3
$\gamma_h$	0.90	Factor de corrección para humedad relativa del ambiente, según 5.9.5.3
$\gamma_{ST}$	0.972	Factor de corrección de la resistencia del concreto en el instante de la transferencia del presfuerzo
CRc (N/mm <sup>2</sup> )	7.58	Pérdidas debidas CREEP
SH (N/mm <sup>2</sup> )	72.63	Pérdidas por humedad y retracción del fraguado SHRINKAGE
$\Delta f_{pR}$ (N/mm <sup>2</sup> )	16.00	Aproximación de la pérdida por relajación (simplificado)
$K_L$	30.00	Coefficiente para el cálculo de las pérdidas por relajamiento del acero, usando el método refinado
$\Delta f_{pLT}$ (N/mm <sup>2</sup> )	96.21	Pérdidas de presfuerzo de largo plazo

La siguiente tabla muestra el valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas por fricción y curvatura:

	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	$\Delta f_{pLT}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\Delta LP$ (kN)
Cable 1	1260.00	96.21	121.22
Cable 2	1260.00	96.21	121.22
Cable 3	1260.00	96.21	121.22
Cable 4	1260.00	96.21	121.22
Cable 5	1680.00	96.21	161.63
Cable 6	1680.00	96.21	161.63
Cable 7	1680.00	96.21	161.63
Cable 8	1680.00	96.21	161.63
Cable 9	1400.00	96.21	134.69
Cable 10	1400.00	96.21	134.69
Cable 11	1120.00	96.21	107.75
Cable 12	1120.00	96.21	107.75
Cable 13	1120.00	96.21	107.75
Cable 14	1120.00	96.21	107.75
TOTALES	19,040.00	1,346.91	1,831.80

Tabla 12. Fuerza que pierde cada cable por pérdidas a largo plazo

### 7.1. FUERZA QUE PIERDE EL CABLE

ABSCISA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
(m)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$P_0$ (kN)
0.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	484.9
1.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	484.9
2.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	484.9
3.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	484.9
4.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	484.9
5.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	484.9
6.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	484.9
7.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	969.8
8.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	969.8
9.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	969.8
10.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	969.8
11.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	969.8
12.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	969.8
13.0	121.2	121.2	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	969.8
14.0	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	727.3
15.0	121.2	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	727.3
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	484.9
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	484.9
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	0.0	0.0	484.9
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	0.0	0.0	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1023.7
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	161.6	161.6	161.6	161.6	134.7	134.7	107.8	107.8	107.8	107.8	1346.9

Tabla 13. Valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas a largo plazo

## 7.2. MOMENTOS

ABS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(cm)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)
0.0	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-37.0	-37.0	-74.0
1.0	-71.9	-71.9	-71.9	-71.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-143.9	-143.9	-287.7
2.0	-107.6	-107.6	-107.6	-107.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-215.1	-215.1	-430.2
3.0	-125.4	-125.4	-125.4	-125.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-250.7	-250.7	-501.5
4.0	-126.1	-126.1	-126.1	-126.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-252.2	-252.2	-504.4
5.0	-114.1	-114.1	-114.1	-114.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-228.2	-228.2	-456.5
6.0	-90.2	-90.2	-90.2	-90.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-180.4	-180.4	-360.7
7.0	-54.3	-54.3	-54.3	-54.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-90.0	-90.0	23.4	23.4	0.0	0.0	-61.8	-288.4	-350.2
8.0	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.2	-10.2	43.2	43.2	0.0	0.0	73.6	-33.2	40.3
9.0	34.5	34.5	34.5	34.5	0.0	0.0	0.0	0.0	37.6	37.6	55.0	55.0	0.0	0.0	179.1	144.3	323.4
10.0	48.2	48.2	48.2	48.2	0.0	0.0	0.0	0.0	53.5	53.5	59.0	59.0	0.0	0.0	214.3	203.4	417.8
11.0	41.1	41.1	33.8	33.8	0.0	0.0	0.0	0.0	48.3	48.3	55.0	55.0	0.0	0.0	192.3	164.3	356.5
12.0	20.1	20.1	-9.2	-9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	32.6	32.6	43.0	43.0	0.0	0.0	126.0	46.8	172.8
13.0	-15.1	-15.1	-81.0	-81.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	6.5	22.9	22.9	0.0	0.0	15.6	-148.9	-133.3
14.0	-64.3	-64.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-30.1	-30.1	-5.1	-5.1	0.0	0.0	-138.9	-60.2	-199.1
15.0	-127.6	-127.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-77.1	-77.1	-41.2	-41.2	0.0	0.0	-337.6	-154.2	-491.9
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-118.5	-118.5	-73.6	-73.6	0.0	0.0	-147.3	-237.0	-384.3
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-139.2	-139.2	-89.8	-89.8	0.0	0.0	-179.7	-278.4	-458.0
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-139.2	-139.2	-89.8	-89.8	0.0	0.0	-179.7	-278.4	-458.0
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-135.5	-135.5	0.0	0.0	-118.5	-118.5	-73.6	-73.6	-16.4	-16.4	-180.1	-507.9	-688.0
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-74.4	-74.4	-170.1	-170.1	-77.1	-77.1	-41.2	-41.2	6.6	6.6	-69.2	-643.4	-712.6
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-24.5	-24.5	-85.8	-85.8	-30.1	-30.1	-5.1	-5.1	25.5	25.5	40.6	-280.7	-240.1
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	14.3	-20.1	-20.1	6.5	6.5	22.9	22.9	40.1	40.1	126.1	1.4	127.5
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.1	42.1	26.7	26.7	32.6	32.6	43.0	43.0	50.6	50.6	187.1	202.8	390.0
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.7	58.7	54.9	54.9	48.3	48.3	55.0	55.0	56.9	56.9	223.7	323.7	547.5
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.2	64.2	64.2	64.2	53.5	53.5	59.0	59.0	59.0	59.0	236.0	364.0	600.0
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.5	48.5	48.5	48.5	40.4	40.4	52.3	52.3	52.3	52.3	209.1	274.7	483.9
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	32.2	32.2	32.2	32.2	128.7	6.8	135.5
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-55.4	-55.4	-55.4	-55.4	-46.2	-46.2	-1.4	-1.4	-1.4	-1.4	-5.4	-314.1	-319.5
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-100.7	-100.7	-100.7	-100.7	-84.0	-84.0	-37.1	-37.1	-37.1	-37.1	-148.4	-570.9	-719.3
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-134.7	-134.7	-134.7	-134.7	-112.3	-112.3	-63.9	-63.9	-63.9	-63.9	-255.7	-763.4	-1019.2
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-157.4	-157.4	-157.4	-157.4	-131.2	-131.2	-81.8	-81.8	-81.8	-81.8	-327.2	-891.8	-1219.1
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-168.7	-168.7	-168.7	-168.7	-140.6	-140.6	-90.7	-90.7	-90.7	-90.7	-363.0	-956.0	-1319.0
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-170.1	-170.1	-170.1	-170.1	-141.8	-141.8	-91.9	-91.9	-91.9	-91.9	-367.5	-964.0	-1331.5

Tabla 14. Valor de los momentos producidos por las pérdidas a largo plazo

## 8. FUERZAS EFECTIVAS EN LOS CABLES

ABS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(cm)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)
0.0	772.8	772.8	714.5	714.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1545.7	1429.0	2974.7
1.0	816.4	816.4	755.1	755.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1632.7	1510.2	3142.9
2.0	862.0	862.0	797.6	797.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1723.9	1595.2	3319.2
3.0	909.8	909.8	842.2	842.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1819.6	1684.4	3503.9
4.0	952.1	952.1	881.6	881.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1904.1	1763.2	3667.3
5.0	987.9	987.9	915.1	915.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1975.9	1830.1	3806.0
6.0	1025.0	1025.0	949.6	949.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2050.0	1899.2	3949.2
7.0	1063.3	1063.3	985.3	985.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1245.6	1245.6	1040.9	1040.9	0.0	0.0	4208.3	4461.9	8670.2
8.0	1102.9	1102.9	1022.2	1022.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1363.1	1363.1	1074.5	1074.5	0.0	0.0	4354.7	4770.6	9125.4
9.0	1192.9	1192.9	1106.2	1106.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1455.6	1455.6	1109.0	1109.0	0.0	0.0	4603.8	5123.5	9727.3
10.0	1289.5	1289.5	1196.2	1196.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1342.6	1342.6	1144.3	1144.3	0.0	0.0	4867.6	5077.8	9945.4
11.0	1344.2	1344.2	1297.9	1297.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1304.5	1304.5	1147.4	1147.4	0.0	0.0	4983.2	5204.8	10188.0
12.0	1371.5	1371.5	1214.7	1214.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1267.3	1267.3	1115.5	1115.5	0.0	0.0	4973.9	4964.0	9938.0
13.0	1312.4	1312.4	1108.9	1108.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1231.2	1231.2	1084.4	1084.4	0.0	0.0	4793.4	4680.2	9473.6
14.0	1255.5	1255.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1195.9	1195.9	1054.0	1054.0	0.0	0.0	4619.0	2391.8	7010.9
15.0	1201.0	1201.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1161.6	1161.6	1024.5	1024.5	0.0	0.0	4450.9	2323.2	6774.0
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1099.8	1099.8	970.3	970.3	0.0	0.0	1940.5	2199.7	4140.2
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1041.0	1041.0	918.6	918.6	0.0	0.0	1837.3	2082.1	3919.4
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	985.1	985.1	869.4	869.4	0.0	0.0	1738.8	1970.1	3709.0
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2023.2	2023.2	0.0	0.0	931.8	931.8	822.5	822.5	1089.1	1089.1	3823.2	5910.0	9733.2
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2076.2	2076.2	1772.5	1772.5	881.0	881.0	777.8	777.8	1108.4	1108.4	3772.5	9459.5	13231.9
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2130.5	2130.5	1849.7	1849.7	854.9	854.9	755.2	755.2	1128.0	1128.0	3766.4	9670.2	13436.6
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2186.2	2186.2	1930.3	1930.3	829.4	829.4	733.1	733.1	1147.9	1147.9	3762.0	9891.7	13653.7
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2171.0	2171.0	2014.1	2014.1	804.6	804.6	711.5	711.5	1168.2	1168.2	3759.3	9979.4	13738.7
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2117.4	2117.4	1959.2	1959.2	780.4	780.4	690.5	690.5	1188.7	1188.7	3758.3	9714.0	13472.3
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2065.0	2065.0	1881.7	1881.7	756.8	756.8	670.0	670.0	1179.6	1179.6	3699.3	9407.2	13106.5
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1934.2	1934.2	1761.8	1761.8	704.1	704.1	638.4	638.4	1127.9	1127.9	3532.7	8800.1	12332.8
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1811.1	1811.1	1649.0	1649.0	654.5	654.5	608.1	608.1	1078.2	1078.2	3372.7	8229.2	11601.9
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1765.1	1765.1	1606.8	1606.8	635.9	635.9	579.0	579.0	1030.5	1030.5	3219.0	8015.6	11234.5
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1720.1	1720.1	1565.6	1565.6	617.8	617.8	559.5	559.5	998.6	998.6	3116.3	7807.0	10923.2
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1676.2	1676.2	1525.4	1525.4	600.1	600.1	540.6	540.6	967.6	967.6	3016.4	7603.3	10619.7
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1633.4	1633.4	1486.1	1486.1	582.8	582.8	522.2	522.2	937.5	937.5	2919.2	7404.5	10323.8
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1591.5	1591.5	1447.8	1447.8	565.9	565.9	504.3	504.3	908.1	908.1	2824.8	7210.5	10035.2
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1571.0	1571.0	1429.0	1429.0	557.6	557.6	495.5	495.5	893.8	893.8	2778.5	7115.2	9893.7
P <sub>max cable</sub> (kN)	1372.3	1372.3	1297.9	1297.9	2198.3	2198.3	2014.1	2014.1	1455.6	1455.6	1162.1	1162.1	1189.3	1189.3	-	-	-
P/A <sub>s</sub> (MPa)	1089.2	1089.2	1030.1	1030.1	1308.5	1308.5	1198.9	1198.9	1039.7	1039.7	1037.6	1037.6	1061.8	1061.8	-	-	-

Tabla 15. Fuerzas efectivas en los cables

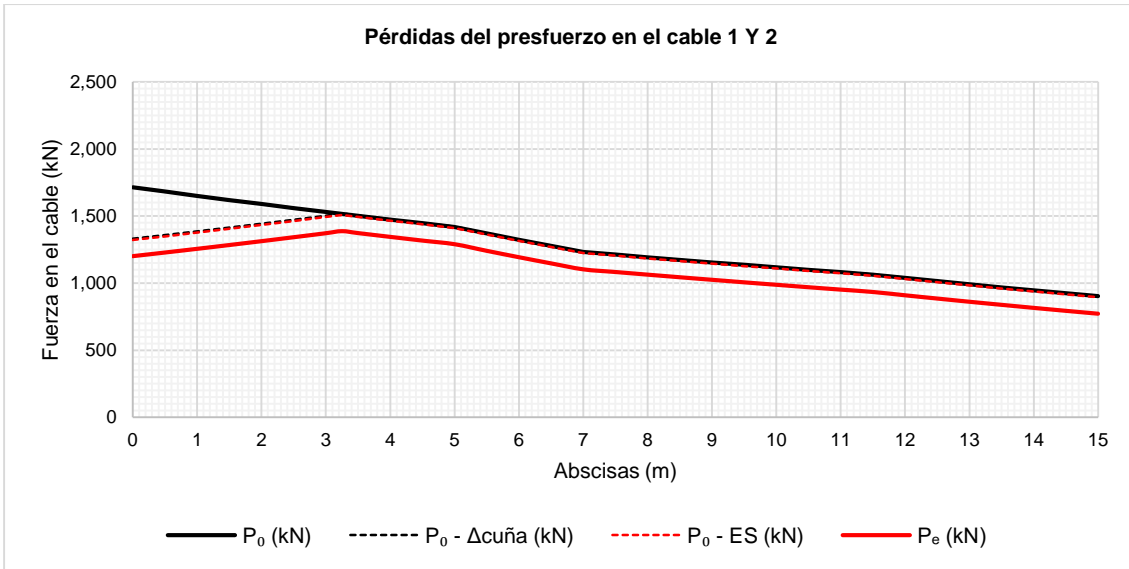


Gráfico 8. Fuerza efectiva en los cables 1 y 2

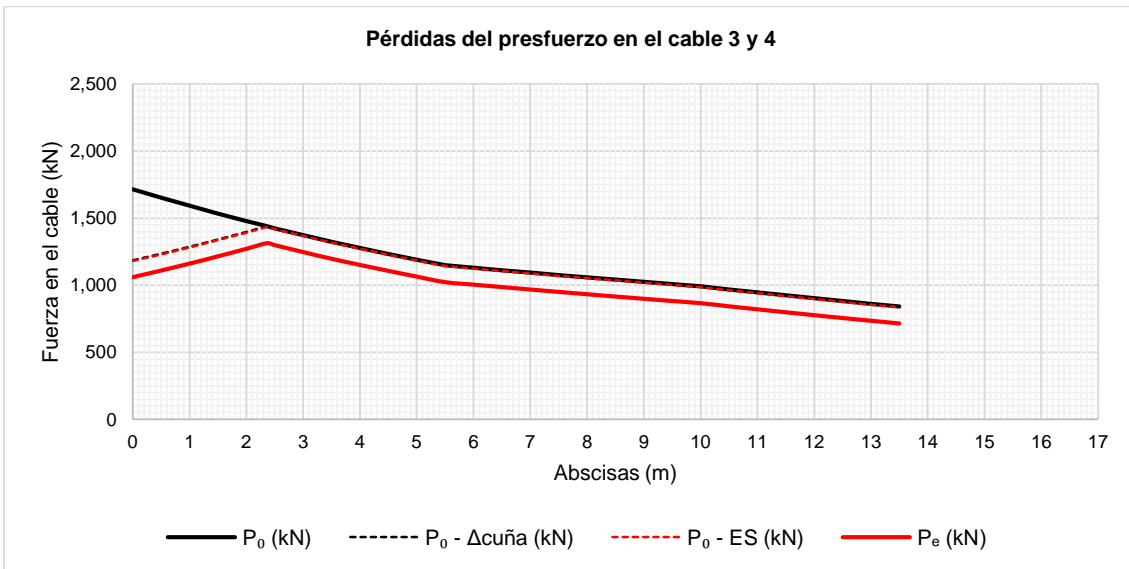


Gráfico 9. Fuerza efectiva en los cables 3 y 4

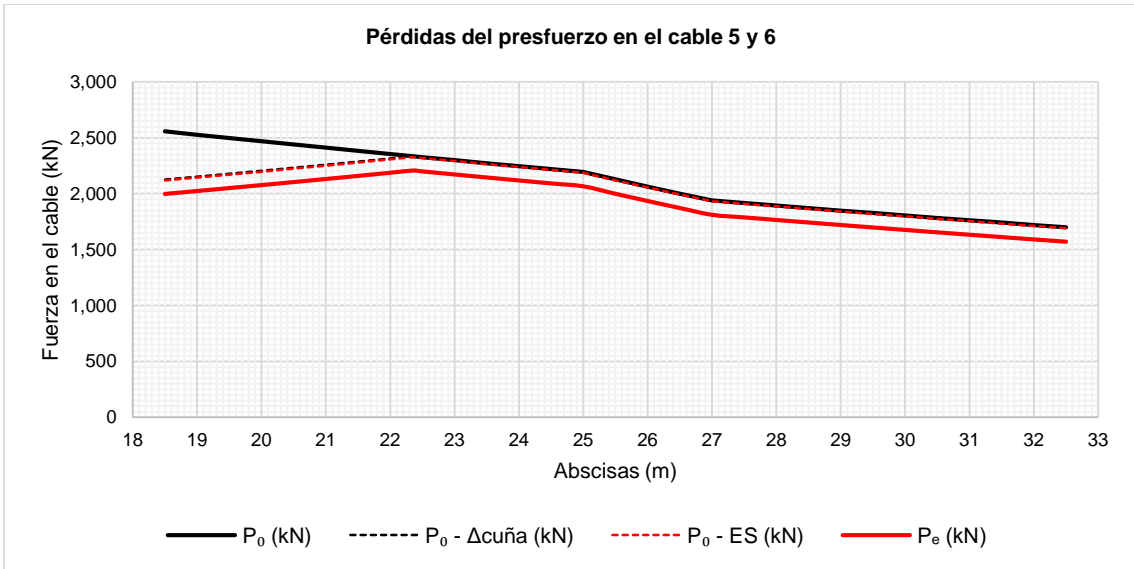


Gráfico 10. Fuerza efectiva en los cables 5 y 6

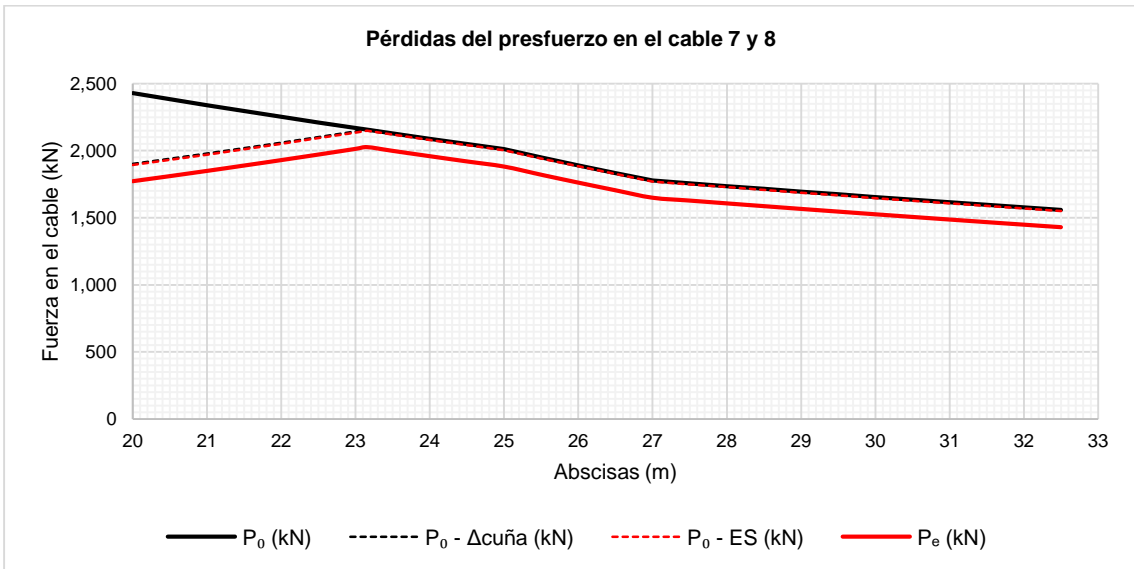


Gráfico 11. Fuerza efectiva en los cables 7 y 8

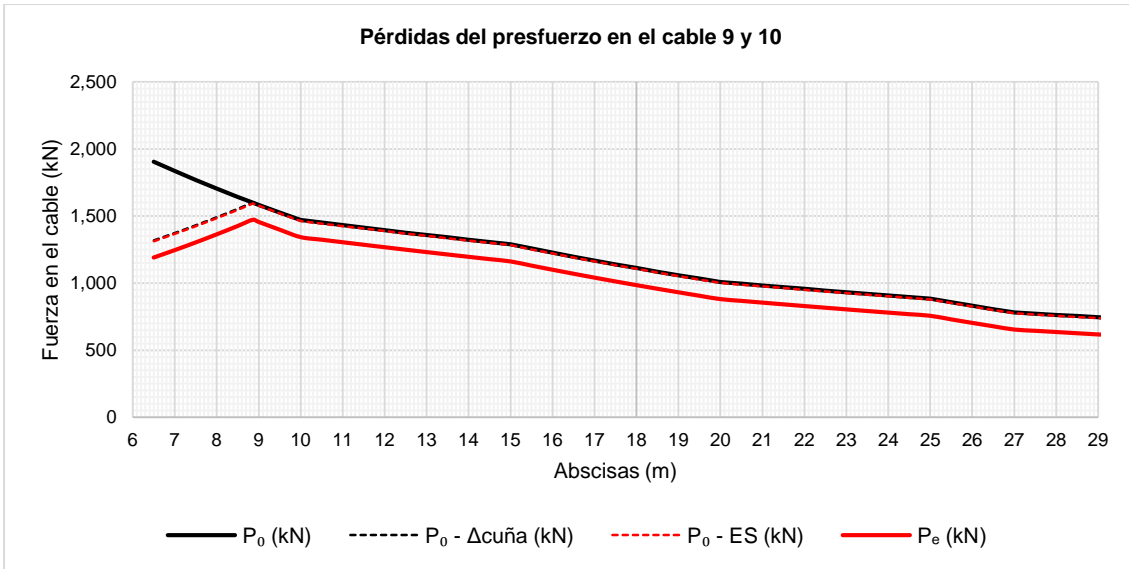


Gráfico 12. Fuerza efectiva en los cables 9 y 10

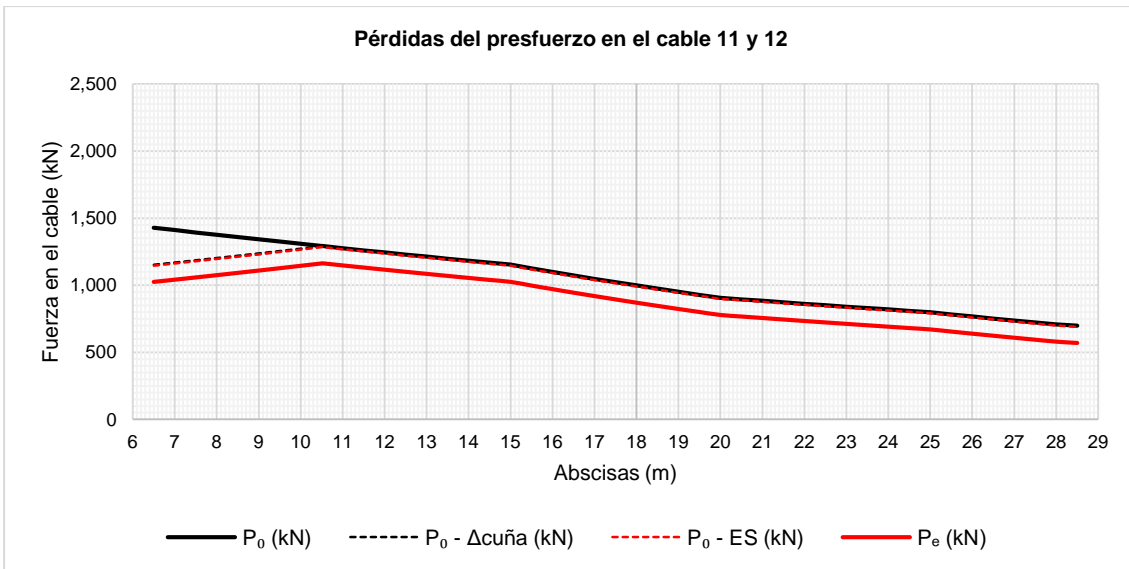


Gráfico 13. Fuerza efectiva en los cables 11 y 12



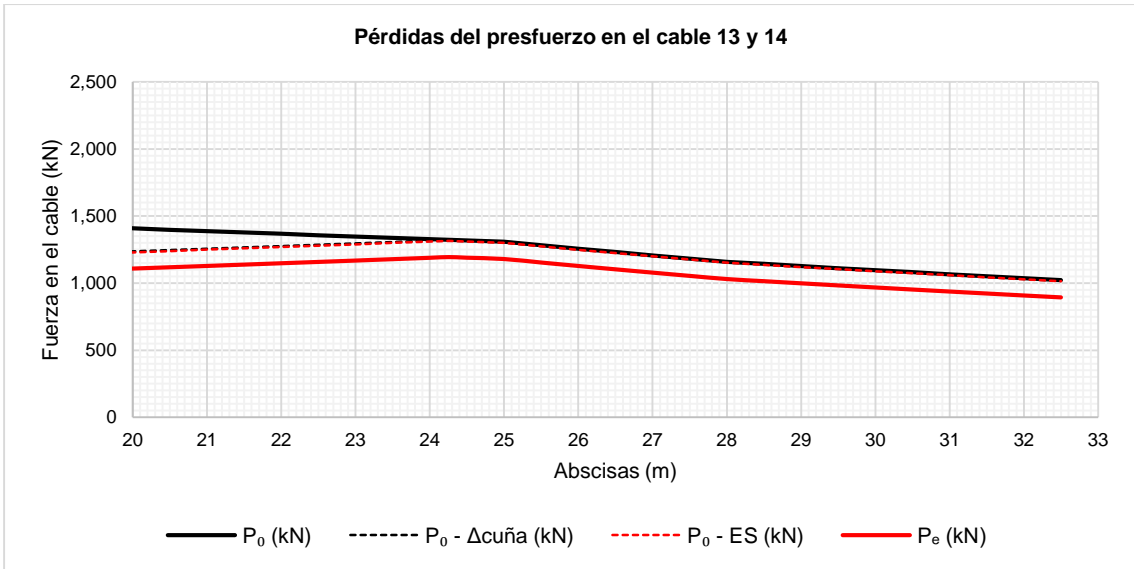


Gráfico 14. Fuerza efectiva en los cables 13 y 14

## 9. ESTADOS DE ESFUERZOS

### 9.1. ESTADO DE ESFUERZOS 1

ABSCISA	1ER TENSIONAMIENTO							PESO PROPIO			ESTADO 1 - 1ER TENSIONAMIENTO + PESO PROPIO	
	(m)	P (kN)	M (kN-m)	P/A (MPa)	M <sub>y</sub> /I (MPa)	M <sub>b</sub> /I (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	M (kN-m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)
0.00	1788.14	-272.79	-0.74	-0.33	0.25	-1.08	-0.50	0.00	0.00	0.00	-1.08	-0.50
1.00	1875.16	-1112.67	-0.78	-1.36	1.00	-2.14	0.22	137.00	0.17	-0.12	-1.97	0.10
2.00	1966.39	-1744.68	-0.82	-2.13	1.57	-2.95	0.75	226.88	0.28	-0.20	-2.67	0.55
3.00	2062.01	-2132.51	-0.86	-2.61	1.92	-3.46	1.06	269.63	0.33	-0.24	-3.13	0.82
4.00	2146.55	-2232.86	-0.89	-2.73	2.01	-3.62	1.12	265.26	0.32	-0.24	-3.30	0.88
5.00	2218.31	-2088.42	-0.92	-2.55	1.88	-3.47	0.96	213.76	0.26	-0.19	-3.21	0.76
6.00	2292.46	-1705.39	-0.95	-2.09	1.53	-3.04	0.58	115.13	0.14	-0.10	-2.90	0.48
7.00	4693.22	-556.49	-1.95	-0.68	0.50	-2.63	-1.45	-30.62	-0.04	0.03	-2.67	-1.42
8.00	4839.60	829.09	-2.01	1.01	-0.75	-1.00	-2.75	-223.50	-0.27	0.20	-1.27	-2.55
9.00	5088.64	2005.43	-2.11	2.45	-1.80	0.34	-3.92	-463.51	-0.57	0.42	-0.23	-3.50
10.00	5352.52	2506.97	-2.22	3.07	-2.25	0.84	-4.48	-750.64	-0.92	0.67	-0.08	-3.80
11.00	5468.07	2289.45	-2.27	2.80	-2.06	0.53	-4.33	-431.34	-0.53	0.39	0.00	-3.94
12.00	5458.82	1479.92	-2.27	1.81	-1.33	-0.46	-3.60	-159.17	-0.19	0.14	-0.65	-3.45
13.00	5278.31	155.59	-2.19	0.19	-0.14	-2.00	-2.33	51.37	0.06	-0.05	-1.94	-2.38
14.00	5103.91	-1573.10	-2.12	-1.92	1.41	-4.04	-0.71	221.27	0.27	-0.20	-3.77	-0.90
15.00	4935.75	-3659.95	-2.05	-4.48	3.29	-6.52	1.24	350.54	0.43	-0.32	-6.10	0.93
16.00	2182.98	-1491.76	-0.91	-1.82	1.34	-2.73	0.43	439.17	0.54	-0.39	-2.19	0.04
17.00	2079.71	-1733.97	-0.86	-2.12	1.56	-2.98	0.70	487.17	0.60	-0.44	-2.39	0.26
18.00	1981.29	-1651.91	-0.82	-2.02	1.49	-2.84	0.66	494.53	0.60	-0.44	-2.24	0.22
19.00	4308.10	-1659.11	-1.79	-2.03	1.49	-3.82	-0.30	461.26	0.56	-0.41	-3.25	-0.71
20.00	4257.34	-537.05	-1.77	-0.66	0.48	-2.42	-1.29	387.35	0.47	-0.35	-1.95	-1.63
21.00	4251.25	506.77	-1.77	0.62	-0.46	-1.15	-2.22	272.81	0.33	-0.25	-0.81	-2.47
22.00	4246.88	1308.69	-1.76	1.60	-1.18	-0.16	-2.94	117.64	0.14	-0.11	-0.02	-3.05
23.00	4244.21	1875.07	-1.76	2.29	-1.69	0.53	-3.45	-78.17	-0.10	0.07	0.43	-3.38
24.00	4243.20	2211.58	-1.76	2.70	-1.99	0.94	-3.75	-314.61	-0.38	0.28	0.56	-3.47
25.00	4184.18	2290.60	-1.74	2.80	-2.06	1.06	-3.80	-591.69	-0.72	0.53	0.34	-3.26
26.00	4017.58	1949.41	-1.67	2.38	-1.75	0.72	-3.42	-909.40	-1.11	0.82	-0.40	-2.60
27.00	3857.55	1151.69	-1.60	1.41	-1.04	-0.19	-2.64	-579.52	-0.71	0.52	-0.90	-2.12
28.00	3703.86	-46.51	-1.54	-0.06	0.04	-1.59	-1.50	-296.76	-0.36	0.27	-1.96	-1.23
29.00	3601.15	-1240.27	-1.50	-1.52	1.12	-3.01	-0.38	-76.40	-0.09	0.07	-3.11	-0.31
30.00	3501.27	-2077.29	-1.45	-2.54	1.87	-3.99	0.41	103.33	0.13	-0.09	-3.87	0.32
31.00	3404.13	-2584.50	-1.41	-3.16	2.32	-4.57	0.91	242.43	0.30	-0.22	-4.28	0.69
32.00	3309.67	-2787.36	-1.37	-3.41	2.51	-4.78	1.13	340.89	0.42	-0.31	-4.37	0.83
32.50	3263.42	-2782.25	-1.36	-3.40	2.50	-4.76	1.15	374.88	0.46	-0.34	-4.30	0.81

Tabla 16. Estado de esfuerzos 1

**9.2. ESTADO DE ESFUERZOS 2**

ABS.	50 % CARGA MUERTA TOTAL			2DO TENSIONAMIENTO							ESTADO 2 - ESTADO 1 + 50 % CARGA MUERTA TOTAL	
	(m)	M (kN-m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	P (kN)	M (kN-m)	P/A (MPa)	M-y/l (MPa)	M-y <sub>b</sub> /l (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)
0.0	0.0	0.0	0.0	1671.5	-255.0	-0.7	-0.3	0.2	-1.0	-0.5	-2.1	-1.0
1.0	843.5	1.0	-0.8	1752.6	-1040.0	-0.7	-1.3	0.9	-2.0	0.2	-2.9	-0.5
2.0	1396.9	1.7	-1.3	1837.7	-1630.5	-0.8	-2.0	1.5	-2.8	0.7	-3.7	0.0
3.0	1660.1	2.0	-1.5	1926.8	-1992.7	-0.8	-2.4	1.8	-3.2	1.0	-4.3	0.3
4.0	1633.2	2.0	-1.5	2005.6	-2086.3	-0.8	-2.6	1.9	-3.4	1.0	-4.7	0.5
5.0	1316.1	1.6	-1.2	2072.6	-1951.2	-0.9	-2.4	1.8	-3.2	0.9	-4.9	0.5
6.0	708.9	0.9	-0.6	2141.7	-1593.2	-0.9	-1.9	1.4	-2.8	0.5	-4.9	0.4
7.0	-188.5	-0.2	0.2	4946.8	-2816.4	-2.1	-3.4	2.5	-5.5	0.5	-8.4	-0.8
8.0	-1376.1	-1.7	1.2	5255.5	-345.9	-2.2	-0.4	0.3	-2.6	-1.9	-5.6	-3.2
9.0	-2853.7	-3.5	2.6	5608.4	1579.6	-2.3	1.9	-1.4	-0.4	-3.7	-4.1	-4.7
10.0	-4621.6	-5.7	4.2	5562.6	2210.8	-2.3	2.7	-2.0	0.4	-4.3	-5.3	-3.9
11.0	-2655.7	-3.2	2.4	5689.7	1814.7	-2.4	2.2	-1.6	-0.1	-4.0	-3.4	-5.5
12.0	-980.0	-1.2	0.9	5448.9	469.6	-2.3	0.6	-0.4	-1.7	-2.7	-3.5	-5.3
13.0	316.3	0.4	-0.3	5165.1	-1512.7	-2.1	-1.8	1.4	-4.0	-0.8	-5.5	-3.4
14.0	1362.3	1.7	-1.2	2634.3	-588.4	-1.1	-0.7	0.5	-1.8	-0.6	-3.9	-2.7
15.0	2158.2	2.6	-1.9	2565.6	-1469.0	-1.1	-1.8	1.3	-2.9	0.3	-6.3	-0.8
16.0	2703.9	3.3	-2.4	2442.1	-2148.5	-1.0	-2.6	1.9	-3.6	0.9	-2.5	-1.5
17.0	2999.4	3.7	-2.7	2324.5	-2402.1	-1.0	-2.9	2.2	-3.9	1.2	-2.6	-1.2
18.0	3044.8	3.7	-2.7	2212.6	-2286.4	-0.9	-2.8	2.1	-3.7	1.1	-2.2	-1.4
19.0	2839.9	3.5	-2.6	6394.9	-5447.1	-2.7	-6.7	4.9	-9.3	2.2	-9.1	-1.0
20.0	2384.9	2.9	-2.1	10186.8	-7158.3	-4.2	-8.8	6.4	-13.0	2.2	-12.0	-1.6
21.0	1679.7	2.1	-1.5	10397.6	-3210.5	-4.3	-3.9	2.9	-8.2	-1.4	-7.0	-5.4
22.0	724.3	0.9	-0.7	10619.0	-10.6	-4.4	0.0	0.0	-4.4	-4.4	-3.6	-8.1
23.0	-481.3	-0.6	0.4	10706.7	2347.8	-4.4	2.9	-2.1	-1.6	-6.6	-1.7	-9.5
24.0	-1937.0	-2.4	1.7	10441.4	3684.9	-4.3	4.5	-3.3	0.2	-7.6	-1.6	-9.4
25.0	-3642.9	-4.5	3.3	10134.6	4027.9	-4.2	4.9	-3.6	0.7	-7.8	-3.4	-7.8
26.0	-5599.1	-6.8	5.0	9527.5	2857.7	-4.0	3.5	-2.6	-0.5	-6.5	-7.7	-4.1
27.0	-3568.0	-4.4	3.2	8956.6	66.7	-3.7	0.1	-0.1	-3.6	-3.8	-8.9	-2.7
28.0	-1827.1	-2.2	1.6	8742.9	-2998.6	-3.6	-3.7	2.7	-7.3	-0.9	-11.5	-0.5
29.0	-470.4	-0.6	0.4	8534.3	-5319.4	-3.5	-6.5	4.8	-10.0	1.2	-13.7	1.3
30.0	636.2	0.8	-0.6	8330.7	-6944.0	-3.5	-8.5	6.2	-11.9	2.8	-15.0	2.5
31.0	1492.6	1.8	-1.3	8131.9	-7918.1	-3.4	-9.7	7.1	-13.1	3.7	-15.5	3.1
32.0	2098.8	2.6	-1.9	7937.8	-8285.4	-3.3	-10.1	7.4	-13.4	4.2	-15.2	3.1

Tabla 17. Estado de esfuerzos 2

### 9.3. ESTADO DE ESFUERZOS 3

ABSCISA (m)	50 % CARGA MUERTA TOTAL (RESTANTE)			ESTADO 3 - ESTADO 2 + 50 % CARGA MUERTA RESTANTE (100 % C. MUERTA TOTAL)	
	M (kN·m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	-2.08	-0.96
1.00	843.52	1.03	-0.76	-1.91	-1.21
2.00	1396.88	1.71	-1.26	-2.01	-1.26
3.00	1660.10	2.03	-1.49	-2.31	-1.18
4.00	1633.17	2.00	-1.47	-2.69	-1.02
5.00	1316.08	1.61	-1.18	-3.24	-0.71
6.00	708.85	0.87	-0.64	-4.00	-0.25
7.00	-188.53	-0.23	0.17	-8.63	-0.60
8.00	-1376.07	-1.68	1.24	-7.24	-1.95
9.00	-2853.75	-3.49	2.57	-7.60	-2.12
10.00	-4621.58	-5.65	4.15	-10.98	0.21
11.00	-2655.70	-3.25	2.39	-6.64	-3.16
12.00	-979.96	-1.20	0.88	-4.74	-4.38
13.00	316.28	0.39	-0.28	-5.16	-3.73
14.00	1362.33	1.67	-1.22	-2.25	-3.92
15.00	2158.21	2.64	-1.94	-3.68	-2.70
16.00	2703.91	3.31	-2.43	0.78	-3.90
17.00	2999.42	3.67	-2.70	1.04	-3.94
18.00	3044.76	3.72	-2.74	1.49	-4.12
19.00	2839.91	3.47	-2.55	-5.62	-3.58
20.00	2384.89	2.92	-2.14	-9.10	-3.72
21.00	1679.68	2.05	-1.51	-4.95	-6.92
22.00	724.29	0.89	-0.65	-2.67	-8.75
23.00	-481.27	-0.59	0.43	-2.32	-9.07
24.00	-1937.02	-2.37	1.74	-4.01	-7.63
25.00	-3642.95	-4.45	3.28	-7.85	-4.54
26.00	-5599.05	-6.85	5.03	-14.55	0.94
27.00	-3568.00	-4.36	3.21	-13.27	0.52
28.00	-1827.10	-2.23	1.64	-13.72	1.12
29.00	-470.36	-0.58	0.42	-14.30	1.77
30.00	636.21	0.78	-0.57	-14.26	1.96
31.00	1492.60	1.83	-1.34	-13.69	1.75
32.00	2098.80	2.57	-1.89	-12.66	1.20

Tabla 18. Estado de esfuerzos 3

#### 9.4. ESTADO DE ESFUERZOS 4

ABSCISA (m)	100 % CARGA SERVICIO (100 % C.V. + 100 % C.M.)			ESTADO 4 - ESTADO 3 + 100 % CARGA VIVA	
	M (kN·m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	-2.08	-0.96
1.00	361.56	0.44	-0.33	-1.47	-1.54
2.00	598.12	0.73	-0.54	-1.28	-1.80
3.00	709.68	0.87	-0.64	-1.44	-1.81
4.00	696.24	0.85	-0.63	-1.84	-1.64
5.00	557.80	0.68	-0.50	-2.56	-1.21
6.00	294.36	0.36	-0.26	-3.64	-0.52
7.00	-94.08	-0.12	0.08	-8.74	-0.52
8.00	-607.52	-0.74	0.55	-7.98	-1.41
9.00	-1245.96	-1.52	1.12	-9.13	-1.00
10.00	-2009.40	-2.46	1.81	-13.44	2.02
11.00	-1161.14	-1.42	1.04	-8.06	-2.12
12.00	-437.87	-0.54	0.39	-5.27	-3.98
13.00	160.39	0.20	-0.14	-4.96	-3.88
14.00	633.66	0.77	-0.57	-1.48	-4.49
15.00	981.92	1.20	-0.88	-2.48	-3.58
16.00	1205.19	1.47	-1.08	2.25	-4.99
17.00	1303.45	1.59	-1.17	2.64	-5.11
18.00	1276.72	1.56	-1.15	3.05	-5.27
19.00	1124.98	1.38	-1.01	-4.25	-4.59
20.00	848.25	1.04	-0.76	-8.06	-4.48
21.00	446.51	0.55	-0.40	-4.40	-7.32
22.00	-80.22	-0.10	0.07	-2.77	-8.68
23.00	-731.96	-0.89	0.66	-3.21	-8.41
24.00	-1508.70	-1.84	1.36	-5.85	-6.28
25.00	-2410.43	-2.95	2.17	-10.80	-2.38
26.00	-1535.43	-1.88	1.38	-16.43	2.32
27.00	-785.43	-0.96	0.71	-14.23	1.23
28.00	-160.43	-0.20	0.14	-13.92	1.27
29.00	339.57	0.42	-0.31	-13.89	1.47
30.00	714.57	0.87	-0.64	-13.39	1.32
31.00	964.57	1.18	-0.87	-12.51	0.88
32.00	1089.57	1.33	-0.98	-11.33	0.22
32.50	1105.19	1.35	-0.99	-10.65	-0.17

Tabla 19. Estado de esfuerzos 4

## 9.5. ESTADO DE ESFUERZOS 5

ABSCISA (m)	PÉRDIDAS A LARGO PLAZO							ESTADO 6 - ESTADO 5 + $\Delta LP$	
	P (kN)	M (kN·m)	P/A (MPa)	M <sub>y</sub> /I (MPa)	M <sub>x</sub> /I (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	484.89	-73.97	0.20	-0.09	-0.07	0.11	0.13	-1.97	-0.83
1.00	484.89	-287.72	0.20	-0.35	-0.26	-0.15	-0.06	-1.62	-1.59
2.00	484.89	-430.22	0.20	-0.53	-0.39	-0.32	-0.19	-1.61	-1.98
3.00	484.89	-501.47	0.20	-0.61	-0.45	-0.41	-0.25	-1.86	-2.06
4.00	484.89	-504.39	0.20	-0.62	-0.45	-0.42	-0.25	-2.25	-1.89
5.00	484.89	-456.50	0.20	-0.56	-0.41	-0.36	-0.21	-2.92	-1.42
6.00	484.89	-360.72	0.20	-0.44	-0.32	-0.24	-0.12	-3.88	-0.64
7.00	969.78	-350.23	0.40	-0.43	-0.31	-0.03	0.09	-8.77	-0.43
8.00	969.78	40.35	0.40	0.05	0.04	0.45	0.44	-7.53	-0.97
9.00	969.78	323.40	0.40	0.40	0.29	0.80	0.69	-8.33	-0.30
10.00	969.78	417.76	0.40	0.51	0.38	0.91	0.78	-12.53	2.80
11.00	969.78	356.53	0.40	0.44	0.32	0.84	0.72	-7.22	-1.39
12.00	969.78	172.84	0.40	0.21	0.16	0.61	0.56	-4.66	-3.43
13.00	969.78	-133.30	0.40	-0.16	-0.12	0.24	0.28	-4.72	-3.59
14.00	727.33	-199.09	0.30	-0.24	-0.18	0.06	0.12	-1.42	-4.37
15.00	727.33	-491.87	0.30	-0.60	-0.44	-0.30	-0.14	-2.78	-3.72
16.00	484.89	-384.26	0.20	-0.47	-0.35	-0.27	-0.14	1.98	-5.13
17.00	484.89	-458.05	0.20	-0.56	-0.41	-0.36	-0.21	2.28	-5.32
18.00	484.89	-458.05	0.20	-0.56	-0.41	-0.36	-0.21	2.70	-5.48
19.00	1,023.65	-688.05	0.43	-0.84	-0.62	-0.42	-0.19	-4.67	-4.78
20.00	1,346.91	-712.59	0.56	-0.87	-0.64	-0.31	-0.08	-8.38	-4.56
21.00	1,346.91	-240.07	0.56	-0.29	-0.22	0.27	0.34	-4.14	-6.98
22.00	1,346.91	127.45	0.56	0.16	0.11	0.72	0.67	-2.05	-8.00
23.00	1,346.91	389.96	0.56	0.48	0.35	1.04	0.91	-2.18	-7.50
24.00	1,346.91	547.47	0.56	0.67	0.49	1.23	1.05	-4.63	-5.23
25.00	1,346.91	599.97	0.56	0.73	0.54	1.29	1.10	-9.51	-1.28
26.00	1,346.91	483.85	0.56	0.59	0.43	1.15	0.99	-15.28	3.31
27.00	1,346.91	135.50	0.56	0.17	0.12	0.72	0.68	-13.50	1.91
28.00	1,346.91	-319.54	0.56	-0.39	-0.29	0.17	0.27	-13.75	1.54
29.00	1,346.91	-719.33	0.56	-0.88	-0.65	-0.32	-0.09	-14.21	1.38
30.00	1,346.91	-1019.17	0.56	-1.25	-0.92	-0.69	-0.36	-14.07	0.96
31.00	1,346.91	-1219.06	0.56	-1.49	-1.10	-0.93	-0.54	-13.44	0.35
32.00	1,346.91	-1319.00	0.56	-1.61	-1.19	-1.05	-0.63	-12.38	-0.40
32.50	1,346.91	-1331.50	0.56	-1.63	-1.20	-1.07	-0.64	-11.72	-0.81

Tabla 20. Estado de esfuerzos 5

## **ANEXO 02**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGA POSTENSADA PARA PLACA DE CIMENTACIÓN DE 1.50 m DE ALTURA TOTAL**





## TABLA DE CONTENIDO

1. PROPIEDADES DE A SECCIÓN .....	6
1.1. DATOS GENERALES .....	6
1.2. ANCHO EFECTIVO DE LA VIGA .....	6
1.3. SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA (MOMENTO DE INERCIA) DE LA SECCIÓN .....	6
2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA.....	7
2.1. CABLES 1 Y 2.....	7
2.2. CABLES 3 Y 4.....	9
2.3. CABLES 5 Y 6.....	11
2.4. CABLES 7 Y 8.....	13
2.5. CABLES 9 Y 10.....	15
2.6. CABLES 11 Y 12.....	17
2.7. CABLES 13 Y 14.....	19
3. FUERZAS EN LOS CABLES LUEGO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA	21
4. MOMENTOS PRODUCIDOS POR EL PRESFUERZO .....	22
5. PÉRDIDAS POR ACORTAMIENTO ELÁSTICO .....	23
5.1. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 1 .....	23
5.2. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 2.....	23
6. FUERZAS EN LOS CABLES DESPUES DE PÉRDIDAS INICIALES .....	24
7. PÉRDIDAS A LARGO PLAZO.....	25
7.1. FUERZA QUE PIERDE EL CABLE.....	26
7.2. MOMENTOS .....	27
8. FUERZAS EFECTIVAS EN LOS CABLES.....	28
9. ESTADOS DE ESFUERZOS.....	33
9.1. ESTADO DE ESFUERZOS 1.....	33
9.2. ESTADO DE ESFUERZOS 2.....	34
9.3. ESTADO DE ESFUERZOS 3.....	35
9.4. ESTADO DE ESFUERZOS 4.....	36
9.5. ESTADO DE ESFUERZOS 5.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Momento de inercia de la sección compuesta .....	6
Tabla 2. Pérdidas por fricción y curvatura cables 1 y 2 .....	7
Tabla 3. Pérdidas por fricción y curvatura cables 3 y 4 .....	9
Tabla 4. Pérdidas por fricción y curvatura cables 5 y 6 .....	11
Tabla 5. Pérdidas por fricción y curvatura cables 7 y 8 .....	13
Tabla 6. Pérdidas por fricción y curvatura cables 9 y 10 .....	15
Tabla 7. Pérdidas por fricción y curvatura cables 11 y 12 .....	17
Tabla 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14 .....	19
Tabla 9. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14 .....	21
Tabla 10. Momentos producidos por el presfuerzo .....	22
Tabla 11. Fuerzas en los cables luego de pérdidas iniciales .....	24
Tabla 12. Fuerza que pierde cada cable por pérdidas a largo plazo .....	25
Tabla 13. Valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas a largo plazo .....	26
Tabla 14. Valor de los momentos producidos por las pérdidas a largo plazo .....	27
Tabla 15. Fuerzas efectivas en los cables .....	28
Tabla 16. Estado de esfuerzos 1 .....	33
Tabla 17. Estado de esfuerzos 2 .....	34
Tabla 18. Estado de esfuerzos 3 .....	35
Tabla 19. Estado de esfuerzos 4 .....	36
Tabla 20. Estado de esfuerzos 5 .....	37

## TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 1 y 2 .....	8
Gráfico 2. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 3 y 4 .....	10
Gráfico 3. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 5 y 6 .....	12
Gráfico 4. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 7 y 8 .....	14
Gráfico 5. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 9 y 10 .....	16
Gráfico 6. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 11 y 12 .....	18
Gráfico 7. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 13 y 14 .....	20
Gráfico 8. Fuerza efectiva en los cables 1 y 2 .....	29
Gráfico 9. Fuerza efectiva en los cables 3 y 4 .....	29
Gráfico 10. Fuerza efectiva en los cables 5 y 6 .....	30
Gráfico 11. Fuerza efectiva en los cables 7 y 8 .....	30
Gráfico 12. Fuerza efectiva en los cables 9 y 10 .....	31
Gráfico 13. Fuerza efectiva en los cables 11 y 12 .....	31
Gráfico 14. Fuerza efectiva en los cables 13 y 14 .....	32

## 1. PROPIEDADES DE A SECCIÓN

### 1.1. DATOS GENERALES

Lv (m)	15.00	Luz de cálculo de la viga
Sv (m)	10.00	Separación entre ejes de vigas
$f'_{C_{VIGA}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	35.00	Resistencia a la compresión del concreto de la viga
$f'_{C_{LOSA}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	28.00	Resistencia a la compresión del concreto de la losa
$f_{py}$ (N/mm <sup>2</sup> )	1,700.00	Esfuerzo de fluencia del material

### 1.2. ANCHO EFECTIVO DE LA VIGA

$b_{efec1}$ ( $12h_{losa}+b_1$ )	515	12 veces el espesor de la losa + ancho del alma
$b_{efec2}$ (Sv)	1,000	Separación entre vigas
$b_{efec3}$ (Lv/4)	1,500	Un cuarto de la longitud
$b_{efec}$ (cm)	515	Ancho efectivo de la placa
$n = (f'_{cv}/f'_{cl})^{0.5}$	1.12	Razón modular
$b_{efec}/n$	461	Ancho efectivo de la viga para diseño

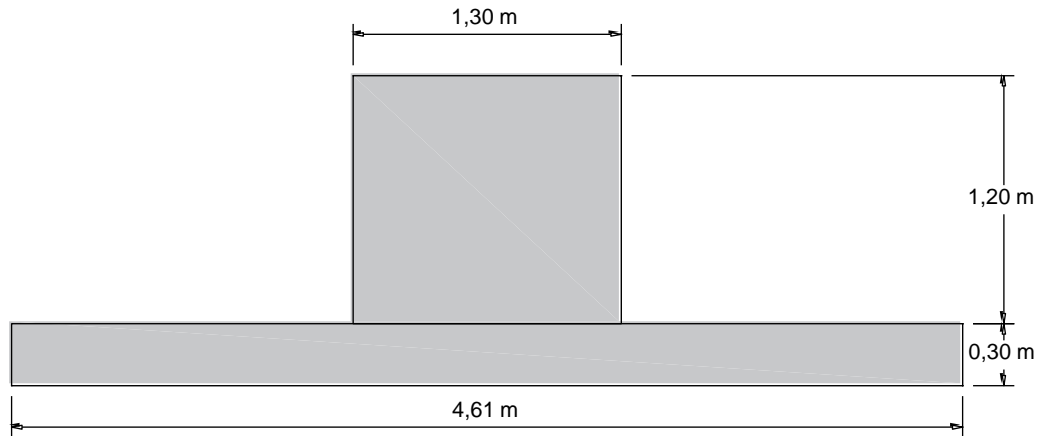


Figura 1. Sección transversal viga 1.50 m

### 1.3. SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA (MOMENTO DE INERCIA) DE LA SECCIÓN

Sección	Área (cm <sup>2</sup> )	$Y_i$ (cm)	$A \times Y_i$ (cm <sup>3</sup> )	$I_o$ (cm <sup>4</sup> )	$d_i$ (cm)	$A \times d_i^2$ (cm <sup>4</sup> )
Viga	18,600	90.00	1,674,000	22,320,000	31.97	19,010,164.4
Losa	13,819	15.00	207,284	1,036,418	-43.03	25,587,351.8
<b>TOTAL</b>	<b>32,418.9</b>		<b>1,881,283.5</b>	<b>23,356,417.5</b>		<b>44,597,516.2</b>

Tabla 1. Momento de inercia de la sección compuesta

yt (cm)	91.97	Distancia medida desde el centroide a la fibra superior de la sección
yb (cm)	58.03	Distancia medida desde el centroide a la fibra inferior de la sección
Ic (cm <sup>4</sup> )	67,953,934	Momento de inercia de la sección
St (cm <sup>3</sup> )	738,874	Relación entre el momento de inercia Ic y la distancia a la fibra extrema yt
Sb (cm <sup>3</sup> )	1,171,005	Relación entre el momento de inercia Ic y la distancia a la fibra extrema yb
r <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	2,096	radio de giro al cuadrado

## 2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA

### 2.1. CABLES 1 Y 2

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	$P_0 - \Delta$ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
0.00	1.35	-	0.0000	-	-	-	1,399.94	-0.22	244.83	-0.34	-0.33	0.21	-0.68	-0.13
0.50	1.18	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,418.67	-0.38	429.12	-0.35	-0.58	0.37	-0.93	0.02
1.00	1.03	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,437.65	-0.51	591.17	-0.36	-0.80	0.50	-1.16	0.15
1.50	0.89	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,456.89	-0.62	729.75	-0.36	-0.99	0.62	-1.35	0.26
2.00	0.77	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,476.38	-0.71	843.58	-0.37	-1.14	0.72	-1.51	0.35
2.50	0.68	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,496.11	-0.77	931.33	-0.37	-1.26	0.80	-1.63	0.42
3.00	0.59	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,516.09	-0.81	991.65	-0.38	-1.34	0.85	-1.72	0.47
3.50	0.53	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,536.31	-0.82	1023.13	-0.39	-1.38	0.87	-1.77	0.49
4.00	0.49	0.0014	0.0720	0.0334	0.0100	0.99	1,555.29	-0.81	1024.44	-0.39	-1.39	0.87	-1.78	0.49
4.50	0.49	0.0001	0.0720	0.0026	0.0008	1.00	1,553.93	-0.79	1004.86	-0.39	-1.36	0.86	-1.75	0.46
5.00	0.46	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,534.93	-0.75	963.65	-0.40	-1.30	0.82	-1.70	0.42
5.50	0.45	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	1,516.17	-0.69	900.10	-0.40	-1.22	0.77	-1.62	0.37
6.00	0.47	0.0015	0.1450	0.0725	0.0218	0.98	1,481.32	-0.62	813.47	-0.41	-1.10	0.69	-1.51	0.29
6.50	0.52	0.0015	0.1450	0.0725	0.0218	0.98	1,447.28	-0.53	702.99	-0.41	-0.95	0.60	-1.36	0.19
7.00	0.61	0.0015	0.1450	0.0725	0.0218	0.98	1,414.02	-0.42	567.89	-0.42	-0.77	0.48	-1.19	0.07
7.50	0.74	0.0015	0.1450	0.0725	0.0218	0.98	1,381.52	-0.30	407.37	-0.42	-0.55	0.35	-0.97	-0.07
8.00	0.88	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,366.03	-0.16	220.62	-0.43	-0.30	0.19	-0.72	-0.24
8.50	1.00	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,350.71	-0.03	46.41	-0.44	-0.06	0.04	-0.50	-0.40
9.00	1.11	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,335.56	0.06	83.66	-0.45	0.11	-0.07	-0.33	-0.52
9.50	1.20	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,320.58	0.11	166.17	-0.46	0.22	-0.14	-0.23	-0.60
10.00	1.27	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,305.77	0.13	197.56	-0.47	0.27	-0.17	-0.20	-0.64
10.50	1.33	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,291.13	0.12	186.19	-0.47	0.25	-0.16	-0.22	-0.63
11.00	1.37	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,276.65	0.09	146.54	-0.48	0.20	-0.13	-0.28	-0.60
11.50	1.39	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,262.33	0.09	142.59	-0.48	0.19	-0.12	-0.29	-0.60
12.00	1.40	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,248.18	0.05	75.75	-0.47	0.10	-0.06	-0.37	-0.54
12.50	1.39	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,228.13	-0.01	20.76	-0.47	-0.03	0.02	-0.50	-0.45
13.00	1.35	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,208.40	-0.09	141.68	-0.46	-0.19	0.12	-0.65	-0.34
13.50	1.29	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,188.99	-0.19	285.97	-0.46	-0.39	0.24	-0.84	-0.21
14.00	1.20	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,169.89	-0.31	452.65	-0.45	-0.61	0.39	-1.06	-0.06
14.50	1.09	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,151.10	-0.45	640.76	-0.44	-0.87	0.55	-1.31	0.10
15.00	0.96	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,132.61	-0.60	849.35	-0.44	-1.15	0.73	-1.59	0.29

Tabla 2. Pérdidas por fricción y curvatura cables 1 y 2

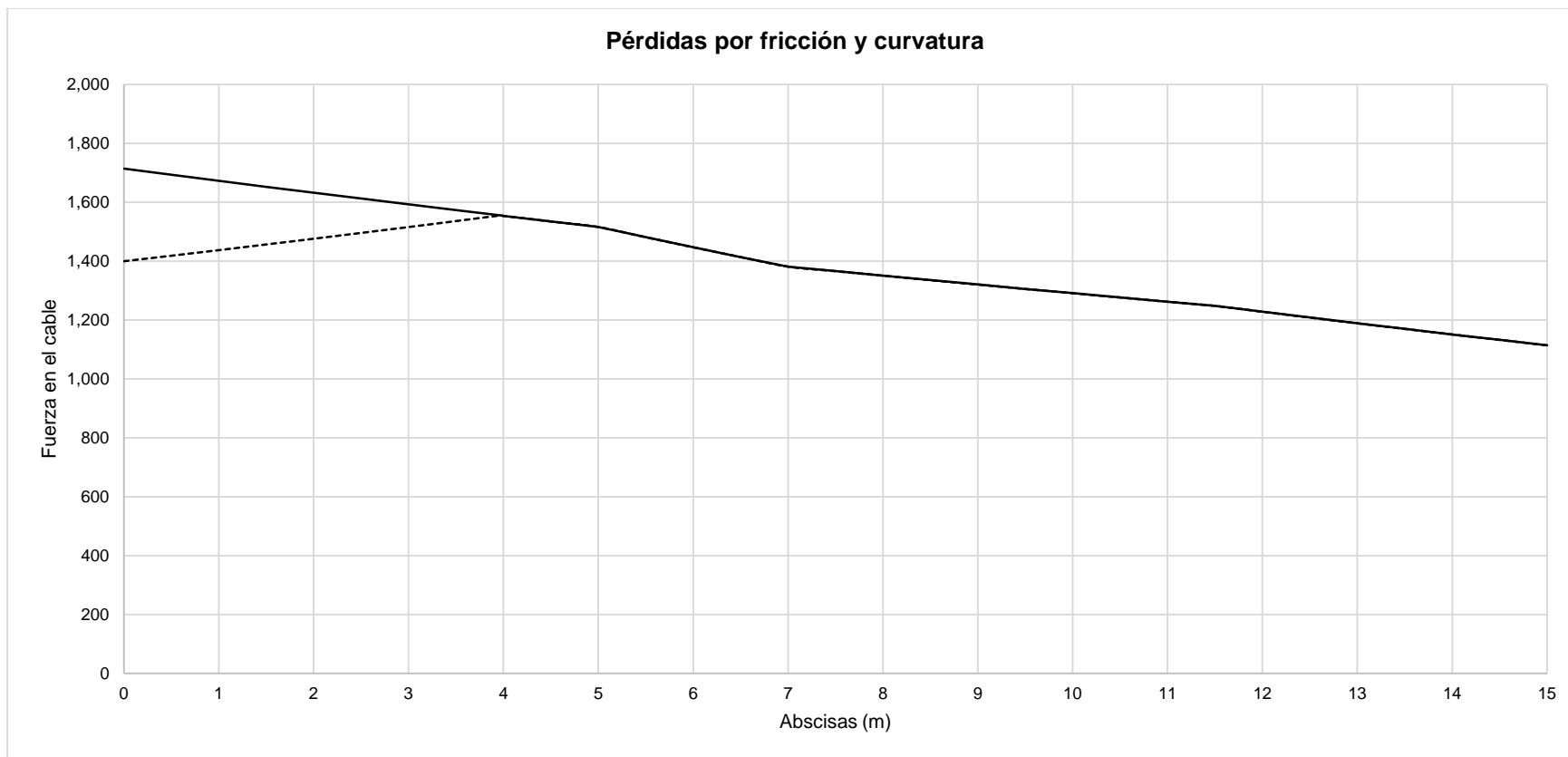


Gráfico 1. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 1 y 2

## 2.2. CABLES 3 Y 4

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	$P_0 - \Delta$ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
0.00	1.35	-	0.0000	-	-	-	1,283.70	-0.22	234.81	-0.33	-0.32	0.20	-0.65	-0.13
0.50	1.11	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	1,318.24	-0.38	411.56	-0.34	-0.56	0.35	-0.89	0.02
1.00	0.91	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	1,353.70	-0.51	566.98	-0.34	-0.77	0.48	-1.11	0.14
1.50	0.74	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	1,390.07	-0.62	699.89	-0.35	-0.95	0.60	-1.29	0.25
2.00	0.62	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	1,427.32	-0.71	809.05	-0.35	-1.09	0.69	-1.45	0.34
2.50	0.52	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	1,465.44	-0.77	893.22	-0.36	-1.21	0.76	-1.57	0.41
3.00	0.48	0.0012	0.1469	0.0580	0.0174	0.98	1,496.14	-0.81	951.07	-0.36	-1.29	0.81	-1.65	0.45
3.50	0.47	0.0003	0.1469	0.0155	0.0046	1.00	1,488.75	-0.82	981.25	-0.37	-1.33	0.84	-1.70	0.47
4.00	0.45	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	1,454.12	-0.81	982.52	-0.37	-1.33	0.84	-1.70	0.47
4.50	0.47	0.0015	0.1450	0.0725	0.0218	0.98	1,420.70	-0.79	963.73	-0.38	-1.30	0.82	-1.68	0.45
5.00	0.52	0.0015	0.1450	0.0725	0.0218	0.98	1,388.05	-0.75	924.21	-0.38	-1.25	0.79	-1.63	0.41
5.50	0.61	0.0015	0.1450	0.0725	0.0218	0.98	1,356.15	-0.69	863.27	-0.39	-1.17	0.74	-1.55	0.35
6.00	0.74	0.0015	0.1450	0.0725	0.0218	0.98	1,324.98	-0.62	780.18	-0.39	-1.06	0.67	-1.45	0.28
6.50	0.88	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,310.12	-0.53	674.22	-0.40	-0.91	0.58	-1.31	0.18
7.00	1.00	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,295.43	-0.42	544.65	-0.40	-0.74	0.47	-1.14	0.07
7.50	1.11	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,280.90	-0.30	390.70	-0.40	-0.53	0.33	-0.93	-0.07
8.00	1.20	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,266.54	-0.16	211.59	-0.41	-0.29	0.18	-0.70	-0.23
8.50	1.27	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,252.34	-0.03	44.51	-0.42	-0.06	0.04	-0.48	-0.38
9.00	1.33	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,238.29	0.06	80.24	-0.43	0.11	-0.07	-0.32	-0.50
9.50	1.37	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,224.40	0.11	159.37	-0.44	0.22	-0.14	-0.22	-0.57
10.00	1.39	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,210.67	0.13	189.48	-0.45	0.26	-0.16	-0.19	-0.61
10.50	1.40	0.0015	0.0652	0.0326	0.0098	0.99	1,197.10	0.11	166.65	-0.46	0.23	-0.14	-0.23	-0.60
11.00	1.39	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,177.87	0.10	154.70	-0.46	0.21	-0.13	-0.25	-0.59
11.50	1.35	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,158.95	0.06	83.29	-0.45	0.11	-0.07	-0.34	-0.52
12.00	1.29	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,140.33	-0.04	49.96	-0.44	-0.07	0.04	-0.51	-0.40
12.50	1.20	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,122.01	-0.16	227.38	-0.43	-0.31	0.19	-0.74	-0.23
13.00	1.09	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,103.99	-0.33	445.20	-0.42	-0.60	0.38	-1.02	-0.04
13.50	0.96	0.0015	0.0980	0.0490	0.0147	0.98	1,086.25	-0.53	699.88	-0.41	-0.95	0.60	-1.35	0.19

Tabla 3. Pérdidas por fricción y curvatura cables 3 y 4

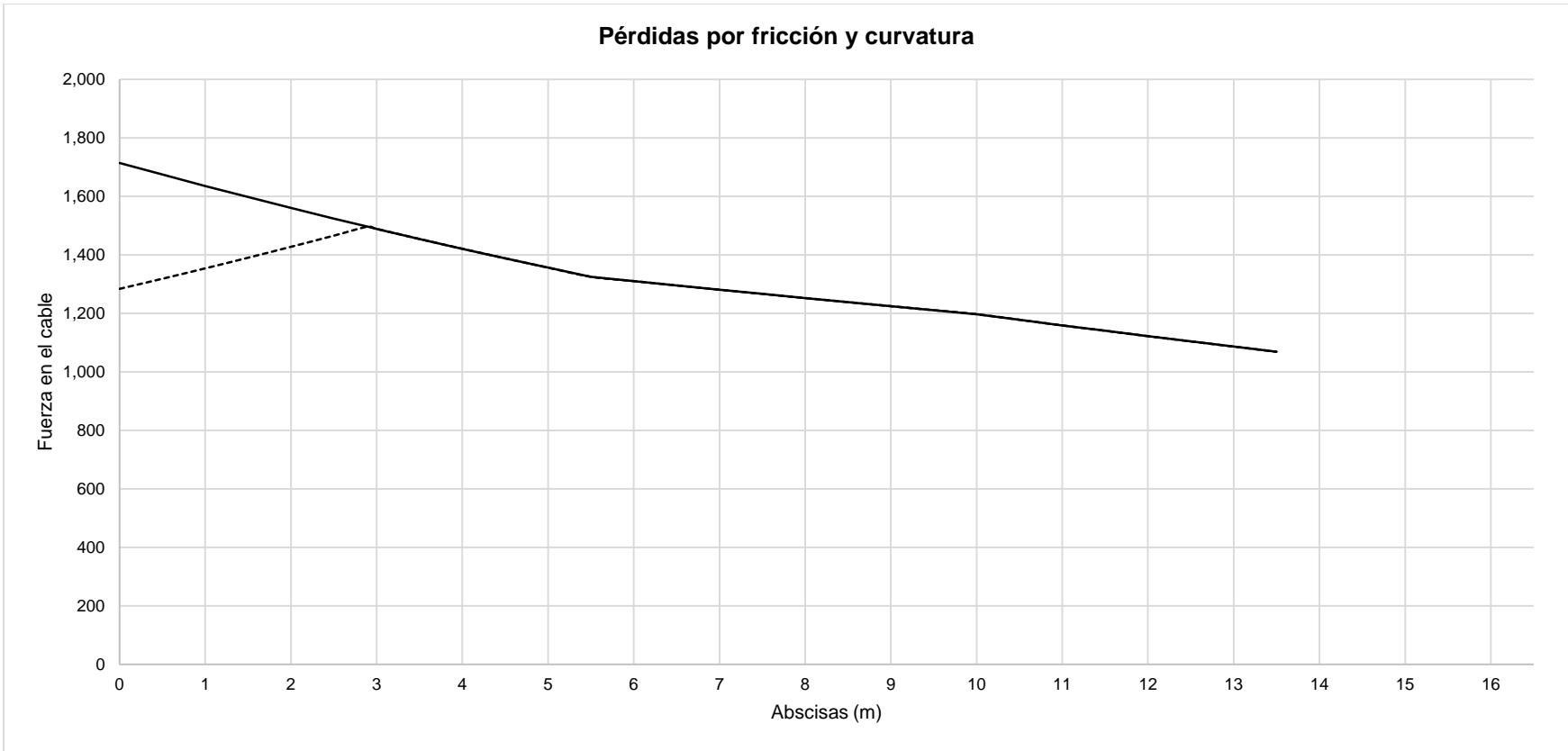


Gráfico 2. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 3 y 4



### 2.3. CABLES 5 Y 6

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
18.50	1.35	-	0.0000	-	-	-	2,187.12	-0.77	1683.41	-0.67	-2.28	1.44	-2.95	0.76
19.00	1.22	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,205.28	-0.64	1403.79	-0.68	-1.90	1.20	-2.58	0.52
19.50	1.09	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,223.59	-0.51	1143.09	-0.69	-1.55	0.98	-2.23	0.29
20.00	0.98	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,242.06	-0.40	901.85	-0.69	-1.22	0.77	-1.91	0.08
20.50	0.88	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,260.68	-0.30	680.59	-0.70	-0.92	0.58	-1.62	-0.12
21.00	0.79	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,279.46	-0.21	479.88	-0.70	-0.65	0.41	-1.35	-0.29
21.50	0.71	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,298.39	-0.13	300.27	-0.71	-0.41	0.26	-1.12	-0.45
22.00	0.64	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,317.48	-0.06	142.32	-0.71	-0.19	0.12	-0.91	-0.59
22.50	0.58	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,336.71	0.00	6.62	-0.72	-0.01	0.01	-0.73	-0.72
23.00	0.54	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,356.09	0.05	106.25	-0.73	0.14	-0.09	-0.58	-0.82
23.50	0.52	0.0005	0.0426	0.0072	0.0022	1.00	2,362.67	0.06	139.15	-0.73	0.19	-0.12	-0.54	-0.85
24.00	0.50	0.0010	0.0426	0.0141	0.0042	0.99	2,350.37	0.08	193.61	-0.72	0.26	-0.17	-0.46	-0.89
24.50	0.47	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,331.89	0.11	254.18	-0.72	0.34	-0.22	-0.38	-0.94
25.00	0.46	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,313.57	0.12	289.15	-0.71	0.39	-0.25	-0.32	-0.96
25.50	0.45	0.0015	0.0426	0.0213	0.0064	0.99	2,295.38	0.13	299.10	-0.71	0.40	-0.26	-0.30	-0.96
26.00	0.47	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	2,249.37	0.11	257.96	-0.69	0.35	-0.22	-0.34	-0.91
26.50	0.51	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	2,204.28	0.07	149.46	-0.68	0.20	-0.13	-0.48	-0.81
27.00	0.59	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	2,160.09	-0.01	22.29	-0.67	-0.03	0.02	-0.70	-0.65
27.50	0.70	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	2,116.79	-0.12	253.37	-0.65	-0.34	0.22	-1.00	-0.44
28.00	0.82	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,098.99	-0.24	506.24	-0.65	-0.69	0.43	-1.33	-0.22
28.50	0.93	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,081.35	-0.35	730.76	-0.64	-0.99	0.62	-1.63	-0.02
29.00	1.03	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,063.85	-0.45	927.59	-0.64	-1.26	0.79	-1.89	0.16
29.50	1.12	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,046.50	-0.54	1097.38	-0.63	-1.49	0.94	-2.12	0.31
30.00	1.19	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,029.30	-0.61	1240.77	-0.63	-1.68	1.06	-2.31	0.43
30.50	1.26	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,012.24	-0.68	1358.39	-0.62	-1.84	1.16	-2.46	0.54
31.00	1.31	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,995.32	-0.73	1450.86	-0.62	-1.96	1.24	-2.58	0.62
31.50	1.35	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,978.55	-0.77	1518.79	-0.61	-2.06	1.30	-2.67	0.69
32.00	1.38	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,961.91	-0.80	1562.77	-0.61	-2.12	1.33	-2.72	0.73
32.50	1.39	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,945.42	-0.81	1583.40	-0.60	-2.14	1.35	-2.74	0.75

Tabla 4. Pérdidas por fricción y curvatura cables 5 y 6

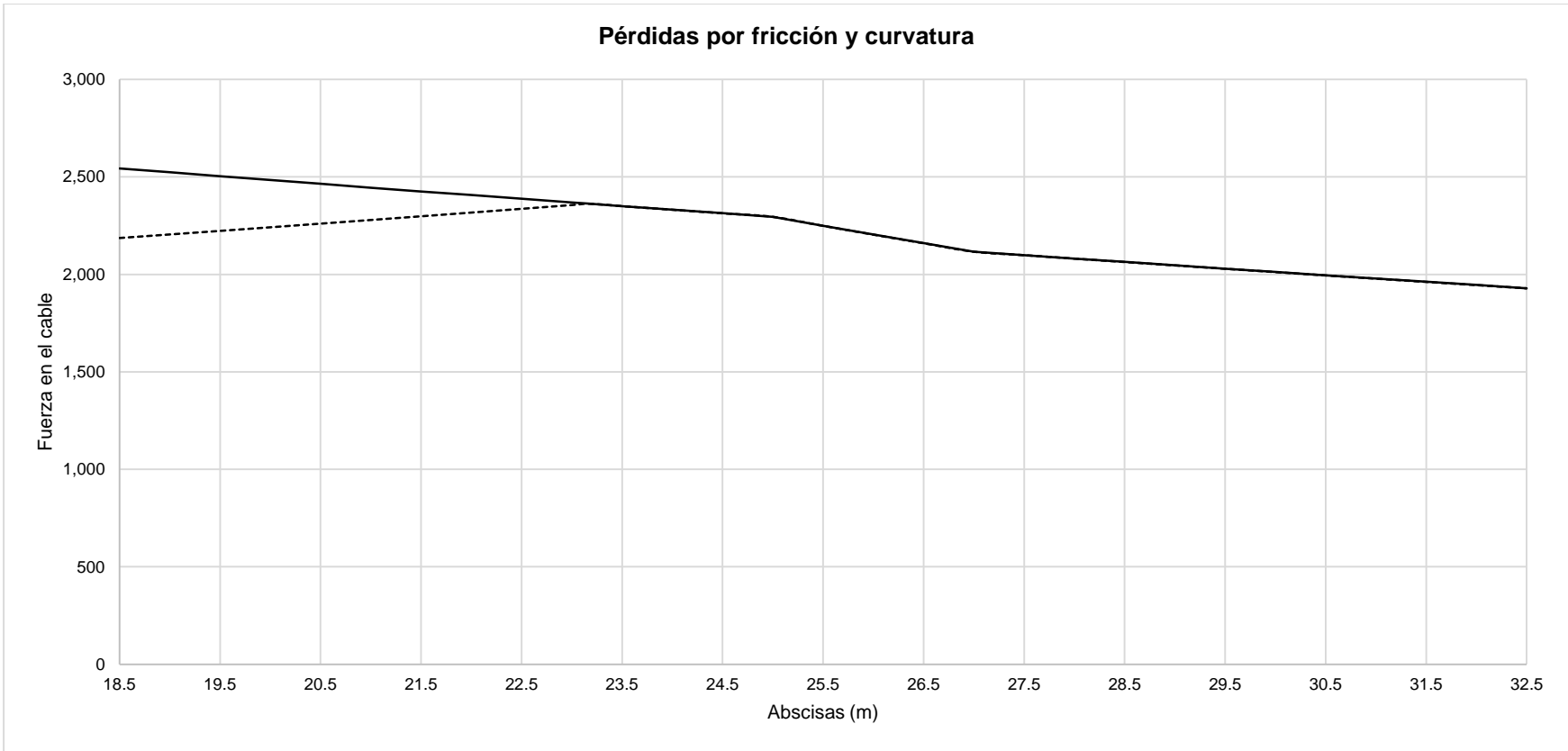


Gráfico 3. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 5 y 6

## 2.4. CABLES 7 Y 8

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	$P_0 - \Delta$ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
20.00	1.35	-	0.0000	-	-	-	2,113.86	-0.77	1627.03	-0.65	-2.20	1.39	-2.85	0.74
20.50	1.18	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,141.79	-0.60	1282.28	-0.66	-1.74	1.10	-2.40	0.43
21.00	1.03	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,170.11	-0.45	967.21	-0.67	-1.31	0.83	-1.98	0.16
21.50	0.89	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,198.81	-0.31	683.16	-0.68	-0.92	0.58	-1.60	-0.09
22.00	0.77	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,227.87	-0.19	431.53	-0.69	-0.58	0.37	-1.27	-0.32
22.50	0.68	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,257.31	-0.09	213.76	-0.70	-0.29	0.18	-0.99	-0.51
23.00	0.59	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,287.11	-0.01	31.32	-0.71	-0.04	0.03	-0.75	-0.68
23.50	0.53	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,317.27	0.05	114.25	-0.71	0.15	-0.10	-0.56	-0.81
24.00	0.51	0.0007	0.0720	0.0178	0.0054	0.99	2,332.36	0.07	172.28	-0.72	0.23	-0.15	-0.49	-0.87
24.50	0.49	0.0008	0.0720	0.0182	0.0054	0.99	2,317.94	0.09	218.59	-0.71	0.30	-0.19	-0.42	-0.90
25.00	0.46	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,289.60	0.12	277.74	-0.71	0.38	-0.24	-0.33	-0.94
25.50	0.45	0.0015	0.0720	0.0360	0.0108	0.99	2,261.61	0.13	294.70	-0.70	0.40	-0.25	-0.30	-0.95
26.00	0.47	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	2,216.28	0.11	254.16	-0.68	0.34	-0.22	-0.34	-0.90
26.50	0.51	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	2,171.85	0.07	147.26	-0.67	0.20	-0.13	-0.47	-0.80
27.00	0.59	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	2,128.31	-0.01	21.97	-0.66	-0.03	0.02	-0.69	-0.64
27.50	0.70	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	2,085.65	-0.12	249.64	-0.64	-0.34	0.21	-0.98	-0.43
28.00	0.82	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,068.11	-0.24	498.79	-0.64	-0.68	0.43	-1.31	-0.21
28.50	0.93	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,050.73	-0.35	720.01	-0.63	-0.97	0.61	-1.61	-0.02
29.00	1.03	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,033.49	-0.45	913.95	-0.63	-1.24	0.78	-1.86	0.15
29.50	1.12	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	2,016.39	-0.54	1081.24	-0.62	-1.46	0.92	-2.09	0.30
30.00	1.19	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,999.44	-0.61	1222.52	-0.62	-1.65	1.04	-2.27	0.43
30.50	1.26	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,982.63	-0.68	1338.41	-0.61	-1.81	1.14	-2.42	0.53
31.00	1.31	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,965.97	-0.73	1429.52	-0.61	-1.93	1.22	-2.54	0.61
31.50	1.35	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,949.44	-0.77	1496.45	-0.60	-2.03	1.28	-2.63	0.68
32.00	1.38	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,933.05	-0.80	1539.78	-0.60	-2.08	1.31	-2.68	0.72
32.50	1.39	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,916.80	-0.81	1560.10	-0.59	-2.11	1.33	-2.70	0.74

Tabla 5. Pérdidas por fricción y curvatura cables 7 y 8

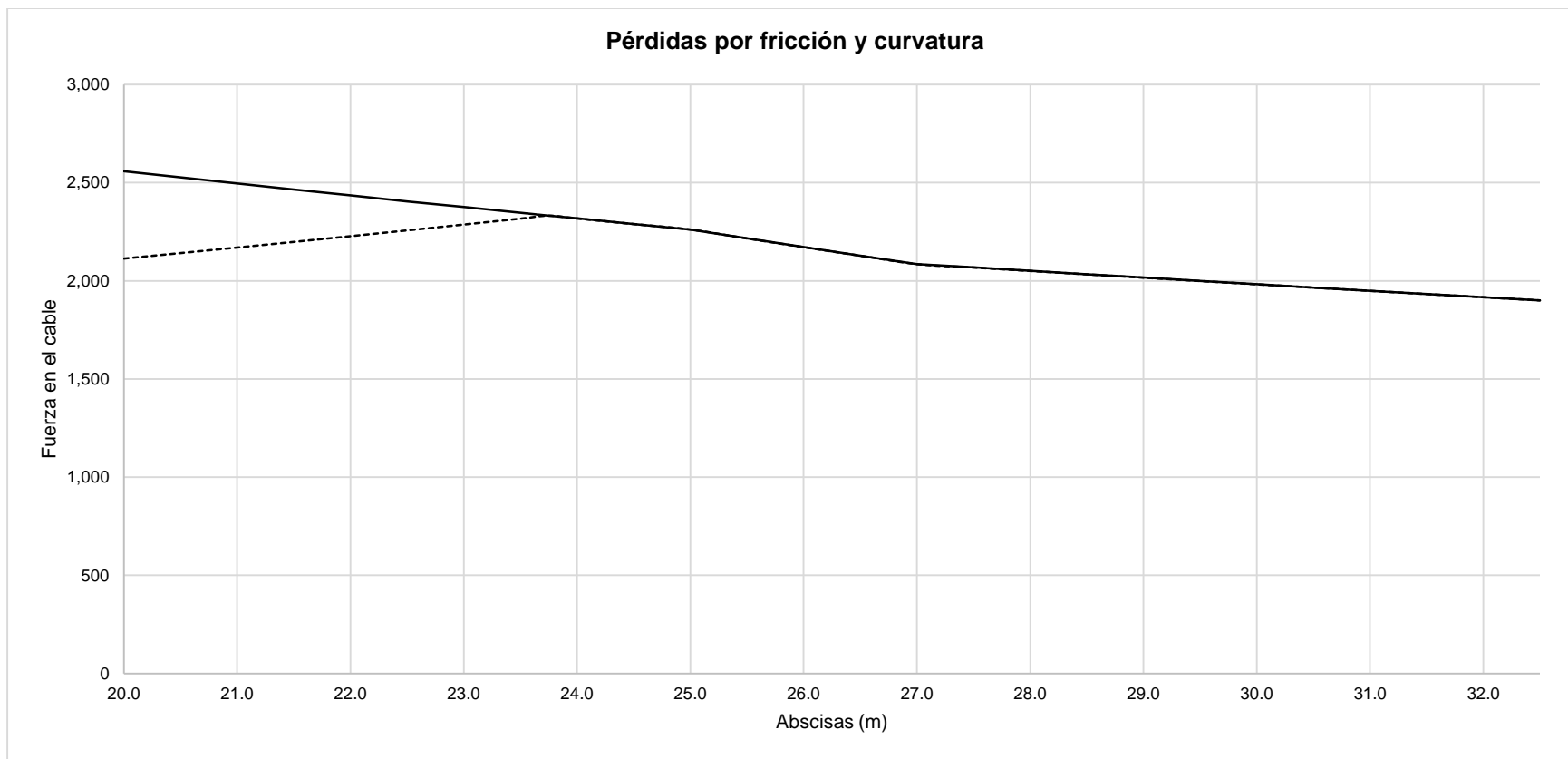


Gráfico 4. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 7 y 8

## 2.5. CABLES 9 Y 10

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	e <sup>-(k·ΔL+μ·Δα)</sup>	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y <sub>i</sub> /I (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /I (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
6.50	1.35	-	0.0000	-	-	-	1,949.93	-0.77	1500.85	-0.60	-2.03	1.28	-2.63	0.68
7.00	1.11	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	2,001.44	-0.53	1062.61	-0.62	-1.44	0.91	-2.06	0.29
7.50	0.91	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	2,054.34	-0.33	675.63	-0.63	-0.91	0.58	-1.55	-0.06
8.00	0.74	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	2,108.59	-0.16	344.91	-0.65	-0.47	0.29	-1.12	-0.36
8.50	0.62	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	2,164.16	-0.04	75.75	-0.67	-0.10	0.06	-0.77	-0.60
9.00	0.52	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	2,221.02	0.06	126.23	-0.69	0.17	-0.11	-0.51	-0.79
9.50	0.49	0.0007	0.1469	0.0348	0.0104	0.99	2,248.40	0.09	196.78	-0.69	0.27	-0.17	-0.43	-0.86
10.00	0.47	0.0008	0.1469	0.0387	0.0116	0.99	2,220.72	0.11	248.58	-0.69	0.34	-0.21	-0.35	-0.90
10.50	0.45	0.0015	0.1469	0.0735	0.0220	0.98	2,169.06	0.13	282.64	-0.67	0.38	-0.24	-0.29	-0.91
11.00	0.46	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	2,149.49	0.12	266.55	-0.66	0.36	-0.23	-0.30	-0.89
11.50	0.48	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	2,130.11	0.11	223.88	-0.66	0.30	-0.19	-0.35	-0.85
12.00	0.51	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	2,110.90	0.07	155.37	-0.65	0.21	-0.13	-0.44	-0.78
12.50	0.55	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	2,091.86	0.03	61.72	-0.65	0.08	-0.05	-0.56	-0.70
13.00	0.61	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	2,072.99	-0.03	56.38	-0.64	-0.08	0.05	-0.72	-0.59
13.50	0.68	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	2,054.30	-0.10	198.23	-0.63	-0.27	0.17	-0.90	-0.46
14.00	0.76	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	2,035.77	-0.18	363.17	-0.63	-0.49	0.31	-1.12	-0.32
14.50	0.85	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	2,017.41	-0.27	550.54	-0.62	-0.75	0.47	-1.37	-0.15
15.00	0.96	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,999.21	-0.38	759.69	-0.62	-1.03	0.65	-1.64	0.03
15.50	1.08	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,981.18	-0.50	989.99	-0.61	-1.34	0.85	-1.95	0.23
16.00	1.20	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,948.06	-0.61	1197.85	-0.60	-1.62	1.02	-2.22	0.42
16.50	1.28	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,915.49	-0.70	1349.45	-0.59	-1.83	1.15	-2.42	0.56
17.00	1.35	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,883.46	-0.77	1447.43	-0.58	-1.96	1.24	-2.54	0.66
17.50	1.39	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,851.98	-0.81	1494.35	-0.57	-2.02	1.28	-2.59	0.70
18.00	1.40	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,821.01	-0.82	1492.68	-0.56	-2.02	1.27	-2.58	0.71
18.50	1.39	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,790.57	-0.81	1444.80	-0.55	-1.96	1.23	-2.51	0.68
19.00	1.35	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,760.63	-0.77	1353.04	-0.54	-1.83	1.16	-2.37	0.61
19.50	1.28	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,731.20	-0.70	1219.62	-0.53	-1.65	1.04	-2.18	0.51
20.00	1.20	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,702.25	-0.61	1046.71	-0.53	-1.42	0.89	-1.94	0.37
20.50	1.08	0.0015	0.1024	0.0512	0.0154	0.98	1,673.79	-0.50	836.39	-0.52	-1.13	0.71	-1.65	0.20
21.00	0.96	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,658.70	-0.38	630.30	-0.51	-0.85	0.54	-1.36	0.03
21.50	0.85	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,643.74	-0.27	448.57	-0.51	-0.61	0.38	-1.11	-0.12
22.00	0.76	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,628.91	-0.18	290.59	-0.50	-0.39	0.25	-0.90	-0.25
22.50	0.68	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,614.22	-0.10	155.77	-0.50	-0.21	0.13	-0.71	-0.36
23.00	0.61	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,599.66	-0.03	43.50	-0.49	-0.06	0.04	-0.55	-0.46
23.50	0.55	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,585.24	0.03	46.77	-0.49	0.06	-0.04	-0.43	-0.53
24.00	0.51	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,570.94	0.07	115.63	-0.48	0.16	-0.10	-0.33	-0.58
24.50	0.48	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,556.77	0.11	163.62	-0.48	0.22	-0.14	-0.26	-0.62
25.00	0.46	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,542.73	0.12	191.31	-0.48	0.26	-0.16	-0.22	-0.64
25.50	0.45	0.0015	0.0504	0.0252	0.0076	0.99	1,528.81	0.13	199.21	-0.47	0.27	-0.17	-0.20	-0.64
26.00	0.47	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	1,498.17	0.11	171.81	-0.46	0.23	-0.15	-0.23	-0.61
26.50	0.51	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	1,468.13	0.07	99.55	-0.45	0.13	-0.09	-0.32	-0.54
27.00	0.59	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	1,438.70	-0.01	14.85	-0.44	-0.02	0.01	-0.46	-0.43
27.50	0.70	0.0015	0.1250	0.0625	0.0188	0.98	1,409.86	-0.12	168.75	-0.43	-0.23	0.14	-0.66	-0.29
28.00	0.82	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,398.01	-0.24	337.18	-0.43	-0.46	0.29	-0.89	-0.14
28.50	0.93	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,386.26	-0.35	486.72	-0.43	-0.66	0.42	-1.09	-0.01
29.00	1.03	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,374.60	-0.45	617.81	-0.42	-0.84	0.53	-1.26	0.10
29.50	1.12	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,363.05	-0.54	730.90	-0.42	-0.99	0.62	-1.41	0.20
30.00	1.19	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,351.59	-0.61	826.40	-0.42	-1.12	0.71	-1.54	0.29
30.50	1.26	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,340.23	-0.68	904.74	-0.41	-1.22	0.77	-1.64	0.36
31.00	1.31	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,328.96	-0.73	966.33	-0.41	-1.31	0.83	-1.72	0.42
31.50	1.35	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,317.79	-0.77	1011.57	-0.41	-1.37	0.86	-1.78	0.46
32.00	1.38	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,306.71	-0.80	1040.87	-0.40	-1.41	0.89	-1.81	0.49
32.50	1.39	0.0015	0.0463	0.0231	0.0069	0.99	1,295.73	-0.81	1054.60	-0.40	-1.43	0.90	-1.83	0.50

Tabla 6. Pérdidas por fricción y curvatura cables 9 y 10

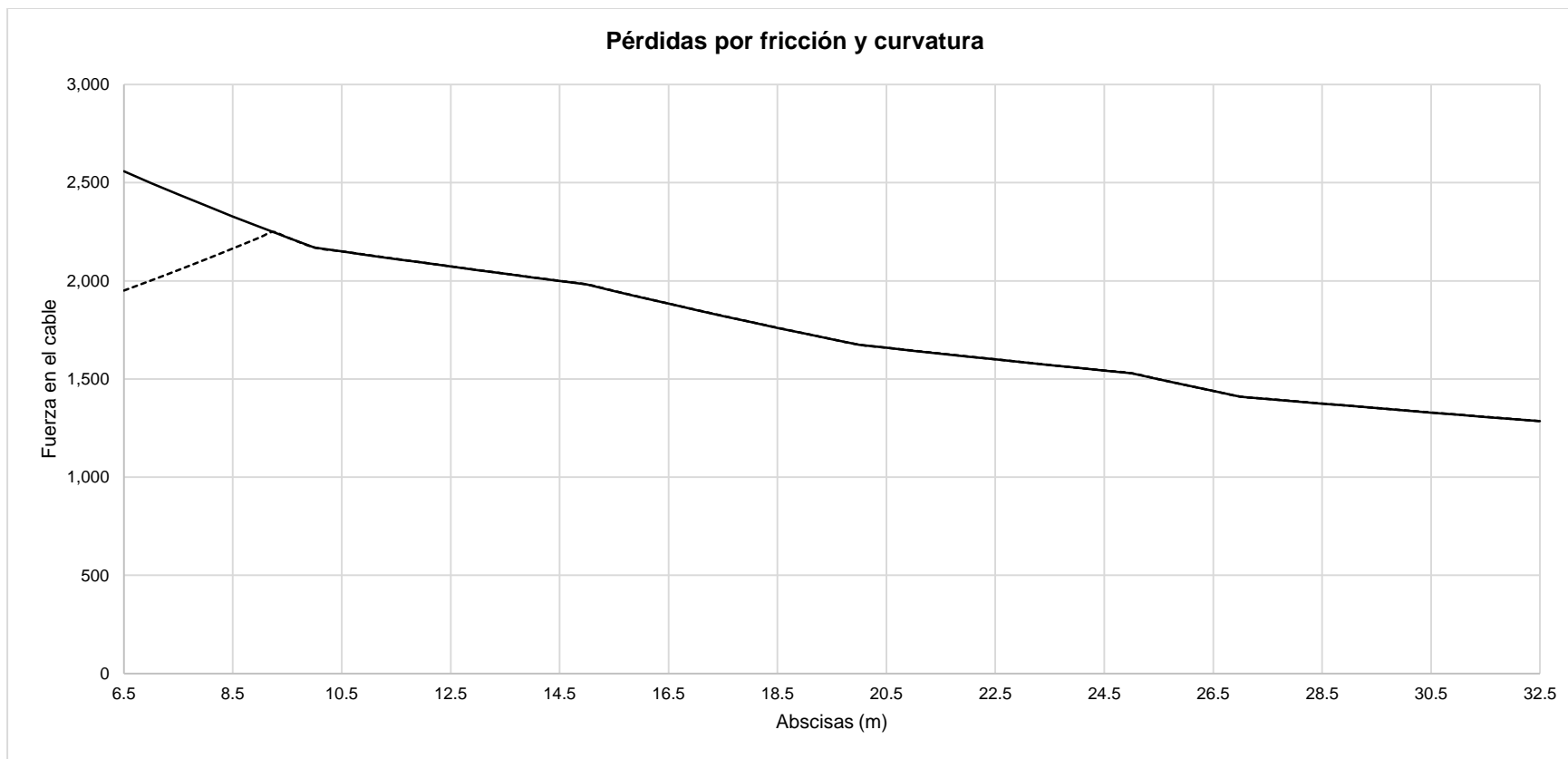


Gráfico 5. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 9 y 10

2.6. CABLES 11 Y 12

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
6.50	0.50	-	0.0000	-	-	-	2,204.59	0.08	177.04	-0.68	0.24	-0.15	-0.44	-0.83
7.00	0.45	0.0015	0.0327	0.0163	0.0049	0.99	2,220.11	0.13	296.09	-0.68	0.40	-0.25	-0.28	-0.94
7.50	0.40	0.0015	0.0327	0.0163	0.0049	0.99	2,235.73	0.18	398.55	-0.69	0.54	-0.34	-0.15	-1.03
8.00	0.37	0.0015	0.0327	0.0163	0.0049	0.99	2,251.45	0.21	484.06	-0.69	0.66	-0.41	-0.04	-1.11
8.50	0.34	0.0015	0.0327	0.0163	0.0049	0.99	2,267.28	0.24	552.24	-0.70	0.75	-0.47	0.05	-1.17
9.00	0.32	0.0015	0.0327	0.0163	0.0049	0.99	2,283.20	0.26	602.72	-0.70	0.82	-0.51	0.11	-1.22
9.50	0.30	0.0015	0.0327	0.0163	0.0049	0.99	2,299.23	0.28	635.10	-0.71	0.86	-0.54	0.15	-1.25
10.00	0.30	0.0015	0.0327	0.0163	0.0049	0.99	2,315.36	0.28	649.00	-0.71	0.88	-0.55	0.16	-1.27
10.50	0.73	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,328.07	-0.15	346.87	-0.72	-0.47	0.30	-1.19	-0.42
11.00	0.32	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,340.93	0.26	606.55	-0.72	0.82	-0.52	0.10	-1.24
11.50	0.35	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,353.94	0.23	547.54	-0.73	0.74	-0.47	0.01	-1.19
12.00	0.36	0.0004	0.0424	0.0053	0.0016	1.00	2,357.25	0.22	528.61	-0.73	0.72	-0.45	-0.01	-1.18
12.50	0.38	0.0011	0.0424	0.0159	0.0048	0.99	2,343.43	0.20	458.15	-0.72	0.62	-0.39	-0.10	-1.11
13.00	0.43	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,325.09	0.15	343.66	-0.72	0.47	-0.29	-0.25	-1.01
13.50	0.49	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,306.88	0.09	206.48	-0.71	0.28	-0.18	-0.43	-0.89
14.00	0.56	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,288.82	0.02	47.16	-0.71	0.06	-0.04	-0.64	-0.75
14.50	0.64	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,270.90	-0.06	133.75	-0.70	-0.18	0.11	-0.88	-0.59
15.00	0.73	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,253.12	-0.15	335.70	-0.70	-0.45	0.29	-1.15	-0.41
15.50	0.83	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	2,235.48	-0.25	558.19	-0.69	-0.76	0.48	-1.45	-0.21
16.00	0.93	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	2,203.39	-0.35	764.35	-0.68	-1.03	0.65	-1.71	-0.03
16.50	1.00	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	2,171.76	-0.42	917.56	-0.67	-1.24	0.78	-1.91	0.11
17.00	1.06	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	2,140.58	-0.48	1019.98	-0.66	-1.38	0.87	-2.04	0.21
17.50	1.09	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	2,109.85	-0.51	1073.69	-0.65	-1.45	0.92	-2.10	0.27
18.00	1.10	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	2,079.56	-0.52	1080.74	-0.64	-1.46	0.92	-2.10	0.28
18.50	1.09	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	2,049.71	-0.51	1043.09	-0.63	-1.41	0.89	-2.04	0.26
19.00	1.06	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	2,020.28	-0.48	962.65	-0.62	-1.30	0.82	-1.93	0.20
19.50	1.00	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	1,991.28	-0.42	841.31	-0.61	-1.14	0.72	-1.75	0.10
20.00	0.93	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	1,962.69	-0.35	680.85	-0.61	-0.92	0.58	-1.53	-0.02
20.50	0.83	0.0015	0.0864	0.0432	0.0130	0.99	1,934.52	-0.25	483.04	-0.60	-0.65	0.41	-1.25	-0.18
21.00	0.73	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,919.37	-0.15	285.98	-0.59	-0.39	0.24	-0.98	-0.35
21.50	0.64	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,904.34	-0.06	112.16	-0.59	-0.15	0.10	-0.74	-0.49
22.00	0.56	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,889.43	0.02	38.93	-0.58	0.05	-0.03	-0.53	-0.62
22.50	0.49	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,874.64	0.09	167.79	-0.58	0.23	-0.14	-0.35	-0.72
23.00	0.43	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,859.96	0.15	274.91	-0.57	0.37	-0.23	-0.20	-0.81
23.50	0.38	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,845.40	0.20	360.78	-0.57	0.49	-0.31	-0.08	-0.88
24.00	0.35	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,830.95	0.23	425.89	-0.56	0.58	-0.36	0.01	-0.93
24.50	0.32	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,816.62	0.26	470.69	-0.56	0.64	-0.40	0.08	-0.96
25.00	0.31	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,802.40	0.28	495.67	-0.56	0.67	-0.42	0.11	-0.98
25.50	0.30	0.0015	0.0424	0.0212	0.0064	0.99	1,788.28	0.28	501.26	-0.55	0.68	-0.43	0.13	-0.98
26.00	0.31	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	1,766.66	0.27	479.50	-0.54	0.65	-0.41	0.10	-0.95
26.50	0.34	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	1,745.29	0.24	427.16	-0.54	0.58	-0.36	0.04	-0.90
27.00	0.38	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	1,724.19	0.20	345.36	-0.53	0.47	-0.29	-0.06	-0.83
27.50	0.44	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	1,703.34	0.14	235.20	-0.53	0.32	-0.20	-0.21	-0.73
28.00	0.52	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	1,682.74	0.06	97.74	-0.52	0.13	-0.08	-0.39	-0.60
28.50	0.62	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	1,662.39	-0.04	65.99	-0.51	-0.09	0.06	-0.60	-0.46
29.00	0.72	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,648.14	-0.14	231.46	-0.51	-0.31	0.20	-0.82	-0.31
29.50	0.81	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,634.01	-0.23	374.72	-0.50	-0.51	0.32	-1.01	-0.18
30.00	0.89	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,620.00	-0.31	496.31	-0.50	-0.67	0.42	-1.17	-0.08
30.50	0.95	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,606.11	-0.37	596.74	-0.50	-0.81	0.51	-1.30	0.01
31.00	1.01	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,592.33	-0.42	676.55	-0.49	-0.92	0.58	-1.41	0.09
31.50	1.05	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,578.68	-0.47	736.24	-0.49	-1.00	0.63	-1.48	0.14
32.00	1.08	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,565.15	-0.50	776.30	-0.48	-1.05	0.66	-1.53	0.18
32.50	1.09	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,551.73	-0.51	797.23	-0.48	-1.08	0.68	-1.56	0.20

Tabla 7. Pérdidas por fricción y curvatura cables 11 y 12

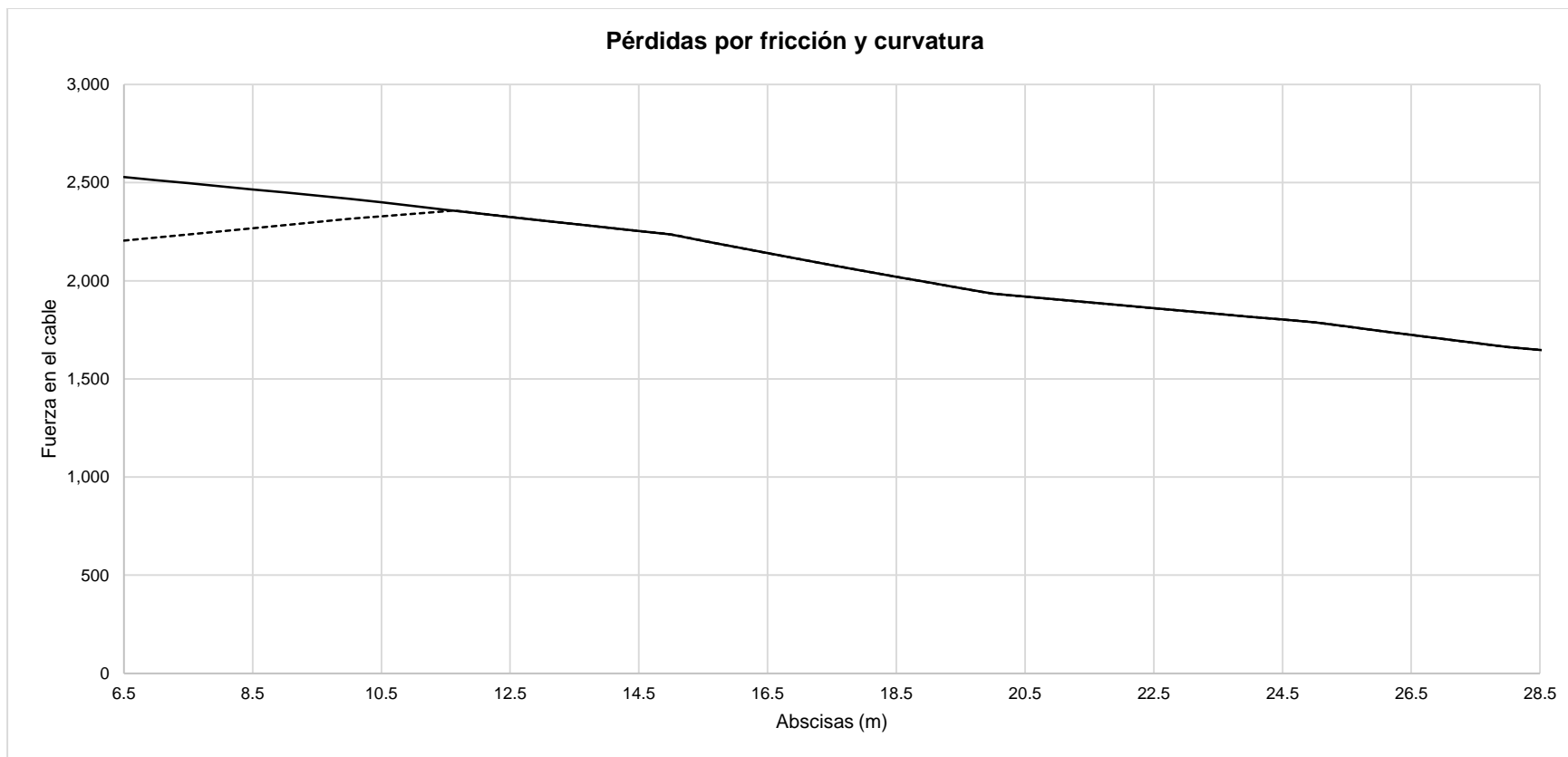


Gráfico 6. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 11 y 12



## 2.7. CABLES 13 Y 14

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
19.00	0.70	-	0.0000	-	-	-	2,207.49	-0.12	264.23	-0.68	-0.36	0.23	-1.04	-0.46
19.50	0.64	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,218.85	-0.06	123.83	-0.68	-0.17	0.11	-0.85	-0.58
20.00	0.58	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,230.27	0.00	5.64	-0.69	0.01	0.00	-0.68	-0.69
20.50	0.53	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,241.75	0.06	123.98	-0.69	0.17	-0.11	-0.52	-0.80
21.00	0.48	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,253.28	0.10	231.02	-0.70	0.31	-0.20	-0.38	-0.89
21.50	0.44	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,264.87	0.14	326.58	-0.70	0.44	-0.28	-0.26	-0.98
22.00	0.40	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,276.52	0.18	410.47	-0.70	0.56	-0.35	-0.15	-1.05
22.50	0.37	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,288.23	0.21	482.50	-0.71	0.65	-0.41	-0.05	-1.12
23.00	0.34	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,299.99	0.24	542.48	-0.71	0.73	-0.46	0.02	-1.17
23.50	0.33	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,311.80	0.26	590.21	-0.71	0.80	-0.50	0.09	-1.22
24.00	0.31	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,323.68	0.27	625.52	-0.72	0.85	-0.53	0.13	-1.25
24.50	0.30	0.0015	0.0222	0.0111	0.0033	1.00	2,335.60	0.28	648.19	-0.72	0.88	-0.55	0.16	-1.27
25.00	0.30	0.0014	0.0222	0.0104	0.0031	1.00	2,346.81	0.28	657.80	-0.72	0.89	-0.56	0.17	-1.29
25.50	0.70	0.0001	0.0222	0.0007	0.0002	1.00	2,346.09	-0.12	280.82	-0.72	-0.38	0.24	-1.10	-0.48
26.00	0.31	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	2,317.71	0.27	629.06	-0.71	0.85	-0.54	0.14	-1.25
26.50	0.34	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	2,289.69	0.24	560.40	-0.71	0.76	-0.48	0.05	-1.18
27.00	0.38	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	2,262.00	0.20	453.09	-0.70	0.61	-0.39	-0.08	-1.08
27.50	0.44	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	2,234.64	0.14	308.56	-0.69	0.42	-0.26	-0.27	-0.95
28.00	0.52	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	2,207.62	0.06	128.22	-0.68	0.17	-0.11	-0.51	-0.79
28.50	0.62	0.0015	0.0711	0.0356	0.0107	0.99	2,180.92	-0.04	86.57	-0.67	-0.12	0.07	-0.79	-0.60
29.00	0.72	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,162.22	-0.14	303.65	-0.67	-0.41	0.26	-1.08	-0.41
29.50	0.81	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,143.68	-0.23	491.60	-0.66	-0.67	0.42	-1.33	-0.24
30.00	0.89	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,125.30	-0.31	651.11	-0.66	-0.88	0.56	-1.54	-0.10
30.50	0.95	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,107.08	-0.37	782.88	-0.65	-1.06	0.67	-1.71	0.02
31.00	1.01	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,089.01	-0.42	887.58	-0.64	-1.20	0.76	-1.85	0.11
31.50	1.05	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,071.10	-0.47	965.88	-0.64	-1.31	0.82	-1.95	0.19
32.00	1.08	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,053.35	-0.50	1018.44	-0.63	-1.38	0.87	-2.01	0.24
32.50	1.09	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,035.74	-0.51	1045.90	-0.63	-1.42	0.89	-2.04	0.27

Tabla 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14

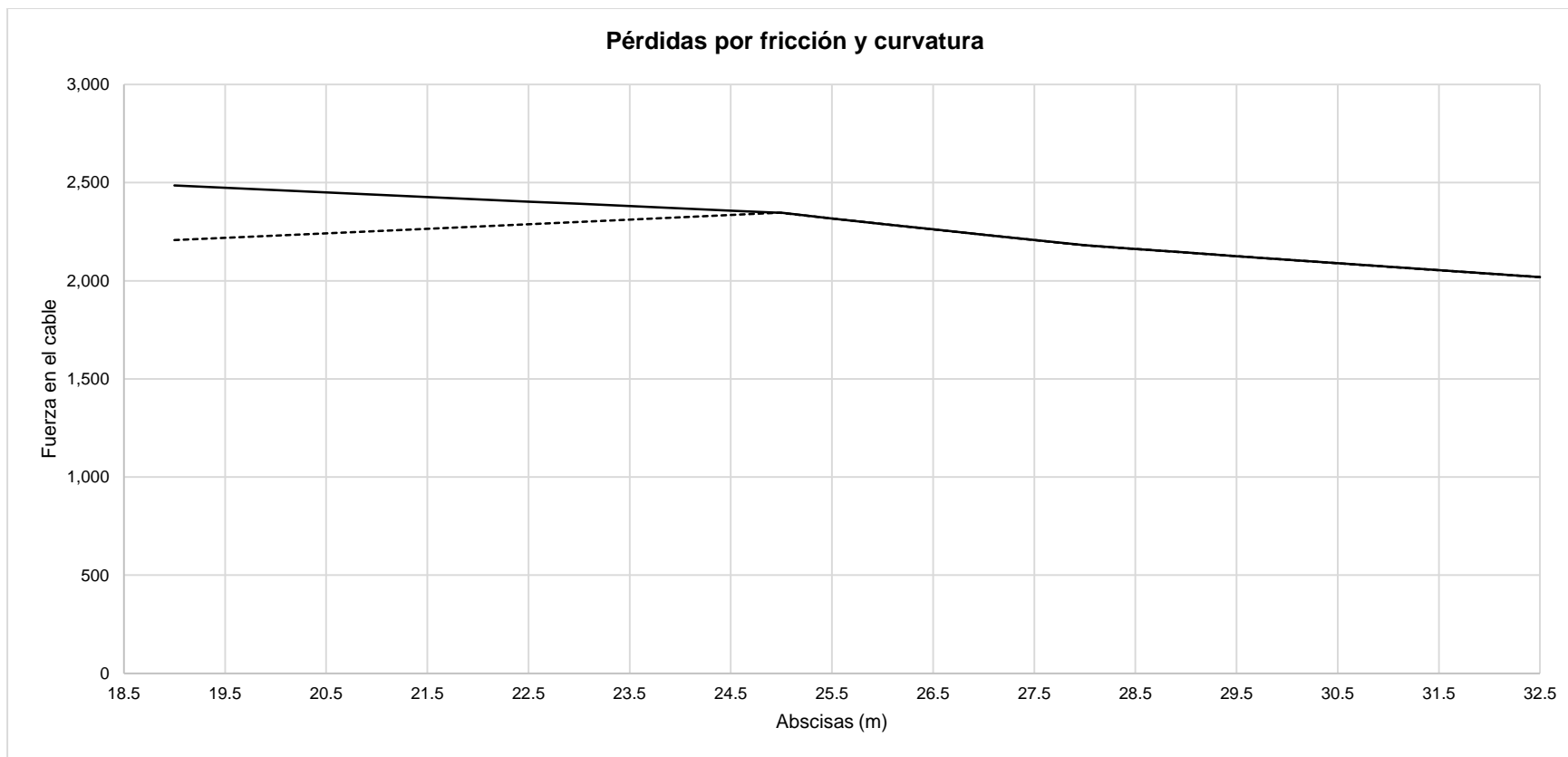


Gráfico 7. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 13 y 14

### 3. FUERZAS EN LOS CABLES LUEGO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA

ABS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(m)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)
0.0	1114.4	1114.4	1068.8	1068.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2228.8	2137.6	4366.4
1.0	1151.1	1151.1	1104.0	1104.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2302.2	2208.0	4510.2
2.0	1189.0	1189.0	1140.3	1140.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2378.0	2280.7	4658.6
3.0	1228.1	1228.1	1177.9	1177.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2456.3	2355.7	4812.0
4.0	1262.3	1262.3	1210.7	1210.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2524.7	2421.3	4946.0
5.0	1291.1	1291.1	1238.3	1238.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2582.3	2476.6	5058.8
6.0	1320.6	1320.6	1266.5	1266.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2641.2	2533.1	5174.2
7.0	1350.7	1350.7	1295.4	1295.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2001.4	2001.4	2220.1	2220.1	0.0	0.0	7141.6	6593.7	13735.4
8.0	1381.5	1381.5	1325.0	1325.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2108.6	2108.6	2251.5	2251.5	0.0	0.0	7265.9	6867.1	14133.1
9.0	1447.3	1447.3	1388.0	1388.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2221.0	2221.0	2283.2	2283.2	0.0	0.0	7461.0	7218.1	14679.1
10.0	1516.2	1516.2	1454.1	1454.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2169.1	2169.1	2315.4	2315.4	0.0	0.0	7663.0	7246.3	14909.4
11.0	1553.9	1553.9	1465.4	1465.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2130.1	2130.1	2340.9	2340.9	0.0	0.0	7789.7	7191.1	14980.8
12.0	1516.1	1516.1	1390.1	1390.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2091.9	2091.9	2343.4	2343.4	0.0	0.0	7719.0	6963.9	14682.9
13.0	1476.4	1476.4	1318.2	1318.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2054.3	2054.3	2306.9	2306.9	0.0	0.0	7566.5	6745.1	14311.6
14.0	1437.7	1437.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2017.4	2017.4	2270.9	2270.9	0.0	0.0	7417.1	4034.8	11451.9
15.0	1399.9	1399.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1981.2	1981.2	2235.5	2235.5	0.0	0.0	7270.8	3962.4	11233.2
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1915.5	1915.5	2171.8	2171.8	0.0	0.0	4343.5	3831.0	8174.5
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1852.0	1852.0	2109.8	2109.8	0.0	0.0	4219.7	3704.0	7923.7
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1790.6	1790.6	2049.7	2049.7	0.0	0.0	4099.4	3581.1	7680.5
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2205.3	2205.3	0.0	0.0	1731.2	1731.2	1991.3	1991.3	2207.5	2207.5	8397.5	7872.9	16270.5
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2242.1	2242.1	2113.9	2113.9	1673.8	1673.8	1934.5	1934.5	2230.3	2230.3	8329.6	12059.4	20389.0
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2279.5	2279.5	2170.1	2170.1	1643.7	1643.7	1904.3	1904.3	2253.3	2253.3	8315.2	12186.6	20501.9
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2317.5	2317.5	2227.9	2227.9	1614.2	1614.2	1874.6	1874.6	2276.5	2276.5	8302.3	12319.1	20621.5
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2356.1	2356.1	2287.1	2287.1	1585.2	1585.2	1845.4	1845.4	2300.0	2300.0	8290.8	12456.9	20747.6
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2331.9	2331.9	2317.9	2317.9	1556.8	1556.8	1816.6	1816.6	2323.7	2323.7	8280.6	12413.2	20693.8
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2295.4	2295.4	2261.6	2261.6	1528.8	1528.8	1788.3	1788.3	2346.1	2346.1	8268.7	12171.6	20440.4
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2204.3	2204.3	2171.8	2171.8	1468.1	1468.1	1745.3	1745.3	2289.7	2289.7	8070.0	11688.5	19758.5
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2116.8	2116.8	2085.6	2085.6	1409.9	1409.9	1703.3	1703.3	2234.6	2234.6	7876.0	11224.6	19100.6
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2081.3	2081.3	2050.7	2050.7	1386.3	1386.3	1662.4	1662.4	2180.9	2180.9	7686.6	11036.7	18723.3
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2046.5	2046.5	2016.4	2016.4	1363.0	1363.0	1634.0	1634.0	2143.7	2143.7	7555.4	10851.9	18407.3
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2012.2	2012.2	1982.6	1982.6	1340.2	1340.2	1606.1	1606.1	2107.1	2107.1	7426.4	10670.2	18096.6
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1978.5	1978.5	1949.4	1949.4	1317.8	1317.8	1578.7	1578.7	2071.1	2071.1	7299.6	10491.5	17791.1
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1945.4	1945.4	1916.8	1916.8	1295.7	1295.7	1551.7	1551.7	2035.7	2035.7	7174.9	10315.9	17490.8
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1929.1	1929.1	1900.7	1900.7	1284.8	1284.8	1538.4	1538.4	2018.3	2018.3	7113.4	10229.2	17342.6

Tabla 9. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14

#### 4. MOMENTOS PRODUCIDOS POR EL PRESFUERZO

ABS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	Pi (kN)
0.0	-242.5	-242.5	-232.5	-232.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-950.1	0.0	-950.1
1.0	-585.8	-585.8	-561.6	-561.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2294.9	0.0	-2294.9
2.0	-836.2	-836.2	-801.7	-801.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3275.7	0.0	-3275.7
3.0	-983.2	-983.2	-942.7	-942.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3851.8	0.0	-3851.8
4.0	-1016.0	-1016.0	-974.1	-974.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3980.1	0.0	-3980.1
5.0	-955.9	-955.9	-916.4	-916.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3744.6	0.0	-3744.6
6.0	-807.0	-807.0	-773.8	-773.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3161.6	0.0	-3161.6
7.0	-563.5	-563.5	-540.3	-540.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-1055.2	-1055.2	295.1	295.1	0.0	0.0	-4318.0	590.2	-3727.8
8.0	-219.0	-219.0	-209.9	-209.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-342.6	-342.6	482.5	482.5	0.0	0.0	-1543.0	965.0	-578.1
9.0	83.1	83.1	79.6	79.6	0.0	0.0	0.0	0.0	125.4	125.4	600.8	600.8	0.0	0.0	576.3	1201.6	1777.8
10.0	196.2	196.2	188.1	188.1	0.0	0.0	0.0	0.0	280.8	280.8	646.9	646.9	0.0	0.0	1330.3	1293.9	2624.2
11.0	145.6	145.6	82.7	82.7	0.0	0.0	0.0	0.0	222.4	222.4	604.6	604.6	0.0	0.0	901.4	1209.3	2110.6
12.0	-20.6	-20.6	-225.7	-225.7	0.0	0.0	0.0	0.0	61.3	61.3	456.7	456.7	0.0	0.0	-370.0	913.4	543.5
13.0	-283.9	-283.9	-694.3	-694.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-196.9	-196.9	205.8	205.8	0.0	0.0	-2350.4	411.6	-1938.7
14.0	-636.1	-636.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-546.7	-546.7	-133.3	-133.3	0.0	0.0	-2365.7	-266.6	-2632.3
15.0	-1069.5	-1069.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-983.0	-983.0	-556.4	-556.4	0.0	0.0	-4105.1	-1112.7	-5217.8
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1339.7	-1339.7	-914.5	-914.5	0.0	0.0	-2679.3	-1828.9	-4508.2
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1483.1	-1483.1	-1070.0	-1070.0	0.0	0.0	-2966.3	-2139.9	-5106.2
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1433.6	-1433.6	-1039.4	-1039.4	0.0	0.0	-2867.2	-2078.7	-4945.9
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1399.1	-1399.1	0.0	0.0	-1209.8	-1209.8	-838.2	-838.2	-263.3	-263.3	-2419.7	-5001.4	-7421.0
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-898.9	-898.9	-1621.4	-1621.4	-829.4	-829.4	-481.2	-481.2	5.6	5.6	-1658.9	-5991.7	-7650.6
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-478.3	-478.3	-963.9	-963.9	-444.8	-444.8	-111.7	-111.7	230.3	230.3	-889.6	-2647.5	-3537.0
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-141.9	-141.9	-430.1	-430.1	-154.4	-154.4	167.1	167.1	409.1	409.1	-308.8	8.6	-300.2
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105.9	105.9	-31.2	-31.2	46.4	46.4	359.4	359.4	540.7	540.7	92.7	1949.6	2042.3
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	253.4	253.4	217.9	217.9	162.2	162.2	468.8	468.8	623.5	623.5	324.3	3127.2	3451.6
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	298.1	298.1	293.7	293.7	197.4	197.4	499.2	499.2	-279.9	-279.9	394.8	1622.3	2017.1
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	149.0	149.0	146.8	146.8	98.6	98.6	425.4	425.4	558.6	558.6	197.2	2559.4	2756.6
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-252.5	-252.5	-248.8	-248.8	-167.1	-167.1	234.2	234.2	307.6	307.6	-334.2	81.0	-253.2
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-728.2	-728.2	-717.4	-717.4	-481.8	-481.8	-65.7	-65.7	-86.3	-86.3	-963.7	-3195.2	-4158.9
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1093.5	-1093.5	-1077.3	-1077.3	-723.4	-723.4	-373.0	-373.0	-489.9	-489.9	-1446.9	-6067.4	-7514.3
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1353.4	-1353.4	-1333.5	-1333.5	-895.4	-895.4	-594.0	-594.0	-780.2	-780.2	-1790.7	-8122.2	-9912.9
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1513.2	-1513.2	-1490.8	-1490.8	-1000.9	-1000.9	-732.8	-732.8	-962.5	-962.5	-2001.8	-9398.5	-11400.3
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1577.4	-1577.4	-1554.1	-1554.1	-1043.3	-1043.3	-793.5	-793.5	-1042.1	-1042.1	-2086.6	-9934.3	-12020.9
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-1575.2	-1575.2	-1552.0	-1552.0	-1041.8	-1041.8	-795.7	-795.7	-1045.1	-1045.1	-2083.6	-9936.0	-12019.5

Tabla 10. Momentos producidos por el presfuerzo

## 5. PÉRDIDAS POR ACORTAMIENTO ELÁSTICO

### 5.1. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 1

$M_{max}$ (kN·m)	909.40	Momento máximo actuante (por cargas de peso propio)
$y_t$ (m)	0.92	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra superior
$y_b$ (m)	0.58	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra inferior
A (m <sup>2</sup> )	3.24	Área de la sección transversal
I (m <sup>4</sup> )	0.68	Momento de inercia o segundo momento de área de la sección
$d_c$ (m)	0.38	Distancia medida desde la fibra inferior del concreto hasta el centroide del cable en la zona de máximo momento
$P_1$ (kN)	8,268.74	Fuerza de tensionamiento en la etapa 1 (luego de considerar pérdidas por fricción y curvatura)
e (m)	0.21	Distancia medida desde el eje neutro de la sección al centroide del cable en el centro de la luz
P·e (kN·m)	1,697.61	Momento causado por la fuerza de tensionamiento y la excentricidad del cable con respecto al E.N.
P/A (MPa)	-2.55	Fuerza de compresión causada por la fuerza axial del presfuerzo
P·e·e/I (MPa)	-0.51	Esfuerzo de compresión la zona de máximo momento a nivel del c.g. del cable, por el momento del presfuerzo
$f_{cis}$ (MPa)	-3.06	Esfuerzo de compresión a causa del tensionamiento medido en el c.g. del cable en la zona de máximo momento
$f_{b1}$ (MPa)	0.78	Esfuerzo de tracción causado por las cargas de peso propio de la viga en la fibra inferior de la sección
$f_{cim}$ (MPa)	0.27	Esfuerzo causado por cargas de peso propio, en el centro de gravedad del cable
$f_{cgp}$ (MPa)	-2.79	Esfuerzos en el centro de gravedad del cable en la zona de máximo momento

### 5.2. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 2

$M_{max}$ (kN·m)	10,288.71	Momento máximo actuante (por cargas muertas totales)
$y_t$ (m)	0.92	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra superior
$y_b$ (m)	0.58	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra inferior
A (cm <sup>2</sup> )	3.24	Área de la sección transversal
I (cm <sup>4</sup> )	0.68	Momento de inercia o segundo momento de área de la sección
$d_c$ (cm)	0.38	Distancia medida desde la fibra inferior del concreto hasta el centroide del cable en el centro de la luz
$P_2$ (kN)	12,171.62	Fuerza de tensionamiento en la etapa 2 (luego de considerar pérdidas por fricción y curvatura)
e (cm)	0.21	Distancia medida desde el eje neutro de la sección al centroide del cable en el centro de la luz
P·e (kN·m)	2,498.89	Momento causado por la fuerza de tensionamiento y la excentricidad del cable con respecto al E.N.
P/A (MPa)	-3.75	Fuerza de compresión causada por el presfuerzo
P·e·e/I (MPa)	-0.75	Esfuerzo de compresión en el centro de la luz a nivel del c.g. del cable, por el momento del presfuerzo
$f_{cis}$ (MPa)	-4.51	Esfuerzo de compresión a causa del tensionamiento medido en el c.g. del cable en el centro de la luz
$f_{b2}$ (MPa)	8.79	Esfuerzo causado por las cargas muertas posteriores
$f_{cim}$ (MPa)	3.11	Esfuerzo causado por la carga muerta total, en el centro de gravedad del cable
$f_{cgp}$ (MPa)	-1.40	Esfuerzos en el centro de gravedad del cable en la zona de máximo momento

## 6. FUERZAS EN LOS CABLES DESPUES DE PÉRDIDAS INICIALES

ABSCISA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(cm)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)
0.0	1104.0	1104.0	1058.4	1058.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2208.0	2116.8	4324.7
1.0	1140.7	1140.7	1093.6	1093.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2281.3	2187.1	4468.5
2.0	1178.6	1178.6	1129.9	1129.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2357.1	2259.8	4616.9
3.0	1217.7	1217.7	1167.4	1167.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2435.4	2334.9	4770.3
4.0	1251.9	1251.9	1200.2	1200.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2503.8	2400.5	4904.3
5.0	1280.7	1280.7	1227.9	1227.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2561.4	2455.7	5017.1
6.0	1310.2	1310.2	1256.1	1256.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2620.3	2512.2	5132.5
7.0	1340.3	1340.3	1285.0	1285.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1987.5	1987.5	2212.8	2212.8	0.0	0.0	7106.1	6545.1	13651.2
8.0	1371.1	1371.1	1314.6	1314.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2094.7	2094.7	2244.1	2244.1	0.0	0.0	7230.4	6818.5	14048.9
9.0	1436.9	1436.9	1377.6	1377.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2207.1	2207.1	2275.9	2275.9	0.0	0.0	7425.4	7169.5	14594.9
10.0	1505.7	1505.7	1443.7	1443.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2155.2	2155.2	2308.0	2308.0	0.0	0.0	7627.5	7197.7	14825.2
11.0	1543.5	1543.5	1455.0	1455.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2116.2	2116.2	2333.6	2333.6	0.0	0.0	7754.2	7142.4	14896.7
12.0	1505.7	1505.7	1379.6	1379.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2078.0	2078.0	2336.1	2336.1	0.0	0.0	7683.5	6915.2	14598.7
13.0	1466.0	1466.0	1307.8	1307.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2040.4	2040.4	2299.5	2299.5	0.0	0.0	7531.0	6696.4	14227.4
14.0	1427.2	1427.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2003.5	2003.5	2263.6	2263.6	0.0	0.0	7381.6	4007.0	11388.6
15.0	1389.5	1389.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1967.3	1967.3	2228.1	2228.1	0.0	0.0	7235.3	3934.6	11169.9
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1901.6	1901.6	2164.4	2164.4	0.0	0.0	4328.8	3803.2	8132.0
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1838.1	1838.1	2102.5	2102.5	0.0	0.0	4205.0	3676.1	7881.2
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1776.7	1776.7	2042.4	2042.4	0.0	0.0	4084.7	3553.3	7638.1
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2197.9	2197.9	0.0	0.0	1717.3	1717.3	1983.9	1983.9	2200.2	2200.2	8368.2	7830.5	16198.7
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2234.7	2234.7	2106.5	2106.5	1659.9	1659.9	1927.2	1927.2	2222.9	2222.9	8300.2	12002.3	20302.5
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2272.1	2272.1	2162.8	2162.8	1629.8	1629.8	1897.0	1897.0	2245.9	2245.9	8285.9	12129.5	20415.4
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2310.1	2310.1	2220.5	2220.5	1600.3	1600.3	1867.3	1867.3	2269.2	2269.2	8273.0	12262.0	20535.0
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2348.8	2348.8	2279.8	2279.8	1571.3	1571.3	1838.1	1838.1	2292.7	2292.7	8261.4	12399.7	20661.2
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2324.6	2324.6	2310.6	2310.6	1542.9	1542.9	1809.3	1809.3	2316.3	2316.3	8251.3	12356.1	20607.3
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2288.0	2288.0	2254.3	2254.3	1514.9	1514.9	1781.0	1781.0	2338.8	2338.8	8239.4	12114.5	20353.9
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2196.9	2196.9	2164.5	2164.5	1454.2	1454.2	1738.0	1738.0	2282.4	2282.4	8040.6	11631.4	19672.0
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2109.5	2109.5	2078.3	2078.3	1396.0	1396.0	1696.0	1696.0	2227.3	2227.3	7846.6	11167.5	19014.1
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2074.0	2074.0	2043.4	2043.4	1372.4	1372.4	1655.1	1655.1	2173.6	2173.6	7657.3	10979.5	18636.8
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2039.2	2039.2	2009.1	2009.1	1349.1	1349.1	1626.7	1626.7	2136.4	2136.4	7526.0	10794.8	18320.8
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2004.9	2004.9	1975.3	1975.3	1326.3	1326.3	1598.8	1598.8	2099.7	2099.7	7397.0	10613.1	18010.1
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1971.2	1971.2	1942.1	1942.1	1303.9	1303.9	1571.3	1571.3	2063.8	2063.8	7270.2	10434.4	17704.7
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1938.1	1938.1	1909.5	1909.5	1281.8	1281.8	1544.4	1544.4	2028.4	2028.4	7145.6	10258.8	17404.4
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1921.7	1921.7	1893.4	1893.4	1270.9	1270.9	1531.1	1531.1	2011.0	2011.0	7084.1	10172.0	17256.1
P <sub>max</sub> (kN)	1543.5	1543.5	1478.3	1478.3	2348.8	2348.8	2310.6	2310.6	2207.1	2207.1	2346.6	2346.6	2338.8	2338.8	-	-	-
P <sub>max</sub> /A <sub>s</sub> (MPa)	1225.0	1225.0	1173.3	1173.3	1398.1	1398.1	1375.4	1375.4	1313.8	1313.8	1396.8	1396.8	1392.1	1392.1	-	-	-

Tabla 11. Fuerzas en los cables luego de pérdidas iniciales

## 7. PÉRDIDAS A LARGO PLAZO

Tipo relajación	Baja relajación	Tipo de relajación del acero
$f'_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	35.00	Resistencia a la compresión del concreto el día que se realizó el tensionamiento
$f_{py}$ (MPa)	1,700.00	Esfuerzo de fluencia del acero
$A_{ps}$ (mm <sup>2</sup> )	21,840.00	Área de acero de presfuerzo
$A_g$ (mm <sup>2</sup> )	3,241,890.01	Área de la sección bruta (sin la losa)
$P_o$ (kN)	20,440.36	Fuerzas en el cable después de pérdidas por fricción y curvatura
$f_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	935.91	Esfuerzo del acero de presfuerzo inmediatamente antes de la transferencia
H (%)	80.00	Humedad promedio anual, según 5.9.5.3
$\gamma_h$	0.90	Factor de corrección para humedad relativa del ambiente, según 5.9.5.3
$\gamma_{ST}$	0.972	Factor de corrección de la resistencia del concreto en el instante de la transferencia del presfuerzo
CRc (N/mm <sup>2</sup> )	8.00	Pérdidas debidas CREEP
SH (N/mm <sup>2</sup> )	72.63	Pérdidas por humedad y retracción del fraguado SHRINKAGE
$\Delta f_{pR}$ (N/mm <sup>2</sup> )	16.00	Aproximación de la pérdida por relajación (simplificado)
$K_L$	30.00	Coefficiente para el cálculo de las pérdidas por relajamiento del acero, usando el método refinado
$\Delta f_{pLT}$ (N/mm <sup>2</sup> )	96.62	Pérdidas de presfuerzo de largo plazo

La siguiente tabla muestra el valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas por fricción y curvatura:

	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	$\Delta f_{pLT}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\Delta LP$ (kN)
Cable 1	1260.00	96.62	121.75
Cable 2	1260.00	96.62	121.75
Cable 3	1260.00	96.62	121.75
Cable 4	1260.00	96.62	121.75
Cable 5	1680.00	96.62	162.33
Cable 6	1680.00	96.62	162.33
Cable 7	1680.00	96.62	162.33
Cable 8	1680.00	96.62	162.33
Cable 9	1680.00	96.62	162.33
Cable 10	1680.00	96.62	162.33
Cable 11	1680.00	96.62	162.33
Cable 12	1680.00	96.62	162.33
Cable 13	1680.00	96.62	162.33
Cable 14	1680.00	96.62	162.33
TOTALES	21,840.00	1,352.74	2,110.28

Tabla 12. Fuerza que pierde cada cable por pérdidas a largo plazo

### 7.1. FUERZA QUE PIERDE EL CABLE

ABSCISA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
(m)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$P_0$ (kN)
0.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	487.0
1.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	487.0
2.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	487.0
3.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	487.0
4.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	487.0
5.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	487.0
6.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	487.0
7.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	1136.3
8.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	1136.3
9.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	1136.3
10.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	1136.3
11.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	1136.3
12.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	1136.3
13.0	121.7	121.7	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	1136.3
14.0	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	892.8
15.0	121.7	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	892.8
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	649.3
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	649.3
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	0.0	0.0	649.3
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1298.6
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	162.3	1623.3

Tabla 13. Valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas a largo plazo



## 7.2. MOMENTOS

ABSCISA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Etapa	2a. Etapa	Total
(cm)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)
0.00	-26.75	-26.75	-26.75	-26.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-53.49	-53.49	-106.99
1.00	-62.53	-62.53	-62.53	-62.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-125.05	-125.05	-250.10
2.00	-86.38	-86.38	-86.38	-86.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-172.76	-172.76	-345.51
3.00	-98.30	-98.30	-98.30	-98.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-196.61	-196.61	-393.22
4.00	-98.80	-98.80	-98.80	-98.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-197.61	-197.61	-395.21
5.00	-90.87	-90.87	-90.87	-90.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-181.73	-181.73	-363.47
6.00	-75.00	-75.00	-75.00	-75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-149.99	-149.99	-299.98
7.00	-51.19	-51.19	-51.19	-51.19	0.00	0.00	0.00	0.00	-86.18	-86.18	21.65	21.65	0.00	0.00	-59.08	-274.74	-333.82
8.00	-19.44	-19.44	-19.44	-19.44	0.00	0.00	0.00	0.00	-26.55	-26.55	34.90	34.90	0.00	0.00	30.92	-91.99	-61.07
9.00	7.04	7.04	7.04	7.04	0.00	0.00	0.00	0.00	9.23	9.23	42.85	42.85	0.00	0.00	99.78	32.53	132.30
10.00	15.86	15.86	15.86	15.86	0.00	0.00	0.00	0.00	21.15	21.15	45.50	45.50	0.00	0.00	122.73	74.03	196.76
11.00	11.48	11.48	6.92	6.92	0.00	0.00	0.00	0.00	17.06	17.06	42.06	42.06	0.00	0.00	107.08	47.96	155.05
12.00	-1.67	-1.67	-19.91	-19.91	0.00	0.00	0.00	0.00	4.79	4.79	31.74	31.74	0.00	0.00	60.14	-30.25	29.89
13.00	-23.58	-23.58	-64.64	-64.64	0.00	0.00	0.00	0.00	-15.66	-15.66	14.53	14.53	0.00	0.00	-18.11	-160.60	-178.71
14.00	-54.26	-54.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-44.30	-44.30	-9.56	-9.56	0.00	0.00	-127.65	-88.60	-216.24
15.00	-93.71	-93.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-81.12	-81.12	-40.53	-40.53	0.00	0.00	-268.48	-162.23	-430.71
16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-114.36	-114.36	-68.58	-68.58	0.00	0.00	-137.17	-228.72	-365.89
17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-130.98	-130.98	-82.61	-82.61	0.00	0.00	-165.22	-261.97	-427.18
18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-130.98	-130.98	-82.61	-82.61	0.00	0.00	-165.22	-261.97	-427.18
19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-103.33	-103.33	0.00	0.00	-114.36	-114.36	-68.58	-68.58	-19.43	-19.43	-176.03	-435.38	-611.41
20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-65.30	-65.30	-124.94	-124.94	-81.12	-81.12	-40.53	-40.53	0.41	0.41	-80.25	-542.71	-622.95
21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-34.17	-34.17	-72.35	-72.35	-44.30	-44.30	-9.56	-9.56	16.64	16.64	14.17	-301.65	-287.48
22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-9.97	-9.97	-31.44	-31.44	-15.66	-15.66	14.53	14.53	29.27	29.27	87.60	-114.15	-26.55
23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.32	7.32	-2.22	-2.22	4.79	4.79	31.74	31.74	38.29	38.29	140.05	19.77	159.82
24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.69	17.69	15.31	15.31	17.06	17.06	42.06	42.06	43.70	43.70	171.52	100.13	271.64
25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	45.50	45.50	-19.43	-19.43	52.14	126.91	179.06
26.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	39.73	39.73	39.73	39.73	158.92	66.04	224.96
27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-19.43	-19.43	-19.43	-19.43	-19.43	-19.43	22.41	22.41	22.41	22.41	89.66	-116.58	-26.92
28.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-56.99	-56.99	-56.99	-56.99	-56.99	-56.99	-6.44	-6.44	-6.44	-6.44	-25.77	-341.96	-367.74
29.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-87.04	-87.04	-87.04	-87.04	-87.04	-87.04	-37.23	-37.23	-37.23	-37.23	-148.90	-522.27	-671.17
30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-109.58	-109.58	-109.58	-109.58	-109.58	-109.58	-60.31	-60.31	-60.31	-60.31	-241.25	-657.50	-898.75
31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-124.61	-124.61	-124.61	-124.61	-124.61	-124.61	-75.70	-75.70	-75.70	-75.70	-302.82	-747.65	-1050.47
32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-132.12	-132.12	-132.12	-132.12	-132.12	-132.12	-83.40	-83.40	-83.40	-83.40	-333.60	-792.73	-1126.33
32.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-133.06	-133.06	-133.06	-133.06	-133.06	-133.06	-84.36	-84.36	-84.36	-84.36	-337.45	-798.36	-1135.81

Tabla 14. Valor de los momentos producidos por las pérdidas a largo plazo

## 8. FUERZAS EFECTIVAS EN LOS CABLES

ABS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(cm)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)
0.0	982.2	982.2	941.6	941.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1964.5	1883.1	3847.6
1.0	1018.9	1018.9	976.7	976.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2037.8	1953.5	3991.3
2.0	1056.8	1056.8	1013.1	1013.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2113.6	2026.2	4139.8
3.0	1096.0	1096.0	1050.6	1050.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2191.9	2101.2	4293.2
4.0	1130.2	1130.2	1083.4	1083.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2260.3	2166.9	4427.2
5.0	1159.0	1159.0	1111.0	1111.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2317.9	2222.1	4540.0
6.0	1188.4	1188.4	1139.3	1139.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2376.8	2278.6	4655.4
7.0	1218.5	1218.5	1168.2	1168.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1872.4	1872.4	2084.5	2084.5	0.0	0.0	6606.0	6081.1	12687.1
8.0	1249.3	1249.3	1197.7	1197.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1979.5	1979.5	2115.8	2115.8	0.0	0.0	6730.3	6354.5	13084.8
9.0	1315.1	1315.1	1260.8	1260.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2091.9	2091.9	2147.6	2147.6	0.0	0.0	6925.3	6705.5	13630.8
10.0	1384.0	1384.0	1326.9	1326.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2040.0	2040.0	2179.7	2179.7	0.0	0.0	7127.4	6733.7	13861.1
11.0	1421.8	1421.8	1338.2	1338.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2001.0	2001.0	2205.3	2205.3	0.0	0.0	7254.1	6678.5	13932.5
12.0	1383.9	1383.9	1262.8	1262.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1962.8	1962.8	2207.8	2207.8	0.0	0.0	7183.4	6451.2	13634.6
13.0	1344.2	1344.2	1191.0	1191.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1925.2	1925.2	2171.2	2171.2	0.0	0.0	7030.9	6232.4	13263.3
14.0	1305.5	1305.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1888.3	1888.3	2135.3	2135.3	0.0	0.0	6881.5	3776.7	10658.1
15.0	1267.8	1267.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1852.1	1852.1	2099.8	2099.8	0.0	0.0	6735.2	3704.2	10439.4
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1786.4	1786.4	2036.1	2036.1	0.0	0.0	4072.2	3572.8	7645.0
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1722.9	1722.9	1974.2	1974.2	0.0	0.0	3948.4	3445.8	7394.2
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1661.5	1661.5	1914.1	1914.1	0.0	0.0	3828.1	3323.0	7151.1
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2076.2	2076.2	0.0	0.0	1602.1	1602.1	1855.6	1855.6	2071.8	2071.8	7854.9	7356.6	15211.6
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2113.0	2113.0	1984.8	1984.8	1544.7	1544.7	1798.9	1798.9	2094.6	2094.6	7787.0	11284.9	19071.9
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2150.4	2150.4	2041.0	2041.0	1514.7	1514.7	1768.7	1768.7	2117.6	2117.6	7772.7	11412.1	19184.8
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2188.4	2188.4	2098.8	2098.8	1485.1	1485.1	1739.0	1739.0	2140.9	2140.9	7759.7	11544.7	19304.4
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2227.0	2227.0	2158.0	2158.0	1456.2	1456.2	1709.8	1709.8	2164.3	2164.3	7748.2	11682.4	19430.6
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2202.8	2202.8	2188.9	2188.9	1427.7	1427.7	1681.0	1681.0	2188.0	2188.0	7738.0	11638.7	19376.7
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2166.3	2166.3	2132.5	2132.5	1399.7	1399.7	1652.6	1652.6	2210.4	2210.4	7726.1	11397.1	19123.3
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2075.2	2075.2	2042.8	2042.8	1339.1	1339.1	1609.6	1609.6	2154.0	2154.0	7527.4	10914.0	18441.4
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1987.7	1987.7	1956.6	1956.6	1280.8	1280.8	1567.7	1567.7	2099.0	2099.0	7333.4	10450.1	17783.5
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1952.3	1952.3	1921.6	1921.6	1257.2	1257.2	1526.7	1526.7	2045.3	2045.3	7144.0	10262.2	17406.2
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1917.4	1917.4	1887.3	1887.3	1234.0	1234.0	1498.4	1498.4	2008.0	2008.0	7012.8	10077.4	17090.2
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1883.2	1883.2	1853.6	1853.6	1211.1	1211.1	1470.5	1470.5	1971.4	1971.4	6883.8	9895.7	16779.5
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1849.5	1849.5	1820.4	1820.4	1188.7	1188.7	1443.0	1443.0	1935.5	1935.5	6757.0	9717.1	16474.0
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1816.3	1816.3	1787.7	1787.7	1166.6	1166.6	1416.1	1416.1	1900.1	1900.1	6632.3	9541.4	16173.8
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1800.0	1800.0	1771.6	1771.6	1155.8	1155.8	1402.8	1402.8	1882.6	1882.6	6570.8	9454.7	16025.5
P <sub>max</sub> (kN)	1421.8	1421.8	1361.5	1361.5	2227.0	2227.0	2188.9	2188.9	2091.9	2091.9	2218.3	2218.3	2210.4	2210.4	-	-	-
P/A <sub>s</sub> (MPa)	1128.4	1128.4	1080.6	1080.6	1325.6	1325.6	1302.9	1302.9	1245.2	1245.2	1320.4	1320.4	1315.7	1315.7	-	-	-

Tabla 15. Fuerzas efectivas en los cables

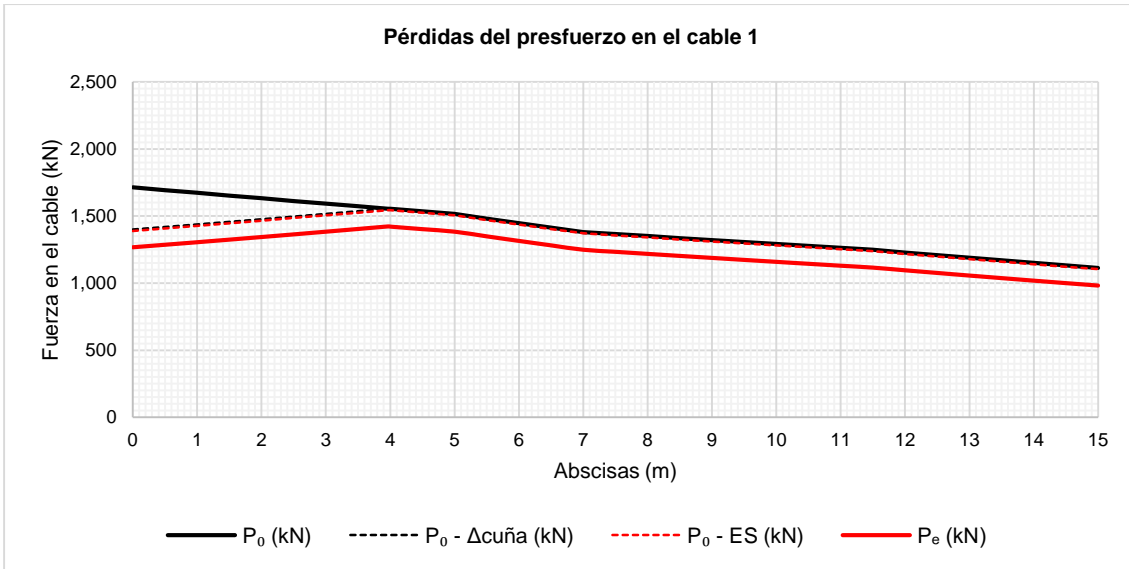


Gráfico 8. Fuerza efectiva en los cables 1 y 2

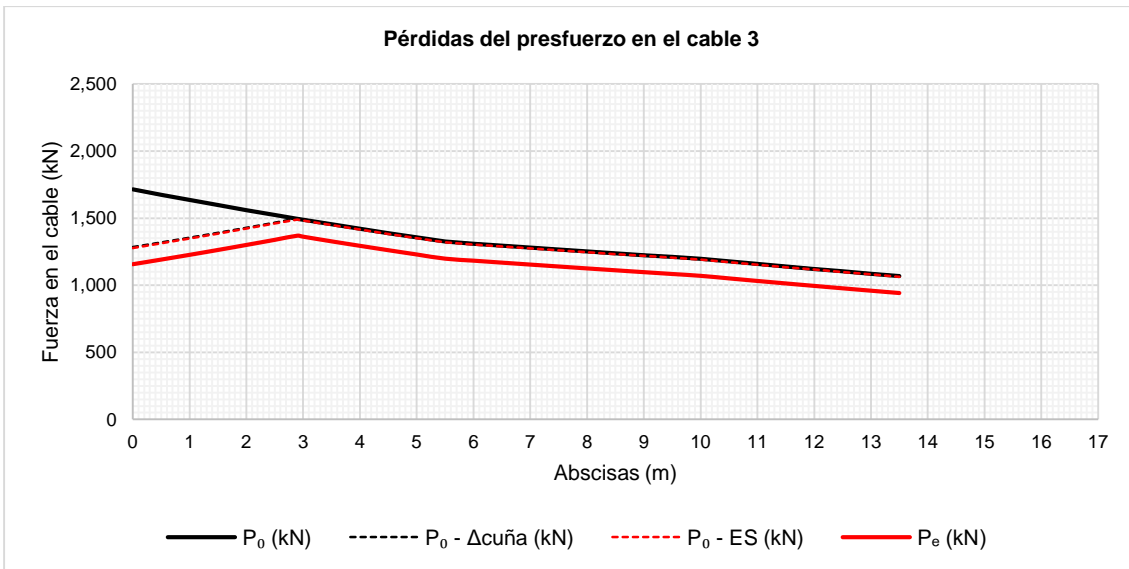


Gráfico 9. Fuerza efectiva en los cables 3 y 4

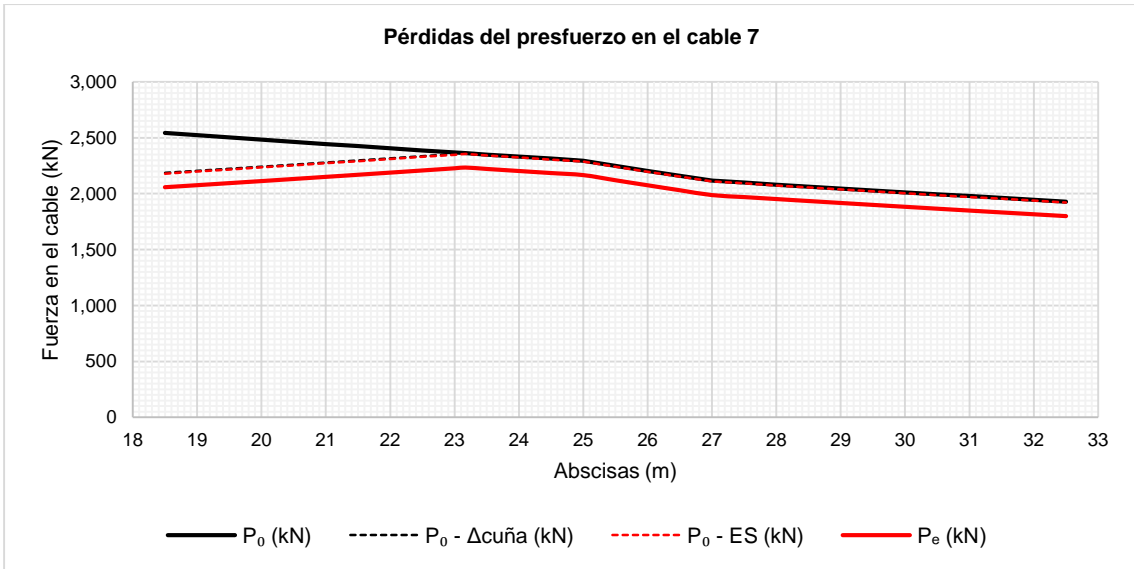


Gráfico 10. Fuerza efectiva en los cables 5 y 6

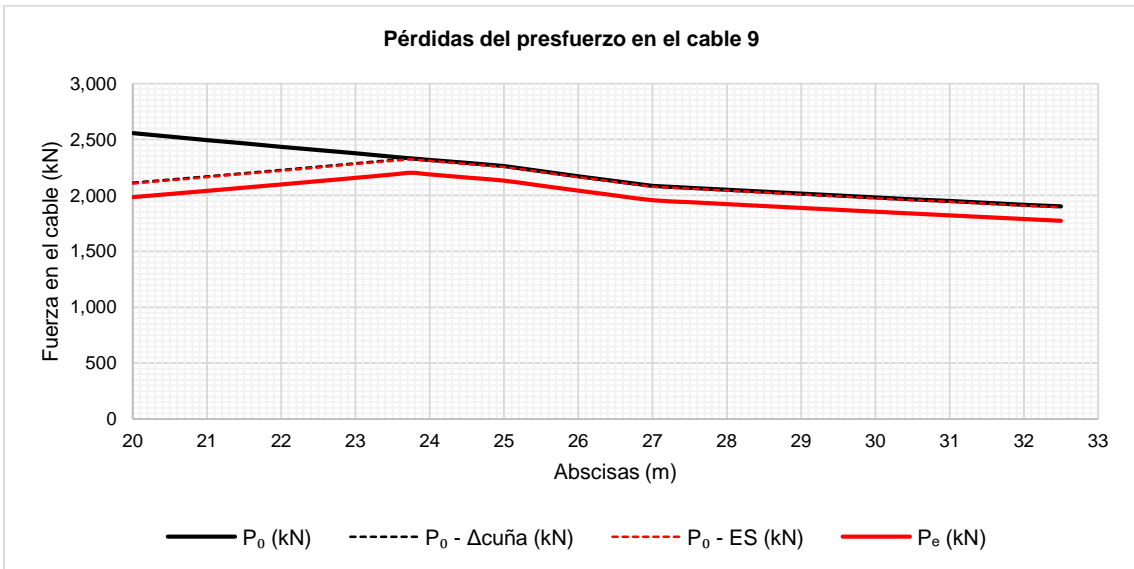


Gráfico 11. Fuerza efectiva en los cables 7 y 8

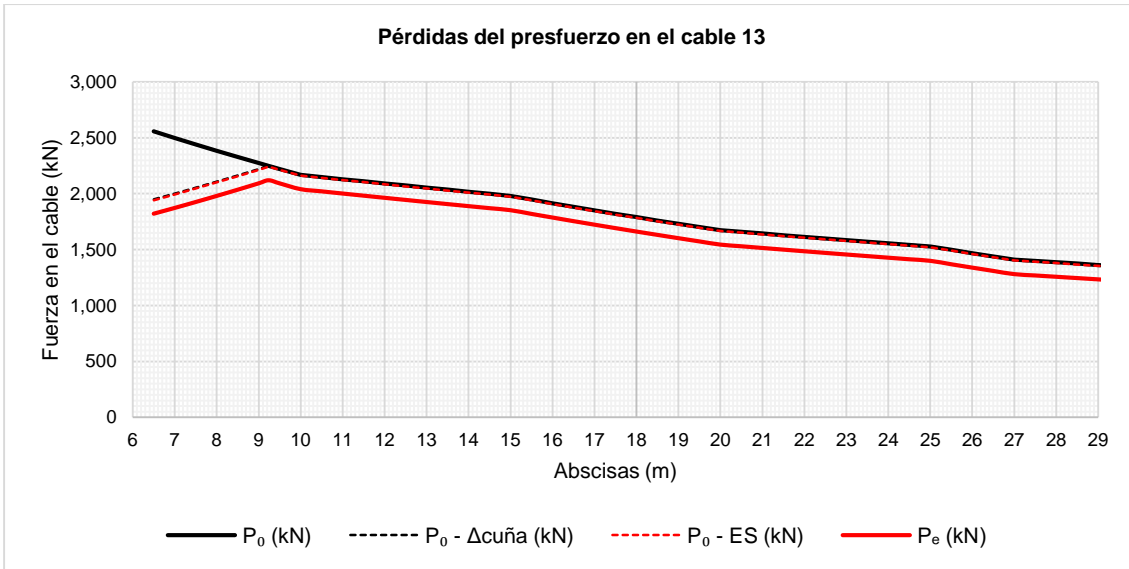


Gráfico 12. Fuerza efectiva en los cables 9 y 10

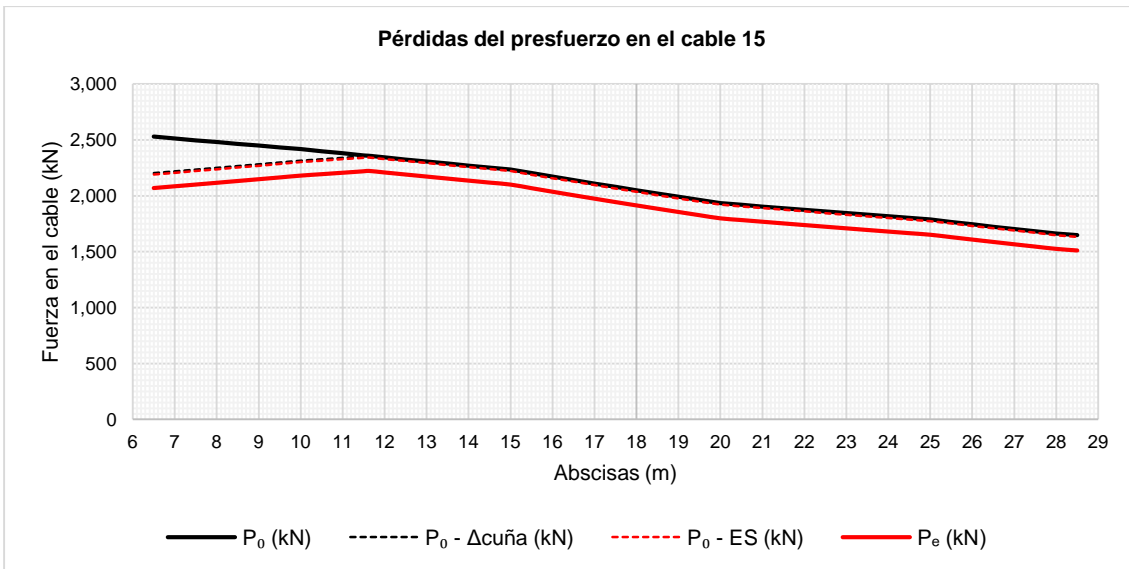


Gráfico 13. Fuerza efectiva en los cables 11 y 12

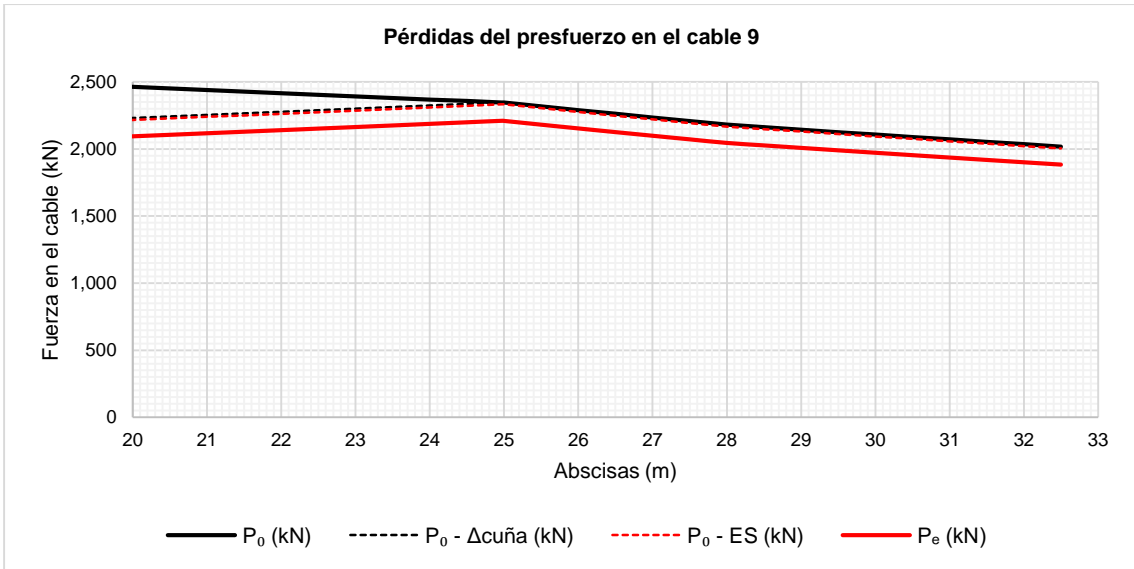


Gráfico 14. Fuerza efectiva en los cables 13 y 14

## 9. ESTADOS DE ESFUERZOS

### 9.1. ESTADO DE ESFUERZOS 1

ABSCISA	1ER TENSIONAMIENTO							PESO PROPIO			ESTADO 1 - 1ER TENSIONAMIENTO + PESO PROPIO	
	(m)	P (kN)	M (kN·m)	P/A (MPa)	M·y <sub>i</sub> /I (MPa)	M·y <sub>b</sub> /I (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)	M (kN·m)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)
0.00	2207.97	-950.12	-0.68	-1.29	0.81	-1.97	0.13	0.00	0.00	0.00	-1.97	0.13
1.00	2281.34	-2294.88	-0.70	-3.11	1.96	-3.81	1.26	137.00	0.19	-0.12	-3.62	1.14
2.00	2357.13	-3275.67	-0.73	-4.43	2.80	-5.16	2.07	226.88	0.31	-0.19	-4.85	1.88
3.00	2435.40	-3851.77	-0.75	-5.21	3.29	-5.96	2.54	269.63	0.36	-0.23	-5.60	2.31
4.00	2503.82	-3980.08	-0.77	-5.39	3.40	-6.16	2.63	265.26	0.36	-0.23	-5.80	2.40
5.00	2561.41	-3744.60	-0.79	-5.07	3.20	-5.86	2.41	213.76	0.29	-0.18	-5.57	2.23
6.00	2620.32	-3161.60	-0.81	-4.28	2.70	-5.09	1.89	115.13	0.16	-0.10	-4.93	1.79
7.00	7106.12	-4317.98	-2.19	-5.84	3.69	-8.04	1.50	-30.62	-0.04	0.03	-8.08	1.52
8.00	7230.43	-1543.04	-2.23	-2.09	1.32	-4.32	-0.91	-223.50	-0.30	0.19	-4.62	-0.72
9.00	7425.45	576.26	-2.29	0.78	-0.49	-1.51	-2.78	-463.51	-0.63	0.40	-2.14	-2.39
10.00	7627.53	1330.30	-2.35	1.80	-1.14	-0.55	-3.49	-750.64	-1.02	0.64	-1.57	-2.85
11.00	7754.20	901.36	-2.39	1.22	-0.77	-1.17	-3.16	-431.34	-0.58	0.37	-1.76	-2.79
12.00	7683.53	-369.97	-2.37	-0.50	0.32	-2.87	-2.05	-159.17	-0.22	0.14	-3.09	-1.92
13.00	7531.00	-2350.36	-2.32	-3.18	2.01	-5.50	-0.32	51.37	0.07	-0.04	-5.43	-0.36
14.00	7381.59	-2365.71	-2.28	-3.20	2.02	-5.48	-0.26	221.27	0.30	-0.19	-5.18	-0.45
15.00	7235.33	-4105.09	-2.23	-5.56	3.51	-7.79	1.27	350.54	0.47	-0.30	-7.31	0.97
16.00	4328.85	-2679.32	-1.34	-3.63	2.29	-4.96	0.95	439.17	0.59	-0.38	-4.37	0.58
17.00	4205.03	-2966.27	-1.30	-4.01	2.53	-5.31	1.24	487.17	0.66	-0.42	-4.65	0.82
18.00	4084.75	-2867.17	-1.26	-3.88	2.45	-5.14	1.19	494.53	0.67	-0.42	-4.47	0.77
19.00	8368.20	-2419.65	-2.58	-3.27	2.07	-5.86	-0.51	461.26	0.62	-0.39	-5.23	-0.91
20.00	8300.24	-1658.88	-2.56	-2.25	1.42	-4.81	-1.14	387.35	0.52	-0.33	-4.28	-1.47
21.00	8285.92	-889.55	-2.56	-1.20	0.76	-3.76	-1.80	272.81	0.37	-0.23	-3.39	-2.03
22.00	8272.99	-308.85	-2.55	-0.42	0.26	-2.97	-2.29	117.64	0.16	-0.10	-2.81	-2.39
23.00	8261.45	92.72	-2.55	0.13	-0.08	-2.42	-2.63	-78.17	-0.11	0.07	-2.53	-2.56
24.00	8251.26	324.33	-2.55	0.44	-0.28	-2.11	-2.82	-314.61	-0.43	0.27	-2.53	-2.55
25.00	8239.41	394.80	-2.54	0.53	-0.34	-2.01	-2.88	-591.69	-0.80	0.51	-2.81	-2.37
26.00	8040.63	197.21	-2.48	0.27	-0.17	-2.21	-2.65	-909.40	-1.23	0.78	-3.44	-1.87
27.00	7846.63	-334.18	-2.42	-0.45	0.29	-2.87	-2.14	-579.52	-0.78	0.49	-3.66	-1.64
28.00	7657.30	-963.67	-2.36	-1.30	0.82	-3.67	-1.54	-296.76	-0.40	0.25	-4.07	-1.29
29.00	7526.05	-1446.89	-2.32	-1.96	1.24	-4.28	-1.09	-76.40	-0.10	0.07	-4.38	-1.02
30.00	7397.04	-1790.72	-2.28	-2.42	1.53	-4.71	-0.75	103.33	0.14	-0.09	-4.57	-0.84
31.00	7270.24	-2001.81	-2.24	-2.71	1.71	-4.95	-0.53	242.43	0.33	-0.21	-4.62	-0.74
32.00	7145.60	-2086.58	-2.20	-2.82	1.78	-5.03	-0.42	340.89	0.46	-0.29	-4.57	-0.71
32.50	7084.08	-2083.56	-2.19	-2.82	1.78	-5.01	-0.41	374.88	0.51	-0.32	-4.50	-0.73

Tabla 16. Estado de esfuerzos 1

**9.2. ESTADO DE ESFUERZOS 2**

ABS.	50 % CARGA MUERTA TOTAL			2DO TENSIONAMIENTO								ESTADO 2 - ESTADO 1 + 50 % CARGA MUERTA TOTAL	
	(m)	M (kN-m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	P (kN)	M (kN-m)	P/A (MPa)	M-y/l (MPa)	M-y <sub>b</sub> /l (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	2116.76	0.00	-0.65	0.00	0.00	-0.65	-0.65	-2.62	-0.52	
1.00	843.52	1.14	-0.72	2187.13	0.00	-0.67	0.00	0.00	-0.67	-0.67	-3.16	-0.26	
2.00	1396.88	1.89	-1.19	2259.81	0.00	-0.70	0.00	0.00	-0.70	-0.70	-3.66	-0.01	
3.00	1660.10	2.25	-1.42	2334.88	0.00	-0.72	0.00	0.00	-0.72	-0.72	-4.07	0.17	
4.00	1633.17	2.21	-1.39	2400.50	0.00	-0.74	0.00	0.00	-0.74	-0.74	-4.33	0.26	
5.00	1316.08	1.78	-1.12	2455.73	0.00	-0.76	0.00	0.00	-0.76	-0.76	-4.55	0.34	
6.00	708.85	0.96	-0.61	2512.23	0.00	-0.77	0.00	0.00	-0.77	-0.77	-4.75	0.41	
7.00	-188.53	-0.26	0.16	6545.09	590.22	-2.02	0.80	-0.50	-1.22	-2.52	-9.55	-0.84	
8.00	-1376.07	-1.86	1.18	6818.49	964.96	-2.10	1.31	-0.82	-0.80	-2.93	-7.28	-2.47	
9.00	-2853.75	-3.86	2.44	7169.49	1201.56	-2.21	1.63	-1.03	-0.59	-3.24	-6.59	-3.19	
10.00	-4621.58	-6.25	3.95	7197.70	1293.90	-2.22	1.75	-1.10	-0.47	-3.33	-8.29	-2.23	
11.00	-2655.70	-3.59	2.27	7142.45	1209.29	-2.20	1.64	-1.03	-0.57	-3.24	-5.92	-3.76	
12.00	-979.96	-1.33	0.84	6915.20	913.44	-2.13	1.24	-0.78	-0.90	-2.91	-5.31	-3.99	
13.00	316.28	0.43	-0.27	6696.41	411.64	-2.07	0.56	-0.35	-1.51	-2.42	-6.51	-3.05	
14.00	1362.33	1.84	-1.16	4007.01	-266.63	-1.24	-0.36	0.23	-1.60	-1.01	-4.93	-2.62	
15.00	2158.21	2.92	-1.84	3934.56	-1112.72	-1.21	-1.51	0.95	-2.72	-0.26	-7.11	-1.13	
16.00	2703.91	3.66	-2.31	3803.18	-1828.92	-1.17	-2.48	1.56	-3.65	0.39	-4.36	-1.34	
17.00	2999.42	4.06	-2.56	3676.15	-2139.92	-1.13	-2.90	1.83	-4.03	0.69	-4.62	-1.05	
18.00	3044.76	4.12	-2.60	3553.33	-2078.71	-1.10	-2.81	1.78	-3.91	0.68	-4.26	-1.15	
19.00	2839.91	3.84	-2.43	7830.48	-5001.36	-2.42	-6.77	4.27	-9.18	1.86	-10.57	-1.48	
20.00	2384.89	3.23	-2.04	12002.29	-5991.74	-3.70	-8.11	5.12	-11.81	1.41	-12.87	-2.10	
21.00	1679.68	2.27	-1.43	12129.49	-2647.47	-3.74	-3.58	2.26	-7.32	-1.48	-8.44	-4.94	
22.00	724.29	0.98	-0.62	12262.01	8.60	-3.78	0.01	-0.01	-3.77	-3.79	-5.60	-6.80	
23.00	-481.27	-0.65	0.41	12399.74	1949.59	-3.82	2.64	-1.66	-1.19	-5.49	-4.37	-7.64	
24.00	-1937.02	-2.62	1.65	12356.07	3127.25	-3.81	4.23	-2.67	0.42	-6.48	-4.73	-7.38	
25.00	-3642.95	-4.93	3.11	12114.49	1622.31	-3.74	2.20	-1.39	-1.54	-5.12	-9.28	-4.38	
26.00	-5599.05	-7.58	4.78	11631.39	2559.39	-3.59	3.46	-2.19	-0.12	-5.77	-11.15	-2.86	
27.00	-3568.00	-4.83	3.05	11167.46	80.97	-3.44	0.11	-0.07	-3.34	-3.51	-11.82	-2.11	
28.00	-1827.10	-2.47	1.56	10979.53	-3195.21	-3.39	-4.32	2.73	-7.71	-0.66	-14.25	-0.38	
29.00	-470.36	-0.64	0.40	10794.75	-6067.43	-3.33	-8.21	5.18	-11.54	1.85	-16.56	1.23	
30.00	636.21	0.86	-0.54	10613.06	-8122.16	-3.27	-10.99	6.94	-14.27	3.66	-17.97	2.28	
31.00	1492.60	2.02	-1.27	10434.42	-9398.52	-3.22	-12.72	8.03	-15.94	4.81	-18.54	2.79	
32.00	2098.80	2.84	-1.79	10258.76	-9934.32	-3.16	-13.45	8.48	-16.61	5.32	-18.34	2.81	

Tabla 17. Estado de esfuerzos 2



### 9.3. ESTADO DE ESFUERZOS 3

ABSCISA (m)	50 % CARGA MUERTA TOTAL (RESTANTE)			ESTADO 3 - ESTADO 2 + 50 % CARGA MUERTA RESTANTE (100 % C. MUERTA TOTAL)	
	M (kN·m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	-2.62	-0.52
1.00	361.56	0.49	-0.31	-1.53	-1.29
2.00	598.12	0.81	-0.51	-0.96	-1.72
3.00	709.68	0.96	-0.61	-0.87	-1.85
4.00	696.24	0.94	-0.59	-1.18	-1.72
5.00	557.80	0.75	-0.48	-2.01	-1.26
6.00	294.36	0.40	-0.25	-3.39	-0.44
7.00	-94.08	-0.13	0.08	-9.94	-0.60
8.00	-607.52	-0.82	0.52	-9.97	-0.78
9.00	-1245.96	-1.69	1.06	-12.13	0.31
10.00	-2009.40	-2.72	1.72	-17.27	3.44
11.00	-1161.14	-1.57	0.99	-11.08	-0.50
12.00	-437.87	-0.59	0.37	-7.23	-2.78
13.00	160.39	0.22	-0.14	-5.87	-3.45
14.00	633.66	0.86	-0.54	-2.23	-4.32
15.00	981.92	1.33	-0.84	-2.86	-3.81
16.00	1205.19	1.63	-1.03	0.93	-4.68
17.00	1303.45	1.76	-1.11	1.20	-4.72
18.00	1276.72	1.73	-1.09	1.59	-4.85
19.00	1124.98	1.52	-0.96	-5.21	-4.86
20.00	848.25	1.15	-0.72	-8.49	-4.86
21.00	446.51	0.60	-0.38	-5.56	-6.76
22.00	-80.22	-0.11	0.07	-4.73	-7.35
23.00	-731.96	-0.99	0.63	-6.01	-6.60
24.00	-1508.70	-2.04	1.29	-9.40	-4.44
25.00	-2410.43	-3.26	2.06	-17.47	0.78
26.00	-1535.43	-2.08	1.31	-20.80	3.23
27.00	-785.43	-1.06	0.67	-17.71	1.61
28.00	-160.43	-0.22	0.14	-16.94	1.31
29.00	339.57	0.46	-0.29	-16.74	1.34
30.00	714.57	0.97	-0.61	-16.14	1.12
31.00	964.57	1.31	-0.82	-15.22	0.69
32.00	1089.57	1.47	-0.93	-14.02	0.09

Tabla 18. Estado de esfuerzos 3

#### 9.4. ESTADO DE ESFUERZOS 4

ABSCISA (m)	100 % CARGA SERVICIO (100 % C.V. + 100 % C.M.)			ESTADO 4 - ESTADO 3 + 100 % CARGA VIVA	
	M (kN·m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
	M (kN·m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	-0.52
0.00	0.00	0.00	0.00	-2.62	-1.29
1.00	361.56	0.49	-0.31	-1.53	-1.72
2.00	598.12	0.81	-0.51	-0.96	-1.85
3.00	709.68	0.96	-0.61	-0.87	-1.72
4.00	696.24	0.94	-0.59	-1.18	-1.26
5.00	557.80	0.75	-0.48	-2.01	-0.44
6.00	294.36	0.40	-0.25	-3.39	-0.60
7.00	-94.08	-0.13	0.08	-9.94	-0.78
8.00	-607.52	-0.82	0.52	-9.97	0.31
9.00	-1245.96	-1.69	1.06	-12.13	3.44
10.00	-2009.40	-2.72	1.72	-17.27	-0.50
11.00	-1161.14	-1.57	0.99	-11.08	-2.78
12.00	-437.87	-0.59	0.37	-7.23	-3.45
13.00	160.39	0.22	-0.14	-5.87	-4.32
14.00	633.66	0.86	-0.54	-2.23	-3.81
15.00	981.92	1.33	-0.84	-2.86	-4.68
16.00	1205.19	1.63	-1.03	0.93	-4.72
17.00	1303.45	1.76	-1.11	1.20	-4.85
18.00	1276.72	1.73	-1.09	1.59	-4.86
19.00	1124.98	1.52	-0.96	-5.21	-4.86
20.00	848.25	1.15	-0.72	-8.49	-6.76
21.00	446.51	0.60	-0.38	-5.56	-7.35
22.00	-80.22	-0.11	0.07	-4.73	-6.60
23.00	-731.96	-0.99	0.63	-6.01	-4.44
24.00	-1508.70	-2.04	1.29	-9.40	0.78
25.00	-2410.43	-3.26	2.06	-17.47	3.23
26.00	-1535.43	-2.08	1.31	-20.80	1.61
27.00	-785.43	-1.06	0.67	-17.71	1.31
28.00	-160.43	-0.22	0.14	-16.94	1.34
29.00	339.57	0.46	-0.29	-16.74	1.12
30.00	714.57	0.97	-0.61	-16.14	0.69
31.00	964.57	1.31	-0.82	-15.22	0.09
32.00	1089.57	1.47	-0.93	-14.02	-0.26

Tabla 19. Estado de esfuerzos 4

**9.5. ESTADO DE ESFUERZOS 5**

ABSCISA (m)	PÉRDIDAS A LARGO PLAZO							ESTADO 6 - ESTADO 5 + $\Delta LP$	
	P (kN)	M (kN·m)	P/A (MPa)	M <sub>y</sub> /I (MPa)	M <sub>x</sub> /I (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	486.99	-106.99	0.15	-0.14	-0.09	0.01	0.06	-2.61	-0.46
1.00	486.99	-250.10	0.15	-0.34	-0.21	-0.19	-0.06	-1.71	-1.35
2.00	486.99	-345.51	0.15	-0.47	-0.30	-0.32	-0.14	-1.28	-1.86
3.00	486.99	-393.22	0.15	-0.53	-0.34	-0.38	-0.19	-1.25	-2.04
4.00	486.99	-395.21	0.15	-0.53	-0.34	-0.38	-0.19	-1.56	-1.91
5.00	486.99	-363.47	0.15	-0.49	-0.31	-0.34	-0.16	-2.35	-1.42
6.00	486.99	-299.98	0.15	-0.41	-0.26	-0.26	-0.11	-3.64	-0.55
7.00	1,136.30	-333.82	0.35	-0.45	-0.29	-0.10	0.07	-10.04	-0.53
8.00	1,136.30	-61.07	0.35	-0.08	-0.05	0.27	0.30	-9.70	-0.48
9.00	1,136.30	132.30	0.35	0.18	0.11	0.53	0.46	-11.60	0.78
10.00	1,136.30	196.76	0.35	0.27	0.17	0.62	0.52	-16.65	3.95
11.00	1,136.30	155.05	0.35	0.21	0.13	0.56	0.48	-10.52	-0.02
12.00	1,136.30	29.89	0.35	0.04	0.03	0.39	0.38	-6.84	-2.41
13.00	1,136.30	-178.71	0.35	-0.24	-0.15	0.11	0.20	-5.76	-3.26
14.00	892.81	-216.24	0.28	-0.29	-0.18	-0.02	0.09	-2.25	-4.23
15.00	892.81	-430.71	0.28	-0.58	-0.37	-0.31	-0.09	-3.17	-3.91
16.00	649.32	-365.89	0.20	-0.50	-0.31	-0.29	-0.11	0.64	-4.79
17.00	649.32	-427.18	0.20	-0.58	-0.36	-0.38	-0.16	0.82	-4.89
18.00	649.32	-427.18	0.20	-0.58	-0.36	-0.38	-0.16	1.21	-5.01
19.00	1,298.63	-611.41	0.40	-0.83	-0.52	-0.43	-0.12	-5.63	-4.99
20.00	1,623.29	-622.95	0.50	-0.84	-0.53	-0.34	-0.03	-8.83	-4.89
21.00	1,623.29	-287.48	0.50	-0.39	-0.25	0.11	0.26	-5.45	-6.50
22.00	1,623.29	-26.55	0.50	-0.04	-0.02	0.46	0.48	-4.26	-6.87
23.00	1,623.29	159.82	0.50	0.22	0.14	0.72	0.64	-5.29	-5.97
24.00	1,623.29	271.64	0.50	0.37	0.23	0.87	0.73	-8.53	-3.71
25.00	1,623.29	179.06	0.50	0.24	0.15	0.74	0.65	-16.73	1.44
26.00	1,623.29	224.96	0.50	0.30	0.19	0.81	0.69	-20.00	3.92
27.00	1,623.29	-26.92	0.50	-0.04	-0.02	0.46	0.48	-17.25	2.09
28.00	1,623.29	-367.74	0.50	-0.50	-0.31	0.00	0.19	-16.94	1.50
29.00	1,623.29	-671.17	0.50	-0.91	-0.57	-0.41	-0.07	-17.15	1.27
30.00	1,623.29	-898.75	0.50	-1.22	-0.77	-0.72	-0.27	-16.86	0.86
31.00	1,623.29	-1050.47	0.50	-1.42	-0.90	-0.92	-0.40	-16.14	0.30
32.00	1,623.29	-1126.33	0.50	-1.52	-0.96	-1.02	-0.46	-15.04	-0.37
32.50	1,623.29	-1135.81	0.50	-1.54	-0.97	-1.04	-0.47	-14.38	-0.73

Tabla 20. Estado de esfuerzos 5

## **ANEXO 03**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGA POSTENSADA PARA PLACA DE CIMENTACIÓN DE 1.30 m DE ALTURA TOTAL**



## TABLA DE CONTENIDO

1. PROPIEDADES DE A SECCIÓN .....	6
1.1. DATOS GENERALES .....	6
1.2. ANCHO EFECTIVO DE LA VIGA .....	6
1.3. SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA (MOMENTO DE INERCIA) DE LA SECCIÓN .....	6
2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA.....	7
2.1. CABLES 1 Y 2.....	7
2.2. CABLES 3 Y 4.....	9
2.3. CABLES 5 Y 6.....	11
2.4. CABLES 7 Y 8.....	13
2.5. CABLES 9 Y 10.....	15
2.6. CABLES 11 Y 12.....	17
2.7. CABLES 13 Y 14.....	19
2.8. CABLES 15 Y 16.....	21
2.9. CABLES 17 Y 18.....	23
1. FUERZAS EN LOS CABLES LUEGO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA	25
2. MOMENTOS PRODUCIDOS POR EL PRESFUERZO .....	26
3. PÉRDIDAS POR ACORTAMIENTO ELÁSTICO .....	27
3.1. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 1 .....	27
3.2. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 2 .....	27
4. FUERZAS EN LOS CABLES DESPUES DE PÉRDIDAS INICIALES .....	28
5. PÉRDIDAS A LARGO PLAZO.....	29
5.1. FUERZA QUE PIERDE EL CABLE.....	30
5.2. MOMENTOS .....	31
6. FUERZAS EFECTIVAS EN LOS CABLES.....	32
7. ESTADOS DE ESFUERZOS.....	38
7.1. ESTADO DE ESFUERZOS 1.....	38
7.2. ESTADO DE ESFUERZOS 2.....	39
7.3. ESTADO DE ESFUERZOS 3.....	40
7.4. ESTADO DE ESFUERZOS 4.....	41
7.5. ESTADO DE ESFUERZOS 5.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Momento de inercia de la sección compuesta .....	6
Tabla 2. Pérdidas por fricción y curvatura cables 1 y 2 .....	7
Tabla 3. Pérdidas por fricción y curvatura cables 3 y 4 .....	9
Tabla 4. Pérdidas por fricción y curvatura cables 5 y 6 .....	11
Tabla 5. Pérdidas por fricción y curvatura cables 7 y 8 .....	13
Tabla 6. Pérdidas por fricción y curvatura cables 9 y 10 .....	15
Tabla 7. Pérdidas por fricción y curvatura cables 11 y 12 .....	17
Tabla 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14 .....	19
Tabla 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 15 y 16 .....	21
Tabla 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 17 y 18 .....	23
Tabla 9. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14 .....	25
Tabla 10. Momentos producidos por el presfuerzo .....	26
Tabla 11. Fuerzas en los cables luego de pérdidas iniciales .....	28
Tabla 12. Fuerza que pierde cada cable por pérdidas a largo plazo .....	29
Tabla 13. Valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas a largo plazo .....	30
Tabla 14. Valor de los momentos producidos por las pérdidas a largo plazo .....	31
Tabla 15. Fuerzas efectivas en los cables .....	32
Tabla 16. Estado de esfuerzos 1 .....	38
Tabla 17. Estado de esfuerzos 2 .....	39
Tabla 18. Estado de esfuerzos 3 .....	40
Tabla 19. Estado de esfuerzos 4 .....	41
Tabla 20. Estado de esfuerzos 5 .....	42

## TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 1 y 2 .....	8
Gráfico 2. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 3 y 4 .....	10
Gráfico 3. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 5 y 6 .....	12
Gráfico 4. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 7 y 8 .....	14
Gráfico 5. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 9 y 10 .....	16
Gráfico 6. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 11 y 12 .....	18
Gráfico 7. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 13 y 14 .....	20
Gráfico 8. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 15 y 16 .....	22
Gráfico 9. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 17 y 18 .....	24
Gráfico 10. Fuerza efectiva en los cables 1 y 2 .....	33
Gráfico 11. Fuerza efectiva en los cables 3 y 4 .....	33
Gráfico 12. Fuerza efectiva en los cables 5 y 6 .....	34
Gráfico 13. Fuerza efectiva en los cables 7 y 8 .....	34
Gráfico 14. Fuerza efectiva en los cables 9 y 10 .....	35
Gráfico 15. Fuerza efectiva en los cables 11 y 12 .....	35
Gráfico 16. Fuerza efectiva en los cables 13 y 14 .....	36
Gráfico 17. Fuerza efectiva en los cables 15 y 16 .....	36
Gráfico 16. Fuerza efectiva en los cables 17 y 18 .....	37



## 1. PROPIEDADES DE A SECCIÓN

### 1.1. DATOS GENERALES

Lv (m)	15.00	Luz de cálculo de la viga
Sv (m)	10.00	Separación entre ejes de vigas
$f'_{C_{VIGA}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	35.00	Resistencia a la compresión del concreto de la viga
$f'_{C_{LOSA}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	28.00	Resistencia a la compresión del concreto de la losa
$f_{py}$ (N/mm <sup>2</sup> )	1,700.00	Esfuerzo de fluencia del material

### 1.2. ANCHO EFECTIVO DE LA VIGA

$b_{efec1}$ ( $12h_{losa}+b_1$ )	600	12 veces el espesor de la losa + ancho del alma
$b_{efec2}$ (Sv)	1,000	Separación entre vigas
$b_{efec3}$ (Lv/4)	1,500	Un cuarto de la longitud
$b_{efec}$ (cm)	600	Ancho efectivo de la placa
$n = (f'_{cv}/f'_{cl})^{0.5}$	1.22	Razón modular
$b_{efec}/n$	490	Ancho efectivo de la viga para diseño

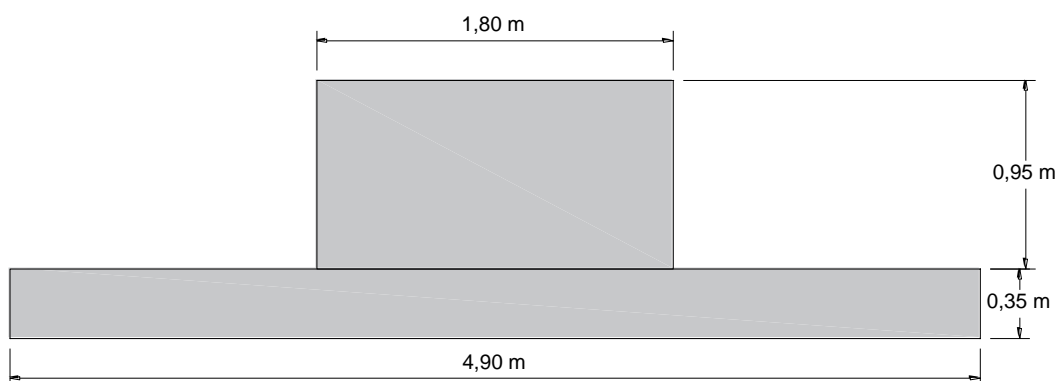


Figura 1. Sección transversal viga 1.50 m

### 1.3. SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA (MOMENTO DE INERCIA) DE LA SECCIÓN

Sección	Área (cm <sup>2</sup> )	$Y_i$ (cm)	$A \times Y_i$ (cm <sup>3</sup> )	$I_o$ (cm <sup>4</sup> )	$d_i$ (cm)	$A \times d_i^2$ (cm <sup>4</sup> )
Viga	17,100	82.50	1,410,750	12,860,625	32.54	18,110,881.5
Losa	17,146	17.50	300,062	1,750,365	-32.46	18,061,841.8
<b>TOTAL</b>	<b>34,246.4</b>		<b>1,710,812.5</b>	<b>14,610,989.5</b>		<b>36,172,723.3</b>

Tabla 1. Momento de inercia de la sección compuesta

yt (cm)	80.04	Distancia medida desde el centroide a la fibra superior de la sección
yb (cm)	49.96	Distancia medida desde el centroide a la fibra inferior de la sección
Ic (cm <sup>4</sup> )	50,783,713	Momento de inercia de la sección
St (cm <sup>3</sup> )	634,447	Relación entre el momento de inercia Ic y la distancia a la fibra extrema yt
Sb (cm <sup>3</sup> )	1,016,570	Relación entre el momento de inercia Ic y la distancia a la fibra extrema yb
r <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	1,483	radio de giro al cuadrado

## 2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA

### 2.1. CABLES 1 Y 2

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \times \Delta L + \mu \times \Delta \alpha)}$	$P_0 - \Delta$ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
0.00	1.15	-	0.0000	-	-	-	2,543.34	2,143.98	0.00	0.77	-0.51	0.00	0.00	-0.51
0.50	1.02	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,518.28	2,166.87	-0.17	308.93	-0.52	-0.49	0.30	-1.01
1.00	0.90	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,493.47	2,190.01	-0.32	579.68	-0.53	-0.91	0.57	-1.44
1.50	0.79	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,468.91	2,213.39	-0.44	810.76	-0.54	-1.28	0.80	-1.82
2.00	0.70	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,444.59	2,237.01	-0.53	999.83	-0.55	-1.58	0.98	-2.13
2.50	0.63	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,420.51	2,260.88	-0.60	1144.46	-0.56	-1.80	1.13	-2.36
3.00	0.56	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,396.66	2,284.98	-0.64	1242.15	-0.57	-1.96	1.22	-2.53
3.50	0.51	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,373.05	2,309.31	-0.65	1290.30	-0.58	-2.03	1.27	-2.61
4.00	0.48	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,349.67	2,333.88	-0.64	1289.60	-0.58	-2.03	1.27	-2.62
4.50	0.47	0.0005	0.0560	0.0092	0.0028	1.00	2,342.02	2,342.02	-0.63	1264.87	-0.59	-1.99	1.24	-2.58
5.00	0.46	0.0010	0.0560	0.0188	0.0056	0.99	2,326.53	2,326.53	-0.60	1215.49	-0.59	-1.92	1.20	-2.51
5.50	0.45	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	2,303.61	2,303.61	-0.56	1140.84	-0.60	-1.80	1.12	-2.40
6.00	0.46	0.0015	0.1100	0.0550	0.0165	0.98	2,262.51	2,262.51	-0.50	1040.25	-0.60	-1.64	1.02	-2.24
6.50	0.51	0.0015	0.1100	0.0550	0.0165	0.98	2,222.15	2,222.15	-0.44	913.08	-0.61	-1.44	0.90	-2.05
7.00	0.57	0.0015	0.1100	0.0550	0.0165	0.98	2,182.51	2,182.51	-0.36	758.66	-0.62	-1.20	0.75	-1.81
7.50	0.67	0.0015	0.1100	0.0550	0.0165	0.98	2,143.58	2,143.58	-0.27	576.31	-0.62	-0.91	0.57	-1.53
8.00	0.77	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,125.20	2,125.20	-0.17	365.35	-0.63	-0.58	0.36	-1.20
8.50	0.86	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,106.98	2,106.98	-0.07	161.92	-0.64	-0.26	0.16	-0.89
9.00	0.94	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,088.91	2,088.91	-0.01	12.09	-0.65	-0.02	0.01	-0.67
9.50	1.00	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,071.00	2,071.00	0.04	81.02	-0.66	0.13	-0.08	-0.53
10.00	1.06	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,053.24	2,053.24	0.05	114.17	-0.67	0.18	-0.11	-0.49
10.50	1.10	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,035.64	2,035.64	0.04	99.02	-0.68	0.16	-0.10	-0.52
11.00	1.13	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,018.18	2,018.18	0.03	70.31	-0.68	0.11	-0.07	-0.57
11.50	1.14	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,000.88	2,000.88	0.02	50.32	-0.68	0.08	-0.05	-0.60
12.00	1.15	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,983.72	1,983.72	-0.01	31.04	-0.67	-0.05	0.03	-0.72
12.50	1.14	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,949.47	1,949.47	-0.06	142.68	-0.67	-0.22	0.14	-0.89
13.00	1.10	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,915.81	1,915.81	-0.13	283.61	-0.66	-0.45	0.28	-1.11
13.50	1.03	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,882.73	1,882.73	-0.20	452.86	-0.65	-0.71	0.45	-1.37
14.00	0.94	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,850.22	1,850.22	-0.29	649.50	-0.65	-1.02	0.64	-1.67
14.50	0.82	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,818.27	1,818.27	-0.40	872.59	-0.64	-1.38	0.86	-2.01
15.00	0.67	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,786.87	1,786.87	-0.52	1121.23	-0.63	-1.77	1.10	-2.40

Tabla 2. Pérdidas por fricción y curvatura cables 1 y 2

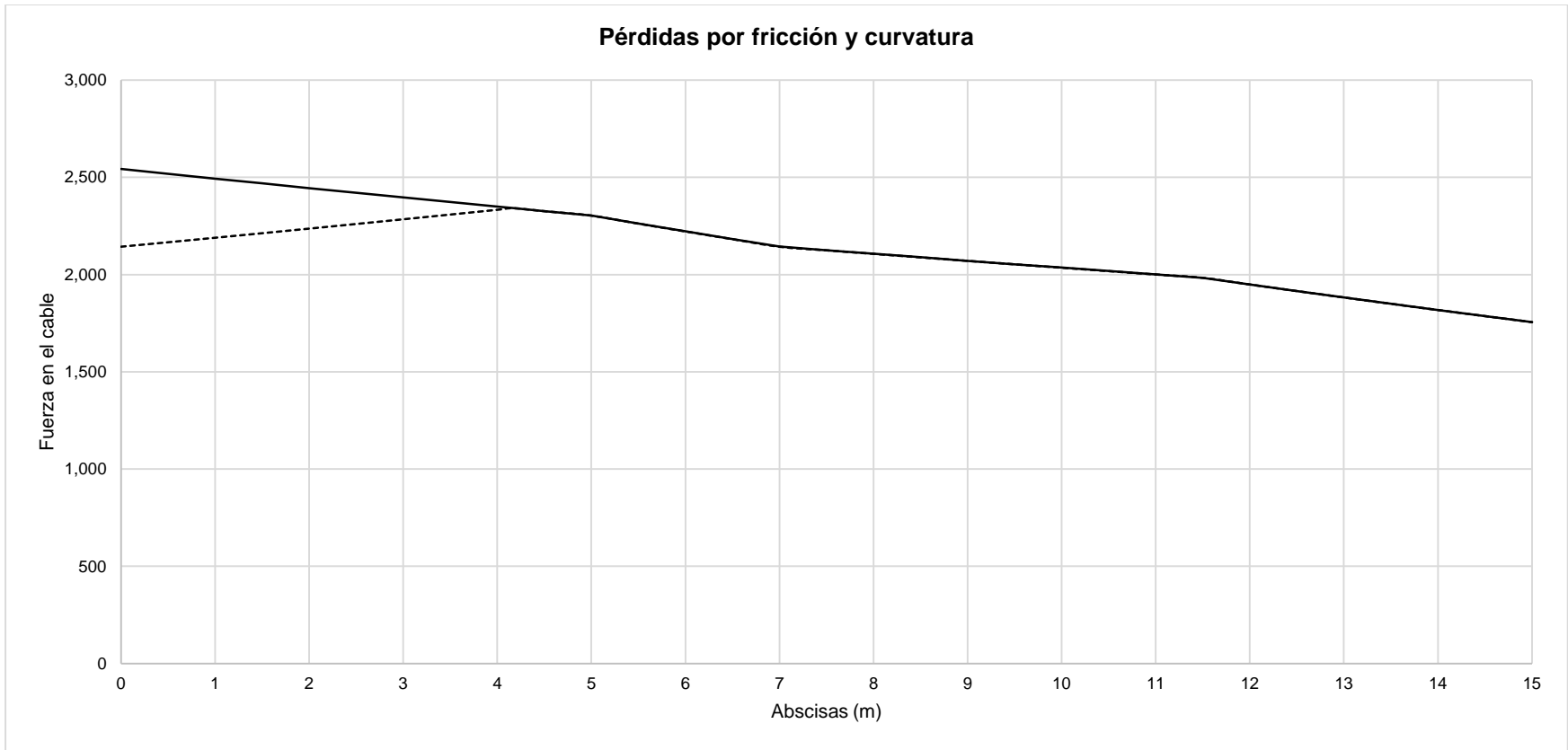


Gráfico 1. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 1 y 2

## 2.2. CABLES 3 Y 4

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	$P_0 - \Delta$ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
0.00	1.15	-	0.0000	-	-	-	2,543.34	1,999.53	0.00	0.75	-0.50	0.00	0.00	-0.50
0.50	0.96	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,496.36	2,041.45	-0.17	299.35	-0.51	-0.47	0.29	-0.98
1.00	0.81	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,450.25	2,084.25	-0.32	561.70	-0.51	-0.89	0.55	-1.40
1.50	0.68	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,404.99	2,127.90	-0.44	785.62	-0.52	-1.24	0.77	-1.76
2.00	0.58	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,360.57	2,172.38	-0.53	968.82	-0.53	-1.53	0.95	-2.06
2.50	0.51	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,316.97	2,217.68	-0.60	1108.98	-0.54	-1.75	1.09	-2.29
3.00	0.46	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,274.18	2,263.79	-0.64	1203.64	-0.55	-1.90	1.18	-2.45
3.50	0.46	0.0002	0.1143	0.0067	0.0020	1.00	2,269.23	2,269.23	-0.65	1250.28	-0.56	-1.97	1.23	-2.53
4.00	0.45	0.0013	0.1143	0.0505	0.0151	0.98	2,232.17	2,232.17	-0.64	1249.61	-0.57	-1.97	1.23	-2.54
4.50	0.46	0.0015	0.1100	0.0550	0.0165	0.98	2,192.35	2,192.35	-0.63	1225.65	-0.57	-1.93	1.21	-2.50
5.00	0.51	0.0015	0.1100	0.0550	0.0165	0.98	2,153.25	2,153.25	-0.60	1177.80	-0.58	-1.86	1.16	-2.43
5.50	0.57	0.0015	0.1100	0.0550	0.0165	0.98	2,114.83	2,114.83	-0.56	1105.46	-0.58	-1.74	1.09	-2.32
6.00	0.67	0.0015	0.1100	0.0550	0.0165	0.98	2,077.11	2,077.11	-0.50	1007.99	-0.59	-1.59	0.99	-2.17
6.50	0.77	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,059.30	2,059.30	-0.44	884.76	-0.59	-1.39	0.87	-1.99
7.00	0.86	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,041.64	2,041.64	-0.36	735.13	-0.60	-1.16	0.72	-1.75
7.50	0.94	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,024.14	2,024.14	-0.27	558.44	-0.60	-0.88	0.55	-1.48
8.00	1.00	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	2,006.78	2,006.78	-0.17	354.02	-0.61	-0.56	0.35	-1.16
8.50	1.06	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,989.57	1,989.57	-0.07	156.90	-0.62	-0.25	0.15	-0.86
9.00	1.10	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,972.52	1,972.52	-0.01	11.71	-0.63	-0.02	0.01	-0.65
9.50	1.13	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,955.60	1,955.60	0.04	78.51	-0.64	0.12	-0.08	-0.52
10.00	1.14	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,938.84	1,938.84	0.05	110.63	-0.65	0.17	-0.11	-0.48
10.50	1.15	0.0015	0.0474	0.0237	0.0071	0.99	1,922.21	1,922.21	0.04	87.18	-0.66	0.14	-0.09	-0.53
11.00	1.14	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,889.02	1,889.02	0.04	79.85	-0.66	0.13	-0.08	-0.54
11.50	1.10	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,856.40	1,856.40	-0.01	16.82	-0.65	-0.03	0.02	-0.67
12.00	1.03	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,824.35	1,824.35	-0.08	171.64	-0.63	-0.27	0.17	-0.90
12.50	0.94	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,792.84	1,792.84	-0.18	380.92	-0.62	-0.60	0.37	-1.22
13.00	0.82	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,761.89	1,761.89	-0.31	641.08	-0.61	-1.01	0.63	-1.62
13.50	0.67	0.0015	0.1061	0.0531	0.0159	0.98	1,731.46	1,731.46	-0.46	948.72	-0.60	-1.50	0.93	-2.09

Tabla 3. Pérdidas por fricción y curvatura cables 3 y 4

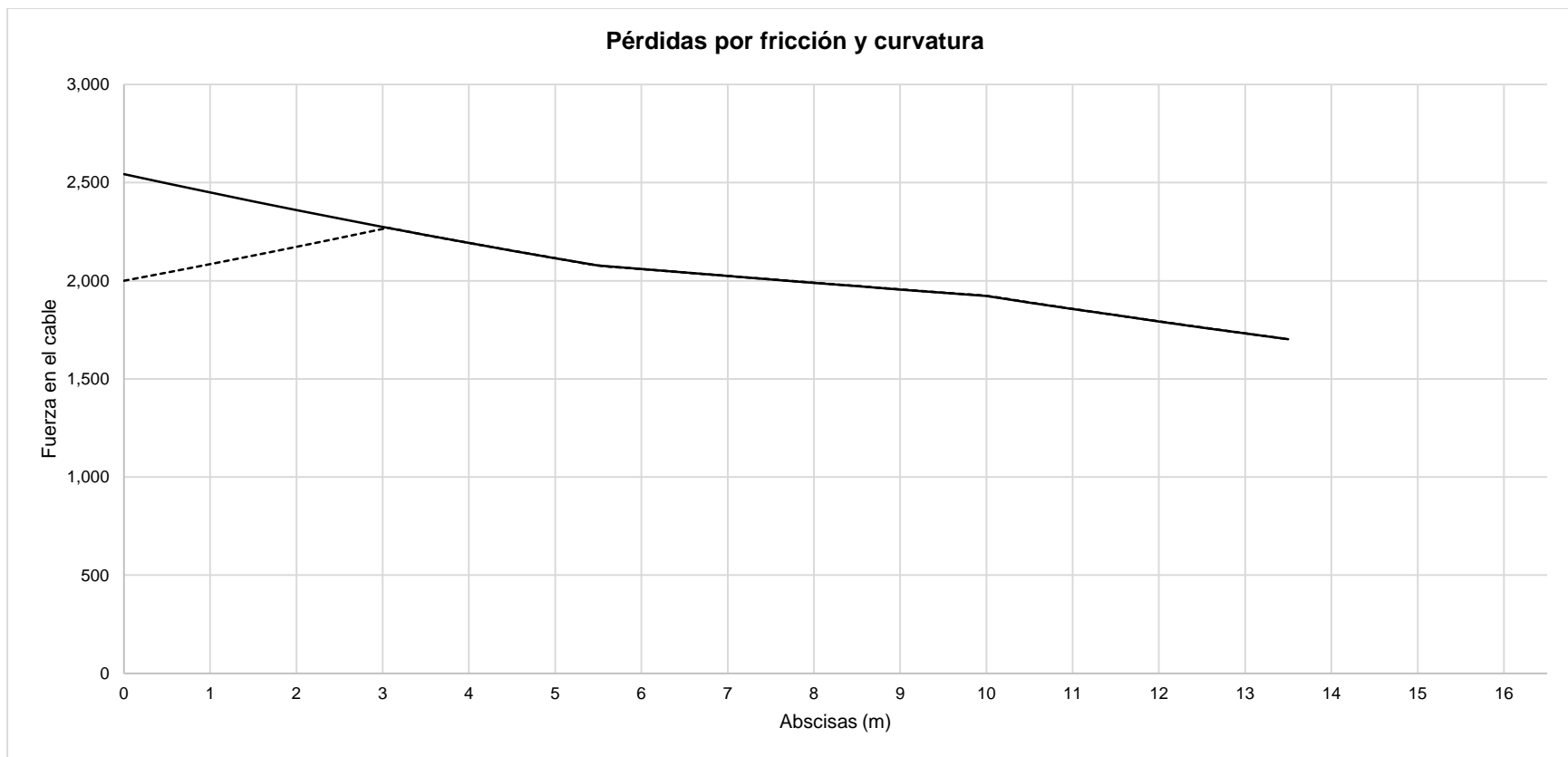


Gráfico 2. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 3 y 4

### 2.3. CABLES 5 Y 6

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	$P_0 - \Delta$ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
18.50	1.15	-	0.0000	-	-	-	2,429.03	2,112.35	-0.65	1373.96	-0.62	-2.17	1.35	-2.78
19.00	1.05	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,413.36	2,126.83	-0.55	1163.14	-0.62	-1.83	1.14	-2.45
19.50	0.95	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,397.80	2,141.42	-0.45	967.12	-0.63	-1.52	0.95	-2.15
20.00	0.86	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,382.33	2,156.10	-0.36	786.20	-0.63	-1.24	0.77	-1.87
20.50	0.79	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,366.97	2,170.88	-0.29	620.75	-0.63	-0.98	0.61	-1.61
21.00	0.72	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,351.70	2,185.76	-0.22	471.10	-0.64	-0.74	0.46	-1.38
21.50	0.65	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,336.53	2,200.75	-0.15	337.59	-0.64	-0.53	0.33	-1.17
22.00	0.60	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,321.46	2,215.82	-0.10	220.59	-0.65	-0.35	0.22	-0.99
22.50	0.55	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,306.49	2,231.00	-0.05	120.45	-0.65	-0.19	0.12	-0.84
23.00	0.52	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,291.62	2,246.27	-0.02	37.54	-0.66	-0.06	0.04	-0.72
23.50	0.49	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,276.84	2,261.64	0.01	27.78	-0.66	0.04	-0.03	-0.62
24.00	0.48	0.0008	0.0331	0.0084	0.0025	1.00	2,269.42	2,269.42	0.02	53.91	-0.66	0.08	-0.05	-0.58
24.50	0.47	0.0007	0.0331	0.0082	0.0025	1.00	2,262.15	2,262.15	0.03	74.63	-0.66	0.12	-0.07	-0.54
25.00	0.45	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,247.56	2,247.56	0.05	102.08	-0.66	0.16	-0.10	-0.50
25.50	0.45	0.0015	0.0331	0.0166	0.0050	0.99	2,233.07	2,233.07	0.05	110.67	-0.65	0.17	-0.11	-0.48
26.00	0.46	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	2,198.17	2,198.17	0.04	82.84	-0.64	0.13	-0.08	-0.51
26.50	0.50	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	2,163.82	2,163.82	0.00	4.46	-0.63	0.01	0.00	-0.62
27.00	0.56	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	2,130.01	2,130.01	-0.06	122.08	-0.62	-0.19	0.12	-0.81
27.50	0.64	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	2,096.72	2,096.72	-0.14	294.47	-0.61	-0.46	0.29	-1.08
28.00	0.73	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	2,083.02	2,083.02	-0.23	476.91	-0.61	-0.75	0.47	-1.36
28.50	0.81	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	2,069.40	2,069.40	-0.31	639.52	-0.60	-1.01	0.63	-1.61
29.00	0.88	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	2,055.88	2,055.88	-0.38	782.65	-0.60	-1.23	0.77	-1.83
29.50	0.94	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	2,042.44	2,042.44	-0.44	906.66	-0.60	-1.43	0.89	-2.03
30.00	1.00	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	2,029.09	2,029.09	-0.50	1011.92	-0.59	-1.59	1.00	-2.19
30.50	1.04	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	2,015.83	2,015.83	-0.55	1098.76	-0.59	-1.73	1.08	-2.32
31.00	1.08	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	2,002.65	2,002.65	-0.58	1167.55	-0.58	-1.84	1.15	-2.43
31.50	1.11	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,989.56	1,989.56	-0.61	1218.62	-0.58	-1.92	1.20	-2.50
32.00	1.13	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,976.55	1,976.55	-0.63	1252.31	-0.58	-1.97	1.23	-2.55
32.50	1.15	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,963.63	1,963.63	-0.65	1268.95	-0.57	-2.00	1.25	-2.57

Tabla 4. Pérdidas por fricción y curvatura cables 5 y 6

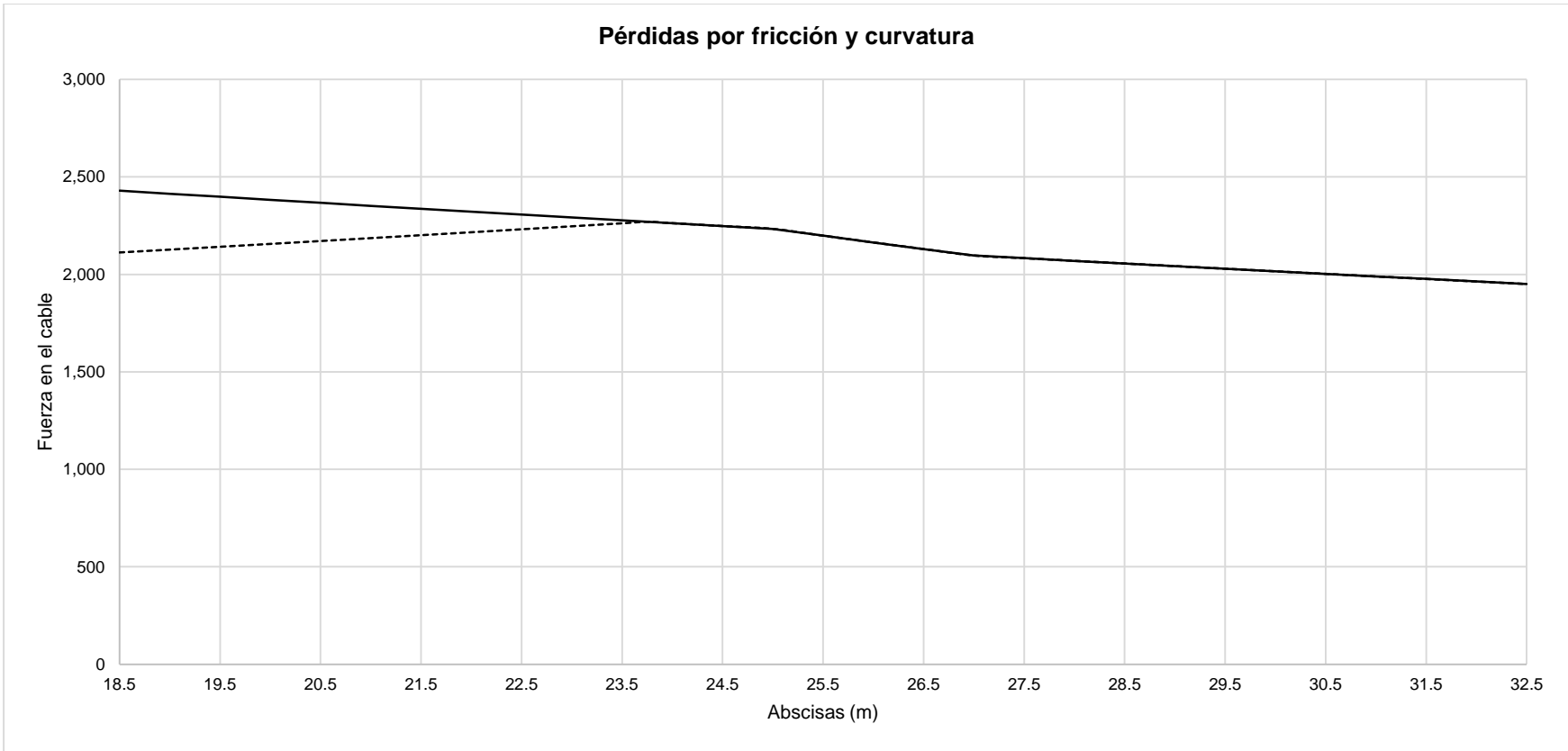


Gráfico 3. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 5 y 6

## 2.4. CABLES 7 Y 8

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
20.00	1.15	-	0.0000	-	-	-	1,905.12	1,589.60	-0.65	1033.94	-0.46	-1.63	1.02	-2.09
20.50	1.02	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,886.35	1,606.74	-0.52	831.39	-0.47	-1.31	0.82	-1.78
21.00	0.90	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,867.77	1,624.08	-0.40	647.10	-0.47	-1.02	0.64	-1.49
21.50	0.79	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,849.37	1,641.59	-0.29	481.71	-0.48	-0.76	0.47	-1.24
22.00	0.70	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,831.15	1,659.29	-0.20	335.91	-0.48	-0.53	0.33	-1.01
22.50	0.63	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,813.11	1,677.16	-0.13	210.38	-0.49	-0.33	0.21	-0.82
23.00	0.56	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,795.25	1,695.21	-0.06	105.85	-0.50	-0.17	0.10	-0.66
23.50	0.51	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,777.57	1,713.44	-0.01	23.03	-0.50	-0.04	0.02	-0.54
24.00	0.48	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,760.05	1,731.85	0.02	37.34	-0.51	0.06	-0.04	-0.45
24.50	0.46	0.0012	0.0560	0.0220	0.0066	0.99	1,746.42	1,746.42	0.04	68.52	-0.51	0.11	-0.07	-0.40
25.00	0.46	0.0003	0.0560	0.0060	0.0018	1.00	1,742.72	1,742.72	0.04	74.17	-0.51	0.12	-0.07	-0.39
25.50	0.45	0.0015	0.0560	0.0280	0.0084	0.99	1,725.55	1,725.55	0.05	85.52	-0.50	0.13	-0.08	-0.37
26.00	0.46	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,698.58	1,698.58	0.04	64.01	-0.50	0.10	-0.06	-0.40
26.50	0.50	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,672.04	1,672.04	0.00	3.44	-0.49	0.01	0.00	-0.48
27.00	0.56	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,645.91	1,645.91	-0.06	94.34	-0.48	-0.15	0.09	-0.63
27.50	0.64	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,620.19	1,620.19	-0.14	227.54	-0.47	-0.36	0.22	-0.83
28.00	0.73	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,609.60	1,609.60	-0.23	368.52	-0.47	-0.58	0.36	-1.05
28.50	0.81	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,599.08	1,599.08	-0.31	494.17	-0.47	-0.78	0.49	-1.25
29.00	0.88	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,588.63	1,588.63	-0.38	604.77	-0.46	-0.95	0.59	-1.42
29.50	0.94	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,578.25	1,578.25	-0.44	700.60	-0.46	-1.10	0.69	-1.57
30.00	1.00	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,567.93	1,567.93	-0.50	781.93	-0.46	-1.23	0.77	-1.69
30.50	1.04	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,557.68	1,557.68	-0.55	849.04	-0.45	-1.34	0.84	-1.79
31.00	1.08	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,547.50	1,547.50	-0.58	902.20	-0.45	-1.42	0.89	-1.87
31.50	1.11	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,537.38	1,537.38	-0.61	941.66	-0.45	-1.48	0.93	-1.93
32.00	1.13	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,527.33	1,527.33	-0.63	967.69	-0.45	-1.53	0.95	-1.97
32.50	1.15	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,517.35	1,517.35	-0.65	980.55	-0.44	-1.55	0.96	-1.99

Tabla 5. Pérdidas por fricción y curvatura cables 7 y 8



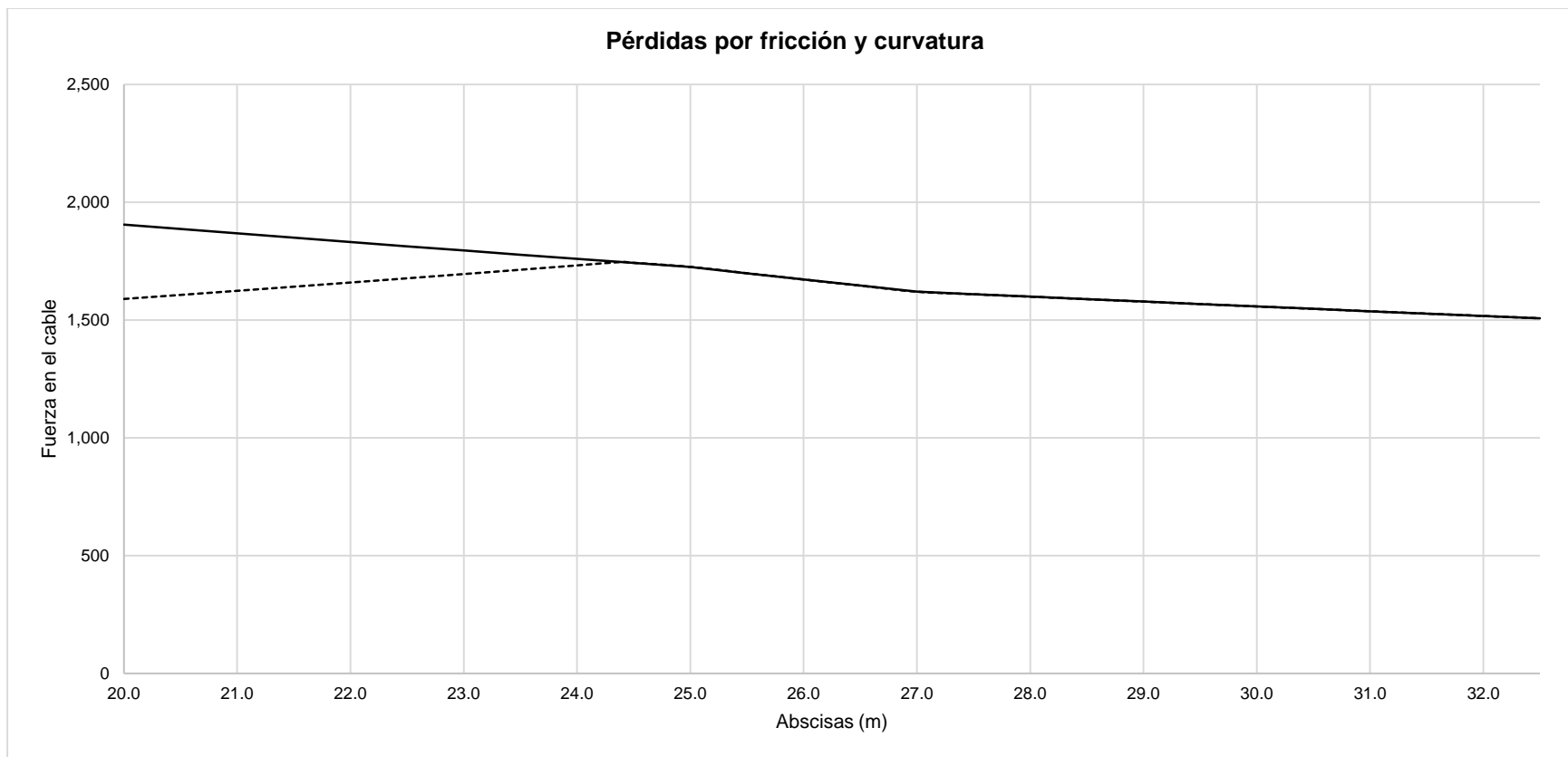


Gráfico 4. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 7 y 8

## 2.5. CABLES 9 Y 10

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
6.50	1.15	-	0.0000	-	-	-	2,024.19	1,581.32	-0.65	1028.55	-0.46	-1.62	1.01	-2.08
7.00	0.96	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,986.80	1,614.69	-0.46	750.39	-0.47	-1.18	0.74	-1.65
7.50	0.81	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,950.11	1,648.75	-0.31	507.13	-0.48	-0.80	0.50	-1.28
8.00	0.68	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,914.09	1,683.48	-0.18	301.36	-0.49	-0.48	0.30	-0.97
8.50	0.58	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,878.73	1,718.89	-0.08	135.81	-0.50	-0.21	0.13	-0.72
9.00	0.51	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,844.03	1,754.94	-0.01	13.31	-0.51	-0.02	0.01	-0.53
9.50	0.46	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,809.97	1,791.64	0.04	63.20	-0.52	0.10	-0.06	-0.42
10.00	0.46	0.0004	0.1143	0.0148	0.0044	1.00	1,801.25	1,801.25	0.04	75.15	-0.53	0.12	-0.07	-0.41
10.50	0.45	0.0011	0.1143	0.0423	0.0127	0.99	1,776.54	1,776.54	0.05	88.04	-0.52	0.14	-0.09	-0.38
11.00	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,763.90	1,763.90	0.04	79.13	-0.52	0.12	-0.08	-0.39
11.50	0.47	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,751.35	1,751.35	0.03	53.87	-0.51	0.08	-0.05	-0.43
12.00	0.49	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,738.89	1,738.89	0.01	12.62	-0.51	0.02	-0.01	-0.49
12.50	0.53	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,726.52	1,726.52	-0.03	44.27	-0.50	-0.07	0.04	-0.57
13.00	0.57	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,714.24	1,714.24	-0.07	116.47	-0.50	-0.18	0.11	-0.68
13.50	0.62	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,702.04	1,702.04	-0.12	203.63	-0.50	-0.32	0.20	-0.82
14.00	0.68	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,689.93	1,689.93	-0.18	305.44	-0.49	-0.48	0.30	-0.97
14.50	0.75	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,677.91	1,677.91	-0.25	421.56	-0.49	-0.66	0.41	-1.15
15.00	0.83	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,665.97	1,665.97	-0.33	551.67	-0.49	-0.87	0.54	-1.36
15.50	0.92	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,654.12	1,654.12	-0.42	695.46	-0.48	-1.10	0.68	-1.58
16.00	1.00	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,633.51	1,633.51	-0.50	822.05	-0.48	-1.30	0.81	-1.77
16.50	1.07	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,613.15	1,613.15	-0.57	915.69	-0.47	-1.44	0.90	-1.91
17.00	1.11	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,593.05	1,593.05	-0.61	977.56	-0.47	-1.54	0.96	-2.01
17.50	1.14	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,573.20	1,573.20	-0.64	1008.80	-0.46	-1.59	0.99	-2.05
18.00	1.15	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,553.59	1,553.59	-0.65	1010.52	-0.45	-1.59	0.99	-2.05
18.50	1.14	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,534.23	1,534.23	-0.64	983.81	-0.45	-1.55	0.97	-2.00
19.00	1.11	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,515.11	1,515.11	-0.61	929.73	-0.44	-1.47	0.91	-1.91
19.50	1.07	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,496.23	1,496.23	-0.57	849.32	-0.44	-1.34	0.84	-1.78
20.00	1.00	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,477.59	1,477.59	-0.50	743.58	-0.43	-1.17	0.73	-1.60
20.50	0.92	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,459.17	1,459.17	-0.42	613.50	-0.43	-0.97	0.60	-1.39
21.00	0.83	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,448.79	1,448.79	-0.33	479.75	-0.42	-0.76	0.47	-1.18
21.50	0.75	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,438.48	1,438.48	-0.25	361.41	-0.42	-0.57	0.36	-0.99
22.00	0.68	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,428.25	1,428.25	-0.18	258.14	-0.42	-0.41	0.25	-0.82
22.50	0.62	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,418.09	1,418.09	-0.12	169.66	-0.41	-0.27	0.17	-0.68
23.00	0.57	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,408.00	1,408.00	-0.07	95.66	-0.41	-0.15	0.09	-0.56
23.50	0.53	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,397.98	1,397.98	-0.03	35.85	-0.41	-0.06	0.04	-0.46
24.00	0.49	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,388.04	1,388.04	0.01	10.08	-0.41	0.02	-0.01	-0.39
24.50	0.47	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,378.16	1,378.16	0.03	42.39	-0.40	0.07	-0.04	-0.34
25.00	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,368.36	1,368.36	0.04	61.38	-0.40	0.10	-0.06	-0.30
25.50	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,358.62	1,358.62	0.05	67.33	-0.40	0.11	-0.07	-0.29
26.00	0.46	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,337.39	1,337.39	0.04	50.40	-0.39	0.08	-0.05	-0.31
26.50	0.50	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,316.49	1,316.49	0.00	2.71	-0.38	0.00	0.00	-0.38
27.00	0.56	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,295.92	1,295.92	-0.06	74.28	-0.38	-0.12	0.07	-0.50
27.50	0.64	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,275.67	1,275.67	-0.14	179.16	-0.37	-0.28	0.18	-0.65
28.00	0.73	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,267.33	1,267.33	-0.23	290.16	-0.37	-0.46	0.29	-0.83
28.50	0.81	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,259.05	1,259.05	-0.31	389.09	-0.37	-0.61	0.38	-0.98
29.00	0.88	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,250.82	1,250.82	-0.38	476.17	-0.37	-0.75	0.47	-1.12
29.50	0.94	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,242.64	1,242.64	-0.44	551.62	-0.36	-0.87	0.54	-1.23
30.00	1.00	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,234.52	1,234.52	-0.50	615.66	-0.36	-0.97	0.61	-1.33
30.50	1.04	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,226.45	1,226.45	-0.55	668.50	-0.36	-1.05	0.66	-1.41
31.00	1.08	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,218.43	1,218.43	-0.58	710.35	-0.36	-1.12	0.70	-1.48
31.50	1.11	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,210.47	1,210.47	-0.61	741.42	-0.35	-1.17	0.73	-1.52
32.00	1.13	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,202.56	1,202.56	-0.63	761.92	-0.35	-1.20	0.75	-1.55
32.50	1.15	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,194.70	1,194.70	-0.65	772.04	-0.35	-1.22	0.76	-1.57

Tabla 6. Pérdidas por fricción y curvatura cables 9 y 10

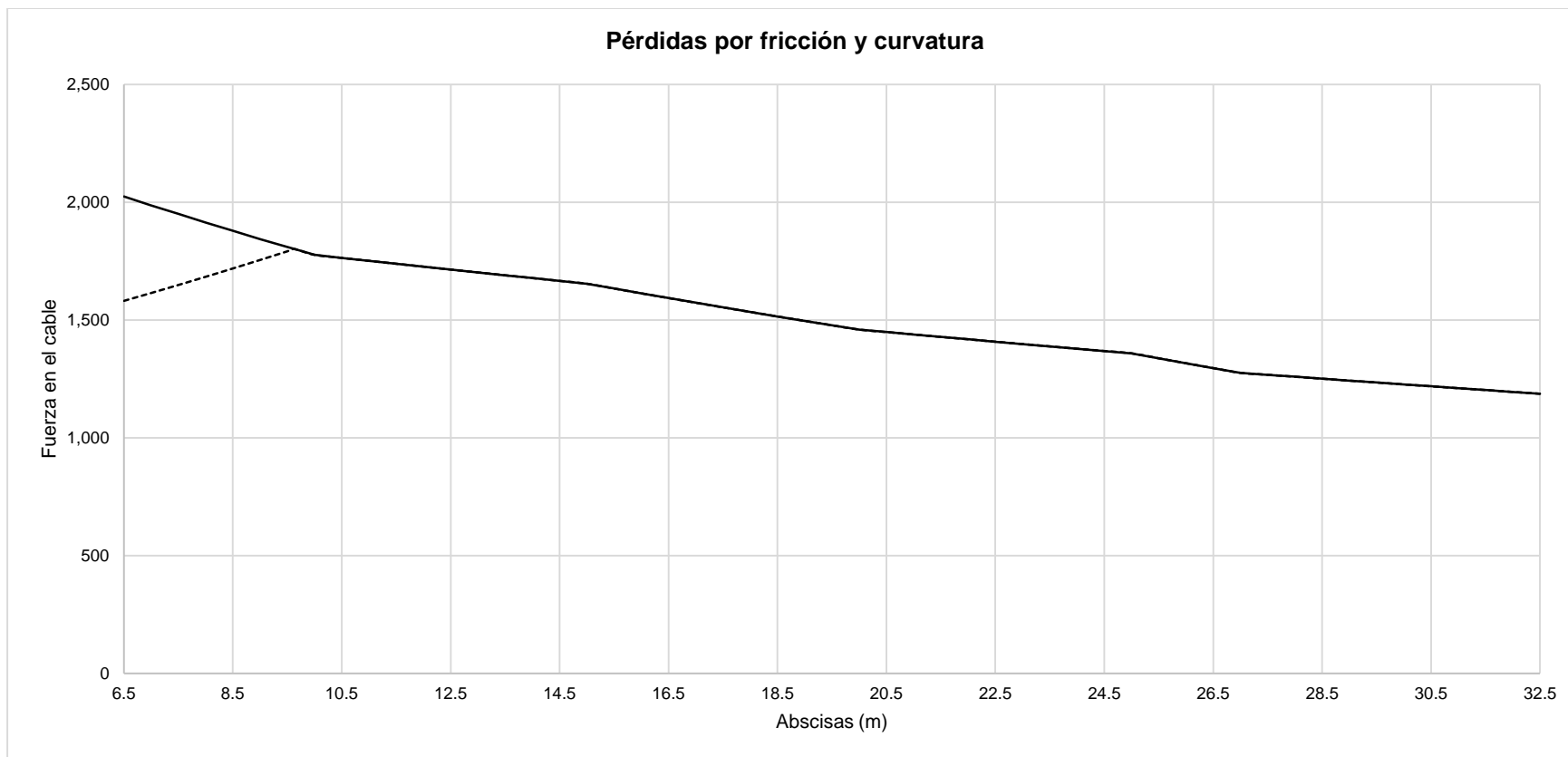


Gráfico 5. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 9 y 10

## 2.6. CABLES 11 Y 12

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
6.50	0.65	-	0.0000	-	-	-	2,429.03	2,032.61	-0.15	305.79	-0.59	-0.48	0.30	-1.08
7.00	0.56	0.0015	0.0571	0.0286	0.0086	0.99	2,404.69	2,055.51	-0.06	118.36	-0.60	-0.19	0.12	-0.79
7.50	0.48	0.0015	0.0571	0.0286	0.0086	0.99	2,380.59	2,078.66	0.02	43.63	-0.61	0.07	-0.04	-0.54
8.00	0.41	0.0015	0.0571	0.0286	0.0086	0.99	2,356.73	2,102.04	0.09	179.25	-0.61	0.28	-0.18	-0.33
8.50	0.36	0.0015	0.0571	0.0286	0.0086	0.99	2,333.12	2,125.67	0.14	287.55	-0.62	0.45	-0.28	-0.17
9.00	0.33	0.0015	0.0571	0.0286	0.0086	0.99	2,309.74	2,149.53	0.17	367.54	-0.63	0.58	-0.36	-0.05
9.50	0.31	0.0015	0.0571	0.0286	0.0086	0.99	2,286.59	2,173.63	0.19	418.24	-0.63	0.66	-0.41	0.02
10.00	0.30	0.0015	0.0571	0.0286	0.0086	0.99	2,263.68	2,197.96	0.20	438.62	-0.64	0.69	-0.43	0.05
10.50	0.30	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,248.65	2,230.18	0.20	435.46	-0.65	0.69	-0.43	0.04
11.00	0.31	0.0006	0.0344	0.0067	0.0020	1.00	2,242.80	2,242.80	0.19	428.91	-0.65	0.68	-0.42	0.02
11.50	0.32	0.0009	0.0344	0.0105	0.0031	1.00	2,233.73	2,233.73	0.18	407.34	-0.65	0.64	-0.40	-0.01
12.00	0.34	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,218.90	2,218.90	0.16	356.93	-0.65	0.56	-0.35	-0.09
12.50	0.37	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,204.17	2,204.17	0.13	288.22	-0.64	0.45	-0.28	-0.19
13.00	0.41	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,189.54	2,189.54	0.09	201.57	-0.64	0.32	-0.20	-0.32
13.50	0.45	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,175.01	2,175.01	0.04	97.35	-0.64	0.15	-0.10	-0.48
14.00	0.51	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,160.57	2,160.57	-0.01	24.07	-0.63	-0.04	0.02	-0.67
14.50	0.58	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,146.23	2,146.23	-0.08	162.34	-0.63	-0.26	0.16	-0.88
15.00	0.65	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,131.98	2,131.98	-0.15	317.11	-0.62	-0.50	0.31	-1.12
15.50	0.73	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	2,117.83	2,117.83	-0.23	488.03	-0.62	-0.77	0.48	-1.39
16.00	0.81	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	2,092.44	2,092.44	-0.31	647.90	-0.61	-1.02	0.64	-1.63
16.50	0.87	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	2,067.36	2,067.36	-0.37	767.49	-0.60	-1.21	0.75	-1.81
17.00	0.91	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	2,042.57	2,042.57	-0.42	848.16	-0.60	-1.34	0.83	-1.93
17.50	0.94	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	2,018.09	2,018.09	-0.44	891.27	-0.59	-1.40	0.88	-1.99
18.00	0.95	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	1,993.90	1,993.90	-0.45	898.13	-0.58	-1.42	0.88	-2.00
18.50	0.94	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	1,970.00	1,970.00	-0.44	870.03	-0.58	-1.37	0.86	-1.95
19.00	0.91	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	1,946.38	1,946.38	-0.42	808.22	-0.57	-1.27	0.80	-1.84
19.50	0.87	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	1,923.05	1,923.05	-0.37	713.91	-0.56	-1.13	0.70	-1.69
20.00	0.81	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	1,899.99	1,899.99	-0.31	588.32	-0.55	-0.93	0.58	-1.48
20.50	0.73	0.0015	0.0704	0.0352	0.0106	0.99	1,877.22	1,877.22	-0.23	432.59	-0.55	-0.68	0.43	-1.23
21.00	0.65	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,864.76	1,864.76	-0.15	277.37	-0.54	-0.44	0.27	-0.98
21.50	0.58	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,852.38	1,852.38	-0.08	140.12	-0.54	-0.22	0.14	-0.76
22.00	0.51	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,840.08	1,840.08	-0.01	20.50	-0.54	-0.03	0.02	-0.57
22.50	0.45	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,827.87	1,827.87	0.04	81.81	-0.53	0.13	-0.08	-0.40
23.00	0.41	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,815.74	1,815.74	0.09	167.16	-0.53	0.26	-0.16	-0.27
23.50	0.37	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,803.68	1,803.68	0.13	235.85	-0.53	0.37	-0.23	-0.15
24.00	0.34	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,791.71	1,791.71	0.16	288.21	-0.52	0.45	-0.28	-0.07
24.50	0.32	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,779.82	1,779.82	0.18	324.57	-0.52	0.51	-0.32	-0.01
25.00	0.30	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,768.00	1,768.00	0.20	345.22	-0.52	0.54	-0.34	0.03
25.50	0.30	0.0015	0.0344	0.0172	0.0052	0.99	1,756.27	1,756.27	0.20	350.48	-0.51	0.55	-0.34	0.04
26.00	0.31	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	1,738.50	1,738.50	0.19	334.38	-0.51	0.53	-0.33	0.02
26.50	0.33	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	1,720.92	1,720.92	0.17	293.71	-0.50	0.46	-0.29	-0.04
27.00	0.37	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	1,703.51	1,703.51	0.13	229.22	-0.50	0.36	-0.23	-0.14
27.50	0.42	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	1,686.28	1,686.28	0.08	141.65	-0.49	0.22	-0.14	-0.27
28.00	0.48	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	1,669.22	1,669.22	0.02	31.72	-0.49	0.05	-0.03	-0.44
28.50	0.56	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	1,652.34	1,652.34	-0.06	99.87	-0.48	-0.16	0.10	-0.64
29.00	0.64	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	1,640.36	1,640.36	-0.14	233.41	-0.48	-0.37	0.23	-0.85
29.50	0.71	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	1,628.46	1,628.46	-0.21	349.33	-0.48	-0.55	0.34	-1.03
30.00	0.78	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	1,616.65	1,616.65	-0.28	447.99	-0.47	-0.71	0.44	-1.18
30.50	0.83	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	1,604.93	1,604.93	-0.33	529.74	-0.47	-0.83	0.52	-1.30
31.00	0.87	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	1,593.29	1,593.29	-0.37	594.94	-0.47	-0.94	0.59	-1.40
31.50	0.91	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	1,581.74	1,581.74	-0.41	643.94	-0.46	-1.01	0.63	-1.48
32.00	0.93	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	1,570.27	1,570.27	-0.43	677.07	-0.46	-1.07	0.67	-1.53
32.50	0.95	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	1,558.88	1,558.88	-0.45	694.68	-0.46	-1.09	0.68	-1.55

Tabla 7. Pérdidas por fricción y curvatura cables 11 y 12

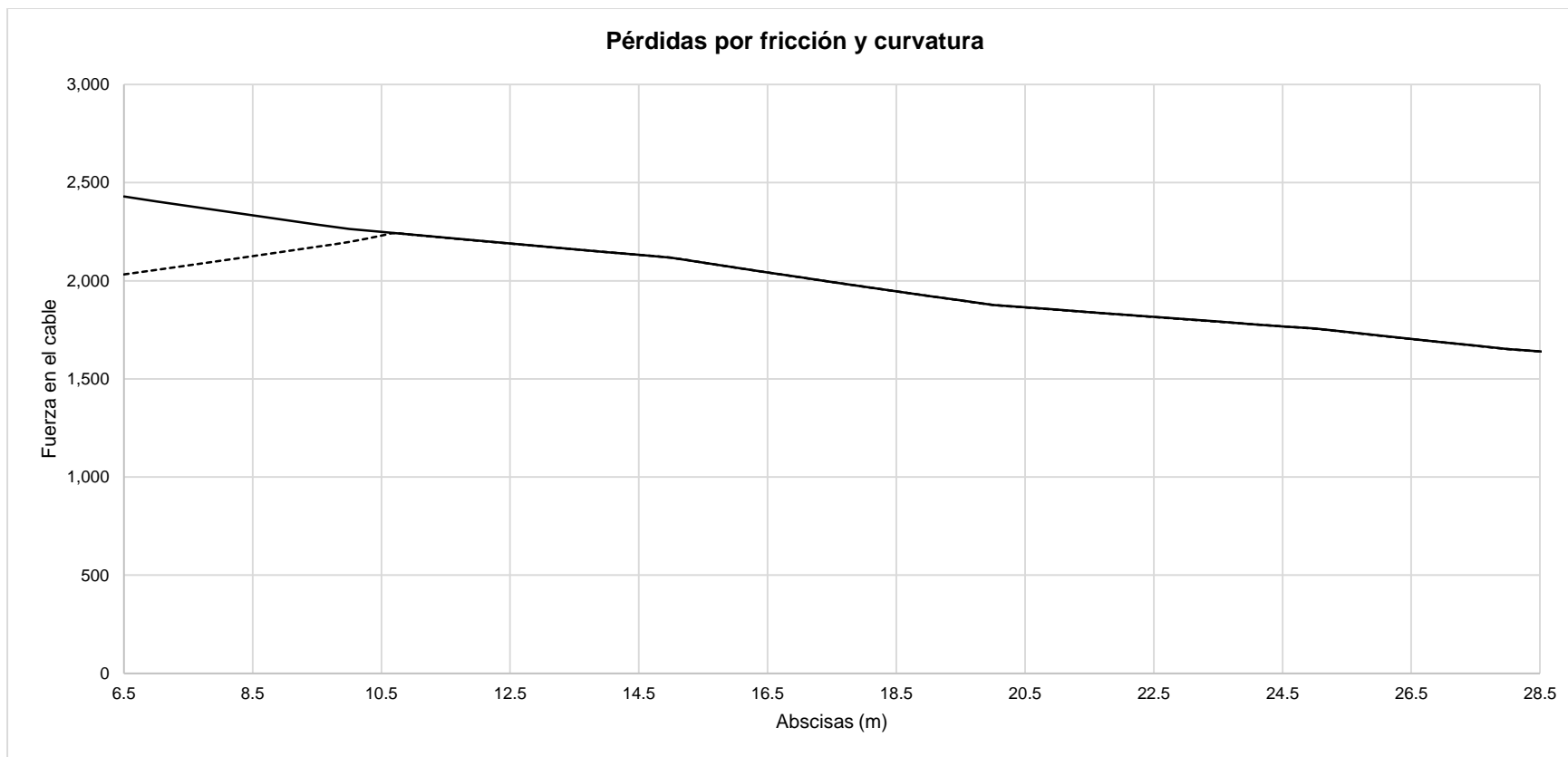


Gráfico 6. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 11 y 12

## 2.7. CABLES 13 Y 14

ABSCISA (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
19.00	0.60	-	0.0000	-	-	-	2,429.03	2,177.81	-0.10	218.74	-0.64	-0.34	0.22	-0.98
19.50	0.55	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,419.33	2,187.08	-0.05	114.87	-0.64	-0.18	0.11	-0.82
20.00	0.51	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,409.67	2,196.40	-0.01	19.27	-0.64	-0.03	0.02	-0.67
20.50	0.47	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,400.05	2,205.75	0.03	67.96	-0.64	0.11	-0.07	-0.54
21.00	0.43	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,390.47	2,215.14	0.07	146.70	-0.65	0.23	-0.14	-0.42
21.50	0.40	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,380.93	2,224.57	0.10	216.84	-0.65	0.34	-0.21	-0.31
22.00	0.38	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,371.43	2,234.04	0.12	278.27	-0.65	0.44	-0.27	-0.21
22.50	0.35	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,361.96	2,243.55	0.15	330.87	-0.66	0.52	-0.33	-0.13
23.00	0.33	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,352.53	2,253.09	0.17	374.52	-0.66	0.59	-0.37	-0.07
23.50	0.32	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,343.14	2,262.68	0.18	409.11	-0.66	0.64	-0.40	-0.02
24.00	0.31	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,333.78	2,272.29	0.19	434.52	-0.66	0.68	-0.43	0.02
24.50	0.30	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,324.47	2,281.95	0.20	450.63	-0.67	0.71	-0.44	0.04
25.00	0.30	0.0015	0.0167	0.0083	0.0025	1.00	2,315.19	2,291.65	0.20	457.32	-0.67	0.72	-0.45	0.05
25.50	0.31	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	2,291.77	2,287.20	0.19	439.91	-0.67	0.69	-0.43	0.03
26.00	0.31	0.0004	0.0578	0.0070	0.0021	1.00	2,286.16	2,286.16	0.19	430.80	-0.67	0.68	-0.42	0.01
26.50	0.33	0.0011	0.0578	0.0219	0.0066	0.99	2,268.59	2,268.59	0.17	387.18	-0.66	0.61	-0.38	-0.05
27.00	0.37	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	2,245.64	2,245.64	0.13	302.17	-0.66	0.48	-0.30	-0.18
27.50	0.42	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	2,222.93	2,222.93	0.08	186.73	-0.65	0.29	-0.18	-0.35
28.00	0.48	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	2,200.44	2,200.44	0.02	41.82	-0.64	0.07	-0.04	-0.58
28.50	0.56	0.0015	0.0578	0.0289	0.0087	0.99	2,178.18	2,178.18	-0.06	131.65	-0.64	-0.21	0.13	-0.84
29.00	0.64	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	2,162.39	2,162.39	-0.14	307.69	-0.63	-0.48	0.30	-1.12
29.50	0.71	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	2,146.71	2,146.71	-0.21	460.50	-0.63	-0.73	0.45	-1.35
30.00	0.78	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	2,131.14	2,131.14	-0.28	590.55	-0.62	-0.93	0.58	-1.55
30.50	0.83	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	2,115.69	2,115.69	-0.33	698.33	-0.62	-1.10	0.69	-1.72
31.00	0.87	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	2,100.35	2,100.35	-0.37	784.28	-0.61	-1.24	0.77	-1.85
31.50	0.91	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	2,085.12	2,085.12	-0.41	848.87	-0.61	-1.34	0.84	-1.95
32.00	0.93	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	2,070.00	2,070.00	-0.43	892.54	-0.60	-1.41	0.88	-2.01
32.50	0.95	0.0015	0.0385	0.0193	0.0058	0.99	2,054.99	2,054.99	-0.45	915.75	-0.60	-1.44	0.90	-2.04

Tabla 8. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14

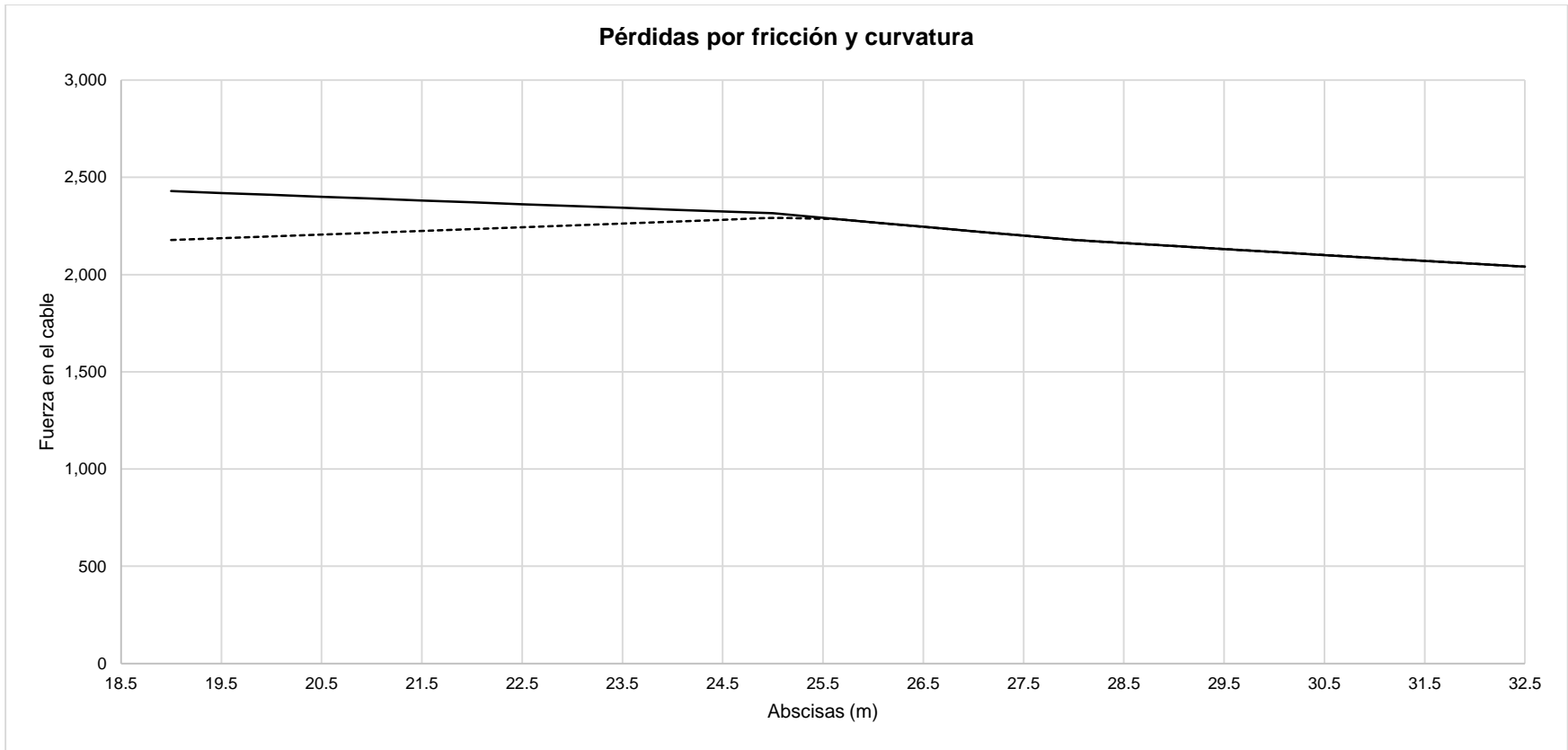


Gráfico 7. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 13 y 14

## 2.8. CABLES 15 Y 16

ABS. (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
6.50	1.15	-	0.0000	-	-	-	1,905.12	1,475.47	-0.65	959.71	-0.43	-1.51	0.94	-1.94
7.00	0.96	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,869.93	1,506.88	-0.46	700.29	-0.44	-1.10	0.69	-1.54
7.50	0.81	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,835.39	1,538.93	-0.31	473.35	-0.45	-0.75	0.47	-1.20
8.00	0.68	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,801.49	1,571.63	-0.18	281.34	-0.46	-0.44	0.28	-0.90
8.50	0.58	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,768.22	1,604.95	-0.08	126.81	-0.47	-0.20	0.12	-0.67
9.00	0.51	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,735.56	1,638.88	-0.01	12.43	-0.48	-0.02	0.01	-0.50
9.50	0.46	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	1,703.50	1,673.42	0.04	59.03	-0.49	0.09	-0.06	-0.40
10.00	0.45	0.0007	0.1143	0.0258	0.0077	0.99	1,689.22	1,689.22	0.05	76.46	-0.49	0.12	-0.08	-0.37
10.50	0.45	0.0008	0.1143	0.0313	0.0094	0.99	1,672.04	1,672.04	0.05	82.87	-0.49	0.13	-0.08	-0.36
11.00	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,660.15	1,660.15	0.04	74.47	-0.48	0.12	-0.07	-0.37
11.50	0.47	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,648.33	1,648.33	0.03	50.70	-0.48	0.08	-0.05	-0.40
12.00	0.49	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,636.61	1,636.61	0.01	11.88	-0.48	0.02	-0.01	-0.46
12.50	0.53	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,624.96	1,624.96	-0.03	41.67	-0.47	-0.07	0.04	-0.54
13.00	0.57	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,613.40	1,613.40	-0.07	109.62	-0.47	-0.17	0.11	-0.64
13.50	0.62	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,601.92	1,601.92	-0.12	191.66	-0.47	-0.30	0.19	-0.77
14.00	0.68	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,590.53	1,590.53	-0.18	287.47	-0.46	-0.45	0.28	-0.92
14.50	0.75	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,579.21	1,579.21	-0.25	396.76	-0.46	-0.63	0.39	-1.09
15.00	0.83	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,567.98	1,567.98	-0.33	519.22	-0.46	-0.82	0.51	-1.28
15.50	0.92	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,556.82	1,556.82	-0.42	654.55	-0.45	-1.03	0.64	-1.49
16.00	1.00	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,537.42	1,537.42	-0.50	773.69	-0.45	-1.22	0.76	-1.67
16.50	1.07	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,518.26	1,518.26	-0.57	861.83	-0.44	-1.36	0.85	-1.80
17.00	1.11	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,499.34	1,499.34	-0.61	920.06	-0.44	-1.45	0.91	-1.89
17.50	1.14	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,480.66	1,480.66	-0.64	949.46	-0.43	-1.50	0.93	-1.93
18.00	1.15	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,462.20	1,462.20	-0.65	951.08	-0.43	-1.50	0.94	-1.93
18.50	1.14	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,443.98	1,443.98	-0.64	925.94	-0.42	-1.46	0.91	-1.88
19.00	1.11	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,425.99	1,425.99	-0.61	875.04	-0.42	-1.38	0.86	-1.80
19.50	1.07	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,408.22	1,408.22	-0.57	799.36	-0.41	-1.26	0.79	-1.67
20.00	1.00	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,390.67	1,390.67	-0.50	699.84	-0.41	-1.10	0.69	-1.51
20.50	0.92	0.0015	0.0376	0.0368	0.0110	0.99	1,373.34	1,373.34	-0.42	577.41	-0.40	-0.91	0.57	-1.31
21.00	0.83	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,363.57	1,363.57	-0.33	451.53	-0.40	-0.71	0.44	-1.11
21.50	0.75	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,353.87	1,353.87	-0.25	340.15	-0.40	-0.54	0.33	-0.93
22.00	0.68	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,344.23	1,344.23	-0.18	242.96	-0.39	-0.38	0.24	-0.78
22.50	0.62	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,334.67	1,334.67	-0.12	159.68	-0.39	-0.25	0.16	-0.64
23.00	0.57	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,325.18	1,325.18	-0.07	90.03	-0.39	-0.14	0.09	-0.53
23.50	0.53	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,315.75	1,315.75	-0.03	33.74	-0.38	-0.05	0.03	-0.44
24.00	0.49	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,306.39	1,306.39	0.01	9.48	-0.38	0.01	-0.01	-0.37
24.50	0.47	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,297.09	1,297.09	0.03	39.90	-0.38	0.06	-0.04	-0.32
25.00	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,287.86	1,287.86	0.04	57.77	-0.38	0.09	-0.06	-0.28
25.50	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,278.70	1,278.70	0.05	63.37	-0.37	0.10	-0.06	-0.27
26.00	0.46	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,258.72	1,258.72	0.04	47.43	-0.37	0.07	-0.05	-0.29
26.50	0.50	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,239.05	1,239.05	0.00	2.55	-0.36	0.00	0.00	-0.36
27.00	0.56	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,219.69	1,219.69	-0.06	69.91	-0.36	-0.11	0.07	-0.47
27.50	0.64	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,200.63	1,200.63	-0.14	168.62	-0.35	-0.27	0.17	-0.62
28.00	0.73	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,192.78	1,192.78	-0.23	273.09	-0.35	-0.43	0.27	-0.78
28.50	0.81	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,184.98	1,184.98	-0.31	366.20	-0.35	-0.58	0.36	-0.92
29.00	0.88	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,177.24	1,177.24	-0.38	448.16	-0.34	-0.71	0.44	-1.05
29.50	0.94	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,169.54	1,169.54	-0.44	519.17	-0.34	-0.82	0.51	-1.16
30.00	1.00	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,161.90	1,161.90	-0.50	579.44	-0.34	-0.91	0.57	-1.25
30.50	1.04	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,154.30	1,154.30	-0.55	629.18	-0.34	-0.99	0.62	-1.33
31.00	1.08	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,146.76	1,146.76	-0.58	668.56	-0.33	-1.05	0.66	-1.39
31.50	1.11	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,139.26	1,139.26	-0.61	697.81	-0.33	-1.10	0.69	-1.43
32.00	1.13	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,131.82	1,131.82	-0.63	717.10	-0.33	-1.13	0.71	-1.46
32.50	1.15	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,124.42	1,124.42	-0.65	726.63	-0.33	-1.15	0.71	-1.47

Tabla 9. Pérdidas por fricción y curvatura cables 15 y 16



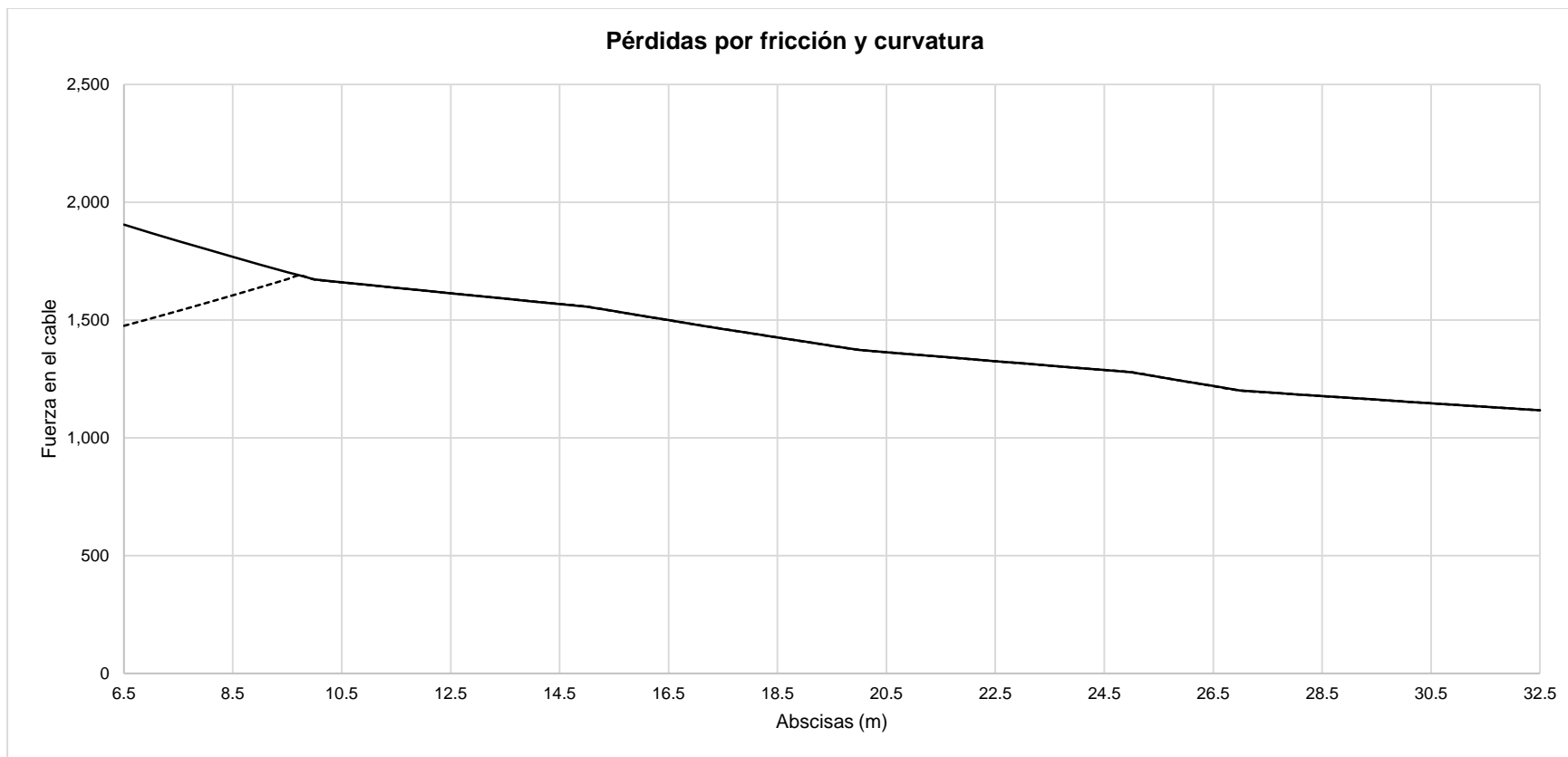


Gráfico 8. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 15 y 16

## 2.9. CABLES 17 Y 18

ABS. (m)	y (m)	K·ΔL	α	Δα	μ·α	$e^{-(k \cdot \Delta L + \mu \cdot \Delta \alpha)}$	P <sub>0</sub> - Δ (kN)	e (m)	M (kN·m)	P/A (MPa)	P·e·y/l (MPa)	P·e·y <sub>b</sub> /l (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
6.50	1.15	-	0.0000	-	-	-	2,429.03	1,897.58	-0.65	1234.26	-0.55	-1.95	1.21	-2.50
7.00	0.96	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,384.16	1,937.62	-0.46	900.46	-0.57	-1.42	0.89	-1.99
7.50	0.81	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,340.13	1,978.50	-0.31	608.55	-0.58	-0.96	0.60	-1.54
8.00	0.68	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,296.91	2,020.18	-0.18	361.64	-0.59	-0.57	0.36	-1.16
8.50	0.58	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,254.48	2,062.66	-0.08	162.98	-0.60	-0.26	0.16	-0.86
9.00	0.51	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,212.84	2,105.93	-0.01	15.97	-0.61	-0.03	0.02	-0.64
9.50	0.46	0.0015	0.1143	0.0571	0.0171	0.98	2,171.97	2,149.97	0.04	75.84	-0.63	0.12	-0.07	-0.51
10.00	0.46	0.0004	0.1143	0.0148	0.0044	1.00	2,161.50	2,161.50	0.04	90.17	-0.63	0.14	-0.09	-0.49
10.50	0.45	0.0011	0.1143	0.0423	0.0127	0.99	2,131.85	2,131.85	0.05	105.65	-0.62	0.17	-0.10	-0.46
11.00	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	2,116.68	2,116.68	0.04	94.95	-0.62	0.15	-0.09	-0.47
11.50	0.47	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	2,101.63	2,101.63	0.03	64.64	-0.61	0.10	-0.06	-0.51
12.00	0.49	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	2,086.67	2,086.67	0.01	15.15	-0.61	0.02	-0.01	-0.59
12.50	0.53	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	2,071.83	2,071.83	-0.03	53.12	-0.60	-0.08	0.05	-0.69
13.00	0.57	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	2,057.09	2,057.09	-0.07	139.76	-0.60	-0.22	0.14	-0.82
13.50	0.62	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	2,042.45	2,042.45	-0.12	244.36	-0.60	-0.39	0.24	-0.98
14.00	0.68	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	2,027.92	2,027.92	-0.18	366.53	-0.59	-0.58	0.36	-1.17
14.50	0.75	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	2,013.49	2,013.49	-0.25	505.87	-0.59	-0.80	0.50	-1.39
15.00	0.83	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,999.17	1,999.17	-0.33	662.01	-0.58	-1.04	0.65	-1.63
15.50	0.92	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,984.94	1,984.94	-0.42	834.55	-0.58	-1.32	0.82	-1.90
16.00	1.00	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,960.21	1,960.21	-0.50	986.46	-0.57	-1.55	0.97	-2.13
16.50	1.07	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,935.78	1,935.78	-0.57	1098.83	-0.57	-1.73	1.08	-2.30
17.00	1.11	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,911.66	1,911.66	-0.61	1173.07	-0.56	-1.85	1.15	-2.41
17.50	1.14	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,887.84	1,887.84	-0.64	1210.56	-0.55	-1.91	1.19	-2.46
18.00	1.15	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,864.31	1,864.31	-0.65	1212.62	-0.54	-1.91	1.19	-2.46
18.50	1.14	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,841.08	1,841.08	-0.64	1180.57	-0.54	-1.86	1.16	-2.40
19.00	1.11	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,818.13	1,818.13	-0.61	1115.68	-0.53	-1.76	1.10	-2.29
19.50	1.07	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,795.48	1,795.48	-0.57	1019.19	-0.52	-1.61	1.00	-2.13
20.00	1.00	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,773.10	1,773.10	-0.50	892.30	-0.52	-1.41	0.88	-1.92
20.50	0.92	0.0015	0.0736	0.0368	0.0110	0.99	1,751.01	1,751.01	-0.42	736.19	-0.51	-1.16	0.72	-1.67
21.00	0.83	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,738.55	1,738.55	-0.33	575.70	-0.51	-0.91	0.57	-1.42
21.50	0.75	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,726.18	1,726.18	-0.25	433.69	-0.50	-0.68	0.43	-1.19
22.00	0.68	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,713.90	1,713.90	-0.18	309.77	-0.50	-0.49	0.30	-0.99
22.50	0.62	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,701.71	1,701.71	-0.12	203.59	-0.50	-0.32	0.20	-0.82
23.00	0.57	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,689.60	1,689.60	-0.07	114.79	-0.49	-0.18	0.11	-0.67
23.50	0.53	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,677.58	1,677.58	-0.03	43.01	-0.49	-0.07	0.04	-0.56
24.00	0.49	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,665.64	1,665.64	0.01	12.09	-0.49	0.02	-0.01	-0.47
24.50	0.47	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,653.79	1,653.79	0.03	50.87	-0.48	0.08	-0.05	-0.40
25.00	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,642.03	1,642.03	0.04	73.66	-0.48	0.12	-0.07	-0.36
25.50	0.45	0.0015	0.0376	0.0188	0.0056	0.99	1,630.34	1,630.34	0.05	80.80	-0.48	0.13	-0.08	-0.35
26.00	0.46	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,604.87	1,604.87	0.04	60.48	-0.47	0.10	-0.06	-0.37
26.50	0.50	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,579.79	1,579.79	0.00	3.25	-0.46	0.01	0.00	-0.46
27.00	0.56	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,555.10	1,555.10	-0.06	89.13	-0.45	-0.14	0.09	-0.59
27.50	0.64	0.0015	0.0950	0.0475	0.0143	0.98	1,530.80	1,530.80	-0.14	214.99	-0.45	-0.34	0.21	-0.79
28.00	0.73	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,520.80	1,520.80	-0.23	348.19	-0.44	-0.55	0.34	-0.99
28.50	0.81	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,510.85	1,510.85	-0.31	466.91	-0.44	-0.74	0.46	-1.18
29.00	0.88	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,500.98	1,500.98	-0.38	571.41	-0.44	-0.90	0.56	-1.34
29.50	0.94	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,491.17	1,491.17	-0.44	661.95	-0.44	-1.04	0.65	-1.48
30.00	1.00	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,481.42	1,481.42	-0.50	738.79	-0.43	-1.16	0.73	-1.60
30.50	1.04	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,471.74	1,471.74	-0.55	802.20	-0.43	-1.26	0.79	-1.69
31.00	1.08	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,462.12	1,462.12	-0.58	852.42	-0.43	-1.34	0.84	-1.77
31.50	1.11	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,452.56	1,452.56	-0.61	889.70	-0.42	-1.40	0.88	-1.83
32.00	1.13	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,443.07	1,443.07	-0.63	914.30	-0.42	-1.44	0.90	-1.86
32.50	1.15	0.0015	0.0337	0.0169	0.0051	0.99	1,433.63	1,433.63	-0.65	926.45	-0.42	-1.46	0.91	-1.88

Tabla 10. Pérdidas por fricción y curvatura cables 17 y 18

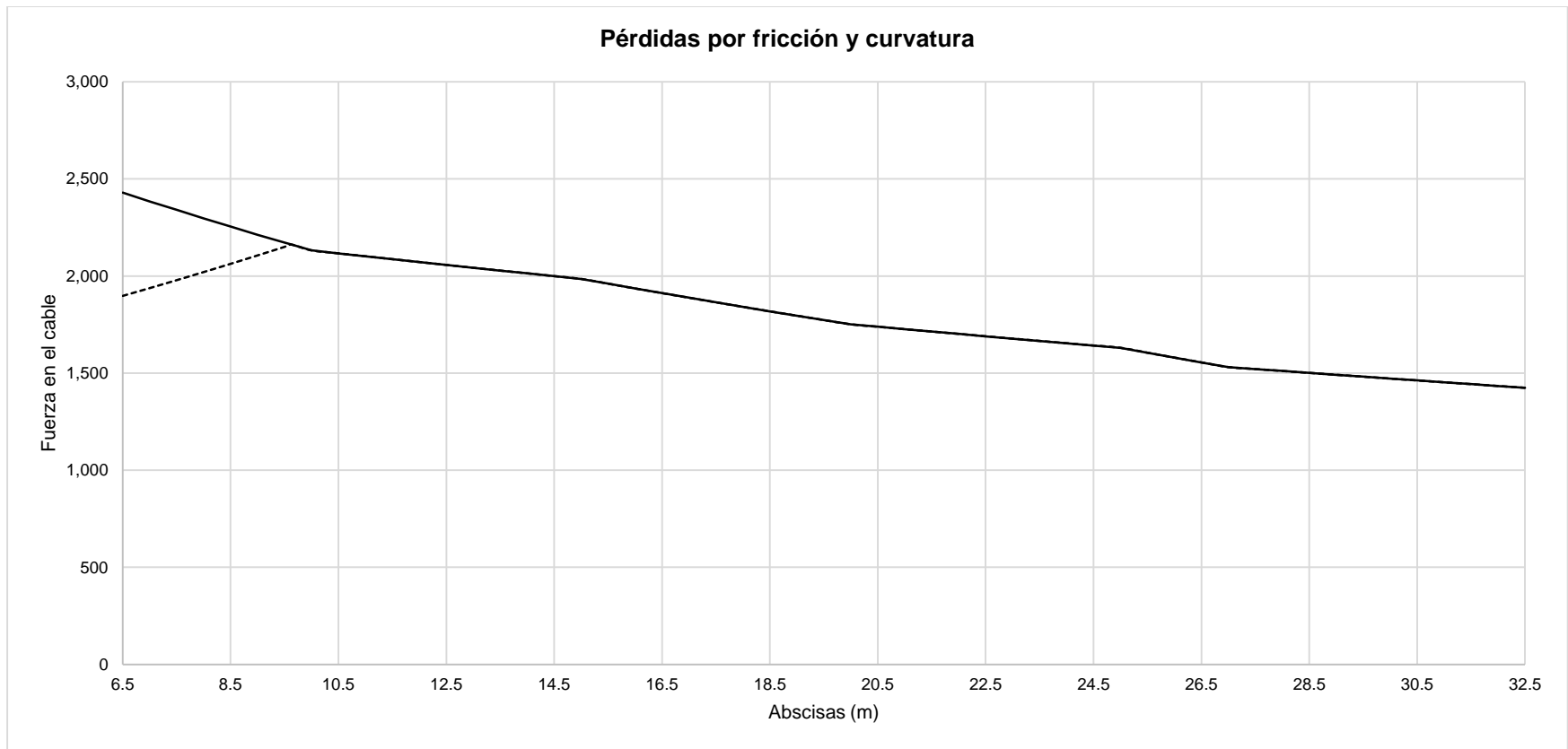


Gráfico 9. Pérdidas por fricción y curvatura y asentamiento de cuña cables 17 y 18

# 1. FUERZAS EN LOS CABLES LUEGO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CURVATURA

ABS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1a. Etapa	2a. Etapa	Total
(m)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>0</sub> (kN)
0	1756	1756	1702	1702	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3512	3403	6915
1	1818	1818	1762	1762	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3637	3524	7160
2	1883	1883	1824	1824	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3765	3649	7414
3	1949	1949	1889	1889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3899	3778	7677
4	2001	2001	1939	1939	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4002	3878	7879
5	2036	2036	1973	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4071	3945	8016
6	2071	2071	2007	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4142	4014	8156
7	2107	2107	2042	2042	0	0	0	0	1615	1615	2056	2056	0	0	1507	1507	1938	1938	11339	11188	22527
8	2144	2144	2077	2077	0	0	0	0	1683	1683	2102	2102	0	0	1572	1572	2020	2020	11634	11562	23196
9	2222	2222	2153	2153	0	0	0	0	1755	1755	2150	2150	0	0	1639	1639	2106	2106	12021	12028	24049
10	2304	2304	2232	2232	0	0	0	0	1777	1777	2198	2198	0	0	1672	1672	2132	2132	12347	12281	24628
11	2334	2334	2218	2218	0	0	0	0	1751	1751	2234	2234	0	0	1648	1648	2102	2102	12432	12141	24573
12	2285	2285	2128	2128	0	0	0	0	1727	1727	2204	2204	0	0	1625	1625	2072	2072	12228	11852	24081
13	2237	2237	2041	2041	0	0	0	0	1702	1702	2175	2175	0	0	1602	1602	2042	2042	12028	11572	23600
14	2190	2190	0	0	0	0	0	0	1678	1678	2146	2146	0	0	1579	1579	2013	2013	11831	7383	19214
15	2144	2144	0	0	0	0	0	0	1654	1654	2118	2118	0	0	1557	1557	1985	1985	11637	7278	18915
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1613	1613	2067	2067	0	0	1518	1518	1936	1936	7171	7098	14269
17	0	0	0	0	0	0	0	0	1573	1573	2018	2018	0	0	1481	1481	1888	1888	6997	6922	13920
18	0	0	0	0	0	0	0	0	1534	1534	1970	1970	0	0	1444	1444	1841	1841	6828	6751	13579
19	0	0	0	0	2127	2127	0	0	1496	1496	1923	1923	2178	2178	1408	1408	1795	1795	11018	10837	21855
20	0	0	0	0	2156	2156	1590	1590	1459	1459	1877	1877	2196	2196	1373	1373	1751	1751	10894	13912	24806
21	0	0	0	0	2186	2186	1624	1624	1438	1438	1852	1852	2215	2215	1354	1354	1726	1726	10843	13949	24792
22	0	0	0	0	2216	2216	1659	1659	1418	1418	1828	1828	2234	2234	1335	1335	1702	1702	10793	13990	24783
23	0	0	0	0	2246	2246	1695	1695	1398	1398	1804	1804	2253	2253	1316	1316	1678	1678	10745	14034	24779
24	0	0	0	0	2262	2262	1732	1732	1378	1378	1780	1780	2272	2272	1297	1297	1654	1654	10698	14052	24750
25	0	0	0	0	2233	2233	1726	1726	1359	1359	1756	1756	2292	2292	1279	1279	1630	1630	10653	13895	24548
26	0	0	0	0	2164	2164	1672	1672	1316	1316	1721	1721	2269	2269	1239	1239	1580	1580	10457	13464	23921
27	0	0	0	0	2097	2097	1620	1620	1276	1276	1686	1686	2223	2223	1201	1201	1531	1531	10220	13047	23266
28	0	0	0	0	2069	2069	1599	1599	1259	1259	1652	1652	2178	2178	1185	1185	1511	1511	10031	12877	22908
29	0	0	0	0	2042	2042	1578	1578	1243	1243	1628	1628	2147	2147	1170	1170	1491	1491	9889	12709	22598
30	0	0	0	0	2016	2016	1558	1558	1226	1226	1605	1605	2116	2116	1154	1154	1472	1472	9750	12543	22293
31	0	0	0	0	1990	1990	1537	1537	1210	1210	1582	1582	2085	2085	1139	1139	1453	1453	9612	12380	21992
32	0	0	0	0	1964	1964	1517	1517	1195	1195	1559	1559	2055	2055	1124	1124	1434	1434	9477	12219	21695
32.5	0	0	0	0	1951	1951	1507	1507	1187	1187	1548	1548	2040	2040	1117	1117	1424	1424	9409	12139	21548

Tabla 11. Pérdidas por fricción y curvatura cables 13 y 14

## 2. MOMENTOS PRODUCIDOS POR EL PRESFUERZO

ABSCISA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1a. Etapa	2a. Etapa	Total
(m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	M (kN-m)	Pi (kN)
0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	-1	-3
1	-575	-575	-559	-559	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1150	-1117	-2267
2	-992	-992	-964	-964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1983	-1928	-3911
3	-1232	-1232	-1198	-1198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2465	-2395	-4860
4	-1280	-1280	-1244	-1244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2559	-2487	-5046
5	-1206	-1206	-1172	-1172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2413	-2344	-4757
6	-1033	-1033	-1003	-1003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2065	-2007	-4072
7	-753	-753	-732	-732	0	0	0	0	-747	-747	-117	-117	0	0	-694	-694	-893	-893	-3130	-4744	-7873
8	-363	-363	-352	-352	0	0	0	0	-300	-300	178	178	0	0	-279	-279	-359	-359	-928	-2023	-2950
9	-12	-12	-12	-12	0	0	0	0	-13	-13	365	365	0	0	-12	-12	-16	-16	681	-82	600
10	113	113	110	110	0	0	0	0	88	88	436	436	0	0	82	82	105	105	1262	605	1868
11	50	50	-17	-17	0	0	0	0	54	54	405	405	0	0	50	50	64	64	1010	202	1212
12	-142	-142	-379	-379	0	0	0	0	-44	-44	286	286	0	0	-41	-41	-53	-53	206	-952	-746
13	-450	-450	-944	-944	0	0	0	0	-203	-203	97	97	0	0	-190	-190	-243	-243	-1086	-2779	-3866
14	-866	-866	0	0	0	0	0	0	-420	-420	-161	-161	0	0	-394	-394	-502	-502	-2842	-1843	-4685
15	-1384	-1384	0	0	0	0	0	0	-692	-692	-484	-484	0	0	-649	-649	-828	-828	-5036	-3040	-8077
16	0	0	0	0	0	0	0	0	-911	-911	-762	-762	0	0	-855	-855	-1090	-1090	-3233	-4003	-7235
17	0	0	0	0	0	0	0	0	-1004	-1004	-884	-884	0	0	-941	-941	-1201	-1201	-3651	-4409	-8060
18	0	0	0	0	0	0	0	0	-979	-979	-863	-863	0	0	-918	-918	-1171	-1171	-3562	-4299	-7861
19	0	0	0	0	-1158	-1158	0	0	-845	-845	-708	-708	-217	-217	-792	-792	-1010	-1010	-3435	-6027	-9462
20	0	0	0	0	-783	-783	-1029	-1029	-610	-610	-429	-429	-19	-19	-572	-572	-730	-730	-2040	-6303	-8344
21	0	0	0	0	-469	-469	-644	-644	-359	-359	-139	-139	146	146	-337	-337	-430	-430	-660	-3805	-4465
22	0	0	0	0	-220	-220	-334	-334	-169	-169	81	81	276	276	-158	-158	-202	-202	399	-1849	-1450
23	0	0	0	0	-37	-37	-105	-105	-36	-36	234	234	372	372	-33	-33	-43	-43	1145	-442	703
24	0	0	0	0	74	74	37	37	42	42	322	322	432	432	40	40	50	50	1586	408	1994
25	0	0	0	0	110	110	85	85	67	67	347	347	454	454	63	63	80	80	1729	685	2413
26	0	0	0	0	4	4	3	3	3	3	291	291	385	385	3	3	3	3	1356	28	1384
27	0	0	0	0	-293	-293	-226	-226	-178	-178	140	140	185	185	-167	-167	-213	-213	318	-1821	-1503
28	0	0	0	0	-637	-637	-492	-492	-387	-387	-99	-99	-131	-131	-362	-362	-462	-462	-1184	-3954	-5138
29	0	0	0	0	-903	-903	-697	-697	-548	-548	-346	-346	-457	-457	-513	-513	-655	-655	-2633	-5606	-8239
30	0	0	0	0	-1094	-1094	-845	-845	-664	-664	-525	-525	-693	-693	-622	-622	-794	-794	-3680	-6793	-10473
31	0	0	0	0	-1213	-1213	-937	-937	-737	-737	-638	-638	-843	-843	-690	-690	-880	-880	-4340	-7533	-11874
32	0	0	0	0	-1263	-1263	-976	-976	-767	-767	-688	-688	-909	-909	-718	-718	-916	-916	-4630	-7844	-12474
32.5	0	0	0	0	-1263	-1263	-975	-975	-767	-767	-690	-690	-912	-912	-718	-718	-916	-916	-4641	-7843	-12484

Tabla 12. Momentos producidos por el presfuerzo

### 3. PÉRDIDAS POR ACORTAMIENTO ELÁSTICO

#### 3.1. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 1

$M_{max}$ (kN·m)	909.40	Momento máximo actuante (por cargas de peso propio)
$y_t$ (m)	0.80	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra superior
$y_b$ (m)	0.50	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra inferior
$A$ (m <sup>2</sup> )	3.42	Área de la sección transversal
$I$ (m <sup>4</sup> )	0.51	Momento de inercia o segundo momento de área de la sección
$d_c$ (m)	0.38	Distancia medida desde la fibra inferior del concreto hasta el centroide del cable en la zona de máximo momento
$P_1$ (kN)	10,700.32	Fuerza de tensionamiento en la etapa 1 (luego de considerar pérdidas por fricción y curvatura)
$e$ (m)	0.12	Distancia medida desde el eje neutro de la sección al centroide del cable en el centro de la luz
$P \cdot e$ (kN·m)	1,332.82	Momento causado por la fuerza de tensionamiento y la excentricidad del cable con respecto al E.N.
$P/A$ (MPa)	-3.12	Fuerza de compresión causada por la fuerza axial del presfuerzo
$P \cdot e \cdot e/I$ (MPa)	-0.33	Esfuerzo de compresión la zona de máximo momento a nivel del c.g. del cable, por el momento del presfuerzo
$f_{cis}$ (MPa)	-3.45	Esfuerzo de compresión a causa del tensionamiento medido en el c.g. del cable en la zona de máximo momento
$f_{b1}$ (MPa)	0.89	Esfuerzo de tracción causado por las cargas de peso propio de la viga en la fibra inferior de la sección
$f_{cim}$ (MPa)	0.22	Esfuerzo causado por cargas de peso propio, en el centro de gravedad del cable
$f_{cgp}$ (MPa)	-3.23	Esfuerzos en el centro de gravedad del cable en la zona de máximo momento

#### 3.2. ESFUERZOS EN EL CENTROIDE DEL CABLE ETAPA 2

$M_{max}$ (kN·m)	10,288.71	Momento máximo actuante (por cargas muertas totales)
$y_t$ (m)	0.80	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra superior
$y_b$ (m)	0.50	Distancia desde el eje neutro de la sección a la fibra inferior
$A$ (cm <sup>2</sup> )	3.42	Área de la sección transversal
$I$ (cm <sup>4</sup> )	0.51	Momento de inercia o segundo momento de área de la sección
$d_c$ (cm)	0.38	Distancia medida desde la fibra inferior del concreto hasta el centroide del cable en el centro de la luz
$P_2$ (kN)	13,895.16	Fuerza de tensionamiento en la etapa 2 (luego de considerar pérdidas por fricción y curvatura)
$e$ (cm)	0.12	Distancia medida desde el eje neutro de la sección al centroide del cable en el centro de la luz
$P \cdot e$ (kN·m)	1,730.77	Momento causado por la fuerza de tensionamiento y la excentricidad del cable con respecto al E.N.
$P/A$ (MPa)	-4.06	Fuerza de compresión causada por el presfuerzo
$P \cdot e \cdot e/I$ (MPa)	-0.42	Esfuerzo de compresión en el centro de la luz a nivel del c.g. del cable, por el momento del presfuerzo
$f_{cis}$ (MPa)	-4.48	Esfuerzo de compresión a causa del tensionamiento medido en el c.g. del cable en el centro de la luz
$f_{b2}$ (MPa)	10.12	Esfuerzo causado por las cargas muertas posteriores
$f_{cim}$ (MPa)	2.52	Esfuerzo causado por la carga muerta total, en el centro de gravedad del cable
$f_{cgp}$ (MPa)	-1.96	Esfuerzos en el centro de gravedad del cable en la zona de máximo momento

#### 4. FUERZAS EN LOS CABLES DESPUES DE PÉRDIDAS INICIALES

ABS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(cm)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)
0	1741	1741	1692	1692	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1803	1803	1753	1753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1867	1867	1815	1815	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1934	1934	1880	1880	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1985	1985	1929	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2020	2020	1963	1963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2056	2056	1997	1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2092	2092	2032	2032	0	0	0	0	1607	1607	2040	2040	0	0	1494	1494	1922
8	2128	2128	2068	2068	0	0	0	0	1676	1676	2087	2087	0	0	1559	1559	2005
9	2207	2207	2144	2144	0	0	0	0	1747	1747	2134	2134	0	0	1626	1626	2091
10	2288	2288	2223	2223	0	0	0	0	1769	1769	2183	2183	0	0	1659	1659	2116
11	2318	2318	2208	2208	0	0	0	0	1744	1744	2218	2218	0	0	1635	1635	2086
12	2270	2270	2119	2119	0	0	0	0	1719	1719	2189	2189	0	0	1612	1612	2056
13	2222	2222	2032	2032	0	0	0	0	1694	1694	2160	2160	0	0	1589	1589	2027
14	2175	2175	0	0	0	0	0	0	1670	1670	2131	2131	0	0	1566	1566	1998
15	2129	2129	0	0	0	0	0	0	1646	1646	2102	2102	0	0	1544	1544	1970
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1605	1605	2052	2052	0	0	1505	1505	1920
17	0	0	0	0	0	0	0	0	1565	1565	2003	2003	0	0	1468	1468	1872
18	0	0	0	0	0	0	0	0	1526	1526	1955	1955	0	0	1431	1431	1826
19	0	0	0	0	2117	2117	0	0	1488	1488	1908	1908	2162	2162	1395	1395	1780
20	0	0	0	0	2147	2147	1582	1582	1451	1451	1862	1862	2181	2181	1360	1360	1736
21	0	0	0	0	2176	2176	1616	1616	1431	1431	1837	1837	2200	2200	1341	1341	1711
22	0	0	0	0	2206	2206	1651	1651	1410	1410	1812	1812	2219	2219	1322	1322	1686
23	0	0	0	0	2237	2237	1687	1687	1390	1390	1788	1788	2238	2238	1303	1303	1662
24	0	0	0	0	2253	2253	1724	1724	1370	1370	1764	1764	2257	2257	1284	1284	1638
25	0	0	0	0	2224	2224	1718	1718	1351	1351	1741	1741	2276	2276	1266	1266	1615
26	0	0	0	0	2154	2154	1664	1664	1309	1309	1705	1705	2253	2253	1226	1226	1564
27	0	0	0	0	2087	2087	1612	1612	1268	1268	1671	1671	2208	2208	1188	1188	1515
28	0	0	0	0	2060	2060	1591	1591	1251	1251	1637	1637	2163	2163	1172	1172	1495
29	0	0	0	0	2033	2033	1570	1570	1235	1235	1613	1613	2131	2131	1157	1157	1476
30	0	0	0	0	2006	2006	1550	1550	1219	1219	1590	1590	2100	2100	1141	1141	1456
31	0	0	0	0	1980	1980	1530	1530	1203	1203	1566	1566	2070	2070	1126	1126	1437
32	0	0	0	0	1954	1954	1510	1510	1187	1187	1543	1543	2040	2040	1112	1112	1418
32.5	0	0	0	0	1941	1941	1500	1500	1179	1179	1532	1532	2025	2025	1104	1104	1409
P <sub>max</sub> (kN)	2318	2318	2254	2254	2253	2253	1735	1735	1784	1784	2218	2218	2276	2276	1661	1661	2135
P/A <sub>s</sub> (MPa)	1380	1380	1342	1342	1341	1341	1239	1239	1274	1274	1320	1320	1355	1355	1186	1186	1271

Tabla 13. Fuerzas en los cables luego de pérdidas iniciales

## 5. PÉRDIDAS A LARGO PLAZO

Tipo relajación	Baja relajación	Tipo de relajación del acero
$f'_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	35.00	Resistencia a la compresión del concreto el día que se realizó el tensionamiento
$f_{py}$ (MPa)	1,700.00	Esfuerzo de fluencia del acero
$A_{ps}$ (mm <sup>2</sup> )	28,560.00	Área de acero de presfuerzo
$A_g$ (mm <sup>2</sup> )	3,424,642.82	Área de la sección bruta (sin la losa)
$P_0$ (kN)	24,595.48	Fuerzas en el cable después de pérdidas por fricción y curvatura
$f_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	861.19	Esfuerzo del acero de presfuerzo inmediatamente antes de la transferencia
H (%)	80.00	Humedad promedio anual, según 5.9.5.3
$\gamma_h$	0.90	Factor de corrección para humedad relativa del ambiente, según 5.9.5.3
$\gamma_{ST}$	0.972	Factor de corrección de la resistencia del concreto en el instante de la transferencia del presfuerzo
CRc (N/mm <sup>2</sup> )	9.11	Pérdidas debidas CREEP
SH (N/mm <sup>2</sup> )	72.63	Pérdidas por humedad y retracción del fraguado SHRINKAGE
$\Delta f_{pR}$ (N/mm <sup>2</sup> )	16.00	Aproximación de la pérdida por relajación (simplificado)
$K_L$	30.00	Coefficiente para el cálculo de las pérdidas por relajamiento del acero, usando el método refinado
$\Delta f_{pLT}$ (N/mm <sup>2</sup> )	97.74	Pérdidas de presfuerzo de largo plazo

La siguiente tabla muestra el valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas por fricción y curvatura:

	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	$\Delta f_{pLT}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\Delta LP$ (kN)
Cable 1	1680.00	97.74	164.20
Cable 2	1680.00	97.74	164.20
Cable 3	1680.00	97.74	164.20
Cable 4	1680.00	97.74	164.20
Cable 5	1680.00	97.74	164.20
Cable 6	1680.00	97.74	164.20
Cable 7	1400.00	97.74	136.83
Cable 8	1400.00	97.74	136.83
Cable 9	1400.00	97.74	136.83
Cable 10	1400.00	97.74	136.83
Cable 11	1680.00	97.74	164.20
Cable 12	1680.00	97.74	164.20
Cable 13	1680.00	97.74	164.20
Cable 14	1680.00	97.74	164.20
Cable 15	1400.00	97.74	136.83
Cable 16	1400.00	97.74	136.83
Cable 17	1680.00	97.74	164.20
Cable 18	1680.00	97.74	164.20
TOTALES	28,560.00	1,759.27	2,791.37

Tabla 14. Fuerza que pierde cada cable por pérdidas a largo plazo



### 5.1. FUERZA QUE PIERDE EL CABLE

ABSCISA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
(m)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$\Delta LP$ (kN)	$P_0$ (kN)
0.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
8.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
9.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
10.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
11.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
12.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
13.0	164.2	164.2	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
14.0	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
15.0	164.2	164.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8
19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	0.0	0.0	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8
32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	164.2	164.2	136.8	136.8	136.8	136.8	164.2	164.2	164.2	164.2	136.8

Tabla 15. Valor de la fuerza que pierde cada cable debido a las pérdidas a largo plazo

## 5.2. MOMENTOS

ABSCISA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
(cm)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)	M (kN·m)
0.00	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	-52.35	-52.35	-52.35	-52.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	-87.20	-87.20	-87.20	-87.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	-104.62	-104.62	-104.62	-104.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	-105.83	-105.83	-105.83	-105.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	-98.04	-98.04	-98.04	-98.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00	-82.48	-82.48	-82.48	-82.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.00	-59.12	-59.12	-59.12	-59.12	0.00	0.00	0.00	0.00	-63.59	-63.59	-9.46	-9.46	0.00	0.00	-63.59	-63.59	-63.59
8.00	-27.99	-27.99	-27.99	-27.99	0.00	0.00	0.00	0.00	-24.49	-24.49	14.00	14.00	0.00	0.00	-24.49	-24.49	-24.49
9.00	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.04	-1.04	28.08	28.08	0.00	0.00	-1.04	-1.04	-1.04
10.00	8.14	8.14	8.14	8.14	0.00	0.00	0.00	0.00	6.78	6.78	32.77	32.77	0.00	0.00	6.78	6.78	6.78
11.00	3.54	3.54	-1.25	-1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	4.21	4.21	29.94	29.94	0.00	0.00	4.21	4.21	4.21
12.00	-10.25	-10.25	-29.39	-29.39	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.51	-3.51	21.47	21.47	0.00	0.00	-3.51	-3.51	-3.51
13.00	-33.24	-33.24	-76.31	-76.31	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.37	-16.37	7.35	7.35	0.00	0.00	-16.37	-16.37	-16.37
14.00	-65.42	-65.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-34.38	-34.38	-12.42	-12.42	0.00	0.00	-34.38	-34.38	-34.38
15.00	-106.80	-106.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-57.53	-57.53	-37.84	-37.84	0.00	0.00	-57.53	-57.53	-57.53
16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-77.67	-77.67	-60.96	-60.96	0.00	0.00	-77.67	-77.67	-77.67
17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-87.74	-87.74	-72.52	-72.52	0.00	0.00	-87.74	-87.74	-87.74
18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-87.74	-87.74	-72.52	-72.52	0.00	0.00	-87.74	-87.74	-87.74
19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-89.80	-89.80	0.00	0.00	-77.67	-77.67	-60.96	-60.96	-16.49	-16.49	-77.67	-77.67	-77.67
20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-59.87	-59.87	-89.00	-89.00	-57.53	-57.53	-37.84	-37.84	-1.44	-1.44	-57.53	-57.53	-57.53
21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-35.39	-35.39	-54.52	-54.52	-34.38	-34.38	-12.42	-12.42	10.87	10.87	-34.38	-34.38	-34.38
22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.35	-16.35	-27.70	-27.70	-16.37	-16.37	7.35	7.35	20.45	20.45	-16.37	-16.37	-16.37
23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.74	-2.74	-8.54	-8.54	-3.51	-3.51	21.47	21.47	27.29	27.29	-3.51	-3.51	-3.51
24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.42	5.42	2.95	2.95	4.21	4.21	29.94	29.94	31.40	31.40	4.21	4.21	4.21
25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.14	8.14	6.78	6.78	6.78	6.78	32.77	32.77	32.77	32.77	6.78	6.78	6.78
26.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.34	0.28	0.28	0.28	0.28	28.02	28.02	28.02	28.02	0.28	0.28	0.28
27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-23.06	-23.06	-19.22	-19.22	-19.22	-19.22	13.79	13.79	13.79	13.79	-19.22	-19.22	-19.22
28.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-50.74	-50.74	-42.29	-42.29	-42.29	-42.29	-9.92	-9.92	-9.92	-9.92	-42.29	-42.29	-42.29
29.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-72.89	-72.89	-60.74	-60.74	-60.74	-60.74	-35.22	-35.22	-35.22	-35.22	-60.74	-60.74	-60.74
30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-89.50	-89.50	-74.58	-74.58	-74.58	-74.58	-54.20	-54.20	-54.20	-54.20	-74.58	-74.58	-74.58
31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.57	-100.57	-83.81	-83.81	-83.81	-83.81	-66.85	-66.85	-66.85	-66.85	-83.81	-83.81	-83.81
32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-106.11	-106.11	-88.42	-88.42	-88.42	-88.42	-73.17	-73.17	-73.17	-73.17	-88.42	-88.42	-88.42
32.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-106.80	-106.80	-89.00	-89.00	-89.00	-89.00	-73.96	-73.96	-73.96	-73.96	-89.00	-89.00	-89.00

Tabla 16. Valor de los momentos producidos por las pérdidas a largo plazo

## 6. FUERZAS EFECTIVAS EN LOS CABLES

ABS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1a. Et.	2a. Et.	Total
(cm)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)	Pi (kN)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3152.8	3056.0	6208.8	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3277.3	3176.7	6454.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3406.2	3301.6	6707.8	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3539.7	3430.9	6970.6	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3642.5	3530.6	7173.1	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3712.0	3597.9	7310.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3782.8	3666.5	7449.2	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1442.7	1442.7	1875.9	1875.9	0.0	0.0	1329.8	1329.8	1329.8	1329.8	10266.1	9281.2	19547.3	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1511.5	1511.5	1922.4	1922.4	0.0	0.0	1394.6	1394.6	1394.6	1394.6	10561.9	9619.2	20181.1	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1582.9	1582.9	1969.9	1969.9	0.0	0.0	1461.8	1461.8	1461.8	1461.8	10948.5	10048.9	20997.5	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1604.5	1604.5	2018.3	2018.3	0.0	0.0	1495.0	1495.0	1495.0	1495.0	11274.6	10316.3	21590.9	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1579.4	1579.4	2054.1	2054.1	0.0	0.0	1471.3	1471.3	1471.3	1471.3	11359.3	10189.5	21548.8	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1554.5	1554.5	2024.5	2024.5	0.0	0.0	1447.9	1447.9	1447.9	1447.9	11155.6	9913.6	21069.2	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1530.0	1530.0	1995.4	1995.4	0.0	0.0	1424.9	1424.9	1424.9	1424.9	10955.3	9645.6	20600.9	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1505.9	1505.9	1966.6	1966.6	0.0	0.0	1402.2	1402.2	1402.2	1402.2	10758.3	5816.1	16574.4	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1482.1	1482.1	1938.2	1938.2	0.0	0.0	1379.8	1379.8	1379.8	1379.8	10564.7	5723.8	16288.4	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1441.2	1441.2	1887.7	1887.7	0.0	0.0	1341.2	1341.2	1341.2	1341.2	6457.9	5564.7	12022.6	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1401.2	1401.2	1838.5	1838.5	0.0	0.0	1303.6	1303.6	1303.6	1303.6	6284.1	5409.6	11693.7	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1362.2	1362.2	1790.4	1790.4	0.0	0.0	1266.9	1266.9	1266.9	1266.9	6114.6	5258.3	11372.9	0.0
1953.3	1953.3	0.0	0.0	1324.2	1324.2	1743.4	1743.4	1998.2	1998.2	1231.2	1231.2	1231.2	1231.2	9945.5	9017.4	18962.9	1953.3
1982.5	1982.5	1417.6	1417.6	1287.2	1287.2	1697.6	1697.6	2016.8	2016.8	1196.3	1196.3	1196.3	1196.3	9821.3	11767.2	21588.5	1982.5
2012.2	2012.2	1452.1	1452.1	1266.5	1266.5	1672.8	1672.8	2035.5	2035.5	1176.8	1176.8	1176.8	1176.8	9770.2	11815.2	21585.4	2012.2
2042.3	2042.3	1487.3	1487.3	1246.1	1246.1	1648.2	1648.2	2054.4	2054.4	1157.6	1157.6	1157.6	1157.6	9720.6	11866.5	21587.1	2042.3
2072.7	2072.7	1523.2	1523.2	1226.0	1226.0	1624.1	1624.1	2073.5	2073.5	1138.7	1138.7	1138.7	1138.7	9672.5	11921.2	21593.7	2072.7
2088.6	2088.6	1559.9	1559.9	1206.2	1206.2	1600.2	1600.2	2092.7	2092.7	1120.0	1120.0	1120.0	1120.0	9625.8	11949.3	21575.1	2088.6
2059.5	2059.5	1553.6	1553.6	1186.6	1186.6	1576.6	1576.6	2112.0	2112.0	1101.6	1101.6	1101.6	1101.6	9580.6	11802.7	21383.3	2059.5
1990.3	1990.3	1500.0	1500.0	1144.5	1144.5	1541.3	1541.3	2089.0	2089.0	1062.0	1062.0	1062.0	1062.0	9384.5	11393.6	20778.1	1990.3
1923.2	1923.2	1448.2	1448.2	1103.7	1103.7	1506.7	1506.7	2043.3	2043.3	1023.6	1023.6	1023.6	1023.6	9147.1	10997.2	20144.3	1923.2
1895.8	1895.8	1427.1	1427.1	1087.1	1087.1	1472.7	1472.7	1998.6	1998.6	1007.9	1007.9	1007.9	1007.9	8958.4	10835.8	19794.2	1895.8
1868.9	1868.9	1406.2	1406.2	1070.6	1070.6	1448.8	1448.8	1967.1	1967.1	992.5	992.5	992.5	992.5	8816.8	10676.5	19493.4	1868.9
1842.3	1842.3	1385.7	1385.7	1054.5	1054.5	1425.3	1425.3	1936.1	1936.1	977.3	977.3	977.3	977.3	8677.2	10519.3	19196.6	1842.3
1816.0	1816.0	1365.4	1365.4	1038.5	1038.5	1402.1	1402.1	1905.5	1905.5	962.2	962.2	962.2	962.2	8539.6	10364.2	18903.8	1816.0
1790.1	1790.1	1345.4	1345.4	1022.7	1022.7	1379.3	1379.3	1875.4	1875.4	947.4	947.4	947.4	947.4	8404.0	10211.0	18615.0	1790.1
1777.2	1777.2	1335.4	1335.4	1014.9	1014.9	1368.0	1368.0	1860.5	1860.5	940.0	940.0	940.0	940.0	8336.9	10135.2	18472.1	1777.2
2088.6	2088.6	1570.7	1570.7	1619.6	1619.6	2054.1	2054.1	2112.0	2112.0	1496.4	1496.4	1496.4	1496.4	-	-	-	2088.6
1243.2	1243.2	1121.9	1121.9	1156.9	1156.9	1222.7	1222.7	1257.2	1257.2	1068.8	1068.8	1068.8	1068.8	-	-	-	1243.2

Tabla 17. Fuerzas efectivas en los cables

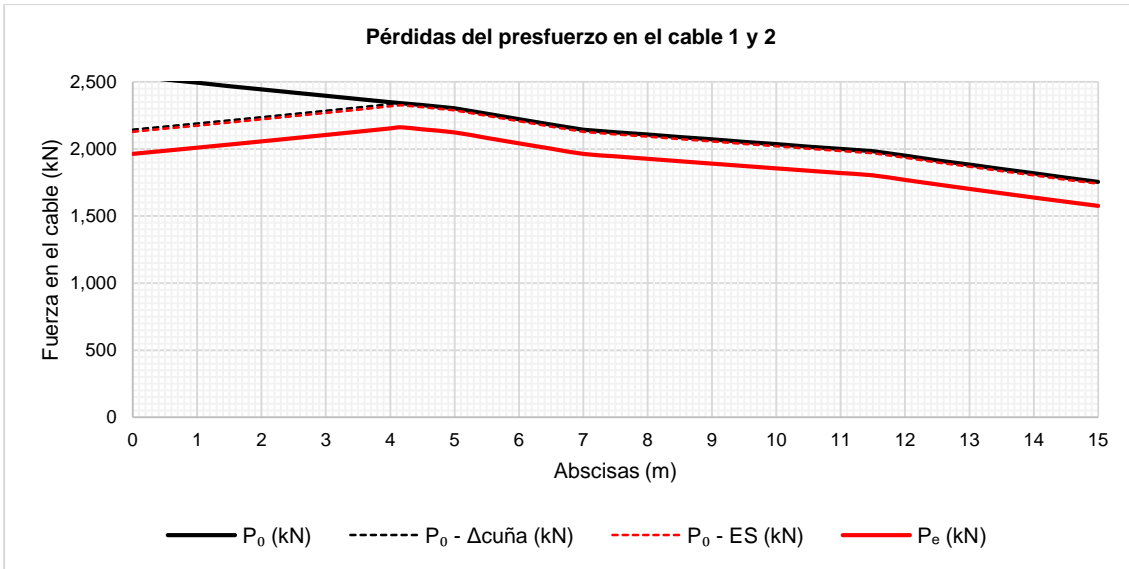


Gráfico 10. Fuerza efectiva en los cables 1 y 2

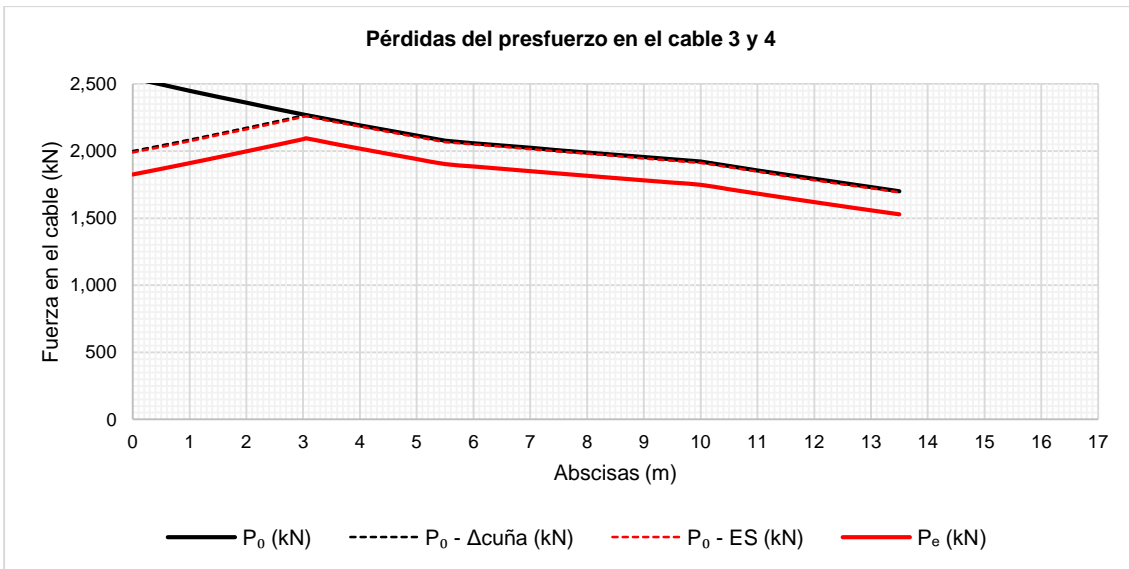


Gráfico 11. Fuerza efectiva en los cables 3 y 4

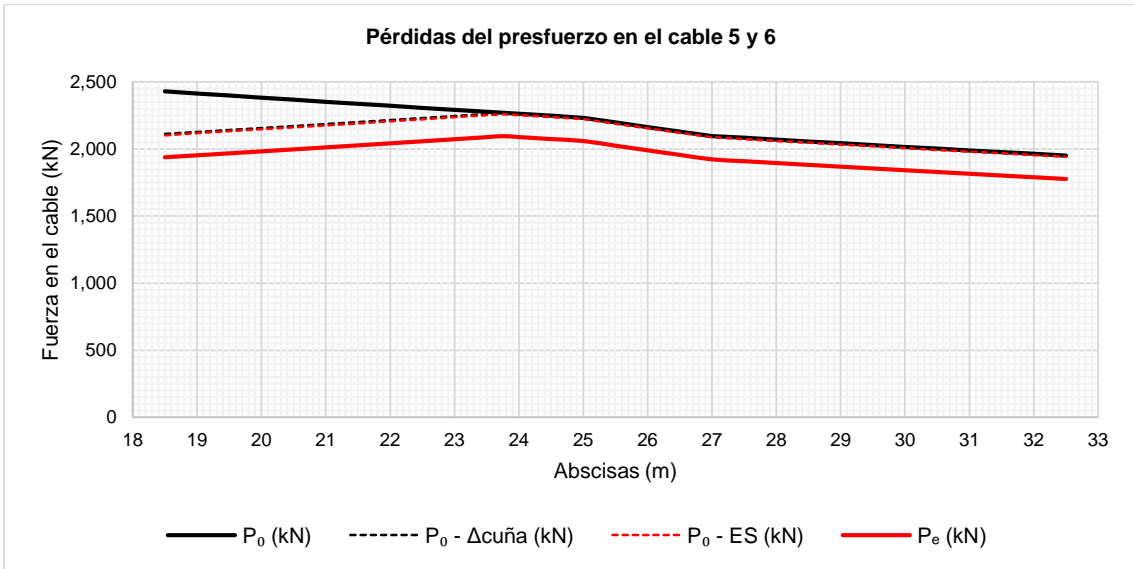


Gráfico 12. Fuerza efectiva en los cables 5 y 6

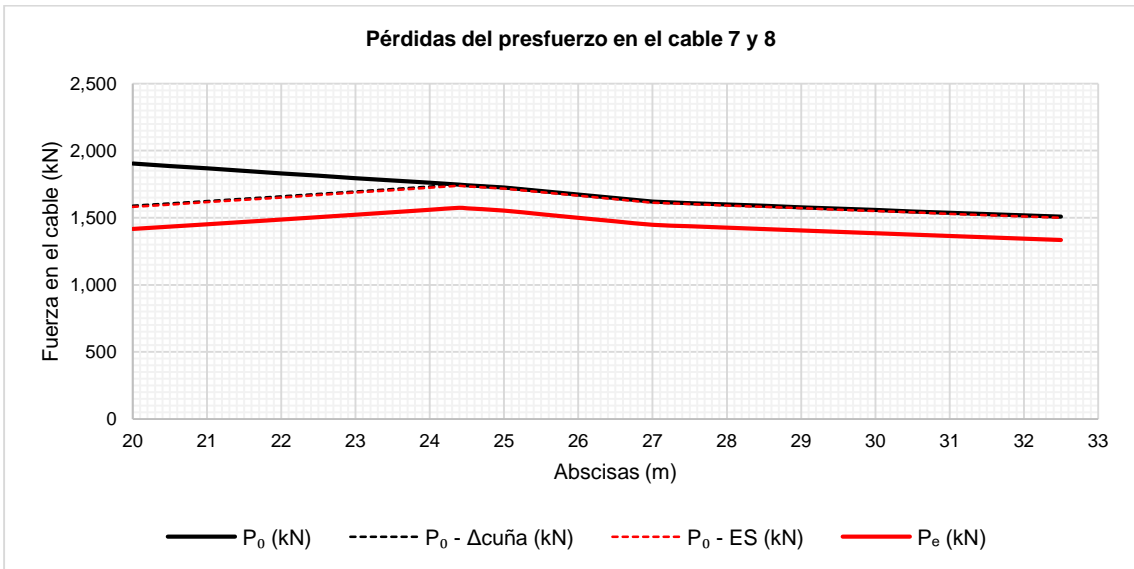


Gráfico 13. Fuerza efectiva en los cables 7 y 8

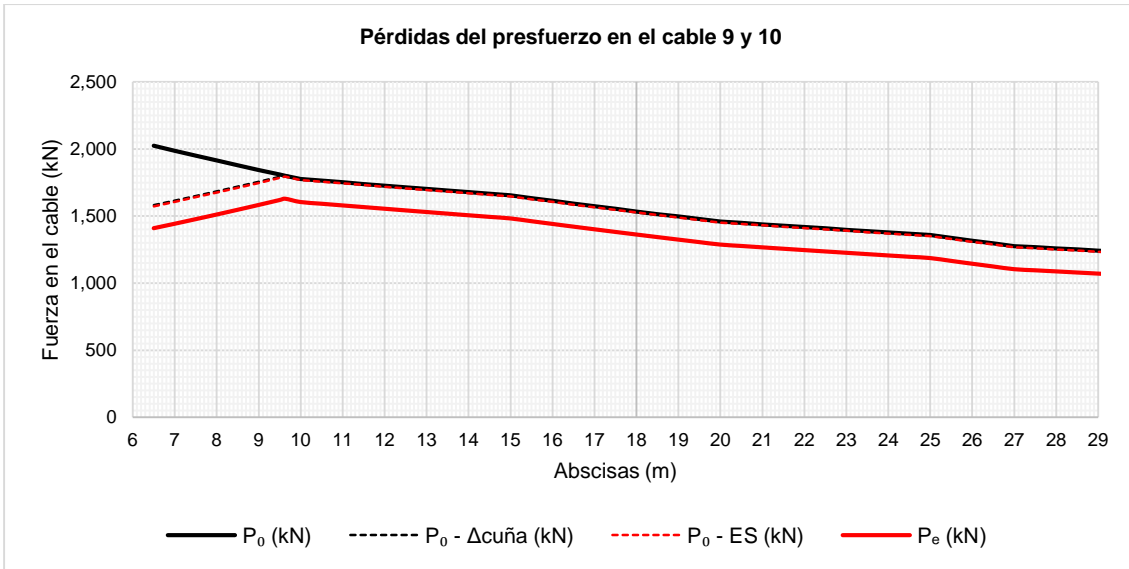


Gráfico 14. Fuerza efectiva en los cables 9 y 10

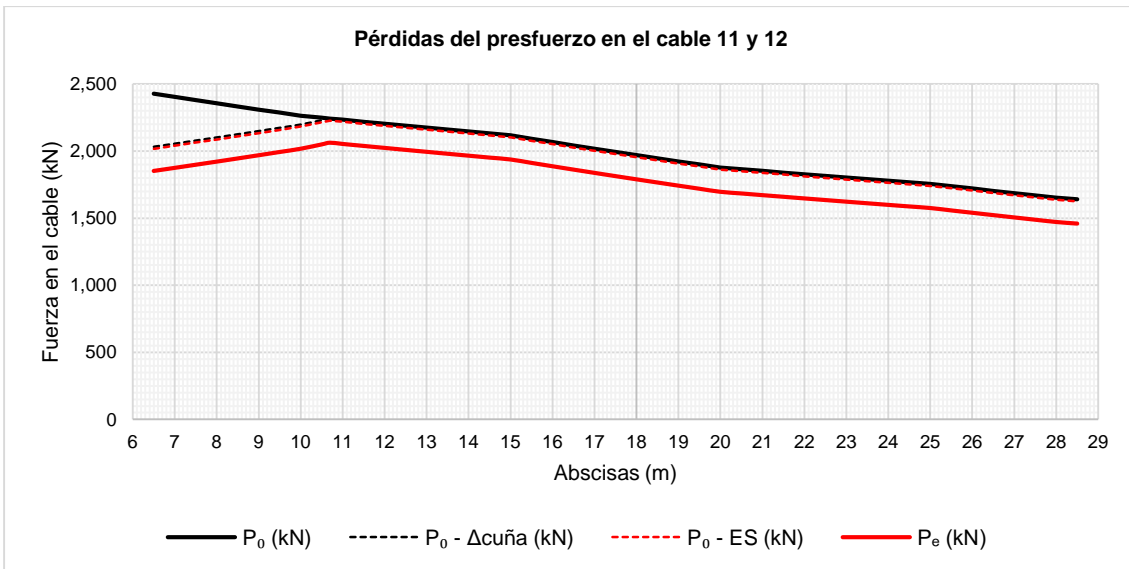


Gráfico 15. Fuerza efectiva en los cables 11 y 12

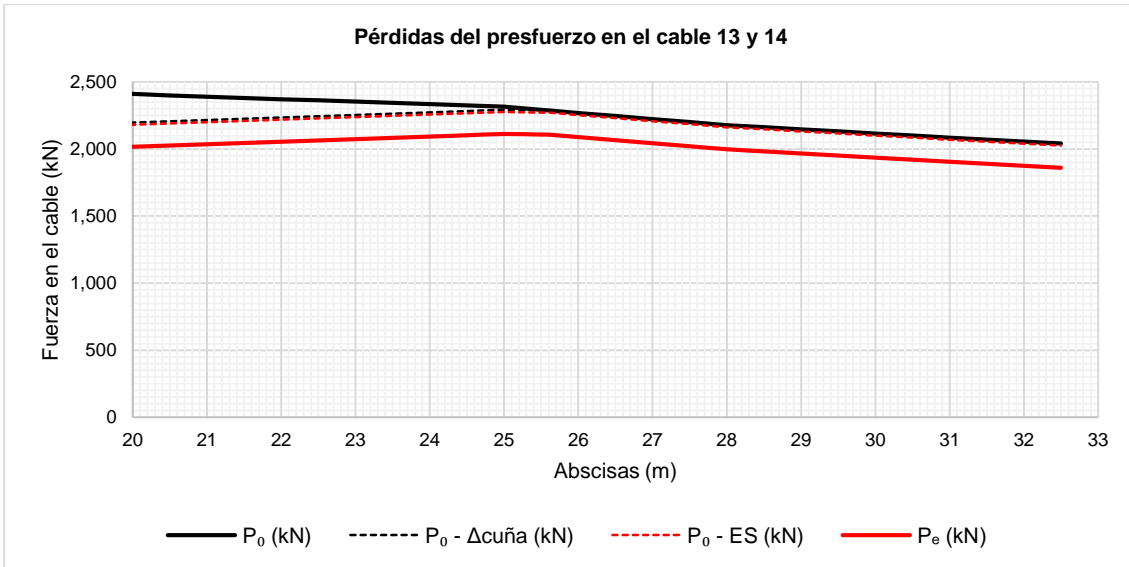


Gráfico 16. Fuerza efectiva en los cables 13 y 14

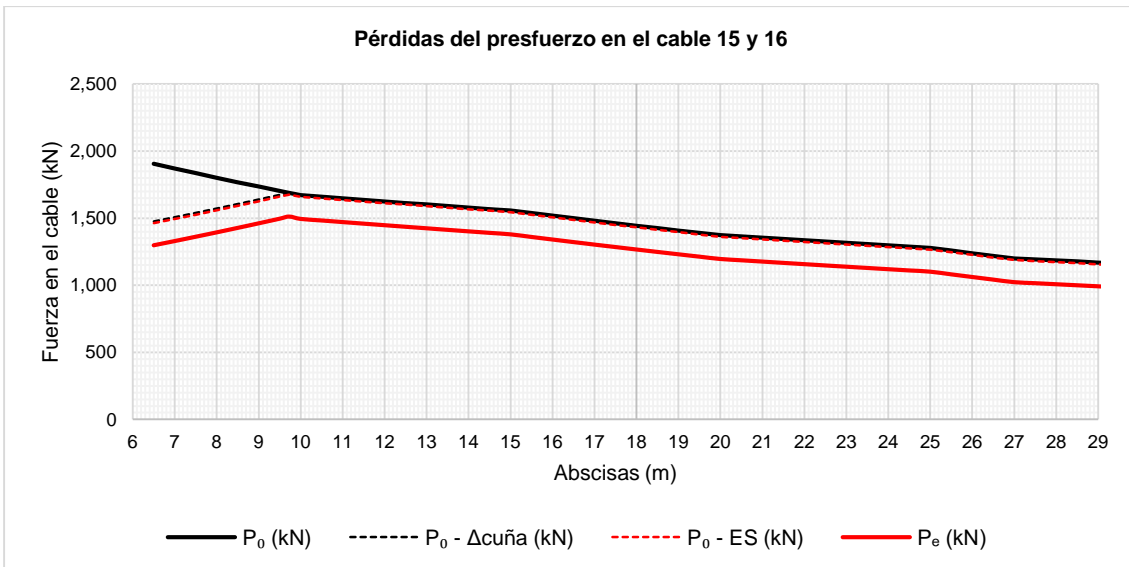


Gráfico 17. Fuerza efectiva en los cables 15 y 16

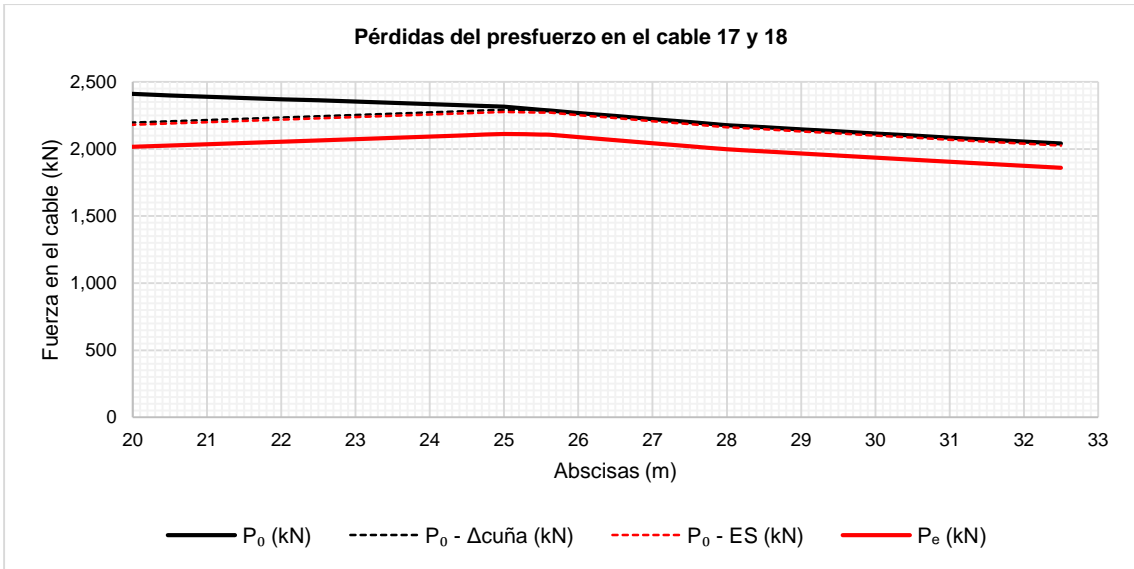


Gráfico 18. Fuerza efectiva en los cables 17 y 18



## 7. ESTADOS DE ESFUERZOS

### 7.1. ESTADO DE ESFUERZOS 1

ABSCISA	1ER TENSIONAMIENTO							PESO PROPIO			ESTADO 1 - 1ER TENSIONAMIENTO + PESO PROPIO	
	(m)	P (kN)	M (kN·m)	P/A (MPa)	M·y/I (MPa)	M·y <sub>b</sub> /I (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)	M (kN·m)	σ <sub>t</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)	σ <sub>t</sub> (MPa)
0.00	3481.18	-1.53	-1.02	0.00	0.00	-1.02	-1.02	0.00	0.00	0.00	-1.02	-1.02
1.00	3605.69	-1149.52	-1.05	-1.81	1.13	-2.86	0.08	137.00	0.22	-0.13	-2.65	-0.06
2.00	3734.60	-1983.27	-1.09	-3.13	1.95	-4.22	0.86	226.88	0.36	-0.22	-3.86	0.64
3.00	3868.09	-2464.65	-1.13	-3.88	2.42	-5.01	1.29	269.63	0.42	-0.27	-4.59	1.03
4.00	3970.91	-2559.31	-1.16	-4.03	2.52	-5.19	1.36	265.26	0.42	-0.26	-4.78	1.10
5.00	4040.43	-2412.57	-1.18	-3.80	2.37	-4.98	1.19	213.76	0.34	-0.21	-4.65	0.98
6.00	4111.15	-2065.00	-1.20	-3.25	2.03	-4.46	0.83	115.13	0.18	-0.11	-4.27	0.72
7.00	11251.32	-3129.79	-3.29	-4.93	3.08	-8.22	-0.21	-30.62	-0.05	0.03	-8.27	-0.18
8.00	11547.09	-927.66	-3.37	-1.46	0.91	-4.83	-2.46	-223.50	-0.35	0.22	-5.19	-2.24
9.00	11933.73	681.14	-3.48	1.07	-0.67	-2.41	-4.15	-463.51	-0.73	0.46	-3.14	-3.70
10.00	12259.81	1262.35	-3.58	1.99	-1.24	-1.59	-4.82	-750.64	-1.18	0.74	-2.77	-4.08
11.00	12344.48	1009.64	-3.60	1.59	-0.99	-2.01	-4.60	-431.34	-0.68	0.42	-2.69	-4.17
12.00	12140.81	206.30	-3.55	0.33	-0.20	-3.22	-3.75	-159.17	-0.25	0.16	-3.47	-3.59
13.00	11940.48	-1086.39	-3.49	-1.71	1.07	-5.20	-2.42	51.37	0.08	-0.05	-5.12	-2.47
14.00	11743.48	-2842.30	-3.43	-4.48	2.80	-7.91	-0.63	221.27	0.35	-0.22	-7.56	-0.85
15.00	11549.85	-5036.25	-3.37	-7.94	4.95	-11.31	1.58	350.54	0.55	-0.34	-10.76	1.24
16.00	7114.68	-3232.58	-2.08	-5.10	3.18	-7.17	1.10	439.17	0.69	-0.43	-6.48	0.67
17.00	6940.93	-3651.34	-2.03	-5.76	3.59	-7.78	1.57	487.17	0.77	-0.48	-7.01	1.09
18.00	6771.40	-3561.83	-1.98	-5.61	3.50	-7.59	1.53	494.53	0.78	-0.49	-6.81	1.04
19.00	10930.74	-3434.89	-3.19	-5.41	3.38	-8.61	0.19	461.26	0.73	-0.45	-7.88	-0.27
20.00	10806.50	-2040.34	-3.16	-3.22	2.01	-6.37	-1.15	387.35	0.61	-0.38	-5.76	-1.53
21.00	10755.38	-660.37	-3.14	-1.04	0.65	-4.18	-2.49	272.81	0.43	-0.27	-3.75	-2.76
22.00	10705.76	398.66	-3.13	0.63	-0.39	-2.50	-3.52	117.64	0.19	-0.12	-2.31	-3.63
23.00	10657.64	1144.77	-3.11	1.80	-1.13	-1.31	-4.24	-78.17	-0.12	0.08	-1.43	-4.16
24.00	10611.00	1585.66	-3.10	2.50	-1.56	-0.60	-4.66	-314.61	-0.50	0.31	-1.10	-4.35
25.00	10565.82	1728.76	-3.09	2.72	-1.70	-0.36	-4.79	-591.69	-0.93	0.58	-1.29	-4.20
26.00	10369.71	1356.30	-3.03	2.14	-1.33	-0.89	-4.36	-909.40	-1.43	0.89	-2.32	-3.47
27.00	10132.26	317.97	-2.96	0.50	-0.31	-2.46	-3.27	-579.52	-0.91	0.57	-3.37	-2.70
28.00	9943.60	-1183.77	-2.90	-1.87	1.16	-4.77	-1.74	-296.76	-0.47	0.29	-5.24	-1.45
29.00	9802.02	-2633.36	-2.86	-4.15	2.59	-7.01	-0.27	-76.40	-0.12	0.08	-7.13	-0.20
30.00	9662.44	-3680.10	-2.82	-5.80	3.62	-8.62	0.80	103.33	0.16	-0.10	-8.46	0.70
31.00	9524.83	-4340.36	-2.78	-6.84	4.27	-9.62	1.49	242.43	0.38	-0.24	-9.24	1.25
32.00	9389.17	-4630.02	-2.74	-7.30	4.55	-10.04	1.81	340.89	0.54	-0.34	-9.50	1.48
32.50	9322.06	-4640.72	-2.72	-7.31	4.57	-10.04	1.84	374.88	0.59	-0.37	-9.45	1.47

Tabla 18. Estado de esfuerzos 1

## 7.2. ESTADO DE ESFUERZOS 2

ABS.	50 % CARGA MUERTA TOTAL			2DO TENSIONAMIENTO							ESTADO 2 - ESTADO 1 + 50 % CARGA MUERTA TOTAL	
	(m)	M (kN-m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	P (kN)	M (kN-m)	P/A (MPa)	M-y/l (MPa)	M-y <sub>b</sub> /l (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	3384.41	-1.49	-0.99	0.00	0.00	-0.99	-0.99	-2.01	-2.00
1.00	843.52	1.33	-0.83	3505.06	-1117.44	-1.02	-1.76	1.10	-2.78	0.08	-4.10	-0.81
2.00	1396.88	2.20	-1.37	3629.98	-1927.71	-1.06	-3.04	1.90	-4.10	0.84	-5.76	0.10
3.00	1660.10	2.62	-1.63	3759.33	-2395.35	-1.10	-3.78	2.36	-4.87	1.26	-6.85	0.66
4.00	1633.17	2.57	-1.61	3858.96	-2487.15	-1.13	-3.92	2.45	-5.05	1.32	-7.25	0.81
5.00	1316.08	2.07	-1.29	3926.32	-2344.43	-1.15	-3.70	2.31	-4.84	1.16	-7.41	0.85
6.00	708.85	1.12	-0.70	3994.85	-2006.58	-1.17	-3.16	1.97	-4.33	0.81	-7.49	0.83
7.00	-188.53	-0.30	0.19	11122.75	-4743.65	-3.25	-7.48	4.67	-10.72	1.42	-19.29	1.43
8.00	-1376.07	-2.17	1.35	11496.39	-2022.54	-3.36	-3.19	1.99	-6.54	-1.37	-13.90	-2.25
9.00	-2853.75	-4.50	2.81	11963.08	-81.53	-3.49	-0.13	0.08	-3.62	-3.41	-11.26	-4.30
10.00	-4621.58	-7.28	4.55	12215.98	605.42	-3.57	0.95	-0.60	-2.61	-4.16	-12.67	-3.70
11.00	-2655.70	-4.19	2.61	12076.17	202.11	-3.53	0.32	-0.20	-3.21	-3.73	-10.09	-5.29
12.00	-979.96	-1.54	0.96	11787.34	-952.08	-3.44	-1.50	0.94	-4.94	-2.51	-9.96	-5.13
13.00	316.28	0.50	-0.31	11506.74	-2779.17	-3.36	-4.38	2.73	-7.74	-0.63	-12.36	-3.41
14.00	1362.33	2.15	-1.34	7336.37	-1843.19	-2.14	-2.91	1.81	-5.05	-0.33	-10.46	-2.52
15.00	2158.21	3.40	-2.12	7231.69	-3040.50	-2.11	-4.79	2.99	-6.90	0.88	-14.26	-0.01
16.00	2703.91	4.26	-2.66	7051.42	-4002.67	-2.06	-6.31	3.94	-8.37	1.88	-10.59	-0.11
17.00	2999.42	4.73	-2.95	6875.62	-4408.93	-2.01	-6.95	4.34	-8.96	2.33	-11.24	0.46
18.00	3044.76	4.80	-3.00	6704.18	-4298.99	-1.96	-6.78	4.23	-8.73	2.27	-10.75	0.32
19.00	2839.91	4.48	-2.79	10771.93	-6026.71	-3.15	-9.50	5.93	-12.64	2.78	-16.05	-0.28
20.00	2384.89	3.76	-2.35	13831.00	-6303.17	-4.04	-9.93	6.20	-13.97	2.16	-15.98	-1.71
21.00	1679.68	2.65	-1.65	13868.26	-3804.66	-4.05	-6.00	3.74	-10.05	-0.31	-11.15	-4.72
22.00	724.29	1.14	-0.71	13909.06	-1848.93	-4.06	-2.91	1.82	-6.98	-2.24	-8.15	-6.59
23.00	-481.27	-0.76	0.47	13953.34	-442.02	-4.07	-0.70	0.43	-4.77	-3.64	-6.96	-7.33
24.00	-1937.02	-3.05	1.91	13971.15	408.08	-4.08	0.64	-0.40	-3.44	-4.48	-7.58	-6.92
25.00	-3642.95	-5.74	3.58	13814.41	684.63	-4.03	1.08	-0.67	-2.95	-4.71	-9.99	-5.33
26.00	-5599.05	-8.83	5.51	13383.53	27.56	-3.91	0.04	-0.03	-3.86	-3.94	-15.01	-1.89
27.00	-3568.00	-5.62	3.51	12966.02	-1820.96	-3.79	-2.87	1.79	-6.66	-1.99	-15.65	-1.19
28.00	-1827.10	-2.88	1.80	12796.02	-3954.43	-3.74	-6.23	3.89	-9.97	0.15	-18.09	0.50
29.00	-470.36	-0.74	0.46	12628.23	-5605.82	-3.69	-8.84	5.51	-12.52	1.83	-20.40	2.09
30.00	636.21	1.00	-0.63	12462.63	-6792.99	-3.64	-10.71	6.68	-14.35	3.04	-21.80	3.11
31.00	1492.60	2.35	-1.47	12299.19	-7533.34	-3.59	-11.87	7.41	-15.47	3.82	-22.35	3.60
32.00	2098.80	3.31	-2.06	12137.88	-7843.81	-3.54	-12.36	7.72	-15.91	4.17	-22.10	3.58

Tabla 19. Estado de esfuerzos 2

### 7.3. ESTADO DE ESFUERZOS 3

ABSCISA (m)	50 % CARGA MUERTA TOTAL (RESTANTE)			ESTADO 3 - ESTADO 2 + 50 % CARGA MUERTA RESTANTE (100 % C. MUERTA TOTAL)	
	M (kN·m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	-2.01	-2.00
1.00	843.52	1.33	-0.83	-2.77	-1.64
2.00	1396.88	2.20	-1.37	-3.55	-1.27
3.00	1660.10	2.62	-1.63	-4.23	-0.98
4.00	1633.17	2.57	-1.61	-4.67	-0.80
5.00	1316.08	2.07	-1.29	-5.34	-0.45
6.00	708.85	1.12	-0.70	-6.37	0.13
7.00	-188.53	-0.30	0.19	-19.59	1.61
8.00	-1376.07	-2.17	1.35	-16.07	-0.90
9.00	-2853.75	-4.50	2.81	-15.76	-1.50
10.00	-4621.58	-7.28	4.55	-19.96	0.85
11.00	-2655.70	-4.19	2.61	-14.27	-2.67
12.00	-979.96	-1.54	0.96	-11.50	-4.17
13.00	316.28	0.50	-0.31	-11.86	-3.72
14.00	1362.33	2.15	-1.34	-8.31	-3.86
15.00	2158.21	3.40	-2.12	-10.86	-2.13
16.00	2703.91	4.26	-2.66	-6.32	-2.77
17.00	2999.42	4.73	-2.95	-6.52	-2.49
18.00	3044.76	4.80	-3.00	-5.95	-2.68
19.00	2839.91	4.48	-2.79	-11.57	-3.07
20.00	2384.89	3.76	-2.35	-12.22	-4.06
21.00	1679.68	2.65	-1.65	-8.50	-6.37
22.00	724.29	1.14	-0.71	-7.00	-7.30
23.00	-481.27	-0.76	0.47	-7.72	-6.85
24.00	-1937.02	-3.05	1.91	-10.64	-5.02
25.00	-3642.95	-5.74	3.58	-15.73	-1.74
26.00	-5599.05	-8.83	5.51	-23.84	3.61
27.00	-3568.00	-5.62	3.51	-21.27	2.32
28.00	-1827.10	-2.88	1.80	-20.97	2.30
29.00	-470.36	-0.74	0.46	-21.14	2.56
30.00	636.21	1.00	-0.63	-20.80	2.49
31.00	1492.60	2.35	-1.47	-20.00	2.13
32.00	2098.80	3.31	-2.06	-18.79	1.52

Tabla 20. Estado de esfuerzos 3

#### 7.4. ESTADO DE ESFUERZOS 4

ABSCISA (m)	100 % CARGA SERVICIO (100 % C.V. + 100 % C.M.)			ESTADO 4 - ESTADO 3 + 100 % CARGA VIVA	
	M (kN-m)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	-2.01	-2.00
1.00	361.56	0.57	-0.36	-2.20	-2.00
2.00	598.12	0.94	-0.59	-2.61	-1.86
3.00	709.68	1.12	-0.70	-3.11	-1.68
4.00	696.24	1.10	-0.68	-3.58	-1.48
5.00	557.80	0.88	-0.55	-4.46	-1.00
6.00	294.36	0.46	-0.29	-5.90	-0.16
7.00	-94.08	-0.15	0.09	-19.73	1.71
8.00	-607.52	-0.96	0.60	-17.03	-0.30
9.00	-1245.96	-1.96	1.23	-17.72	-0.27
10.00	-2009.40	-3.17	1.98	-23.12	2.82
11.00	-1161.14	-1.83	1.14	-16.10	-1.53
12.00	-437.87	-0.69	0.43	-12.19	-3.74
13.00	160.39	0.25	-0.16	-11.61	-3.87
14.00	633.66	1.00	-0.62	-7.31	-4.48
15.00	981.92	1.55	-0.97	-9.31	-3.10
16.00	1205.19	1.90	-1.19	-4.43	-3.96
17.00	1303.45	2.05	-1.28	-4.46	-3.77
18.00	1276.72	2.01	-1.26	-3.93	-3.93
19.00	1124.98	1.77	-1.11	-9.80	-4.18
20.00	848.25	1.34	-0.83	-10.88	-4.89
21.00	446.51	0.70	-0.44	-7.80	-6.81
22.00	-80.22	-0.13	0.08	-7.13	-7.22
23.00	-731.96	-1.15	0.72	-8.87	-6.13
24.00	-1508.70	-2.38	1.48	-13.02	-3.53
25.00	-2410.43	-3.80	2.37	-19.53	0.63
26.00	-1535.43	-2.42	1.51	-26.26	5.12
27.00	-785.43	-1.24	0.77	-22.51	3.10
28.00	-160.43	-0.25	0.16	-21.22	2.46
29.00	339.57	0.54	-0.33	-20.60	2.22
30.00	714.57	1.13	-0.70	-19.67	1.79
31.00	964.57	1.52	-0.95	-18.48	1.18
32.00	1089.57	1.72	-1.07	-17.08	0.45
32.50	1105.19	1.74	-1.09	-16.31	0.04

Tabla 21. Estado de esfuerzos 4

### 7.5. ESTADO DE ESFUERZOS 5

ABSCISA (m)	PÉRDIDAS A LARGO PLAZO							ESTADO 6 - ESTADO 5 + $\Delta LP$	
	P (kN)	M (kN·m)	P/A (MPa)	M <sub>y</sub> /I (MPa)	M <sub>x</sub> /I (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
0.00	656.79	-0.29	0.19	0.00	0.00	0.19	0.19	-1.82	-1.81
1.00	656.79	-209.39	0.19	-0.33	-0.21	-0.14	-0.01	-2.34	-2.01
2.00	656.79	-348.79	0.19	-0.55	-0.34	-0.36	-0.15	-2.97	-2.01
3.00	656.79	-418.49	0.19	-0.66	-0.41	-0.47	-0.22	-3.58	-1.90
4.00	656.79	-423.31	0.19	-0.67	-0.42	-0.48	-0.22	-4.05	-1.71
5.00	656.79	-392.18	0.19	-0.62	-0.39	-0.43	-0.19	-4.89	-1.19
6.00	656.79	-329.90	0.19	-0.52	-0.32	-0.33	-0.13	-6.23	-0.29
7.00	1,806.18	-636.94	0.53	-1.00	-0.63	-0.48	-0.10	-20.21	1.61
8.00	1,806.18	-230.91	0.53	-0.36	-0.23	0.16	0.30	-16.86	0.00
9.00	1,806.18	46.35	0.53	0.07	0.05	0.60	0.57	-17.12	0.30
10.00	1,806.18	138.77	0.53	0.22	0.14	0.75	0.66	-22.38	3.49
11.00	1,806.18	89.73	0.53	0.14	0.09	0.67	0.62	-15.43	-0.92
12.00	1,806.18	-57.40	0.53	-0.09	-0.06	0.44	0.47	-11.76	-3.27
13.00	1,806.18	-302.62	0.53	-0.48	-0.30	0.05	0.23	-11.56	-3.64
14.00	1,477.78	-361.95	0.43	-0.57	-0.36	-0.14	0.08	-7.45	-4.41
15.00	1,477.78	-634.46	0.43	-1.00	-0.62	-0.57	-0.19	-9.88	-3.29
16.00	1,149.39	-587.94	0.34	-0.93	-0.58	-0.59	-0.24	-5.02	-4.20
17.00	1,149.39	-671.49	0.34	-1.06	-0.66	-0.72	-0.32	-5.18	-4.09
18.00	1,149.39	-671.49	0.34	-1.06	-0.66	-0.72	-0.32	-4.66	-4.26
19.00	1,806.18	-800.52	0.53	-1.26	-0.79	-0.73	-0.26	-10.53	-4.44
20.00	2,079.84	-721.48	0.61	-1.14	-0.71	-0.53	-0.10	-11.41	-5.00
21.00	2,079.84	-389.18	0.61	-0.61	-0.38	-0.01	0.22	-7.81	-6.59
22.00	2,079.84	-130.71	0.61	-0.21	-0.13	0.40	0.48	-6.73	-6.74
23.00	2,079.84	53.90	0.61	0.08	0.05	0.69	0.66	-8.18	-5.47
24.00	2,079.84	164.67	0.61	0.26	0.16	0.87	0.77	-12.15	-2.77
25.00	2,079.84	201.59	0.61	0.32	0.20	0.93	0.81	-18.61	1.43
26.00	2,079.84	115.03	0.61	0.18	0.11	0.79	0.72	-25.47	5.84
27.00	2,079.84	-144.68	0.61	-0.23	-0.14	0.38	0.46	-22.13	3.56
28.00	2,079.84	-479.47	0.61	-0.76	-0.47	-0.15	0.14	-21.37	2.59
29.00	2,079.84	-772.60	0.61	-1.22	-0.76	-0.61	-0.15	-21.21	2.07
30.00	2,079.84	-992.45	0.61	-1.56	-0.98	-0.96	-0.37	-20.63	1.42
31.00	2,079.84	-1139.01	0.61	-1.80	-1.12	-1.19	-0.51	-19.67	0.67
32.00	2,079.84	-1212.30	0.61	-1.91	-1.19	-1.30	-0.59	-18.38	-0.14
32.50	2,079.84	-1221.46	0.61	-1.93	-1.20	-1.32	-0.59	-17.63	-0.55

Tabla 22. Estado de esfuerzos 5